

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ СА ПРИВРЕМЕНЕМ
СЕДИШТЕМ У КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Милица М. Станковић

**Акумулација тешких метала у поврћу
и ратарским биљним врстама са
загађених локалитета територије
Косова и Метохије-процена квалитета,
здравствене исправности и
потенцијалног ризика по здравље
локалног становништва**

Докторска дисертација

Косовска Митровица, 2025.

UNIVERSITY OF PRIŠTINA TEMPORARILY SETTLED IN
KOSOVSKA MITROVICA
FACULTY OF SCIENCES AND MATHEMATICS

Milica M. Stanković

**Accumulation of heavy metals in
vegetables and field plant species from
contaminated sites in the territory of
Kosovo and Metohija - assessment of
quality, health safety and potential risk
to the health of the local population**

Doctoral Dissertation

Kosovska Mitrovica, 2025.

Ментори:

1. др Слободанка Пајевић, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет
2. др Татјана Јакшић, редовни професор, Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, Природно-математички факултет

Чланови комисије:

1. др Славица Ћирић, редовни професор, Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, Природно-математички факултет
2. др Слободанка Пајевић, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет
3. др Татјана Јакшић, редовни професор, Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, Природно-математички факултет
4. др Данијела Арсенов, виши научни сарадник, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет
5. др Милош Станојевић, доцент, Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, Природно-математички факултет

Датум одбране:

Мом Милану

Без обзира на исход, увек буди Лав...

Неизмерну захвалност дугујем својој драгој професорици др Слободанки Пајевић на најискренијој и непроцењивој помоћи. Ваша преданост, разумевање, несебична подршка, искрена и охрабрујућа реч водиле су ме током целокупног истраживачког процеса. Хвала на свим стручним саветима, оптимизму, поверењу и великом стрпљењу које сте ми пружили. Хвала што сте веровали у мене, чак и онда када ја нисам.

Велику захвалност дугујем својој драгој професорици др Татјани Јакишић на несебичним саветима и великој подршци током израде овог рада.

Посебну захвалност дугујем својој драгој професорици др Радмили Трајковић са којом сам начинила своје прве истраживачке кораке, хвала вам на помоћи, правим речима и поверењу које сте ми указали.

Захваљујем се својој драгој колегеници др Данијели Арсенов на несебичној помоћи и драгоценим саветима, који су били од изузетне важности у завршној фази израде докторске дисертације.

Велико хвала драгим професоркама др Неди Мимица-Дукић и др Наташи Николић које су од почетка биле укључене у израду ове докторске дисертације и које су својим сугестијама и саветима дале велики допринос њеном квалитету.

Велику захвалност дугујем Лабораторији за заштиту животне средине „Доцент др Милена Далмација“ на Катедри за хемијску технологију и заштиту животне средине Департмана за хемију, биохемију и заштиту животне средине Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду, која је омогућила утврђивање хемијског састава биљног материјала, шефици Лабораторије проф. др Снежани Малетић, као и проф. др Срђану Рончевићу, декану ПМФ-а, на њиховој несебичној помоћи и подршци, захваљујући којој је било могуће спровести наведене анализе, а самим тим и израду ове докторске дисертације.

Посебно се захваљујем својој драгој професорици др Славици Ћирић која је својим учешћем у Комисији допринела да се одбрани ова докторска дисертација.

Бескрајно сам захвална својим родитељима на помоћи, подршци, саветима и разговорима, хвала што сте увек били ту и веровали у мене, мој успех је у ствари ваш.

Највећу захвалност, ипак, дугујем свом супругу и сину за све тренутке подршке, разумевања и стрпљења. Моја сте највећа мотивација, снага и инспирација. Докторску дисертацију посвећујем вама.

**Акумулација тешких метала у поврћу и ратарским биљним врстама са
загађених локалитета територије Косова и Метохије-процена квалитета,
здравствене исправности и потенцијалног ризика по здравље локалног
становништа**

Сажетак: Контаминација земљишта тешким металима покрајине Косово и Метохија, представља велики еколошки проблем због дугогодишње експлоатације угља, те интензивног рада термоелектрана, са одлагањем велике количине токсичног отпада. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације конципирана су тако, да њихови резултати доприносе јаснијем дефинисању степена загађења животне средине тешким металима, односно, да се добије што поузданија процена утицаја загађења на квалитет и здравствену исправност намирница биљног порекла, поврћа, воћа и житарица, које се узгајају и користе у исхрани људи и стоке локалног подручја. Испитиван је хемијски и биохемијски састав, као и нутритивна вредност јестивих делова биљних врста: шаргарепе, першуна, целера, ротквице, зелене салате, блитве, цвекле, парадајза, паприке, крушке, јабуке, ражи, грахорице, кукуруза и пшенице, у зависности од услова гајења и степена загађености земљишта тешким металима.

Мониторинг хемијског састава обављен је у две фазе – на почетку (2018. године) и на крају (2022. године) експерименталног периода, на биљним врстама прикупљеним са (потенцијално) загађених локалитета територије Косова и Метохије. Поред мониторинга на терену, спроведени су и експерименти у (полу)контролисаним условима пластеника и стакленика, у којима су биљне врсте гајене на специфичним земљишним третманима / подтретманима контаминираним тешким металима. Земљиште коришћено као подлога за гајење биљака узимано је са локалитета који су одабрани према полажају и удаљености од великих извора загађења, односно, депонија, јаловишта и наслага пепела. Неки од најважнијих резултата добијених у овом комплексном, вишегодишњем истраживању су:

- У свим узорцима земљишта регистровано је присуство тешких метала; јаловиште рудника Кишница се издвојило као изузетан емитер загађења околног земљишта.
- Резултати мониторинга указали су на екстремно високе концентрације акумулираног Pb у појединим тест-биљкама, са локалитета Косовске Митровице и

Грачанице; вредности акумулираног Cd у 99% испитиваних узорака биљака прикупљених током двогодишњег мониторинга, биле су изнад дозвољених максималних концентрација.

- Акумулација Pb у ткиву испитиваних биљака значајно је била смањена са додатком вештачког NPK-ђубрива у земљишни супстрат. Локалитет у околини насеља Грачанице издвојио се по изузетно штетном утицају загађења оловом, што је делимично и у појединачним случајевима сигнификантно, ублажио додатак NPK-ђубрива.

- Садржај Cd у ткиву испитиваних биљних врста био је висок, у већини случајева преко МДК.

- Индекси биоконцентрације метала (MBCI) за биљне врсте гајене у два независна огледа у пластеничким условима, указују да се по највећем утицају на акумулацију тешких метала издвојио локалитет депоније пепела ТЕ Косово Б.

- Највеће вредности коефицијената здравственог ризика (HQ) за одрасле и децу израчунате су за биљке локалитета Грачанице и Липљана, при чему су констатоване веће вредности за децу у односу на одрасле. Високе вредности HQ-Pb и HQ-Cd за дечију популацију израчунате су у листовима першуна, корену шаргарепе и цвекле узоркованих са локалитета Косовске Митровице.

Разлике у позиционирању локалитета на РСА дијаграмима указују на значајан утицај агроеколошких услова и степена загађености земљишта на акумулацију полутаната у биљном ткиву. Посебно се истичу локалитети Косовска Митровица и Грачаница као локације са вишим нивоима контаминације биљака, што се поклапа са резултатима добијеним хемијским анализама.

Кључне речи: Косово и Метохија, тешки метали, поврће, воће, житарице, коефицијенти здравственог ризика (HQ), индекси неканцерогене опасности (HI)

Научна област: Биолошке науке

Ужа научна област: Морфологија, систематика, филогенија, физиологија биљака и микробиологија

**Accumulation of heavy metals in vegetables and field plant species from
contaminated sites in the territory of Kosovo and Metohija - assessment of quality,
health safety and potential risk to the health of the local population**

Abstract: Soil contamination with heavy metals in the Province of Kosovo and Metohija represents a major environmental problem due to long-term coal exploitation and intensive operation of thermal power plants, with the disposal of substantial amounts of toxic waste. The research within this doctoral dissertation is designed so that its results contribute to a clearer definition of the degree of environmental pollution by heavy metals, that is, to obtain the most reliable assessment of the impact of pollution on the quality and food safety, such as vegetables, fruits and grains, which are grown and used in the diet of people and livestock in the local area.

The chemical and biochemical composition, as well as the nutritional value of edible parts of plant species: carrots, parsley, celery, radish, lettuce, chard, beets, tomatoes, peppers, pears, apples, rye, vetch, corn and wheat, have been examined, depending on growing conditions and the degree of soil contamination with heavy metals.

Monitoring of the chemical composition was conducted in two phases – at the beginning (2018) and at the end (2022) of the experimental period, on plant species collected from (potentially) contaminated sites in the territory of Kosovo and Metohija. In addition to field monitoring, experiments were also conducted in (semi-)controlled greenhouse and glasshouse conditions, in which plant species were grown on specific soil treatments/sub-treatments contaminated with heavy metals. The soil used as a substrate for growing plants was taken from sites that were selected based on their location and distance from major sources of pollution, i.e. landfills, tailings ponds and ash deposits. Some of the most important results obtained in this complex, multi-year research are:

- The presence of heavy metals was registered in all soil samples; the Kišnica mine tailings pond stood out as an exceptional emitter of pollution of the surrounding soil.
- Monitoring results indicated extremely high concentrations of accumulated Pb in individual test plants from the Kosovska Mitrovica and Gračanica sites; the values of accumulated Cd in as many as 99% of the tested plant samples collected during the two-year monitoring were above the maximum permitted concentrations.

- Pb accumulation in the tissue of the tested plants was significantly reduced with the addition of artificial NPK fertilizer to the soil substrate. The locality in the vicinity of the settlement of Gračanica stood out for its extremely harmful impact of lead pollution, which was partially and in individual cases significantly mitigated by the addition of NPK fertilizer.
- The Cd content in the tissue of the plant species was high, in most cases exceeding the maximum permissible concentrations.
- Metal bioconcentration indices (MBCI) for plant species grown in two independent experiments in greenhouse conditions indicate that the site of the thermal power plant Kosovo B ash dump was singled out as having the greatest impact on the accumulation of heavy metals.
- The highest values of health risk coefficients (HQ) for adults and children were calculated for plants from the Gračanica and Lipljan sites, with higher values for children than for adults. High values of HQ-Pb and HQ-Cd for the children population were calculated in parsley leaves, carrot roots and beetroot sampled from the Kosovska Mitrovica site.

Differences in the positioning of sites on the PCA diagrams indicate a significant influence of agro-ecological conditions and the degree of soil contamination on the accumulation of pollutants in plant tissue. The sites of Kosovska Mitrovica and Gračanica stand out as locations with higher levels of plant contamination, which coincides with the results obtained from chemical analyses.

Key words: Kosovo and Metohija, heavy metals, vegetables, fruits, grains, hazard quotients (HQ), non-carcinogenic hazard index (HI)

Scientific field: Biological sciences

Scientific subfield: Morphology, systematics, phylogeny, plant physiology and microbiology

Садржај

1. Увод и преглед резултата досадашњих истраживања	1
1.1. Увод	1
1.2. Преглед резултата досадашњих истраживања	4
1.2.1. Тешки метали (ТМ) и њихов утицај на биљке	7
1.2.1.1. Олово (Pb), кадмијум (Cd) и никл (Ni) у животној средини	9
1.2.1.1.1. Олово (Pb)	10
1.2.1.1.2. Кадмијум (Cd)	10
1.2.1.1.3. Никл (Ni)	11
1.2.1.2. Утицај олова, кадмијума и никла на метаболичке процесе у биљкама	12
1.2.1.2.1. Олово (Pb)	12
1.2.1.2.2. Кадмијум (Cd)	14
1.2.1.2.3. Никл (Ni)	15
1.2.1.3. Токсични ефекти олова, кадмијума и никла на људски организам	17
1.2.1.3.1. Олово	18
1.2.1.3.2. Кадмијум	19
1.2.1.3.3. Никл	20
1.2.2. Испитиване биљне врсте	21
1.2.2.1. Зелена салата (<i>Lactuca sativa</i> L.)	22
1.2.2.2. Ротквица (<i>Raphanus sativus</i> L.)	23
1.2.2.3. Раж (<i>Secale cereale</i> L.)	24
1.2.2.4. Грахорица (<i>Vicia sativa</i> L.)	25
1.2.2.5. Целер (<i>Apium graveolens</i> L. var. <i>rapaceum</i> (Mill.) DC)	26
1.2.2.6. Першун (<i>Petroselinum crispum</i> L.)	27
1.2.2.7. Шаргарепа (<i>Daucus carota</i> subsp. <i>sativus</i> (Hoffm.))	28
1.2.2.8. Јабука (<i>Malus domestica</i> Borkh.)	29
1.2.2.9. Крушка (<i>Pyrus communis</i> L.)	30
1.2.2.10. Цвекла (<i>Beta vulgaris</i> L. ssp. <i>Vulgaris</i> var. <i>cicla</i>)	31
1.2.2.11. Парадајз (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	32
1.2.2.12. Паприка (<i>Capsicum annum</i> L.)	33
1.2.2.13. Блитва (<i>Beta vulgaris</i> L. ssp. <i>Vulgaris</i> var. <i>cicla</i>)	34
1.2.2.14. Пшеница (<i>Triticum aestivum</i> L.)	35

1.2.2.15. Кукуруз (<i>Zea mays</i> L.)	37
2. Основна истраживачка питања и научни циљеви истраживања	40
3. Материјал и методе	42
3.1. Експериментална шема истраживања:	42
3.1.1. Први део – мониторинг садржаја тешких метала биљака узетих из пољских услова (из слободне индивидуалне производње).	42
3.1.1.1. Биљни материјал:	42
3.1.1.2. Локалитети узорковања:	44
3.1.2. Други део – експерименти постављени у пластенику (Третмани / Локалитети са којих је узето земљиште за гајење биљака).	45
3.1.2.1. Биљни материјал:	45
3.1.2.2. Третмани / Локалитети са којих је узето земљиште за гајење биљака у пластенику	45
3.1.3. Трећи део – експеримент постављен у стакленику (2019.): Органска и конвенционална производња поврћа	55
3.1.3.1. Биљни материјал:	56
3.1.3.2. Третмани гајења поврћа:	57
3.2. Израчунавање показатеља загађења хране / здравствене исправности биљака	60
3.3. Обрада података	63
4. Резултати	65
4.1. Први део – мониторинг садржаја тешких метала у јестивим деловима биљака гајених у пољским условима (из слободне индивидуалне производње).	65
4.1.1. Прва истраживачка година (2018.). Утицај удаљености локалитета гајења биљака од загађивача (емитера) на акумулацију тешких метала (Pb, Cd и Ni)	65
4.1.2. Друга истраживачка година (2022.). Утицај удаљености локалитета гајења биљака од загађивача (емитера) на акумулацију тешких метала (Pb, Cd и Ni)	68
4.1.3. Просечни садржај тешких метала (Pb, Cd и Ni) у јестивим деловима биљака прве и друге истраживачке године (2018. и 2022.) у зависности од локалитета	73
4.2. Други део – експерименти у пластенику	79
4.2.1 Одређивање квалитета земљишта	79

4.2.1.1. Садржај тешких метала у земљишту -----	81
4.2.2. Морфолошки и физиолошки параметри биљака-----	82
4.2.2.1.1. Утицај третмана земљишта на клијање семена и раст младих биљака --	83
4.2.2.1.2. Утицај третмана земљишта на интраћелијску вредност рН биљака -----	86
4.2.2.1.3. Утицај третмана земљишта на кинетику активности ензима каталазе (САТ) у семенима: 7-ог, 14-ог, 21-ог и 28-ог дана од почетка клијања-----	86
4.2.2.1.4. Утицај третмана земљишта на садржај органских киселина у наклијалим семенима: 7-ог, 14-ог, 21-ог и 28-ог дана од почетка клијања-----	89
4.2.2.1.5. Утицај третмана земљишта на садржај макроелемената фосфора (%Р) и калијума (%К) -----	91
4.2.2.2. Друга истраживачка година (2022.): експеримент у пластенику-----	96
4.2.2.2.1. Утицај третмана земљишта на клијање семена и морфолошке параметре раста младих биљака-----	96
4.2.2.2.2. Утицај третмана земљишта на интраћелијску вредност рН биљака на крају експерименталног периода -----	103
4.2.2.2.3. Утицај третмана земљишта на активност ензима каталазе (САТ) у испитиваним деловима биљака на крају експерименталног периода-----	103
4.2.2.2.4. Утицај третмана земљишта на садржај органских киселина у испитиваним деловима биљака на крају експерименталног периода-----	105
4.2.2.2.5. Утицај третмана земљишта на садржај макроелемената фосфора (%Р) и калијума (%К) -----	107
4.2.2.2.6. Акумулација тешких метала (Pb, Cd и Ni) у биљкама -----	110
4.3. Други део – експерименти у пластенику -----	115
4.3.1. Утицај земљишног третмана (локалитета) на клијање семена и раст младих биљака у експериментима 2018. и 2022. године -----	115
4.3.2. Утицај земљишног третмана (локалитета) на морфолошке параметре раста младих биљака у експериментима 2018. и 2022. године-----	117
4.3.3. Утицај земљишног третмана (локалитета) на физиолошке параметре раста младих биљака у експериментима 2018. и 2022. године-----	121
4.3.3.1. рН ћелијског сока: -----	121
4.3.3.2. Садржај макроелемената фосфора (%Р) и калијума (%К)-----	122
4.3.3.3. Садржај тешких метала (Pb, Cd и Ni) -----	124

4.4. Трећи део – експерименти постављени у пластенику (2019.): конвенционална и органска производња поврћа -----	127
4.4.1. Анализе земљишта-----	127
4.4.2. Акумулација тешких метала у биљкама -----	128
4.5. Показатељи загађења хране / здравствене исправности биљака-----	132
4.5.1. Први део – мониторинг 2018. године- индекс загађења металима (MPI)--	132
4.5.1.1. Коефицијент здравственог ризика (HQ) -----	133
4.5.1.2. Индекси неканцерогене опасности (HI) -----	134
4.6.2.1. Први део – мониторинг 2022. године- индекс загађења металима (MPI)	135
4.6.2.2 Коефицијент здравственог ризика (HQ)-----	136
4.6.3.3. Индекси неканцерогене опасности (HI) -----	137
4.6.4.1 Други део – експерименти постављени у пластенику 2018. године (MPI)	139
4.6.4.2 Индекс биоконцентрације метала (MBPI) -----	139
4.6.4.3. Коефицијент здравственог ризика (HQ) -----	140
4.6.4.4. Индекси неканцерогене опасности (HI) -----	141
4.6.5.1 Други део – експерименти постављени у пластенику 2022. године (MPI)	142
4.6.5.2 Индекс биоконцентрације метала (MBPI) -----	143
4.6.5.3. Коефицијент здравственог ризика (HQ) -----	145
4.6.5.4. Индекси неканцерогене опасности (HI) -----	148
4.6.6.1 Трећи део- експерименти постављени у стакленику (2019.): конвенционална и органска производња поврћа (MPI) -----	149
4.6.6.2 Индекс биоконцентрације метала (MBPI) -----	150
4.6.6.3 Транслокациони фактор (Tf-Pb, Cd и Ni) -----	151
4.6.6.4. Коефицијент здравственог ризика (HQ) -----	152
4.6.6.5. Индекси неканцерогене опасности (HI) -----	154
4.7. Анализа главних компоненти-----	154
5. Дискусија-----	158
5.1. Мониторинг садржаја тешких метала у јестивим деловима биљака гајених у пољским условима (из слободне индивидуалне производње 2018. и 2022. године) -----	158
5.2 Пластеник (2018. и 2022. године)-----	164
5.2.1. Квалитет земљишта за гајење биљака у пластенику и стакленику -----	164

5.2.2. Утицај третмана земљишта на клијање семена и морфолошке параметре раста младих биљака -----	166
5.2.3. Утицај третмана земљишта на интраћелијску вредност рН биљака-----	170
5.2.4. Утицај третмана земљишта на активност ензима каталазе (САТ) у семенима -----	170
5.2.5. Утицај третмана земљишта на садржај органских киселина у наклијалим семенима-----	173
5.2.6. Утицај третмана земљишта на садржај макроелемената фосфора (%Р) и калијума (%К) -----	174
5.2.7. Акумулација тешких метала (Рb, Cd и Ni) у биљкама -----	175
5.3. Стакленик (2019.): конвенционална и органска производња поврћа -----	180
5.3.1. Акумулација тешких метала (Рb, Cd и Ni) у биљкама -----	180
5.4. Показатељи загађења хране/ здравствене исправности биљака -----	182
5.4.1. Индекс загађења металима (MPI) -----	182
5.4.2 Индекс биоконцентрације метала (MBCI) -----	183
5.4.3. Транслокациони фактор (Tf) -----	185
5.4.4. Коефицијент здравственог ризика (HQ) и индекси неканцерогене опасности (HI)-----	186
6. Закључци -----	190
7. Литература-----	195
8. Прилози -----	237
Прилог 1-Мониторинг-2018. -----	237
Прилог 2-Мониторинг-2022. -----	238
Прилог 3-Пластеник 2022. -----	242
Прилог 4-Пластеник 2018.-2022. -----	294
Прилог 5-Стакленик-2019. -----	297
Прилог 6-Хазардни индекси-Мониторинг-2018. -----	298
Прилог 7-Хазардни индекси-Мониторинг-2022. -----	300
Прилог 8-Хазардни индекси-Пластеник-2018. -----	304
Прилог 9-Хазардни индекси-Пластеник-2022. -----	306

Прилог 10-Хазардни индекси-Стакленик-2019. -----	315
9.Биографија аутора-----	318

1. Увод и преглед резултата досадашњих истраживања

1.1. Увод

Човек се својим деловањем умешао у сваки део природе, проузруковао је нагомилавање великог броја токсичних супстанци, не остављајући довољно времена природи да се опорави. Од почетка индустријске револуције и економске глобализације, разноврсност загађивача животне средине се експоненцијално повећала из године у годину. Главни загађивачи којима се приписује значајно место међу полутантима су тешки метали због њихове перзистентности и у вези с тим, нагомилавања у биосфери у штетним хемијским облицима. Стога је један од већих изазова данашњице обезбедити континуирану деконтаминацију загађених подручја уз истовремену производњу здравствено исправне и безбедне хране биљног и животињског порекла.

Гајењем биљака на загађеним локалитетима долази до усвајања различитих полутаната, па и тешких метала у њихова ткива и органе. Ћелијским метаболизмом долази до биоконцентрације тешких метала у биљним ткивима и (јестивим) органима, њиховог уласка у ланце исхране и последично, штетног ефекта и претње по здравље конзумента (животиња и људи). Поврће и житарице имају изузетну нутритивну вредност, извор су витамина, минерала, влакана и различитих корисних метаболита, те су због тога како неопходни, тако и веома корисни за здравље људи (Radwan и Salama, 2006). Због тога се њихов свакодневни унос исхраном препоручује, а евидентна је и њихова улога у одржавању здравља, као и профилакси и лечењу бројних болести (D'Mello, 2003). Садржај поменутих хранљивих компоненти, есенцијалних у исхрани, али и других, које су штетне и неприхватљиве (пре свега, пестициди и тешки метали), утичу на квалитет и безбедност хране (Khoshgoftarmanesh и сар., 2010; Demirezen и Aksoy, 2006; Mastilović и сар., 2010)

Потенцијални ризик за здравље становништва приликом уноса хране оптерећене тешким металима постаје један од најзначајнијих и ургентних проблема

нашег времена. Стога је контаминација земљишта које се користи за гајење хране биљног порекла, токсичним, тешким металима незаобилазни проблем када је у питању здравствено безбедна пољопривредна производња.

Косово и Метохија се већ дуже време суочава са великим бројем наслеђених, али и актуелних еколошких проблема који су нагомилани током деценија због интензивне, често неконтролисане експлоатације природних ресурса - рударства и индустријске производње. После рата 1999. године, већи део индустријских погона је ван функције а иза њих је остао опасни отпад, стара технологија, срушене зграде, као и бројна напуштена и неконтролисана складишта. Ова места су извор загађења земљишта, воде и ваздуха. Огромне површине земљишта су контаминирание киселом водом и тешким металима, нарочито оловом, цинком, кадмијумом, арсеном и живом. Бивши индустријски гиганти рудника Кишнице и ТЕ Косова Б и њихова складишта односно, депоније (јаловишта и насlage пепела) представљају сталну опасност по животну средину и здравље људи (Filipović-Trajković и сар., 2012). Насlage јаловине и пепела из индустријских зона у близини села Грачаница и Племетина довеле су до загађења земљишта и водених токова не само ових области, већ и ширег региона. Становници који живе на територији ових насеља користе своје бунаре за снабдевање водом и једу храну коју сами произведу, нарочито рано поврће из својих башти, које су заливане контаминираним водом из сопствених бунара (Stankovic-Popić и сар., 2020).

Произведена храна мора да буде здравствено исправна да након конзумације у количинама које су уобичајене у редовној исхрани не представља ризик по здравље, односно, да не изазива акутне, или хроничне поремећаје метаболизма потрошача (Clarke и Smith, 2011; Rai, 2018; Säumel и сар., 2012; Tóth и сар., 2016). Пошто потпуно здрава (неконтаминирана) храна практично не постоји, бројни истраживачи теже да применом савремених научних сазнања у производњи и контроли намирница препознају могуће ризике и исте сведу на најмању могућу меру, као и да у вези са тим, дефинишу стандарде за максимално дозвољене концентрације полутаната у специфичним намирницама испод којих се оне могу сматрати безбедним за исхрану.

Како на испитиваном подручју територије Косова и Метохије не постоје сређени и систематисани подаци о акумулцији тешких метала у поврћу и ратарским биљним врстама, као ни процена квалитета, здравствене исправности и потенцијалног ризика по здравље локалног становништва конзумацијом ових намирница биљног порекла, ова докторска дисертација представља научно и експериментално документовање стања здравствене исправности повртарских биљних врста и житарица гајених на потенцијално загађеним локалитетима. Резултати истраживања и њихова анализа треба да допринесу тачном дефинисању степена загађења хране биљног порекла која је најчешће у употреби локалног становништва Косова и Метохије, зависно од услова гајења и загађења земљишта (у полуконтролисаним условима пластеника и у слободној производњи), како би се минимизирали ризици акумулације токсичних супстанци, пре свега тешких метала, а све у циљу креирања научно засноване стратегије у производњи „здраве хране“.

1.2. Преглед резултата досадашњих истраживања

Акумулација тешких метала у храни биљног порекла, поврћу, воћу и житарицама, предмет је анализе бројних истраживача и нутрициониста због тога што ови хемијски елементи имају есенцијалну - структурну и функционалну / регулаторну улогу у бројним метаболичким, посебно оксидо - редукционим процесима. Тешки метали који су истовремено и есенцијални микронутријенти, управљају и координишу ензимске процесе, а своју физиолошку улогу испољавају када су у ћелијама присутни у ниским концентрацијама (неколико десетина μg суве материје). Међутим, у условима хемијског загађења животне средине, биљке усвајају и акумулишу у својим ћелијама веће количине тешких метала и тада они имају инхибиторно, односно, токсично дејство на ћелијски метаболизам (Nikolic и сар., 2015; Рајевић и сар., 2016). Високе концентрације тешких метала у биљкама, штетно утичу на физиолошке и биохемијске процесе, фотосинтезу, дисање, водни режим, транспорт органских материја, минералну исхрану и др., што све заједно негативно утиче на раст, развој и принос биљака (Majid и сар., 2012).

Повећање садржаја тешких метала у биљкама резултат је деловања бројних фактора, али несумњиво, главни узрок је њихова акумулација након апсорпције из контаминираног земљишта, односно животне средине. Биљке имају релативно ограничен селекциони систем у апсорпцији јона минералне исхране, те због тога најчешће усвајају у већој мери оне хемијске елементе који су присутни у већој количини, у земљишном супстрату, те је стога, хемијски састав биљака индикатор хемијског загађења средине у којој се гаје. Неадекватно коришћење ђубрива (испод, или изнад оптималних концентрација), као и употреба контаминиране воде за наводњавање, такође доприноси акумулацији токсичних елемената у биљкама (Filipović-Trajković и сар., 2012; Jankiewicz и Adamczyk, 2010; Yargholi и сар., 2008).

Садржај тешких метала у биљкама зависи од биљне врсте односно, генотипа, услова средине, начина гајења (пољска или контролисана производња), затим од биљног органа, распореда листова (спољашњи или

унутрашњи), начина прераде и припремања obroka (Jomová и сар, 2004; Quarterman, 1973). Негативан утицај загађења животне средине тешким металима на живе организме, укључујући и биљке, један је од круцијалних проблема нашег времена који захтева ургентну реакцију и креирање стратегија за еколошки одрживу, исплативу и пре свега производњу „здраве“ хране.

Абиотички стрес, где спада и акумулација тешких метала, утиче на већину физиолошких и биохемијских процеса, те ремети ћелијску хомеостазу. Прекомерно накопљање јона метала у ћелијама и ткивима живих организама изазива оксидативни стрес. Биљке имају ограничене механизме избегавања узрочника стреса и због тога имају развијене адаптивне физиолошке механизме одбране који им омогућавају прилагођавање променама и синхронизовану борбу против стрес-фактора који свој негативни ефекат најчешће испољавају накопљањем реактивних молекулских облика кисеоника (ROS). Биљке су еволутивно развиле сложен систем одбране и адаптације на стрес који се великим делом огледа у покретању механизма синтезе и повећавања активности бројних антиоксидативних ензима и других супстанци за отклањање цито-токсичних ефеката насталих иницијацијом синтезе ROS у ћелијском метаболизму под утицајем стреса. Главне реакције неутрализације ROS обухватају синтезу неензимских (аскорбат, глутатион, алфа-токоферол) и ензиматских антиоксиданата (Pandhair и Sekhon, 2006). Синтеза и повећана активност ензима каталазе (CAT), аскорбат пероксидазе (APX), супероксид-дисмутаза (SOD), групе пероксидаза (POD), као и бројних других ензима, представљају значајне факторе за одбрану ћелијског метаболизма од деловања акумулисаних већих концентрација тешких метала. Каталаза (CAT, E.C. 1.11.1.6) је ензим који учествује у одбрамбеном / адаптабилном одговору биљака тако што разграђује штетни продукт метаболизма H_2O_2 и конвертује га у H_2O и O_2 , који нису штетни за биљке (Nešić и сар., 2005). Активност CAT се уз остале антиоксидативне ензиме, може користити као индикатор физиолошких промена у биљном метаболизму, односно као метаболички одговор биљака на стрес изазван тешким металима. Промена активности CAT у биљкама, може се користити као индикатор загађености животне средине и биолошких промена (López-Vucio и сар., 2000).

Током последњих 20-ак година бројни експерименти доказују да је метаболизам органских киселина повезан са толеранцијом биљака на спољашњи стрес. Актуелна сазнања показују да су органске киселине важни интермедијери у метаболизму угљеника и представљају кључне компоненте у физиолошким механизмима адаптација на недостатак минералних елемената и толеранцију (пре свега, корена) на вишак метала у исхрани. Изложеност биљака екстремним вредностима спољашње средине стимулише биосинтезу органских киселина (ОА) у ћелијама и истовремено њихов транспорт из корена у надземне делове биљака, где испољавају улогу у специфичним адаптацијама на изложеност биљака дејству неповољних фактора животне средине, међу којима је и повећан садржај полутаната - тешких метала и њихова акумулација у ћелијама / ткивима / органима (Ма, 2000). Основа улоге у детоксикацији је способност органских киселина попут цитрата, малата, оксалата, малоната, аконитата и тартрата да формирају јаке везе са јонима тешких метала путем хелатације метала са карбоксилним групама које имају функцију донора кисеоника у заједничким координативним комплексима насталих хелата, односно, лиганда (Panchal и сар., 2021). Садржај органских киселина је различит у појединим биљним органима и специфичан је за биљне врсте, а најчешће се смањује од корена према надземним деловима биљака, те се стога може сматрати да корен има заштитну улогу у детоксикацији јер смањује токсичност и покретљивост тешких метала њиховим везивањем у хелатне комплексе, пре свега на нивоу ћелијских зидова и вакуола коренских ћелија (Trajković и сар., 2005; Wang и сар., 2020). Анализа процеса детоксикације преко ОА може се користити за биохемијски мониторинг у циљу детекције раног облика загађења, јер корен пре надземног дела биљака, може да укаже на потенцијално загађење земљишта уколико се у њему детектује већи садржај ОА које су укључене у детоксикацију, односно специфичну адаптацију.

Велики број повртарских и ратарских биљних врста користи се у исхрани, а многе од њих, као што су першун, целер, шаргарепа, ротквица, зелена салата и др. представљају основне намирнице, или се користе као зачини. Последњих неколико деценија вршен је велики број истраживања садржаја тешких метала у различитим биљним врстама гајеним на подручју покрајине Косова и Метохије, а већина резултата је указала на потенцијално загађење овим полутантима. Међутим,

результати већине истраживања се односе на садржај метала у биљним врстама које расту у близини загађивача, док о количини тешких метала у поврћу гајеном из слободне индивидуалне производње, има врло мало података. Истовремено, забрињавајући су доступни подаци о присуству токсичних материја и тешких метала у појединим узорцима испитиваних биљних врста са подручја Косова и Метохије (Filipović-Trajković и сар., 2012).

1.2.1. Тешки метали (ТМ) и њихов утицај на биљке

У биолошком смислу, група хемијских елемената која припада металима, металоидима, односно, прелазним елементима периодног система елемената, великим делом спада у есенцијалне микронутријенте који у малим концентрацијама имају улогу покретача и координатора ензимских метаболичких реакција, док истовремено, када су присутни у великим концентрацијама, штетно делују на метаболизам живих ћелија. Генерално, у малим концентрацијама, есенцијални / корисни ТМ играју значајну улогу у синтези протеина, синтези нуклеинских киселина, синтези фотосинтетских пигмената, одржавању структурног и функционалног интегритета ћелијских мембрана и др. При високим концентрацијама у биљним ћелијама и ткивима, ТМ узрокују супституцију многих есенцијалних функционалних група у ензимима и промену њихове метаболичке активности, затим, липидну пероксидацију мембрана, генерисање реактивних слободних кисеоничних радикала (ROS), што све доводи до оштећења ћелија (Viehweger, 2014; Yadav, 2010).

Начешће се под појмом „тешки метали“, у хемијском смислу, подразумевају прелазни хемијски елементи са релативном густином већом од 5 g/cm^3 , који показују метална својства као што су: ковљивост, проводљивост, катјонску стабилност и специфичност везивања за лиганде (Caporale и Violante, 2016). Иако стриктна подела према физиолошкој улози не постоји, јер она зависи од биљне врсте, органа, старости, еколошких фактора средине и др., ипак се јасно могу издвојити три групе ових елемената, а то су: неопходни, корисни и штетни. Неопходни, тј. есенцијални елементи - метали, који су потребни за раст и нормално функционисање метаболизма биљака и без којих биљке не могу завршити свој животни циклус су Fe, Zn, Mn, Ni, Cu, Co, Mo, B, док се у штетне убрајају тешки

метали који немају никакву функцију у ћелијском метаболизму, већ га само на различитим нивоима ремете, то су: Pb, Cd, As и Hg. Неопходни микроелементи-метали улазе у састав ензима као кофактори, или пак, имају улогу активатора ензимских каскадних реакција у сложеним (епис)генетичким процесима експресије гена; представљају основу за биосинтезу нуклеинских киселина, хлорофила, хормона раста, протеина и секундарних биомолекула (Rengel, 1999). Незаменљива је улога микронутријената - метала који могу мењати валенцу, као што су Fe, Mn, Mo, Cu и др. у бројним оксидо-редукционим процесима фотосинтезе и дисања, на којима се базира органска продукција и уопште, енергетика биљака (Chibuike и Obiora, 2014; Kastori, 1983; Parida и Patel, 2023; Prasad, 2004). Тешки метали су еколошки постојани и неразградиви загађивачи и због тога, акумулирани у већим количинама у литосфери / биосфери, представљају загађиваче са изузетним утицајем у целокупној органској продукцији на Земљи, тако да се загађење животне средине тешким металима неповољно одражава на производњу хране и с тим у вези, на здравље становништва (Рајевић и сар., 2016).

Акумулирани у биљним ћелијама, тешки метали изазивају оксидативни стрес тако што индукују стварање реактивних молекулских врста кисеоника (ROS) као што су H_2O_2 , O_2^- и OH^- који негативно утичу на живе ћелије јер инхибирају пролаз воде и јона нутријената кроз мембранске транспортне протеине и изазивају пероксидацију липида мењајући на тај начин, пропустљивост и интегритет ћелијских мембрана због чега се мења њихова структура, флуидност и стабилност. Како је стабилност сложеног ћелијског мембранског система суштина продуктивног и успешног метаболизма, свака промена изазвана вишком јона тешких метала у ћелијама ће се одразити пре свега на функционалност мембрана и њихову улогу у бројним процесима, од којих су транспорт електрона кроз тилакоиде хлоропласта и кроз унутрашњу мембрану митохондрија од примарног значаја (El-Sappah и сар., 2024).

Фитотоксичност сувишка ТМ је директно или индиректно повезана са инактивацијом многих ензима проузрокованом заменом есенцијалних јона у ензимима (као што су Fe, Mn, Cu и Zn) јонима ТМ. Везивање метала са дисулфидним (S-S) и сулфхидрилним (SH) групама у протеинима доводи до инхибиције њихове активности или поремећаја структуре. Јони тешких метала

посебно имају велики афинитет према сулфхидрилним, или тиолним (SH) групама, као и карбоксилним (COOH) групама из аминокиселина, тако да везујући се за њих и истискујући есенцијалне микроелементе, постају саставни део ензима и протеина, као и различитих сигналних молекула и тиме ометају њихову активност у биљним ћелијама. Замена јона ремети кинетику ензимске активности, али и њихова замена у различитим сигналним молекулима може пореметити експресију гена, чиме се инхибира синтеза неопходних структурних протеина и ензима (El-Tahlawy и Ali, 2021). ТМ се у почетку таложе на површини тла, затим се усвајањем од стране биљака апсорбују у апопласт коренских ћелија и даље се дистрибуирају у различита ткива – јестиве и нејестиве делове и акумулирају у своје јестиве и нејестиве делове, чиме се испољава непосредна опасност за контаминацију ланца исхране (Ahmad и сар., 2019; Alsafran и сар., 2021; Naz и сар., 2020). Мању количину тешких метала биљке такође могу апсорбовати из депоа насталих атмосферским таложењем (Prasad и сар., 2021). На основу своје токсичности по жива бића, ТМ се могу диференцирати у опадајућем низу $Hg > Cu > Zn > Ni > Pb > Cd > Cr > Sn > Fe > Mn > Al$ (Zwolak и сар., 2019). Контаминација хране биљног порекла и улазак ТМ у ланце исхране представљају највећу опасност за здравље људи (и животиња). На тај начин нарушава се равнотежа у екосистемима јер тешки метали делују токсично на цео живи свет, а негативни ефекти имају далеко веће последице ако се прате на дужи временски период (Borišev, 2009).

1.2.1.1. Олово (Pb), кадмијум (Cd) и никл (Ni) у животној средини

Полутанти, олово (Pb), кадмијум (Cd) и никл (Ni) препознати су у бројним еко-физиолошким студијама као изузетни загађивачи животне средине (Bernard, 2008). Ni је класификован као „алерген године“ (Gillette, 2008), док су Cd и Pb широко распрострањени тешки метали - полутанти у животној средини са дугим биолошким полуживотом (Brunet и сар., 2009; Gill и сар., 2012). Класификовани су међу 23 метала због којих постоји велика забринутост како за животну средину, тако и за здравље људи, а у земљишту могу постојати у различитим минералним облицима (Amari и сар., 2017; Brunet и сар., 2009; de Burbure и сар., 2006; Philp, 1995).

1.2.1.1.1.Олово (Pb)

Олово је мек плавичасто или сребрно-сиви савитљиви метал атомске масе 207,19, тачке топљења 327,5°C и специфичном тежином од 11,34 kg/m³ (Tangahu и сар., 2011). У земљишту се налази у неорганским облицима, као што су Pb²⁺, PbCl₂, PbOH и Pb(CO₃)₂, као и у облику органских једињења, тетраетил-, триетил- и диетил-олово (Kabata-Pendias и Sadurski, 2004). Може постојати у различитим оксидационим стањима (Pb, Pb²⁺, Pb⁴⁺), међутим углавном се јавља у веома токсичном двовалентном катјонском облику у животној средини. Ниво олова у атмосфери континуирано расте због људских активности укључујући различите облике индустријске производње, рударство, саобраћај и сагоревање фосилних горива (Ћога и Slunjski, 2018). Количина олова у земљишту зависи од супстрата из којег се земљиште развило, а просечна количина варира од 2 до 100 mg Pb/kg земљишта (Југ и сар., 2014). Доступност олова се повећава са смањењем рН реакције земљишта, а посебну опасност за биљке представљају органски облици олова (хелати и лиганди), јер су растворљивији и покретљивији у земљишту од неорганских (Kabata-Pendias и Pendias, 2001).

1.2.1.1.2.Кадмијум (Cd)

Cd је плавичасто-бели метал са атомском масом 112,41, тачком топљења 321,1°C и специфичном тежином од 8,65 kg/m³ (Rani и сар., 2014). У земљишном раствору се углавном налази у катјонском облику (Cd²⁺) (Tricot, 1999), али је у овом облику изузетно подложен хемијским реакцијама и најчешће је везан за органска и неорганска једињења (Filipović и сар., 2016). У земљишту се појављује и у облику комплексних јона као што су CdCl⁺, CdOH⁺, CdHCO₃⁻ или у облику хелата (Kabata-Pendias и Pendias, 2001). Кадмијум је идентификован као један од најштетнијих тешких метала за живе организме, поред олова (Ghosh и Singh, 2005). Акумулисан у биљкама у већим количинама може да не показује јасне токсичне ефекте, али када преко контаминираних биљака доспе у ланце исхране показује вишеструко негативно дејство по конзументе.

Доступност кадмијума у земљишту зависи од његове концентрације, концентрације других елемената, рН реакције земљишта, салинитета, редокс

потенцијала и температуре (Shahid и сар., 2017). Присуство кадмијума штети животној средини и представља озбиљну претњу по здравље људи и животиња који су на различитим нивоима у ланцима исхране, тако да се проблем његово акумулације не може занемарити, јер може довести до хроничних здравствених проблема (Ali и сар., 2015; Rafiq и сар., 2014). Земљиште може бити контаминирано кадмијумом због природних појава као што су вулканске ерупције, шумски пожари или трошење камених стена, међутим интензивна пољопривредна производња такође значајно доприноси повећању нивоа кадмијума у пољопривредном земљишту (Leduc и Terry, 2005). Антропогеном активношћу кадмијум доспева у животну средину, а најчешће је то употреба фосфатних ђубрива, рударење, прерада метала, изливање канализационог муља, сагоревање фосилних горива, одлагање комуналног и индустријског отпада (Harrison, 2001; Khan и сар., 2017).

1.2.1.1.3. Никл (Ni)

Никл заузима 24-то место по заступљености, који чини око 0,008% земљине коре, где се јавља у магматским стенама као слободан метал или заједно са гвожђем (Hedfi и сар., 2007). Никл је тврд прелазни метал, сребрно-беле боје са атомском масом 58,69, тачком топљења 1.455°C и специфичном тежином од 8,908 g/cm³. Јавља се у неколико оксидационих стања (-1, 0, +1, +2, +3 и +4), међутим никл се углавном јавља у двовалентном облику у животној средини, у великом броју органских и неорганских облика (Bhalerao и сар., 2015). У земљишту, може бити присутан у растворљивој, најчешће хлоридној и нитратној форми, или може бити компонента нерастворљивих соли, као што су оксиди и сулфиди. За разлику од Pb и Cd, који представљају метале ограничене, или слабе покретљивости у биљном ткиву, никл има релативно високу мобилност, односно веће транспортне факторе (Page и сар., 2006; Page и Feller, 2005). На покретљивост и доступност никла у земљишту највише утичу садржај органске материје, киселост земљишта као и садржај минерала глине и оксида гвожђа и мангана (Barman и сар., 2015). Доступност никла се повећава са снижавањем рН вредности земљишта (рН<6,5) што се дешава када се у већим количинама користе вештачка фосфатна ђубрива. Истовремено, примена калијумових и калцијумских ђубрива смањује доступност Ni (Čoga и Slunjski, 2018). Сматра се да је никл релативно слабо покретљив у

земљишту јер има велику тенденцију везивања за минерале глине и оксиде гвожђа и мангана. Слично кадмијуму, никл се ослобађа у животну средину у различитим количинама из природних и антропогених извора, а посебно треба нагласити да се веће количине никла ослобађају као последица производње и рударства никла, сагоревања угља за производњу топлотне или електричне енергије, затим у индустрији производње челика и цемента, сагоревањем горива и применом отпадног муља и фосфорних ђубрива у пољопривреди (Alloway, 2013; Thomaidis и сар., 2003).

1.2.1.2. Утицај олова, кадмијума и никла на метаболичке процесе у биљкама

Усвајање метала из земљишта одвија се активним или пасивним путем кореновим системом. Активним путем метали се усвајају уз помоћ транспортних протеина, јонских пумпи – АТР-аза које се налазе у липидном двослоју ћелијских мембрана, док је усвајање пасивним путем остварено кроз јонске канале због постојања градијента електрохемијског потенцијала на мембранама, тако да се јони тешких метала усвајају заједно са молекулима воде у симпласт (Gutsch и сар., 2018). Прво се усвајају у апопласт корена у процесу који је веома брз, условљен високим коренским притиском, протоком масе и градијентом водног потенцијала који се генерише због непрекидног одавања воде транспирацијом. У транспирационом току, неки метали су покретљивији, док неки највећим делом остају везани у ћелијском зиду, или пак у коренским ћелијама, чиме се активирају физиолошки механизми одбране биљака (секвестрација, хелатинирање и др.). У зависности од врсте метала, неки се задржавају искључиво у корену биљке, због своје слабе растворљивости и на тај начин спречава се да метал доспе у ксилем (Gajdos и сар., 2012).

1.2.1.2.1. Олово (Pb)

Олово је елемент који нема никакве позитивне ефекте за раст и развој биљака, просечна концентрације олова у биљкама која не изазива штетне ефекте је 3 mg/kg (3µg/g) суве материје, док у већим концентрацијама може изазвати низ негативних последица. Апсорбује се пасивним путем, дуж концентрацијског

градијента, кроз јонске канале у мембранама; улази у биљку кроз корен, где се и највећа количина акумулира (Borišev и сар., 2012; Kumar и сар., 2017; Rahman и сар., 2024).

Мобилност Pb кроз биљна ткива и органе је веома слаба, тако да се због тога, највеће концентрације олова региструју у корену, затим у стаблу и листовима, док се најмање количине Pb акумулирају у генеративним органима – цветовима, плодовима и семенима (Kumar и сар., 2017; Sharma и Dubey, 2005).

Уколико расту на контаминираним земљишту које садржи Pb, биљке показују симптоме токсичности овог полутанта. Познато је да олово смањује клијавост семена, развој младица, раст биљака, брзину транспирације, деобу ћелија, функционисање мембранског система хлоропласта и митохондрија, синтезу хлорофила, те је један од главних симптома токсичности хлороза листова (Aronte и сар., 2020; Chowdhury и Rasid, 2021). Такође, сувишак Pb у биљним ћелијама изазива интензивну производњу реактивних врста кисеоника (ROS) као што су водоник пероксид (H_2O_2), супероксидни радикал (O_2^-), и хидроксилни радикал ($OH^\cdot$), што резултира липидном пероксидацијом ћелијских мембрана (Gjorgieva Askova, 2018; Khaliq и сар., 2021). Ове реактивне врсте кисеоника могу пореметити метаболизам биљака и узроковати непоправљиве штете есенцијалних макромолекула, укључујући протеине, DNK, липиде и угљене хидрате (Khaliq и сар., 2021). Pb смањује унос хранљивих материја и њихову транслокацију у надземни део биљке (Kohli и сар., 2019). Pb негативно утиче на водни баланс биљака смањујући процес транспирације и на тај начин мења осмотски потенцијал и укупни водни потенцијал у ћелијама и ксилему. Апсорбован од стране биљке, може да замени манган (Mn) у комплексу за продукцију O_2 у тилакоидним мембранама, или веома често, магнезијум (Mg) у молекулу хлорофила, те стога директно и негативно утиче на процес фотосинтезе блокирајући транспорт електрона кроз фотосистеме и инхибирајући енземе за синтезу хлорофила, каротеноида као и бројне енземе Калвиновог циклуса (Dal Corso, 2012).

1.2.1.2.2. Кадмијум (Cd)

Као и олово, кадмијум је елемент који нема физиолошку улогу у биљном организму, већ има искључиво токсично дејство. Биљке лако апсорбују јоне кадмијума, а када уђе у корен, везује се за органске киселине и стиже до ксилема апопластним и симпластним путевима. Кадмијум може преко ксилема да се транспортује у надземни део биљке, али ипак, бројна истраживања указују на то да већина јона кадмијума остаје акумулирана у корену биљака, тако да се највећа концентрација кадмијума региструје у корену, затим у стаблу и листовима, а најмања, у генеративним органима и семену (Benavides и сар., 2021; Chen и сар., 2003).

Биљке које расту на земљишту са повишеном концентрацијом кадмијума показују видљиве симптоме његовог негативног утицаја, пошто абиотички стрес изазван Cd може довести до биохемијских и молекуларних поремећаја, од којих оксидативни стрес који негативно утиче на биљну ћелију, доводи до оштећења DNK, ћелијских мембрана и протеина, генетских мутација, липидне пероксидације мембрана (Hossain и сар., 2012). Cd инхибира отварање стома, нарушава садржај воде у биљкама (Hossain и сар., 2010), фотосинтезу, метаболизам угљених хидрата (Shi и сар., 2009) и метаболизам антиоксиданата (Khan и сар., 2009). На повећање биорасположивости Cd доприносе ниже рН вредности земљишта (Jiang и сар., 2016), температура (Silber и сар., 2012), садржај органске материје (Mohamed и сар., 2010), капацитет измене катјона (Jiang и сар., 2012) и доступност осталих елемената (Helios-Rybacka и Wójcik, 2012). Приметни симптоми токсичности Cd укључују успоравање раста, хлорозе и некрозе, због поремећаја у синтези пигмената, увенуће, брзина фотосинтезе се смањује и долази до инхибиције дисања (Navarro-León и сар., 2019). Истовремено, долази до смањења укупне биомасе биљака као резултат не само смањене фотосинтезе, већ и ометајућег (антагонистичког) деловања Cd на усвајање есенцијалних макроелемената (Ca, K, Mg, P), што глобално доводи до инхибиције раста корена, поремећаја у водном потенцијалу и транспорту H₂O са нутријентима (Dias и сар., 2013; Souza и сар., 2008).

Стрес кадмијумом негативно утиче на раст биљака, јер повећане концентрације смањују активност фотосинтетских ензима и изазвају поремећаје у транспорту електрона у светлој фази фотосинтезе, истовремено, смањује се синтеза

хлорофила у листу, што све доводи до ометања брзине процеса фотосинтезе (Chu и сар., 2018; Lysenko и сар., 2015). Такође, катјон Cd^{2+} због хемијских особина, може да замени Ca^{2+} и Mn^{2+} у реакционим центрима фотосистема II, чиме спречава његово функционисање у фотосинтетичком транспорту електрона. Cd у биљним ћелијама омета ћелијске деобе, изазива хромозомске аберације и мутације које доводе до морфолошких аномалија цветова, ембрионалних малформација и ниске производње семена. Јони Cd^{2+} могу довести до дисбаланса активности антиоксидативних ензима, што узрокује оштећења и модификацију протеина, пероксидацију липида и поремећај функције мембрана, што све води ка поремећају ћелијске хомеостазе (Hossain и сар., 2012). Унос кадмијума се дешава преко транспортера калцијума, гвожђа, магнезијума, бакра и цинка, на којима Cd^{2+} испољава своје антагонистичко дејство, те се најчешће Cd^{2+} и Ca^{2+} , Mg^{2+} и Zn^{2+} „такмиче“ за исте јонске канале (Clemens, 2006). Cd је веома мобилан и растворљив у води, стиже до ксилема уласком у кортикални део корена ткива кроз апопластни и/или симпластни пут. Због сложеног система адсорпције, хелације и компартментализације обично више акумулираних јона Cd има у корену, чиме се ограничава његова транслокација на изданке (Niaz и сар., 2015). Одбрана биљака од токсичних ефеката акумулираног Cd великим делом базира на томе да је апопластни регион корена негативно наелектрисан због доминације карбоксилних група у свом саставу, због чега функционише као прва и критична баријера одбране, јер задржава (имобилише) катјоне и инхибира њихову транслокацију у надземне делове биљке (Gajdos и сар., 2012; Gutsch и сар., 2018).

1.2.1.2.3. Никл (Ni)

Никл (Ni) је есенцијални елемент за биљни метаболизам, присутан у траговима (микронутријент); оптималне концентрације овог метала које омогућују хармоничан раст и развиће биљака су изузетно ниске, и крећу се од 1 до 10 mg /kg суве материје ($\mu\text{g/g}$) (Asati, 2015; Vukadinović и Vukadinović, 2011). Главни извор Ni за терестричне биљке је земљишни раствор, где се претежно налази у виду хидроксилног комплекса $\text{Ni}(\text{OH})^+$ и јона Ni^{2+} . Растворљивост и тиме биодоступност Ni за биљке повећава се у киселој средини - са смањењем рН вредности и капацитета земљишта за измену јона, а прекомерне концентарције у земљишту

могу довести до увенућа биљака (Amari и сар., 2014; Kastori и сар., 2022). Из земљишта се Ni усваја кореном пасивно – олакшаном дифузијом кроз јонске канале и транспортере, али се усваја и активним транспортом преко специфичних фамилија АТР-аза. Усвојени Ni, веома је покретљив у ксилему и флоему, како у акропеталном, тако и у базипеталном правцу, али и поред релативно високог транслокационог фактора, највеће концентрације овог метала најчешће се региструју у вакуолама и ћелијским зидовима коренских ћелија, а значајно мање у листовима, плодовима и семенима (Sharma и Dhiman, 2013). Хиперакумулатори Ni апсорбују и акумулирају веће количине овог метала, а истовремено имају релативно стабилан метаболизам и органску продукцију (He и сар., 2012).

Ni има важну улогу у апсорпцији гвожђа и процесу клијања семена, неопходан је за испуњавање каталитичке функције ензима уреазе као и бројних других ензима (Seregin и сар., 2003). Симптоми недостатка никла су одложен улазак биљака у генеративну фазу, хлорозе и некрозе узроковане поремећајем у синтези фотосинтетичких пигмената, губитак плодова, скраћивање интернодија и општећење кореновог система (Ahmad и Ashraf, 2012). Никл утиче на различите физиолошке и биохемијске процесе у вишим биљкама, а његове високе концентрације у биљним ћелијама утичу, због антагонистичког односа ова два метала, на статус гвожђа (Fe) у биљци: вишак Ni због конкуренције на јонским каналима и транспортера доводи до недостатка Fe, што доводи до хлороза, некроза и увенућа биљака (Aydinalp и Marinova, 2009; Bhalerao и сар., 2015; McIlveen и Negusanti, 1994). Вишак Ni у земљишту и последично, због повећане акумулације у биљним ћелијама, доводи до смањеног усвајања других елемената и есенцијалних микронутријената, што угрожава биосинтезу металоензима (Sharma и Dhiman, 2013). Штавише, вишак никла у биљним ћелијама, може изазвати недостатак и макронутријената, као што су азот, калцијум, калијум, магнезијум и манган (Dal Corso 2012). Уобичајени показатељи фитотоксичности сувишка никла су инхибиција клијања, пегавост листова, хлороза, смањен раст корена и изданака, деформација делова биљака, слабо гранање и смањен принос.

Високе концентрације никла у биљкама негативно утичу на отварање и затварање стома, самим тим и на транспирацију, општењују структуру хлоропласта, нарушавају синтезу хлорофила и транспорт електрона. Ni^{2+} може да замени Mg^{2+} у

молекулу хлорофила као и у ензиму Rubisco (Ribuloza-1,5-bisfosfat karboksilaza/oksigenaza) и тако делује негативно на сам процес асимилације угљеника у тамној фази фотосинтезе (Ahmad и Ashraf, 2012; Yusuf и сар., 2011). Осим тога, познато је да су фотосистеми I и II осетљиви на високе концентрације никла у земљишту. Повећани нивои Ni могу смањити митотичку активност меристема корена и изазвати хромозомске аберације и мутације DNK (Anjum и сар., 2015), инхибирати раст биљака, водни биланс и баланс, клијавост семена као и транспорт шећера флоемом (Bhalerao и сар., 2015; Tangahu и сар., 2011).

1.2.1.3. Токсични ефекти олова, кадмијума и никла на људски организам

Иако се свест јавности о здравственим ризицима повећава, процена ризика повезаног са контаминацијом тешким металима путем хране биљног порекла постала је једна од алармантних тема широм света. Конзумација хране контаминираних тешким металима, посебно у дужем временском периоду, изазива хроничну акумулацију тешких метала у јетри, бубрезима и костима људи, што резултира бубрежним, кардиоваскуларним, нервним и коштаним обољењима (Anwar и сар., 2016; Kabata-Pendias, 2010; Mitra и сар., 2022). Тешки метали присутни у исхрани трудница могу довести до превремених порођаја, малих тежина и урођених инвалидитета новорођених беба (Taylor и сар., 2015).

Есенцијални метали - микроелементи, као што су Mn (Flora, 2014), Co (Simonsen и сар., 2011), Cu (Wuana и Okieimen, 2011), Ni (Ihedioha и сар., 2014) и Zn (Mohammadi и сар., 2018), акумулирани у сувишку у биљним ћелијама и органима, губе функцију неопходних микроелемената, јер „избацују“ због конкуренције на јонским каналима и транспортерима, остале неопходне макро- и микроелементе, те се стога у метаболизму испољава њихово токсично дејство. Полутанти Cd (Khan и сар., 2015), Pb (Jaishankar и сар., 2014), As (Abdul и сар., 2015) и хексавалентни хром [Cr(VI)] (Wang и сар., 2017) присутни у храни, чак и у траговима, могу изазвати канцерогене ефекте у организмима конзументата. Контаминација земљишта тешким металима је најчешће главни извор здравствених опасности јер загађивачи преко биљака улазе у ланце исхране и долазе до конзументата, не само људи, већ и животиња (Gupta и сар., 2021), тако да чак и

хронична изложеност малим дозама Pb, Cd и Ni представља значајну претњу по здравље људске популације у многим деловима света, а посебно на местима где је загађење металима евидентно (Mitra и сар., 2022).

1.2.1.3.1. Олово

Олово нема никакву познату физиолошку функцију у људском организму у који доспева кроз контаминирану храну, воду, или удисањем честица земљишта и прашине на којима су адсорбована једињења, односно јони Pb (Kumar и сар., 2020). Pb у људском организму, чак и у нижим концентрацијама, негативно утиче на централни нервни, имуни и кардиоваскуларни систем, као и на бубреге; конзумацијом контаминираних поврћа и воћа, долази до озбиљних здравствених тегоба, као што су нервни слом, поремећаји у репродукцији, те различита кардиоваскуларна и хематолошка патолошка стања (Das и сар., 2022). Pb је посебно опасан хемијски контаминант када је присутан у организму жена у трудноћи: током ембрионалног развића плода долази до његове акумулације у фетусу, касније се токсичност овог тешког метала манифестује на тек рођену, као и малу децу, тако што долази до тешкоћа у њиховом развоју и различитих симптома болести срца и бубрега (Brima, 2017). Деца су подложнија тровању оловом од одраслих, а најчешћи клинички симптоми токсичног ефекта Pb у организму, укључују абдоминалне болове, промене понашања, главобоље, чак могу да се јаве и симптоми енцефалопатије (Needleman, 2004).

Улазак олова у ланце исхране је веома често преко житарица и производа од њих, затим, преко кромпира и лиснатог поврћа, те због широке и честе употребе ових биљака у исхрани, њихово загађење представља озбиљну претњу за здравље не само људи, већ и (домаћих) животиња (Šarkanj и сар., 2010). Бројна истраживања указују да олово присутно у организму човека, зависно од концентрације и органа акумулације, може бити канцерогена супстанца (Vagnoni и сар., 2024). Акутна и хронична изложеност олову доводи до патолошких ефеката који се манифестују на имуни систем, изазивајући различите имуне одговоре, од индукције канцера, до алергија на различите агенсе (Dietert и сар., 2004; Hsiao и сар., 2011). Повезаност високог ризика од канцера плућа, желуца и бешике и изложености Pb преко хране,

доказано је код већег броја специфичних демографских група (Rousseau и сар., 2007; Steenland и Boffetta, 2000).

1.2.1.3.2. Кадмијум

Поред токсичности за биљке, Cd који се уноси преко биљне хране и акумулира у животињама и људима, неоспорно има веома штетне последице по њихов метаболизам, односно, представља здравствени ризик (Ankit и сар., 2021). Cd улази у људски организам конзумирањем контаминираних хране, пушењем дувана и удисањем једињења кадмијума, а толерантни дневни унос кадмијума је 0,36 $\mu\text{g Cd/kg}$ телесне тежине (Leconte и сар., 2021). Највише Cd се уноси у организам конзумирањем житарица и производа од житарица (26,9%), поврћа и производа од поврћа (16%), коренастим и кртоластим поврћем (13,2%), мање количине се уносе конзумирањем кромпира (13%), лиснатог поврћа (3,9%), животињских изнутрица, шкољки и приринча, док се најмање количине Cd уносе коришћењем пасуља, грашка и кукуруза у исхрани (European Food Safety, 2012).

У људском телу Cd се понаша слично цинку, пролази кроз дигестивни (гастроинтестинални) систем, везује се за крвне ћелије, транспортује се и на крају, акумулира у унутрашњим органима. У почетној фази, апсорбовани Cd се највише акумулира у јетри, а касније прелази у бубреге, што може довести до патолошких поремећаја у њиховој функцији и чак, отказивања (Nair и сар., 2013). Cd у људском организму изазива оштећења и болести коштаног ткива и зглобова јер његово присуство у ћелијама компетитивно делује на усвајање калцијума преко јонских мембранских канала, тако да је врло често последица оваквог односа – дефицијенција Ca који је неопходан за изградњу коштаног ткива (Yang и сар., 2025). Cd делује на генском нивоу на различите начине, а један од његових доминантних генотоксичних ефеката, је поремећај у репликацији DNK, што доводи до промена у експресији гена и синтези протеина – ензима који управљају метаболизмом, тако да последице могу бити врло штетне по здравље људи, од којих су свакако најтеже рак плућа, бубрега, простате и дојке. Такође, Cd негативно утиче на овулацију и производњу сперме (Rahimzadeh и сар., 2017).

Cd у ћелијама може бити „окидач“ за неуродегенеративне патолошке промене, као што су амиотрофична латерална склероза, Паркинсонова и Алцхајмерова болест, као и мултипла склероза, због чега се убраја у неуротоксичне елементе (Davidova и сар., 2024). Људи изложени високим концентрацијама кадмијума су веома подложни фаталним респираторним, кардиоваскуларним и бубрежним болестима. Cd је такође и нефротоксични полутант, јер може довести до прогресивне реналне тубуларне дисфункције која касније, развојем болести, може довести до секундарне остеопорозе (Khan и сар., 2017; Newbigging и сар., 2015). Мењајући ћелијску редокс равнотежу, Cd индукује оксидативни стрес у различитим ћелијама, од којих посебно треба поменути оштећења хепатоцита (Zalups, 2000). Хепатотоксичност индукована кадмијумом (акутна и хронична) може да доведе до отказивања јетре и ризика од настанка канцера (Hyder и сар., 2013). Хронична изложеност кадмијуму може изазвати и имуносупресивне ефекте на различитим нивоима имуног система (Wang и сар., 2020).

1.2.1.3.3. Никл

Никл је елемент чија физиолошка улога у људском организму није прецизно дефинисана, али познато је да, као и код биљака, штетно дејство овај метал испољава када се акумулира у хуманим ћелијама у већим концентрацијама. Због потенцијалне токсичности, дефинисан је максимални дозвољени дневни унос од 5 $\mu\text{g Ni/kg}$ телесне тежине (Dudek-Adamska и сар., 2021). Храном се најчешће уносе мале количине никла у организам; намирнице које садрже највише Ni су житарице, ораси и какао (Šarkanj и сар., 2010).

Када се нађе у људском организму у сувишку, доказано је његово штетно дејство на срце и плућа. Тровање никлом може да узрокује код људи повраћање, срчану аритмију, а у тежим случајевима и рак плућа (Jaishankar и сар., 2014). Такође, Ni може изазвати оштећење јетре, бубрега, слезине, алергијске реакције и дерматитис (Zambelli и сар., 2016). Ni има генотоксично дејство тако што модификује метаболизам и контролише различите потенцијално канцерогене механизме, као што су регулација експресије гена и епигенетичких процеса у наслеђивању који укључују експресију некодирајућих RNK, mRNK и microRNK

транскрипције, затим, стварање слободних радикала и др. (Rattan и сар., 2017). Постоје бројни научни подаци који указују да женска неплодност може бити проузрокована хормонским дисбалансом, због постојања ендокриних поремећаја, одложене овулације и хромозомских аберација у јајним ћелијама, што све у већој, или мањој мери може бити последица тровања не само никлом, већ и осталим тешким металима (Rattan и сар., 2017).

1.2.2. Испитиване биљне врсте

У циљу одређивања биоаккумуляције олова, кадмијума и никла, као и саме провере здравствене исправности намирница биљног порекла, узорковане су у мониторингу слободне, баштенске и њивске производње и гајене у (полу)контролисаним условима биљне врсте које су у широкој употреби и највише заступљене у исхрани локалног становништва Косова и Метохије. Оваквом поставком експеримената и одабиром тест-врста за истраживање, тражена је прецизнија слика о утицају (потенцијално) контаминираних локалитета тешким металима на квалитет и нутритивна својства поврћа, воћа и житарица, најчешћих намирница у исхрани поменутог подручја.

Биљне врсте узорковане у двогодишњем мониторингу биле су: шаргарепа (*Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang), першун (*Petroselinum crispum* L.), парадајз (*Solanum lycopersicum* L.), блитва (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *cicla*), цвекла (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *vulgaris*), паприка (*Capsicum annuum* L.), пшеница (*Triticum aestivum* L.), крушка (*Pyrus communis* L.), јабука (*Malus domestica* Borkh.) и кукуруз (*Zea mays* L.).

Биљке гајене у пластенику, у два независна експеримента биле су: ротквица (*Raphanus sativus* L.), зелена салата (*Lactuca sativa* L.), раж (*Secale cereale* L.), грахорица (*Vicia sativa* L.), целер (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) DC), першун (*Petroselinum crispum* L.) и шаргарепа (*Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang).

Биљне врсте гајене у стакленику биле су: целер (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) DC), першун (*Petroselinum crispum* L.), и шаргарепа (*Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang).

Одабране биљне врсте имају широку употребу у исхрани људи и животиња (стоке) са територије Косова и Метохије, али су истовремено, због својих биохемијских и нутритивних својстава, важне функционалне / медицинске биљке, чији се екстракти, чајеви и зачини користе као суплементи „здраве исхране“.

1.2.2.1. Зелена салата (*Lactuca sativa* L.)

Зелена салата је једногодишња зељаста биљка из породице главочика (fam. Asteraceae) и једно од најчешће конзумираног поврћа у свету, а сматра се и лековитом биљком. Богата је минералима, као што су гвожђе (Fe), цинк (Zn), калцијум (Ca), фосфор (P), магнезијум (Mg), манган (Mn) и калијум (K), као и другим биоактивним супстанцама (Kim и сар., 2016). Такође, одличан је извор витамина, минерала и биоактивних једињења као што су полифеноли, каротеноиди и хлорофил (Yang и сар., 2022). Садржи велику количину витамина C, чак 94-95% садржаја чини вода, због малог броја калорија идеално је поврће за дијете (Medina-Lozano и сар., 2021). Обично се користи као салата, а постоје различите сорте које варирају по облику и величини листова широм света.

Зелена салата је важан природни извор флавоноида, фенола, каротеноида, хлорофила, витамина B групе, аскорбинске киселине, токоферола и сесквитерпенских лактона. Природна антиоксидативна једињења екстрахована и идентификована из биљних извора као што је зелена салата постала су важни суплементи у исхрани због опште свести о важности здраве исхране и ограничења употребе штетних синтетичких антиоксиданата (Vázquez и сар., 2012). Из свега наведеног се може закључити да је конзумација зелене салате корисна за људско здравље, јер смањује ризик од хроничних болести као што су болести срца и крвних судова, а редовно конзумирање зелене салате по неким ауторима може допринети смањењу ризика од развоја карцинома (Hung и сар., 2004).

1.2.2.2. Ротквица (*Raphanus sativus* L.)

Ротквица је једногодишња зељаста биљка из породице купусњача (fam. Brassicaceae) и представља коренасто поврће широке употребе у целом свету. Обично се једе у сировом стању, углавном у салати, али се користи и за припрему сокова. Јестиви корен ротквице варира по боји, укусу и величини. У грчко-арапској и индијској народној медицини, ротквица се користи као кућни лек за лечење многих болести као што су жутица, камен у жучи, болести јетре, ректални пролапс, лоше варење и др. (Jeong и сар., 2005; Shukla и сар., 2011). Ротквица спада у веома здраво поврће садржи угљене хидрате, дијететска влакна, протеине, масти и флуориде. Поред тога, у великој мери садржи различите витамине растворљиве у води, као што су В1, В2, В3, В5, В6, В9 и С, а такође и минерале: К, Са, Fe, Mn, Zn, Mg, Р и др. Постоје подаци да ротквица садржи сулфорафан, природно једињење са антиканцерогеним и хемопротективним својствима (Khattak, 2011).

Поред воде које има и преко 95%, као и остало поврће из породице купусњача, или крсташица, ротквице садрже једињење - секундарни метаболит, глюкозинолат, познато по својим антиоксидативним / антиканцерогеним својствима, а такође утиче и на смањење нивоа холестерола у јетри, што може спречити стварање камена у жучној кеси. Ротквица је богата једињењима као што су изотиоцијанати, флавоноиди, антоцијанини, алкалоиди, сапонини и фенолне киселине (Na и сар., 2021). И поред позитивног утицаја на здравље, прекомеран унос ротквице може условити иритацију желуца. Захваљујући својим хипогликемијским својствима, ротквица у исхрани људи може драстично да снизи ниво шећера у крви, а поред корена, листови и клице такође имају хранљиву и лековиту важност (Такава и сар., 2003). Екстракт ротквице се од давнина у народној медицини користи за лечење стомачних тегоба, затвора, уринарних инфекција, запаљења јетре, срчаних обољења и чирева (Goyeneche и сар., 2015). Поред тога, различите студије показале су антимикробна (Beevi и сар., 2009; Rakhmawati и сар., 2009), антиканцерогена (Gupta и сар., 2014; Pocasar и сар., 2013), и антиоксидативна својства (Baenas и сар., 2016; Kim и сар., 2017; Wang и сар., 2010). Конзумација овог поврћа смањује анксиозност (Siddiq и Younus, 2018), такође, поред глюкозинолата, ротквица је богата и другим секундарним метаболитима као

што су, изотиоцијанати и полифеноли који су веома цењени у фармацеутој индустрији (Ваенас и сар., 2016; Nakamura и сар., 2008; Yuan и сар., 2010).

1.2.2.3. *Раж* (*Secale cereale* L.)

Раж је једногодишња биљка из породице трава (fam. Poaceae). Култивише се као житарица, а с обзиром да успева на северним географским ширинама у северној Европи се од ње производи хлеб. Сматра се да води порекло од коровске биљке *Secale anatolicum* Boiss., чије је култивисање почело у југозападној Азији. Плод – крупа, који се често назива и семе користи се за брашно, ражани хлеб, ражано пиво, двопек, неке врсте вискија, али и као крмно биље, за сточну храну. Семе ражи има изузетно велики садржај дијететских влакана, добар је извор скроба, протеина, антиоксиданата као и микронутријената а садржи и велики број биофункционалних једињења која утичу на виталне физиолошке процеса у људском организму, те се због тога сматра функционалном храном XXI века (Роровић и сар., 2022).

Скроб је главни угљени хидрат, присутан у зрну / семену ражи који представља примарни супстрат гликолизе у ћелијском дисању и због тога је најзначајнији извор енергије (АТФ) неопходне за метаболизам и одржавање живота, а може чинити и до 70% од свих присутних метаболита. Дијететска влакна, као што су неки полисахариди који не улазе у састав скроба, целулоза, инулин, лигнин, пектини, глукани, неки олигосахариди и сл.) дају велику нутритивну вредност намирницама припремљеним од зрна ражи, јер помажу у контроли тежине и одржавању активности дигестивног система. Биохемијски профил дијететских влакана у зрну ражи указује на присуство арабиноксилана, затим, фруктана, β -глюкана и лигнина (Kamal-Eldin и сар., 2009). Стога, храна припремљена од целог зрна (плода – крупе) ражи представља неизоставни део здраве исхране јер доприноси обезбеђивању потрошача многим биолошким активним једињењима, антиоксидантима и дијететским влакнима (Andersson и сар., 2009; Koistinen и сар., 2018). Према бројним научним и стручним извештајима нутрициониста, раж је веома важна компонента у исхрани јер има добро избалансиран профил аминокиселина (Arendt и Zannini, 2013). Семе ражи поседује

низ биоактивних једињења, од којих треба поменути ферулну киселину, катехол, синапинску киселину, ванилну киселину и др. са антиоксидативним потенцијалом у метаболизму људи, што помаже у јачању имунитета и борби против старења (Jonsson и сар., 2018). Раж је природно обогаћена јединственом мешавином витамина (рибофлавин, токоферол, тиамин, В6, фолна киселина, ниацин и холин) као и минерала (K, Mg, Ca, Zn, Fe и др.) (Arendt и Zannini, 2013; Koehler и Wieser, 2013; Rodehutschord и сар., 2016).

1.2.2.4. Грахорица (*Vicia sativa* L.)

Грахорица је једногодишња / двогодишња, озима, или јара биљка из породице лептирњача / легуминоза / махунарки (fam. Fabaceae/ Leguminosae/ Papilionaceae). Ова ратарска култура се узгаја због доброг и квалитетног приноса зелене масе (листова) задовољавајућих нутритивних карактеристика због високог садржаја сирових протеина и добре сварљивости, те стога представља квалитетну храну коју локално становништво користи за исхрану стоке у облику сена или силаже (Huang и сар., 2017). Већина биљних врста из ове фамилије ступа у симбиотски однос са микроорганизмима – азотофиксаторима (најчешће су то бактерије из рода *Rhizobium*) који су присутни у земљишту у околини корена и чине тзв. „ризосферни микробиом“, а резултат ове симбиозе је повећање доступности азота за коренов систем биљака јер земљишни микроорганизми могу да уз помоћ специфичних ензима (у првом реду металоензима нитрогеназе) редукују недоступни / инертни азот из атмосфере (N_2) у биљкама доступну форму азота, а то је амонијак, односно NH_4^+ -катјон (López-Román и сар., 2025). Због симбиотске азотофиксације, гајење грахорице је веома исплативо у пољопривредној производњи, јер се обогаћује земљиште неопходним макронутријентом азотом, а истовремено биљке имају веће количине доступног азота за синтезу сопствених протеина који дају квалитет сточној храни. Грахорица се због акумулације азота користи и као зелено ђубриво у одрживим пољопривредним системима за смањење употребе вештачких азотних ђубрива и смањење емисије CO_2 до које неминовно долази током примене интензивне агротехнике (Dalias и Neocleous, 2017). Због негативне особине да полеже по земљи, што може да смањи принос лисне масе, ова култура се најчешће користи за сточну храну у комбинацији са стрним житима,

овсем, јечмом, тритикале житарицом, која је хибрид пшенице и ражи, као и ражи. Семе грахорице садржи релативно високу количину скроба и сирових протеина и стога се у новије време сматра погодним и квалитетним извором скроба и одрживим извором хране (Bet и сар., 2016; Nguyen и сар., 2020). Постоје подаци да се грахорица због утврђеног антидијабетичног деловања може користити у сувом облику као чај за снижавање нивоа шећера у крви, али и за циркулацију (Grlić, 1990).

1.2.2.5. Целер (*Apium graveolens L. var. rapaceum (Mill.) DC*)

Целер је двогодишња зељаста биљка из фамилије штитоноша (fam. Apiaceae). На нашем подручју гаји се као зачин, док се истовремено може наћи и као самоникла биљка на влажним стаништима, приобаљу и слатинама (Grlić, 1990). Целе биљке, укључујући лист, стабљику, корен и семе, широко се користе као зачин, како у сировом стању, тако и у куваним јелима. Због свог нутритивног састава, јединствене ароме и комбинације етеричних уља које садржи, ова биљна врста је готово незаобилазна компонента у јеловнику здраве исхране. Садржи витамине С, В и К, минерале Са, Mg, К и Na, етерична уља, антиоксиданте, велику количину воде, као и дијететска влакна. Целер има изузетан нутритивни и биохемијски профил и због тога што садржи бројне антиоксидансе, пре свега, каротене, токоферол и секундарне метаболите, као што су флавоноиди, алкалоиди, терпеноиди и фенолне киселине (Al-Asmari и сар., 2017; Kooti и Daraei, 2017). Бројна антиоксидативна једињења делују антиупално и на тај начин јачају имунитет и могу помоћи у терапији или превенцији болести срца, дијабетеса, превенцији појаве карцинома, као и код обољења штитне жлезде (Jakovljević и сар., 2002; Mencherini и сар., 2007). Сок од целера одлично хидрира организам, те помаже у регулацији телесних течности и детоксикацији организма, а поједини органи, или целе биљке се користе у народној медицини за лечење бројних болести укључујући астму, бронхитис, хипертензију, дијабетес, гастроинтестиналне поремећаје, уринарне проблеме, хепатитис и др. (Hardani и сар., 2015; Kooti и Daraei, 2017). Семе садржи етерична уља карактеристичне ароме и различита једињења богата кумаринима (Hedayati и сар., 2019; Zhu и сар., 2017). Уље семена целера се у народној медицини користи за чишћење / дренажу бубрега и јетре, а у

комбинацији са другим уљима може да се користи и за лечење дерматолошких промена. Постоје подаци који сугеришу да целер регенерише јетру и утиче на нормализацију стварања и елиминације жучи, те снижава холестерол (Abd El-Mageed, 2011; Singh и Handa, 1995). Редовно конзумирање целера може допринети смањењу ризика од развоја одређених врста карцинома (Zidorn и сар., 2005). Најистакнутија фармаколошка дејства активних супстанци садржаних у целеру су: антиинфламаторно (Mencherini и сар., 2007), аналгетичко (Jakovljević и сар., 2002), ларвицидно дејство, због чега може да се користи и као средство у борби против комараца (Tuetun и сар., 2005).

1.2.2.6. Першун (*Petroselinum crispum* L.)

Першун је двогодишња биљка из породице штитоноша (fam. Apiaceae), пореклом из Медитеранске области и западне Азије, која се у данашње време гаји, доминантно, као зачинска биљка, мада се може наћи и као дивља, односно, самоникла (Mahmood и сар., 2014). У исхрани се користи цела биљка, пре свега задебљали корен, потом листови, а такође се у исхрани користи и семе. Першун је богат извор многих биолошки-активних метаболичких компоненти, пре свега, витамина С, В и К као и многих минерала, као што су: Mg (из хлорофила листови), К, Са, Fe и Р (Dyduch и Janowska 2004; USDA. 2017). Есенцијално уље листови першуна садржи једињења као што су апиол, миристицин и α -пинен, те због тога першун има изражена антисептичка и антиоксидативна својства (Farzaei и сар., 2013; Vokk и сар., 2011). Због високог садржаја фенолних једињења, першун је изузетно цењена биљка не само у фармацеутској и козметичкој индустрији, већ и у прехранбеној, због изузетно ароматичних листови и корена (Gawel-Beben и сар., 2016). Због специфичне ароме и укуса, першун је у свежем, или сувом облику, неизоставни зачин и додатак јелима готово свих светских кухиња (El-Zaeddi и сар., 2016).

Иако је першун најпознатији као један од главних зачина који се додају у јела, не треба занемарити његову лековитост због чега се често користи (листови и корен) за екстракцију етеричног уља које повољно делује код проблема са варењем,

док се чај од першуна у традиционалној медицини користи за испирање уринарног тракта, као и за превенцију и лечење камена у бубрегу.

Першун садржи витамине, као што су пантотенска киселина (B₅), никотинамид (B₃), рибофлавин (B₂), аскоринска киселина (C), тиамин (B₁), пиридоксин (B₆), β-каротен (про- витамин А), фолну киселину (B₉), алфатокоферол (E); минерале, етерична уља и полифеноле, углавном флавоноиде (Dobričević и сар., 2019; Santos и сар., 2014). Терпени и фенилпропаноиди се налазе у изоилу у уљу екстрахованом из семена, плодова, корена и лишћа першуна. Листови першуна познати су по употреби у народној медицини за лечење менструалних тегоба, упала бешике, упале простате, едема, артритиса и реуматизма (Chauhan и Aishwaya, 2018; Noureddine и сар., 2022). Чај од першуна се показао као ефикасан и у борби против дијабетеса и хипертензије (Ajebl и Eddouks, 2019; Mootoosamy и Mahomoodally, 2014; Soliman и сар., 2015), док многе студије протврђују све чешћу и ефикасну употребу першуна као диуретика (Kreydiyyeh и сар., 2002).

1.2.2.7. Шаргарепа (*Daucus carota subsp. sativus* (Hoffm.))

Шаргарепа се често наводи као најшире заступљено поврће у исхрани људске популације, те се стога може сматрати и најзначајнијом биљном врстом из породице штитоноша (fam. Apiaceae). Ова двогодишња биљка чији се корен користи у исхрани, првобитно се више користила у медицинске сврхе, али је касније у великом броју референци истакнут њен нутритивни значај, јер је богата хранљивим материјама, пре свега каротеноидима од којих потиче наранџаста боја јестивог корена пријатног укуса, а све заједно доприноси бројним здравственим бенефитима (Que и сар., 2019). Главни антиоксидативни пигменти присутни у корену шаргарепе су каротеноиди (ксантофили и каротени), као и антоцијанини, а квалитативни састав пигмената и њихов квантитативни однос одређује боју корена различитих подврста, односно, сорти, која може варирати од бледо-жуте, преко жуте, наранџасте, црвене, до љубичасте (Varanasi и сар., 2018; Yusuf и сар., 2021). Генерално, шаргарепа је богата каротеноидима, витаминима и дијеталним влакнима, а такође је и добар извор бројних минерала и антиоксиданаса (Arscott и Tanumihardjo, 2010; Nicolle и сар., 2004).

β - каротен (провитамин А) је најзаступљенија фракција од свих каротеноида у корену шаргарепе, у људском организму се трансформише у витамин А (ретинол) који доприноси заштити од инфекција и јача имунитет а истовремено је добар за вид и има важну улогу у расту и развоју. Осим каротена, корен шаргарепе је богат минералима, пре свега калијумом, фосфором, манганом и молибденом, а садржи и растворљиве пигменте, антоцијанине. У корену шаргарепе има мало масти и протеина, а богат је витаминима С, Е, К и витаминима В групе, који имају значај за побољшање варења, регулацију циркулације крви, као и за побољшање вида (Varshney и Mishra, 2022). За корен шаргарепе се зна да има позитивне ефекте у лечењу анемије, као и лечењу болести које су узроковане недостатком витамина (попут рахитиса и скорбута), а сок од шаргарепе има диуретичка својства.

У фармацеутској индустрији производе се различити препарати на бази каротена, који се нарочито употребљавају у лечењу кожних оболења, посебно опекотина и екцема, затим за јачање имунитета, контролу дијабетеса и болести срца и крвних судова, те за заштиту јетре (Ahmad и сар., 2019; Varshney и Mishra, 2022). Шаргарепа је најчешћа намирница у људској исхрани, која се користи као свежа или кувана, прерађена у пире, сокове или дехидриране производе (Tiwari и Singh, 2019).

1.2.2.8. Јабука (*Malus domestica* Borkh.)

Јабука је дрвенаста биљка из породице ружа (fam. Rosaceae), најзаступљеније воће умерених климатских зона, код које је цео плод јестив, изузев семена (Spengler, 2019). Незаменљива је у људској исхрани, а у свежем или сувом облику доприноси јачању имунитета и отпорности на стрес, јер у свом нутритивном профилу садржи многе биоактивне супстанце и антиоксидансе, корисне за људско здравље (Boyer и Liu, 2004). Бројне референце, посебно из области нутриционизма, указују на хемијски / биохемијски састав плода јабуке, тако да се данас поуздано зна је он депо многих биоактивних једињења укључујући, пре свега, витамине, полисахариде, полифеноле, органске киселине, терпеноидна једињења - каротеноиде, стероле итд. (Boyer и Liu, 2004; Patocka и сар., 2020).

Плод јабуке има велики значај у одржавању љуског здравља јер је добар извор витамина и минералних соли, односно јона минералних елемената, посебно, Ca, K, Fe, i S, који имају у ћелијском соку плода јабуке избалансиран однос, а уносе се у организам са водом, тако да плод јабуке значајно доприноси хидратацији ћелија и органа на здравствено подобан начин. Јабука има улогу у превенцији многих болести, као и у опоравку организма након болести због тога што садржи разноврсна биоактивна једињења антиоксидативног, антиинфламаторног, антиканцерогеног и неуропротективног дејства (Can и сар., 2014; Pandey и сар., 2020; Patocka и сар., 2020).

1.2.2.9. Крушка (*Pyrus communis* L.)

Крушка је дрвенаста биљна врста из породице ружа (fam. Rosaceae), једна је од најстаријих култивисаних биљака на свету и после јабуке је друга по потрошњи и производњи, јер се њени плодови користе у исхрани људи од давнина као народни лек и здрава храна (Yang, 2018). Плод крушке је богат виталним есенцијалним хранљивим материјама као што су: угљени хидрати, протеини, дијететска влакна, витамини A, B, C, K, мноштво минерала и метаболита антиоксидантног деловања (Kolniak-Ostek, 2016). У хемијском / биохемијском профилу плода крушке нарочито се по количини истичу витамини A (ретинол) и C (аскорбинска киселина), а од минерала, гвожђе (James-Martin и сар., 2015). Висок садржај фруктозе у плоду, не погодује особама са дијабетесом, али код здравих особа доприноси одржавању метаболичке равнотеже глукозе у крви, повољно утиче на ћелијско дисање и производњу АТФ. Главне компоненте плода су вода (око 80%), шећер фруктоза (око 15%) и влакна (приближно 2%) (Lee и сар., 2012). У плоду крушке могуће је наћи готово све аминокиселине, што је битно за стабилан метаболизам конзумента, односно, синтезу протеина и ензима у људском организму. Бројни биолошки активни молекули и метаболити присутни у плоду чине да крушка у људском организму испољава антиканцерогене, антиоксидативне и антихипогликемијске ефекте. Идентификована су различита метаболички активна једињења, као што су полифеноли (фенолне киселине, флавоноиди), тритерпени и глукозиди (Brahem и сар., 2017; Kolniak-Ostek и сар., 2020). Највећа концентрација фенолних једињења се јавља у листовима, затим у семену, кори и пулпи плода. Глукозид (глукоза и

хинон) арбутин присутан доминантно у плоду, делује као антибиотик (Öztürk и сар., 2015), али и као средство за избељивање коже (Cho и сар., 2015; Eun и сар., 2012), хлорогена киселина делује антиинфламаторно и антиоксидативно (Naveed и сар., 2018; Z. Wang и сар., 2021), а може деловати и заштитно на кардиоваскуларни систем, малеинска киселина делује антиканцерогено (Estrela и сар., 2017), као и антипролиферативно на неке ћелије канцера (He и Liu, 2008; Roleira и сар., 2015), док кафеинска киселина може да делује неуропротективно (Jiang и сар., 2016).

1.2.2.10. Цвекла (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris* var. *cicla*)

Цвекла је често култивисано поврће, узгаја се као једногодишња или двогодишња врста широм света, а њен јестиви корен / кртола је као „функционална храна“ незаменљив део obroка у јеловницима (Frank и сар., 2005; Mirmiran и сар., 2020; Morgado и сар., 2016). Најчешће се конзумира као свеже или термички обрађено поврће, може да служи као природни адитив у пићима, бомбонима и млечним производима за побољшавање укуса, мириса, или боје, често се употребљава у производњи сточне хране, али и као додатак у производима од меса (Georgiev и сар., 2010; Vieira Teixeira da Silva и сар., 2019). Беталини (нпр. бетацијанини и бетаксантини), флавоноиди, полифеноли и сапонини су биолошки активне фитохемикалије које се налазе у цвекли (Baião и сар., 2017). Љубичасто-црвена боја кртоле (која истовремено представља и модификован корен) потиче од присуства хетероцикличних пигмената на бази азота, растворљивих у води, бетацијанина и бетаксантина (беталаина). Калијум, натријум, фосфор, калцијум, магнезијум, бакар, гвожђе, цинк и манган су само неки од минерала који се налазе у цвекли (Babaykin и сар., 2019). Садржи и велике количине биолошки активних супстанци укључујући каротеноиде, феноле, витамине В комплекса (В₁, В₂, В₃, В₆ и В₁₂), фолну киселину, влакна, као и шећере ниске енергетске вредности (Sakhare и сар., 2019). Због здравствених предности, употреба цвекле као функционалног адитива у разним прехранбеним производима постаје све популарнија. Недавна истраживања су открила да конзумација цвекле даје корисне физиолошке предности које могу допринети побољшању клиничких исхода за различите поремећаје, укључујући кардиоваскуларне болести (Milton-Laskibar и сар., 2021; Mirmiran и сар., 2020), хипертензију (Bonilla Ocampo и сар., 2018), дијабетес

(Aliahmadi и сар., 2021), канцер (Lechner и Stoner, 2019; Tan и Hamid, 2021), појаву камења у жучној кеси, бубрезима и уринарном тракту (Alok и сар., 2013), цереброваскуларне болести (Webb и сар., 2008) и анемију. Епидемиолошке студије су показале да беталини у људском организму, ефикасно смањују оксидативни стрес у ћелијама и спречавају оштећење DNK, сузбијају неконтролисану пролиферацију ћелија и покрећу програмирану ћелијску смрт и аутофагију (Chen и сар., 2021).

1.2.2.11. Парадајз (*Solanum lycopersicum* L.)

Парадајз је биљка из веома бројне и дивергентне породице помоћница (fam. Solanaceae), са јестивим плодовима изузетне нутритивне вредности незаменљивим у људској исхрани широм света (Martí и сар., 2016). Искориштавање изузетно вредних хранљивих особина парадајза нарочито је добило на значају током последњих неколико деценија са развојем свести потрошача да храна не представља искључиво енергију за одржавање живота, већ је и извор бројних здравствених бенефита, као што су превенција хроничних болести и ублажавање тегоба због дисфункције различитих метаболичких процеса (Pem и Jeewon, 2015). Највећи проценат плода парадајза чини вода, око 95%, док преосталих 5% чине највећим делом угљени хидрати и дијететска влакна; садржај масти и протеина је изузетно низак, због чега парадајз спада у нискокалоричну храну. Нутритивни квалитет плодова парадајза је у великој мери одраз квалитативног и квантитативног састава различитих једињења која доказано, унапређују здравље, пре свега, то су витамини, каротеноиди, фенолна једињења, фолна киселина (Li и сар., 2018; Liu и сар., 2016). Плодови су богати есенцијалним минералима као што су Mn и Fe, витаминима C и E, метаболичким интермедијерима, као што су неки шећери (сахароза, неке хексозе и др.), затим, органске киселине - цитрат, малат и аскорбат (Agarwal и Rao, 2000). Поред ликопена и витамина C, парадајз садржи и друге антиоксиданте, као што су β -каротен и фенолна једињења, као што су флавоноиди, хидроксициметна киселина, хлорогенска, хомованилна киселина и ферулна киселина (Bhowmik и сар., 2012; Borguini и Torres, 2009).

Парадајз је богат каротеноидима, а за разлику од корена шаргарепе, где у каротенској фракцији доминира β -каротен који представља провитамин А, у плоду парадајза најзаступљенији је каротен црвене боје - ликопен, који има изузетно важну улогу и људској исхрани, пре свега, као антиоксиданс (Agarwal и Rao, 2000; Viuda-Martos и сар., 2014). Биоактивна једињења из плода парадајза имају широк спектар позитивних дејстава на физиолошке процесе и метаболизам конзумента, пре свега, анти-инфламаторно, анти-алергијско, анти-микробно, вазо-дилататорно, анти-тромботичко, кардио-протективно и анти-оксидативно (Raiola и сар., 2014).

Каротеноиди и полифенолна једињења доприносе нутритивној вредности парадајза и побољшавају сензорне квалитете, укључујући укус, арому и текстуру; може се конзумирати сиров или куван, при чему задржава своју хранљиву вредност (Bhowmik и сар., 2012; Martí и сар., 2016). Сок од парадајза који је богат калијумом, снижава крвни притисак, те повећава излучивање желудачних и цревних сокова, што олакшава варење. Препоручује се у дијетама код оболелих од реуматских обољења, гихта, као и срчаних и бубрежних болесника (Kearney и сар., 2005).

Због тога што спада у категорију функционалне хране, осим у свежем облику, у прехранбеној индустрији развијене су бројне технологије за прераду плода парадајза, а истовремено, интензивна истраживања у пољопривреди и генетици / оплемењивању доприносе комерцијалном узгајању сорти пожељних нутритивних својстава (Li и сар., 2018; Viuda-Martos и сар., 2014).

1.2.2.12. Паприка (*Capsicum annum L*)

Паприка је биљна врста из фамилије помоћница (fam. Solanaceae), широко је распрострањено поврће чији се меснати плод од давнина користи као храна и зачин у различитим крајевима света због свог специфичног укуса, боје и мириса. У традиционалној медицини се користи због својих лековитих својстава, а садржи дијететска влакна, угљене хидрате, протеине, масне киселине, као и есенцијалне минерале: К, Р, Mg, Ca, Fe, Cu и Zn. Паприка је такође, веома богат извор витамина С и других антиоксиданаса, као што су витамин Е и β -каротен. Антиоксиданси из плода паприке су показали антиинфламаторна својства (Hassan и сар., 2019). У паприци се могу наћи и различите аминокиселине (Zamljen и сар., 2023). Такође,

паприка садржи и бројна друга биоактивна једињења која доприносе њеном изузетном нутритивном квалитету, као што су: кверцетин (биофлавоноид из групе полифенола), различите флавоноиде, алкалоиде, гликозиде, танине, тритерпеноиде (Batiha и сар., 2020). Резултати бројних експерименталних истраживања су указали на антиинфламаторну активност флавоноида екстрахованих из плода паприке, а лутеолин и апигенин су флавоноиди који су показали пожељне ефекте у борби организма против слободних радикала. Генерално, конзумација свежег плода паприке, због активног деловања флавоноида инхибира појаву проинфламаторних ћелија и доприноси општем побољшању инфламаторног одговора, смањује секрецију из носа, умирује хронични кашаљ, нападе астме и помаже код хроничне опструктивне болести плућа (Cho и сар., 2020; Toukan и сар., 2022).

Главни састојак етеричног уља екстрахованог из (љутог) плода паприке је капсаицин који је познат по свом израженом антиинфламаторном дејству и активна је компонента бројних природних препарата, који се производе за ублажавање болова. Капсаицин, уз друге заступљене биоактивне супстанце у плоду паприке, делује антиоксидативно, антибактеријски, антивирусно, антипролиферативно, антимулагено, хепатопротективно, антидијабетички, ренопротективно, антитуморски, против гојазности, аналгетички итд. Капсаицин се користи за лечење болних стања као што су неуропатија, артритис и фибромиалгија, као и локално, против болова (Basith и сар., 2016).

Постоје докази да капсаицин смањује ризик од карцинома гастроинтестиналног тракта, мада механизам његовог деловања у цревима још увек није у потпуности расветљен (Xiang и сар., 2022). Капсаицин побољшава осетљивост на инсулин, чиме утиче на контролу шећера у крви и смањење ризика од дијабетеса, а позитивно утиче и на смањење холестерола и ризика од срчаних обољења (Jang и сар., 2020; Panchal и сар., 2018).

1.2.2.13. Блитва (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris* var. *cicla*)

Блитва је двогодишња биљка из фамилије штирева (fam. Amaranthaceae), гаји се широм света, а у исхрани људи и животиња се користе зелени листови који расту у розети. Како је изузетно заступљена у исхрани људи и животиља, гаји се у

баштама у сезони, али и током целе године у пластеницима и стакленицима (Ninfali и Angelino, 2013). Традиционално, блитва се због својих благотворних ефеката на људско здравље користила као народни лек у лечењу болести бубрега и јетре, за стимулацију имуног и хематопоезског система, као и код дијета у лечењу карцинома (Каппег и сар., 2001). Зелени листови блитве имају пуно магнезијума, присутног у хлорофилима, затим натријума и калијума, флавоноида, и витамина С, као и дијететских влакана. Фитохемијским скринингом листова блитве утврђено је постојање неких масних киселина (стеаринске, палмитинске, линолне, олеинске и линоленске), фосфолипида, гликолипида, полисахарида, аскорбинске киселине, фолне киселине, пектина, сапонина, флавоноида (апигенин), фенолне киселине и беталина (Gamba и сар., 2021a; Гао и сар., 2009). Осим листова, стабљике блитве такође су нутритивно погодног профила, јер садрже осим дијететских влакана и бројне витамине (А, С, Е, К, В-групе) и минерале (Са, Р, Fe, Zn, Mg, К, Cu, Mn и др.) (Генпаги и сар., 2011). Листови блитве садрже пигменте и секундарне метаболите, као што су беталаини (пигменти деривати аминокиселине тирозина), флавоноиди и друга фенолна једињења која имају јака антиоксидативна својства и способност да се супротставе слободним радикалима, што је повезано са вишеструким здравственим користима када се блитва користи у исхрани (Mzoughi и сар., 2019). Највећи део биоактивних супстанци из екстракта листова блитве има антиоксидативно, антидијабетичко, антиинфламаторно, антитуморско и хепатопротективно дејство (Gezginci-Oktayoglu и сар., 2014; Oztay и сар., 2015). Такође, утврђена је и њихова антисептичка активност и утицај на јачање слузокоже желуца. Због лакоће узгоја, добре прилагодљивости различитим условима животне средине и пожељних хранљивих особина, блитва се комерцијално гаји на све већим површинама претежно умерене климатске зоне и интензивно користи у исхрани људи (и животиња) (Gamba и сар., 2021).

1.2.2.14. Пшеница (*Triticum aestivum* L.)

Обична пшеница, или хлебно жито, како се често назива, је биљна врста из породице трава (fam. Poaceae) је врста житарице која се највише конзумира на свету, глобално, она је најважнија зрнаста биљка код које се генеративни део са цветовима - клас, након оплодње, и заметања плодова (крупa) и „наливања“

плодова (и семена у плодовима), користи у људској исхрани. Пшеница је трећа по реду на лествици укупне производње житарица, одмах иза кукуруза и пиринча. Осим због генеративног приноса, пшеница се сеје и као крмно биље, за сточну храну, док се вегетативни део биљака након сушења, као слама користити као застирка у стајама, као грађевински материјал за израду кровова, или за зидање објеката. Пшеница се такође користи као супстрат за производњу етанола, прављење пшеничног пива, различитих компонената за козметику, протеинских концентрата који се користе као замена за месо и др. Пшеничне клице и пшеничне мекиње су добар извор дијететских влакана који помажу у превенцији и лечењу неких дигестивних поремећаја (Simmonds, 1989). За пшеницу се говори да је хранљива, јер је добар извор енергије (АТП): садржи у највећој мери скроб који као полисахарид, након разградње до глукозе, примарно и непосредно улази у процес ћелијског дисања. Осим угљених хидрата, значајне количине других кључних хранљивих материја као што су протеини, дијететска влакна, те мање количине липида, терпеноида, витамина и минерала налазе се у зрну (плоду), са функцијом биоактивних супстанци неопходних за људски метаболизам (Adom и сар., 2003; Shewry, 2007). Медицинске користи ове биљке су велике, тако да се може рећи да се пшеница употребљава као функционална храна због својих нутритивних квалитета и високог садржаја фитохемикалија. Добар је извор есенцијалних минерала као што су Mg, K, P, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, Se и др. (Fraleay, 2003; Shewry, 2007). Пшеница (зрно / крупа) је богата пантотенском киселином (витамином B₅), рибофлавином (витамином B₂), дијететским влакнима, витамином E, фолном киселином (витамином B₉). Такође је извор коензима Q10 (убихинона), есенцијалног кофактора у процесу ћелијског дисања и витамина B₁₀ (ПАВА, или пара-аминобензоеве киселине) (Shewry, 2007, Shewry, 2009). Конзумирање две или више порција целих житарица дневно може смањити ризик од појаве бројних патолошких промена у организму човека (Liu и сар., 1999; Meyer и сар., 2000; Parker и сар., 2013). Све чешће се у списку намирница „здраве исхране“, налази и наклијала пшеница (клице), која доказано, има антимикуробно дејство (Zhao и сар., 2019).

Лутеин је доминантан каротеноид - ксантофил који је присутан у пшеници и заједно са зеаксантином, повољно утиче на здравље коже и очију код људи

(Abdel-Aal и сар., 1993). Плод је антипиретик и седатив, док цела биљка има антиканцерогено дејство на људски метаболизам (Drankhan и сар., 2003). Пшеничне мекиње се користе као додатни извор дијететских влакана за превенцију болести дебелог црева, хипертензије, дијабетеса и др. (Garvin и сар., 2006; Hadjivassiliou, 2003; Reddy и сар., 2000). Пшеница се узгаја у скоро свим регионима света, од стратешког интереса за економију сваке земље. То је светска храна, којом се обезбеђује живот људској популацији на глобалном нивоу (Braun и сар., 2010; Shiferaw и сар., 2013).

1.2.2.15. Кукуруз (*Zea mays* L.)

Кукуруз је једногодишња монокотиледона биљка, која спада у житарице, таксономски припада фамилији трава (fam. Poaceae), а интродукована је у Европу и наш регион из Америке, још почетком XVI века (Smith и сар., 2004). Користи се у људској исхрани широм света, а може се рећи да поред пшенице, спада у основне ратарске културе са глобалном светском продукцијом која превазилази пшеницу или пиринач, те стога представља један од главних извора хране у свету. За људску исхрану се углавном користи плод који се као и код свих биљака из породице трава назива крупа и састоји се од слабо развијеног плодовог омотача – перикарпа спојеног са семењачом семена. Семе поред семењаче има један котиледон (скутелум) који се налази у хранљивом ткиву, ендосперму. Појединачни плодови кукуруза, који се колоквијално називају зрна, формирају клип, који се у морфолошком смислу може сматрати збирним плодом. Величина и квалитет приноса кукуруза зависе од квалитативног и квантитативног састава хранљивих материја у ендосперму и скутелуму зрна (плода, крупе). Плодови кукуруза имају велику нутритивну вредност и генерално, у (био)хемијском профилу садрже око 72% скроба, 10% протеина, 4,8% уља, 8,5% влакана, 3,0% шећера и 1,7% пепела (Chaudhary, 1983). Осим за људску исхрану, велики део органске продукције кукуруза, нарочито зелене масе, користи се и као сточна храна. Млевењем зрна кукуруза добија се брашно, које се користи за припрему хлеба и најразличитијих прехранбених производа, док се у људској исхрани може користити и тзв. „кукурузна свила“ (издужени жигови женских цветова у клипу) за прављење чаја који због веће количине минерала калијума има диуретичка својстава (Kumar и

Jhariya, 2013). Кукурузно уље садржи масне киселине, највише линолну, која је корисна у контроли крвног притиска и регулацији нивоа холестерола у крви, те је добра за превенцију кардиоваскуларних болести (Dupont и сар., 1990; St-Onge и Travers, 2016).

Због каротеноида, фенола и различитих фитостерола, кукурузно уље се често користи и за лечење дерматолошких здравствених проблема, те се често користи и у козметичкој индустрији за производњу сапуна (Jiang и Wang, 2005; Kopsell и сар., 2009; Lopez-Martinez и сар., 2009). У прехранбеној и фармацеутској / козметичкој индустрији користе се различити (полу)продукти добијени прерадом не само зрна, већ и целих биљака кукуруза, то су пре свега, кукурузни скроб, који је универзални разблаживач, алкохол, док се стабло биљке користи и за производњу папира. Светски економски значај кукуруза проистиче управо из тога што поред изузетне нутритивне вредности за целокупну људску популацију, има значај и као основна храна за (домаће) животиње, а такође је важна индустријска биљка.

Кукуруз је богат дијететским влакнима, витаминима (А, В, Е и К), минералима (Mg, К и Р), фенолним киселинама и флавоноидима, биљним стеролима и другим фитохемикалијама, као што су лигнини. У скробној фракцији зрна, доминира амилоза, а присутни су и бројни витамини (витамин Е у ембриону / клици семена), каротеноиди (лутеин, зеаксантин) (Moros и сар., 2002), као и минерали, нарочито Zn (Scott и Eldridge, 2005; Zhao и сар., 2009). Од осталих биоактивних метаболита треба поменути кумарине и танине (Liu, 2013), фенолна једињења (Panfili и сар., 2003), док је кукурузно уље богато фитостеролима (Verleyen и сар., 2002), антоцијанинима (Luna-Vital и сар., 2017) и фенолном киселином (Adom и Liu, 2002). Због оваквог биохемијског састава и значајне количине биоактивних једињења која пружају пожељне здравствене бенефите, што је пре свега, смањени ризик од хроничних болести, кукуруз има осим хранљиве, и улогу у превенцији кардиоваскуларних болести (Anderson и сар., 2000; Mellen и сар., 2008; Tighe и сар., 2010), дијабетеса (Xi и Liu, 2016), гојазности (Liu и сар., 2003; Melanson и сар., 2006), неких врста канцера (Jacobs и сар., 1995; Kasum и сар., 2002; Mourouti и сар., 2016; Schatzkin и сар., 2007), патолошких промена дигестивног тракта (Muir и сар., 2004; Shah и сар., 2016).

Уопштено се може истаћи да је кукуруз водећи светски усев, кључна култура у исхрани људи, јер обезбеђује енергију (угљене хидрате за ћелијско дисање), минерале и биогене материје за стабилан и избалансиран метаболизам (Chen и сар., 2021).

2. Основна истраживачка питања и научни циљеви истраживања

Предложено истраживање конципирано је тако да пружи одговоре на неколико важних питања у циљу добијања што поузданије слике загађења на квалитет и нутритивна својства намирница биљног порекла, поврћа и житарица (њихових јестивих делова) на територији Косова и Метохије. Специфично, предложена тема је фокусирана на следећа истраживачка питања:

- Како је тренутно стање квалитета поврћа и ратарских биљних врста са овог подручја, које се гаје у непосредној близини поменутих депонија? Како на предложеном локалитету не постоје подаци о процени квалитета, здравствене исправности и потенцијалног ризика по здравље локалног становништва конзумацијом ових намирница биљног порекла? Важно је одговорити на питање у којој мери дати полутанти утичу на гајене биљке из околине и колики је ризик њиховог коришћења у исхрани.
- У којој мери садржај токсичних супстанци-тешких метала код биљака гајених у полуконтролисаним условима (пластеник) и биљака гајених у слободној (баште и њиве) производњи, зависи од начина гајења, воде којом су заливане, да ли, и колико удаљеност биљака од загађивача утиче на принос (биопродукцију) и нутритивне вредности (квалитета) датог поврћа и житарица?
- Да ли се и на (потенцијално) загађеном земљишту уз примену одређене агротехнике, могу узгајати специфичне биљне врсте које према нутритивним карактеристикама и хазардним индексима не представљају опасност по здравље конзумента, или чак имају задовољавајући принос и квалитет?
- Да ли је јаловина рудника Кишница, потенцијални загађивач извора пијаће воде за Приштину? Да ли спирање и ерозија земљишта око јаловина услед временских промена, контаминира подземне и површинске воде?
- У којој мери су сви локални становници изложени честицама прашине мобилисаних из пепелишта ТЕ Косово Б и да ли су подземне воде контаминирание услед изливања отпадних вода са копова (пепео, уље). Поставља се питање, какав је квалитет поврћа које је доступно

становништву на пијацама? Да ли су загађени и производи са њива које су у близини јаловишта и пепела?

Главни циљ истраживања је да се утврде, испитају и минимизирају ризици који могу довести до акумулације токсичних метала у биљкама намењеним људској исхрани. Из тога произилази да би детаљна студија заснована на резултатима предложеног истраживања дала јасан и научно заснован увид у слику утицаја загађења на квалитет и нутритивна својства намирница биљног порекла, поврћа и житарица (њихових јестивих делова). Јасно и недвосмислено дефинисање зависности између загађења животне средине тешким металима (услова гајења / квалитета земљишта) и квалитета и здравствене исправности намирница биљног порекла, неопходан је услов за креирање стратегије производње „здраве хране“.

3. Материјал и методе

У оквиру истраживања испитиван је хемијски и биохемијски састав, као и нутритивна вредност различитих биљних врста, у зависности од услова гајења и степена загађености земљишта тешким металима. Циљ истраживања био је да се добије што поузданија процена утицаја загађења на квалитет и здравствену безбедност намирница биљног порекла, са посебним фокусом на јестиве делове поврћа и житарица.

Мониторинг хемијског састава обављен је у две фазе – на почетку (2018. године) и на крају (2022. године) експерименталног периода – на биљним врстама прикупљеним са загађених локалитета на територији Аутономне Покрајине Косово и Метохија. Реч је о биљкама које, упркос потенцијалном присуству контаминаната, често налазе пут до потрошача, директно или путем пијаца и других канала дистрибуције.

Поред мониторинга на терену, спроведени су и контролисани експерименти у (полу)контролисаним условима пластеника и стакленика, у којима су биљне врсте гајене на специфичним земљишним третманима контаминираним тешким металима. Циљ ових експеримената био је да се испитају механизми уноса и акумулације полутаната у различитим врстама и да се утврди њихов утицај на хемијски састав и здравствену исправност биљака.

3.1. Експериментална шема истраживања:

3.1.1. Први део – мониторинг садржаја тешких метала биљака узетих из пољских услова (из слободне индивидуалне производње).

3.1.1.1. Биљни материјал:

Прве експерименталне године (2018.), за анализе су узете следеће биљне врсте:

Шаргарепа (*Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang)-корен,

Парадајз (*Solanum lycopersicum* L.)-плод,

Паприка (*Capsicum annuum* L.)-плод,

Крушка (*Pyrus communis* L.)-плод,

Јабука (*Malus domestica* Borkh.)-плод,

Кукуруз (*Zea mays* L.)-семе.

Наведене биљне врсте су узете са следећих локалитета*:

Локалитет 3-Племетина,

Локалитет 5-Грачаница,

Локалитет 6-Липљан.

*Географски положај локалитета одабраних за истраживање налази се на мапи Покрајине Косово и Метохија (Слика 3.1), док је опис локалитета дат у поглављу.

Друге експерименталне године (2022.), за анализе су узете следеће биљне врсте:

Шаргарепа (*Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang)-корен,

Першун (*Petroselinum crispum* L.)-лист,

Парадајз (*Solanum lycopersicum* L.)-плод,

Блитва (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris* var. *cicla*)-лист,

Цвекла (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris* var. *vulgaris*)-корен,

Паприка (*Capsicum annuum* L.)-плод,

Пшеница (*Triticum aestivum* L.)-семе,

Кукуруз (*Zea mays* L.)-семе.

Наведене биљне врсте су узорковане са истих локалитета као током 2018. године, а увршени су нови локалитети као би се проширила мапа истраживаних подручја:

Локалитет 3-Племетина,

Локалитет 4-Прилужје,

Локалитет 5-Грачаница,

Локалитет 6-Липљан,

Локалитет 7-Косовска Митровица,

Локалитет 8-Зубин Поток,

Локалитет 9-Лепосавић.

3.1.1.2. Локалитети узорковања:

Од интереса за истраживање било је испитати степен загађења што ширег подручја територије Косова и Метохије и његов утицај на квалитет и здравствену исправност поврћа и житарица, најзаступљенијих у исхрани локалног становништва. На слици 3.1., представљена је мапа Косова и Метохије са посебно обележеним локалитетима чији је степен загађења и утицај на животну средину испитиван.



Сл. 3.1. Територија АП Косова и Метохије са локалитетима узорковања биљака и земљишта за процену загађења тешким металима

3.1.2. Други део – експерименти постављени у пластенику (Третмани / Локалитети са којих је узето земљиште за гајење биљака).

3.1.2.1. Биљни материјал:

Прве експерименталне године (2018.) у пластенику су гајене следеће биљне врсте:

Ротквица (*Raphanus sativus*L.)-корен,
Зелена салата (*Lactuca sativa*L.)-лист,
Раж (*Secale cereale* L.)-надземни део биљке,
Граховица (*Vicia sativa* L.)-надземни део биљке.

Друге експерименталне године (2022.) у пластенику су гајене следеће биљне врсте:

Ротквица (*Raphanus sativus*L.)-корен,
Зелена салата (*Lactuca sativa*L.)-лист,
Раж (*Secale cereale* L.)-надземни део биљке,
Граховица (*Vicia sativa* L.)-надземни део биљке,
Целер (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) DC)-лист,
Першун (*Petroselinum crispum* L.)-лист,
Шаргарепа (*Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang)-корен.

3.1.2.2. Третмани / Локалитети са којих је узето земљиште за гајење биљака у пластенику

Земљиште коришћено као подлога за гајење биљака узимано је са локалитета који су одабрани према полажају и удаљености од великих извора загађења, односно, депонија (јаловишта и наслага пепела) (Сл. 3.2.). За хемијске анализе и процену загађења земљишта одабраних локалитета, узорци земљишта су узимани у вертикалном профилу са дубине 20 и 40 cm, ради утврђивања зависности између концентрације тешких метала и удаљености од емитера, као и утврђивања ефекта спирања полутаната у дубље слојеве земљишта.

Локалитет 1: Депонија (јаловиште) рудника Кишница у селу Бадовац југоисточно од Приштине, у близини манастира Грачаница. Рудник Кишница је део

рударско-металуршког и хемијског комплекса „Трепча“ и уз руднике Ајвалија и Ново Брдо припада јединственом систему који обухвата површину од око 100 ха. Јаловина из рудника Кишница је одложена на површини од око 40 хектара и представља највише контаминирано подручја читавог комплекса са великим негативним импактом на квалитет животне средине (Féraud и Deschamps, 2009). Јаловина из рудника Кишница која је оптерећена изузетно високим концентрацијама тешких метала, као што су: олово, цинк, арсен, антимон, жива, кадмијум, бизмут, те флотационим реагенсима, као што су цијаниди, сулфати и хидроксиди депонована је у околини бране Грачаничког језера, региона села Бадовац на површини од око 5 хектара. Јаловина се нерегуларно шири, није заштићена и представља вишедеценијски еколошки проблем и ризик контаминације ваздуха, земљишта и воде (реке Грачанке и Грачанског језера), те контаминације бунара и извора воде за пиће (Féraud и Deschamps, 2009).

А.



Б.



Слика 3.2., Локалитет 1: Јаловиште рудника Кишница (А); Локалитет 2: Депонија пепела из ТЕ Косова Б (Б)

Локалитет 2: Депонија пепела из Термоелектране (ТЕ) Косова Б која се налази у близини села Племетина у општини Обилић, у централном делу покрајине (Сл.3.2.Б). Депонија покрива површину од око 100 хектара. Пепео на депонијама ТЕ одлаже се дуги низ година као последица сагоревања угља лигнита за производњу електричне енергије из отворених копова рудника у непосредној близини. Интензивна експлоатација лигнита из рудника праћена је емисијом великих количина загађујућих материја, пре свега тешких метала у животну средину: воду, земљу и ваздух. Транспорт пепела из термоелектране Косова А на

постојеће депоније врши се преко отворених транспортних трака. Сваке године више од 25 милиона m^3 пепела се одложи на депонију ТЕ Косова А и више од 14 милиона m^3 пепела се одлаже на депонију ТЕ Косова Б. Ове велике количине депонованог пепела представљају сталну опасност због нестабилности депонованог пепела, нарочито када се говори о расејавању честица пепела ветром. Ресуспензија прашине и честица пепела на којима су адсорбовани опасни загађивачи, пре свега атоми и јони тешких метала, те молекули и јони штетних органских супстанци (најчешће, уља), представља озбиљан извор загађења земљишта околних њива и башти које се користи у пољопривредне сврхе, за гајење житарица, поврћа и воћа. Преко хемијски оптерећених отпадних вода са копова рудника, као и са оближњих депонија ТЕ Косова А1 и Б1, у којима су присутне значајне количине фенола и полиароматичних угљоводоника, загађујуће материје улазе у површинске и подземне водотокове, доприносећи свеопштем загађењу животне средине, те представљају озбиљну претњу по живот и здравље локалног становништва (Демаки и сар., 2022).

Локалитет 3: Насеље **Племетина** у Општини Обилић (Сл. 3.1). Атар насеља се налази на територији површине 573 ha. Локалитет за узорковање је одабран пошто се у непосредној близини насеља, на удаљености од око 1 km, налази депонија пепела из Термоелектране (ТЕ) Косова Б. Кроз насеље протиче река Ситница у коју се улива канал за испуштање отпадних вода из саме ТЕ, што представља озбиљан ризик од загађења површинских и подземних- бунарских вода употребљаваних за пиће и заливање њива и башти. Тешки метали и бројни друге хазардне материје на тај начин улазе у ланце исхране и представљају опасност по здравље локалног становништва.

Локалитет 4: **Прилужје** је село збијеног типа у Општини Вучитрн, удаљено око 14 km југоистично од Вучитрна и удаљено 5 km од депоније пепела из ТЕ Косова Б. Површине је 745 ha и лоцирано у равници између река Ситнице и Лаба.

Локалитет 5: **Грачаница** је насеље смештено око 8 km југоисточно од Приштине, дуж магистралног пута који води ка Гњилану. Налази се у долини реке Грачанке, десне притоке реке Ситнице, испод Грачаничког језера. На левој обали реке, у

самом насељу, налази се манастир Грачаница из XIV века, један од најлепших споменика српске средњевековне културе. Село Грачаница је окружено брдима Велетин (врх је на надморској висини 874 m) и Стежевац (796 m), а југозападно се налази и археолошко налазиште римског и рановизантијског града Улпијана из II века. Изнад насеља Грачаница и изнад манастира, на реци Грачанки, налази се велико јаловиште рудника Кишница и Ново Брдо које је средином осамдесетих година претило да пробије брану и поплави село. Јаловиште је затворено а насеље Бадовац, које је било непосредно уз њега, пресељено изнад Грачанице на падине брда према селу Сушица.

Локалитет 6: **Липљан** је градско насеље и седиште истоимене општине у централном делу Косова и Метохије, 16 km јужно од Приштине на ушћу Јањевске реке у Ситницу (Сл. 3.1.). Удаљен је 17 km од депоније јаловине из рудника Кишница и налази се на главном правцу који повезује Приштину са Скопљем и Призреном.

Локалитети на којима су узимани узорци земљишта означени су на географској карти покрајине Косова и Метохије (Слика 3.1.).

Приликом узимања узорка, очишћена је површина земље од остатака претходних усева до дубине 1,5-2 cm. Ашовом је засечен слој земљишта по читавој дубини профила и ископана земља на 20 и 40 cm дубине. Узорци земљишта истог локалитета узети су са 5 до 10 места, са истих дубина, помешани, и од њих је потом направљен један узорак, који је стављен у стерилну и хемијски чисту ПВЦ кесу. Исто земљиште је кориштено као подлога за гајење биљака у огледима који су постављени у пластенику током две године истраживања.

Пластеник димензија: 5,0 x 5,0 x 2,30m, са чеоним проветравањем, дебљином фолије 1,5 mm, постављен је на очишћеном и поравнatom терену у селу Прилужје. Удаљен је био 200 m од сеоског пута и оријентације север-југ (Слика 3.3.).



Сл. 3.3. Гајење биљака у пластенику у два независна експеримента, 2018 и 2022. године

Прва истраживачка година (2018): експеримент у пластенику

Биљке ротквице (*Raphanus sativus* L.), зелене салате (*Lactuca sativa* L.), ражи (*Secale cereale* L.) и грахорице (*Vicia sativa* L.) гајене су у полу-контролисаним условима у пластенику у периоду од 04.05. до 04.07.2018. године на земљишним подлогама узетим са пет описаних локалитета (Локалитет 1:Депонија (јаловиште) рудника Кишница; Локалитет 2:Депонија пепела из Термoeлектроане (ТЕ) Косова Б; Локалитет 3:Племетина ; Локалитет 5:Грачаница; Локалитет 6:Липљан). Пре постављања огледа извршена је физичко-хемијска анализа свих земљишних супстрата на којима су гајене биљке (5 локалитета представљало је 5 третмана).

Одређивање квалитета земљишта за огледе постављане у пластенику

-*Активна киселост* (pH у H₂O) и *супституциона киселост* (pH у KCl): одређене су потенциометријски;

-*Садржај карбоната* у земљишту: одређен је волуметријски помоћу Scheibler-овог калциметра;

-*Садржај укупног азота* (N): одређен је методом по Kjeldahl-у;

-*Лакоприступачни фосфор* (mg P₂O₅/100 g земље) је одређен према Al-методи по Egner-Riehm-у, спектрофотометријски;

- *Лакоприступачни калијум* (mg K₂O/100 g земље) одређен је према Al-методи по Egner-Riehm-у на AAS, Perkin Elmer 1100 B, емисијом у пламену (Пантовић и сар., 1996);

-*Садржај органске материје (хумуса) у земљишту*: одређен је волуметријски методом по Тјурин-у;

-*Псеудоукупна количина тешких метала* (Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Co, Cr, Ni) у земљишту: одређена је на AAS, Perkin Elmer 1100 B, из раствора који је добијен екстракцијом земљишта 1M раствором HCl.

Земљиште које је донесено са одређених локалитета, стављено је у хемијски чисте пластичне посуде (саксије). Након сетве, праћена је динамика клијања семена и раста младих биљака у зависности од третмана, односно степена и природе загађења. Заливање бунарском водом која се користи за заливање усева у околним баштама, вршено је по потреби до оптималне земљишне влажности, док је температура унутар пластеника одржавана проветравањем у интервалу дневног варирања карактеристичног за испитиване локалитете.

Анализе биљног материјала обухватале су мерење следећих параметара:

Морфолошки

-проценат клијавости семена- рачунат је 7-ог дана након првог клијања семена (засебно за сваку врсту);

-сува маса целих биљака – на крају истраживачког периода;

-висина стабла– на крају истраживачког периода;

-дужина листова– на крају истраживачког периода;

-дужина корена– на крају истраживачког периода.

Физиолошки/биохемијски / хемијски:

- рН ћелијског сока;

-Активност ензима **каталазе (CAT, Е.С. 1.11.1.6)**: 7-ог, 14-ог, 21-ог и 28-ог дана од клијања у надземним и подземним органима биљака.

Ензим каталаза разлаже токсични водоник пероксид (H_2O_2) који настаје у метаболизму под утицајем тешких метала, на молекулски кисеоник (O_2) и воду (H_2O). Стога је погодна метода за одређивање активности овог ензима, гасометријска-преко количине ослобођеног кисеоника у узорку биљног екстракта каталазе након додавања H_2O_2 (Мошева, 1982).

Екстракт свежег биљног материјала (између 0,5 и 1 g) направљен је у воденом раствору CaCO_3 , $\text{pH}=7,7$ и стављен у ерленмајер са бочним одводом и градуисаном биретом. На почетку мерења у ерленмајер се убризгава 5 ml 3% H_2O_2 . Након три минута и повремених мућкања, запремина издвојеног кисеоника је очитана на скали бирете. Сваки узорак је мерен у три независна понављања, а активност ензима представљена је у $\text{cm}^3 \text{O}_2/\text{g}$ свежег биљног материјала ($\text{ml O}_2/\text{g}$) (Smiljić и сар., 2018).

-Садржај органских киселина 7-ог, 14-ог, 21-ог и 28-ог дана од клијања у надземним и подземним органима биљака модификованом методом титрације у присуству индикатора (Smiljić и сар., 2018; Плешков, 1985). Екстракција је вршена у дестилованој води, тако што је 20 g свежег биљног материјала екстраховано у авану са 200 ml дестиловане воде, а затим је киселински екстракт квантитативно пренет у ерленмајер и загреван 30 минута у воденом купатилу на температури 80-90°C. Екстракт је након хлађења филтриран, пренет у одмерни суд и разблажен дестилованом водом до 200 ml. Део филтрата (50 ml) пренет је у чашу и титриран са 0,1N NaOH до очитања $\text{pH}=8.5$ на pH -метру. Органске киселине су слабе киселине, те се неутралишу у алкалном раствору (0,1N NaOH) већ на $\text{pH}=8.5$ (за разлику од јаких киселина које се неутралишу на $\text{pH}=7$).

Општа киселост екстракта, односно укупни садржај органских киселина у биљном материјалу, израчунава се формулом:

$$X = \frac{c(\text{NaOH}) \times F(0,1\text{NaOH}) \times 200 \times 10}{m \times 50}$$

где је:

X-укупни садржај органских киселина у испитиваном узорку (у милиеквивалентима (маса по милилитру)- mEq)

C (NaOH)-количина утрошеног 0,1 NNaOH за титрацију (ml)

F-фактор 0,1 N NaOH

200- укупна запремина профильтраног екстракта киселина (ml)

50- количина киселинског екстракта употребљена за титрацију (ml)

m- количина биљног материјала употребљеног за екстракцију (g)

10- превођење мерних јединица у милиеквиваленте (mEq – маса по милилитру) киселине (1 ml N NaOH одговара 0,1 mEq киселине)

- Садржај макроелемената, индикатора квалитета и нутритивне вредности: фосфора (P) и калијума (K).

На крају вегетационе сезоне, узорци су систематисани, опрани, осушени и самлевени. Након минерализације (сагоревања органске материје сувим путем-жарењем на 450°C), направљени су матични раствори са хлороводоничном киселином (HCl) из којих су потом одређивани сви испитивани хемијски елементи (Рајевић и сар., 2014).

-Одређивање садржаја укупног фосфора (P):

Садржај укупног фосфора одређен је спектрофотометријски применом амонијум ванадат- молибдат метода (Gericke и Kurmies, 1952; модификовано према Maksimović и Рајевић, 2002). Метода се заснива на реакцији ортофосфорне киселине са амонијум-молибдатом и амонијум ванадатом, у присуству азотне киселине, при чему се ствара хетерокиселински комплекс жуте боје. Апсорбанца овог раствора у плавом делу спектра пропорционална је концентрацији фосфора у узорку. Након превођења апсорбанци у концентрације и прерачунавања на масу, садржај укупног фосфора је изражен процентуално (%) у сувој материји.

-Одређивање садржаја укупног калијума (K):

Концентрација K одређена је директно из матичног раствора методом пламене фотометрије, побуђивањем атома калијума у пламену и превођењем

насталог светлосног сигнала у електрични, јачине пропорционалне концентрацији К у узорку. За коначно одређивање садржаја К у биљном ткиву, направљени су стандардни раствори и конструисана је стандардна крива, а потом је садржај преречунат у односу на разблажење и изражен процентуално (%) у сувој материји.

-Одређивање садржаја тешких метала, олова (Pb), кадмијума (Cd) и никла (Ni):

Садржај тешких метала одређен је из матичних раствора методом атомске апсорпционе спектрофотометрије (ААС). То је оптичка метода, код које се испитивани узорак распршује помоћу струје оксидационог средства (ваздух), а тако добијени аеросол меша се са редуccionим средством (ацетилен), мешавина се пали у пламену, чија се температура прилагођава аналиту у зависности од састава узорка. У току сагоревања гасова атоми елемената из узорка редукују се до атомског стања. Светлосни сноп из лампе, чија је катода начињена од појединачних елемената који се одређују, пролази кроз пламен до монохроматора и детектора. Слободни атоми у непобуђеном стању апсорбују светлост карактеристичне таласне дужине. Смањење енергије зрачења таласне дужине која се мери, пропорционално је количини тог елемента у узорку. За мерење је коришћен апарат ICP-MS (енгл. Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry) као гориво коришћен је ацетилен, а рађена је пламена техника. Као стандардни раствори коришћени су раствори чија је концентрација прилагођена очекиваном садржају тешких метала у узорцима. Садржај елемената је преречунат у односу на разблажење и изражену $\mu\text{g/g}$ суве биљне супстанце.

Друга истраживачка година (2022.): експеримент у пластенику

Други, поновљени оглед постављен је у пластенику под истим условима и са истим третманима контаминираног земљишта, али је експеримент био допуњен са земљиштем локалитета-Прилужје као и још три врсте поврћа из фамилије Ариасеае, које имају изузетан удео у исхрани локалног становништва. Стога је у полу-контролисаним условима пластеника, у периоду од 07. 07. до 13. 11.2022. године на земљишним подлогама узетим са шест описаних (контаминираних) локалитета, укупно гајено седам биљних врста, то су: ротквица (*Raphanus sativus* L.), зелена салата (*Lactuca sativa* L.), раж (*Secale cereale* L.), грахорица (*Vicia sativa*

L.), целер (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) DC), першун (*Petroselinum crispum* L.) и шаргарепа (*Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang).

Број третмана гајења поврћа је такође проширен, тако да је сваки третман загађеног земљишта подељен на два (под-)третмана: 1. неизмењен супстрат са локалитета (без додатака) и 2. супстрат са локалитета са додатком нутријената (вештачког ђубрива- N, P, K). Наведене измене и допуне у организацији експеримента урађене су са циљем сагледавања што јаснијег, генотипски специфичног метаболичког одговора биљака на коришћење вештачког ђубрива, честе праксе у гајењу поврћа, ради постизања већег приноса. Додатак макронутријената азота (N), фосфора (P) и калијума (K) у концентрацијама које су најчешће примењиване при гајењу поврћа може имати улогу у детоксикацији супстрата, односно присуство главних биогених елемената у исхрани биљака може у значајној мери смањити усвајање токсичних тешких метала кореном, због познате антагонистичке интеракције и компетиције на јонским каналима ћелија корена, при чему ће биљке више усвајати корисне јоне макроелемената на рачун полутаната. Оглед је конципиран тако, да се на основу добијених резултата могу извести закључци који би потврдили хипотезу да се и на (потенцијално) загађеном земљишту уз примену одређене агротехнике, могу узгајати специфичне биљне врсте које према нутритивним карактеристикама и хазардним индексима не представљају опасност по здравље конзументата, или чак имају задовољавајући принос и квалитет.

Пре постављања огледа извршена је хемијска анализа свих земљишних супстрата на којима је постављен експеримент за гајење биљака (6 локалитета представљало је 6 третмана), а да би се јасније одредио и утицај испирања (дренаже) полутаната кишом у дубље слојеве, узорци земље су узимани са дубине 20 и 40 cm, помешани и од њих је потом направљен један узорак. Исто земљиште је кориштено као подлога за гајење биљака у огледима који су постављени.

Према томе, свих седам наведених биљних врста, гајено је у 6 третмана (6 локалитета специфичног загађења), од којих је земљиште (супстрат) сваког локалитета постављено у посуде за гајење у два подтретмана: 1. земљиште непромењено у односу на локалитет са ког је узето и 2. земљиште специфичног

локалитета коме је додато вештачко ђубриво NPK. Укупан број третмана стога је био 12, а сваки третман је био представљен у три независна понављања.

Мерени су следећи параметри:

Морфолошки:

- проценат клијавости семена- рачунат је 7-ог дана након првог клијања семена (засебно за сваку врсту);
- свежа и сува маса целих биљака – на крају истраживачког периода;
- висина стабла– на крају истраживачког периода;
- дужина листова– на крају истраживачког периода;
- дужина коренова– на крају истраживачког периода.

Физиолошки/биохемијски / хемијски:

- рН ћелијског сока-на крају истраживачког периода;
- активност ензима каталазе- на крају истраживачког периода;
- садржај органских киселина- на крају истраживачког периода;
- садржај макроелемената, индикатора квалитета и нутритивне вредности: фосфора (P) и калијума (K) у сувој биљној супстанци;
- садржај тешких метала, олова (Pb), кадмијума (Cd) и никла (Ni) у сувој биљној супстанци.

Све анализе рађене су по истој методици и истим протоколима као и прве истраживачке године, а добијени резултати су изражени у истим јединицама.

3.1.3. Трећи део – експеримент постављен у стакленику (2019.): Органска и конвенционална производња поврћа

Процена квалитета и здравствене исправности одабраних биљака фамилије Ариасеае на основу састава и садржаја токсичних супстанци-тешких метала, зависно од начина гајења и порекла, били су предмет истраживања трећег дела ове

докторске тезе. Експерименти који су извођени у стакленику Департамента за биологију и екологију Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду, током вегетационе сезоне 2019. године, конципирани су тако, да се гајењем биљака у полуконтролисаним условима на два земљишна третмана, са и без употребе вештачког ђубрива, добију резултати на основу којих ће се извести научно-засновани закључци о односу квалитета поврћа које се користи у исхрани и степена (хемијског) загађења земљишта. Експеримент је конципиран тако да обезбеди резултате неопходне за тумачење утицаја примењених агротехничких мера током гајења поврћа (употреба вештачких ђубрива) на загађење пољопривредног земљишта тешким металима и последично, на загађење хране.

3.1.3.1. Биљни материјал:

Током вегетационе сезоне 2019. године, у стакленику су гајене следеће биљне врсте:

Целер (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) DC)-лист;

Першун (*Petroselinum crispum* L.)-лист;

Шаргарепа (*Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang)-корен.

Биљке целера, першуна и шаргарепе, гајене су у полу-контролисаним условима у стакленику, методом земљишних култура, у тзв. Мичерлиховим посудама запремине 5L, од почетка маја до краја октобра, односно до краја вегетације и достизања пуне физиолошке зрелости. Земљиште за гајење биљака је узето са огледног поља Института за ратарство и повртарство, Нови Сад и није третирано хемијским средствима последњих 20 година. Постављена су два третмана, односно две варијанте гајења поврћа:

3.1.3.2. Третмани гајења поврћа:

1. Гајење биљака по принципима **органске производње**, на незагађеном земљишту, без употребе вештачких ђубрива и пестицида;
2. Гајење биљака по принципима **конвенционалне / комерцијалне** производње, уз додатак вештачког ђубрива NPK и употребу пестицида по потреби.

У екперименту су коришћене комерцијално доступне сорте повртарских врста, земљиште оба третмана је заливано водом до нивоа оптималне влажности (60%), температура у стакленику се кретала у распону од 25 до 30°C, док је осветљење било природно и зависило од спољашњих услова (Слика 3.4.).



Сл. 3.4. Биљке из фам. Ариасеае гајене на два земљишна третмана у стакленику

Свака биљна врста је гајена у три независна понављања (три посуде), у оба третмана. Током периода гајења, земљиште је третирано ђубривом NPK (*Elixir Zorka*) за третман конвенционалног гајења, док је за третман органске производње биљака у земљиште додато органско ђубриво, произвођача *Slavol*, а пестициди и хербициди нису кориштени. Завршетак експеримента је био крајем октобра, на крају вегетационе сезоне, тако да су биљке старе 6 месеци, у пуној физиолошкој зрелости, како се и најчешће користе у исхрани, узимане за анализе (Сл. 3.5).



Сл. 3.5. Изглед биљака на почетку и на крају експеримента

Након узимања и сушења на собној температури неколико дана, узорци су сушени у сушници на 80°C до константне масе, млевени и потом одложени у стаклене, хемијски чисте посуде.

-Садржај хемијских елемената-припрема сувог и самлевог биљног материјала за хемијске анализе обухватала је дигестију органске материје тзв. мокрим путем, у концентрованој азотној киселини (HNO_3) температуре $130\text{--}140^{\circ}\text{C}$, уз додавање водоник пероксида (H_2O_2) да би се дигестија убрзала и у потпуности извршила, што се региструје када узорци у киветама постану безбојни на собној температури (Jones, 1991). Након тога се узорци филтрирају уз помоћ дејонизоване воде у стаклене нормалне судове и допуњавају до запремине 50 mL, чиме су направљени матични раствори из којих ће се одређивати концентрације појединих хемијских елемената.

-Концентрације макронутријента магнезијума (Mg), микронутријената: гвожђа (Fe), мангана (Mn), никла (Ni), бакра (Cu), као и полутаната: арсена (As), олова (Pb) и кадмијума (Cd) у јестивим деловима гајених повртарских врста, одређене су

методом масене спектрометрије са индуктивно спрегнутом плазмом, ICP-MS (енгл. Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry, (Agilent Technologies 7700, према ЕРА методи 6020В (SW-846)). Метода је осетљива и омогућава мерење изузетно ниских концентрација различитих хемијских елемената, као и других супстанци, а заснива се на стварању јона помоћу индуковано спрегнуте плазме и спектрометрији маса, која омогућава њихову детекцију и идентификацију. Узорак се уводи у инструмент помоћу аутоматског узоркивача и преводи у фини аеросол, који се помоћу гаса аргона усмерава ка плазми. Плазма се, помоћу високофреквентне струје, загрева на 6000-10000 К, што омогућава јонизацију. Индуктивно спрегнута плазма је струја високо јонизованог аргона. Плазма је електронеутрална, иако се састоји из јонизованих атома. Аеросол узорка преноси се путем аеросолног протока кроз колону са најмањим дијаметром, у којој се помоћу високе температуре распршава, испарава, цепа на атоме и коначно, јоне. Након тога, јони се уводе у вакуум и помоћу електростатских сочива и јонске оптике раздвајају се на основу односа њихових маса и наелектрисања. Након проласка кроз масени сепаратор (спектрометар), у свим ICP-MS инструментима јони ударају у активну површину детектора, што изазива појаву каскаде електрона. Надаље се електронском мултипликацијом каскада електрона преводи у специфичан пулс. Примена ове методе у контроли и праћењу садржаја токсичних елемената у намерницама има изузетан значај због велике осетљивости и могућности регистровања ниских концентрација. Такође, ова метода представља мултиелементну анализу, јер је могућа истовремена анализа садржаја већег броја елемената.

Сва мерења су обављена у три независна понављања. Прецизност и тачност су потврђени калибрационим кривама, које су биле линеарне унутар опсега концентрација, са коефицијентима регресије $R^2 > 0,9$. Лимит детекције (LOD) је био $\geq 0.02 \mu\text{g/L}$ а базиран је на основу троструке вредности стандардне девијације израчунате за 3 репликације. Лимит квантификације (LOQ), потврђен у узорцима био је $0.02 \mu\text{g/L}$. Релативна стандардна девијација (RSD) је била испод 10%. Концентрације хемијских елемената у испитиваним узорцима изражене је у $\mu\text{g/g}$ (mg/kg) сувог биљног материјала.

3.2. Израчунавање показатеља загађења хране / здравствене исправности биљака

На основу добијених резултата у сва три експеримента и мониторингу, рачунати су следећи показатељи, индикатори степена контаминације биљака:

-*Индекс загађења металима* (MPI, од енгл. „Metal Pollution Index“), који представља укупну концентрацију (свих одређиваних) метала у биљним органима / јестивим деловима појединачних врста поврћа. Израчунава се преко формуле дефинисане од стране (Usero и сар., 1997):

$$MPI = (Cf_1 \times Cf_2 \times \dots \times Cf_n)^{1/n},$$

где $Cf_1, Cf_2, \dots Cf_n$ представљају концентрацију појединачних метала (од 1 до n) у биљном ткиву.

-*Индекс биоконцентрације метала* (MBCI, од енгл. „Metal Bioconcentration Index“) – представља однос концентрације (специфичног) полутанта у биљном ткиву и његове концентрације у земљишту (подлози, супстрату), израчунава се према формули:

$$MBCI = \frac{C_{\text{метала у биљци (или органима)}}}{C_{\text{метала у земљишту}}}$$

-*Транслокациони фактор* (Tf) – указује на степен транслокације метала из подземног дела биљке у надземни / листове, израчунава се из односа концентрације метала у надземном делу-листовима (mg kg^{-1}) и концентрације метала у корену-подземним органима (mg kg^{-1}), према формули (Ng и сар., 2016):

$$Tf = \frac{C_{\text{метала у надземним органима биљке}}}{C_{\text{метала у корену}}}$$

Израчунавање наведених индикатора степена контаминације биљака је неопходно за прецизно дефинисање корелације између загађења земљишта (услова гајења) и

нутритивне вредности / здравствене исправности биљака гајених на њему. У том смислу је било неопходно израчунати и:

-*Хазардни коефицијент* или *Коефицијент здравственог ризика* (HQ, од енгл. Hazard Quotient) који је коришћен за процену нивоа опасности по здравље људи у условима конзумације хране контаминираних тешким металима. HQ је израчунат према формули (US Environmental Protection Agency, 1989):

$$HQ = \frac{D \times C_{metal}}{R_f D \times BO}$$

D представља процену дневног уноса поврћа (kg dan^{-1})*,

C metal је концентрација појединачног метала (mg kg^{-1}),

R_fD је референтна количина оралног уноса метала (mg kg^{-1} телесне тежине dan^{-1})**,

BO је просечна телесна тежина (kg)***.

*Дневни унос поврћа *D*, за популацију испитиване географске регије није прецизно дефинисан, те је због тога у формули коришћен доступан показатељ *D* који се односи на Румунску популацију, због сличности у начину и обичајима исхране (Harmanescu и сар., 2011). Вредност *D* за корен шаргарепе, першуна и целера узета за калкулацију је била 0,3, а за листове першуна и целера 0,1 kg dan^{-1} - за одрасле особе. Сматрало се да дневни унос за децу износи 2/3 дневног уноса поврћа одрасле особе (Pérez и сар., 2014).

***R_fD* је definisan као 0.001 (за Cd), 0.02 (за Ni) и 0,0035 $\text{mg kg}^{-1}\text{dan}^{-1}$ (за Pb), (Gebeyehu и Bayissa, 2020; US-EPA, 2010, 2013).

***Према Maksimović и сар., (2016), просечна телесна тежина одраслих особа (старост ≥ 20 година) у Републици Србији је 70, за жене и 84.6 kg (за мушкарце); за децу, старости између 7 и 14 година, просечна телесна тежина износи 42.4 kg (резултати Националне анкете о здрављу Републике Србије 2013, 2014).

-*Индекси неканцерогене опасности* (HI, од енгл. Non-cancerogenic Hazard Index) израчунати су на основу већ одређених вредности HQ за појединачне метале (n), као њихова сума:

$$HI = \sum_{n=1}^i HQ_i = 1,2,3 \dots n$$

HI<1, указује на минимални здравствени ризик;

HI>1, указују на потенцијални здравствени ризик;

HI>10 указује на озбиљан здравствени ризик (Eid и сар., 2019; Li и сар., 2018).

Међутим, збор релевантности добијених резултата одлучили смо да и поред оваквог израчунавања одрадимо израчунавање коефициента здравственог ризика по другој формули за свежу биљну масу јер конзумирамо намернице биљног порекла у таквом облику

-*Хазардни коефицијент* или *Коефицијент здравственог ризика* (HQ, од енгл. Hazard Quotient) израчунат је према формули (Eid и сар., 2019):

$$DIR = \frac{D \times Cf \times C_{trace\ element}}{BW}$$

D представља процену дневног уноса поврћа (kg dan⁻¹) *,

C *trase element* је концентрација појединачног метала (mg kg⁻¹),

BW је просечна телесна тежина (kg)**,

Cf- фактор 0,085***.

*Дневни унос поврћа D, за популацију испитиване географске регије није прецизно дефинисан, те је због тога у формули кориштен доступан показатељ D који се односи на Румунску популацију, због сличности уначину и обичајима исхране (Harmanescu и сар., 2011). Вредност D за корен шаргарепе, першуна и целера узета за калкулацију је била 0,3, а за листове першуна и целера 0,1 kg dan⁻¹- за одрасле

особе. Сматрало се да дневни унос за децу износи 2/3 дневног уноса поврћа одрасле особе (Pérez и сар., 2014).

**Према Maksimović и сар., (2016), просечна телесна тежина одраслих особа (старост ≥ 20 година) у Републици Србији је 70, за жене и 84.6 kg (за мушкарце), што је у просеку за одрасле 77,3 kg; за децу, старости између 7 и 14 година, просечна телесна тежина износи 42.4 kg (резултати Националне анкете о здрављу Републике Србије 2013, 2014).

*** Према Arsenov и сар., (2021), вредност C фактора је 0,085/по свежој биљној маси

$$HQ = \frac{DIR}{R_f D}$$

*R_fD је дефинисан као 0.001 (за Cd), 0.02 (за Ni) и 0,0035 mg kg⁻¹dan⁻¹(за Pb), (Gebeyehu и Bayissa, 2020; US-EPA, 2010, 2013)

На основу добијених резултата HQ израчунати су индекси неканцерогене опасности HI по горе наведеној формули.

3.3. Обрада података

Добијени резултати су статистички обрађени применом анализе варијансе (ANOVA) уз помоћ софтверских пакета Statistica XII (верзија 13.5.0.17) и IBM SPSS Statistics 22. За процену значајности разлика у концентрацијама тешких метала у зависности од врсте поврћа и третмана узгоја коришћен је *post hoc Duncan*-ов тест, при нивоу значајности $p < 0,05$. Резултати су приказани табеларно и графички, као средње вредности $\pm$ стандардна девијација ($n = 3$).

Поред једнофакторске и двофакторске анализе (*One-way* и *Two-way ANOVA*), подаци су анализирани и применом мултиваријантне анализе главних компоненти (PCA – Principal Component Analysis), у програмском окружењу R (верзија 4.2.3; R Core Team, 2021). PCA је извршена коришћењем пакета *FactoMineR* (<https://CRAN.R-project.org/package=FactoMineR>) за израчунавање корелационих

матрица и идентификацију утицаја главних компоненти, док је пакет *factoextra* (Kassambara и Mundt, 2020) коришћен за визуелизацију резултата, укључујући креирање би-плотова и других графичких приказа.

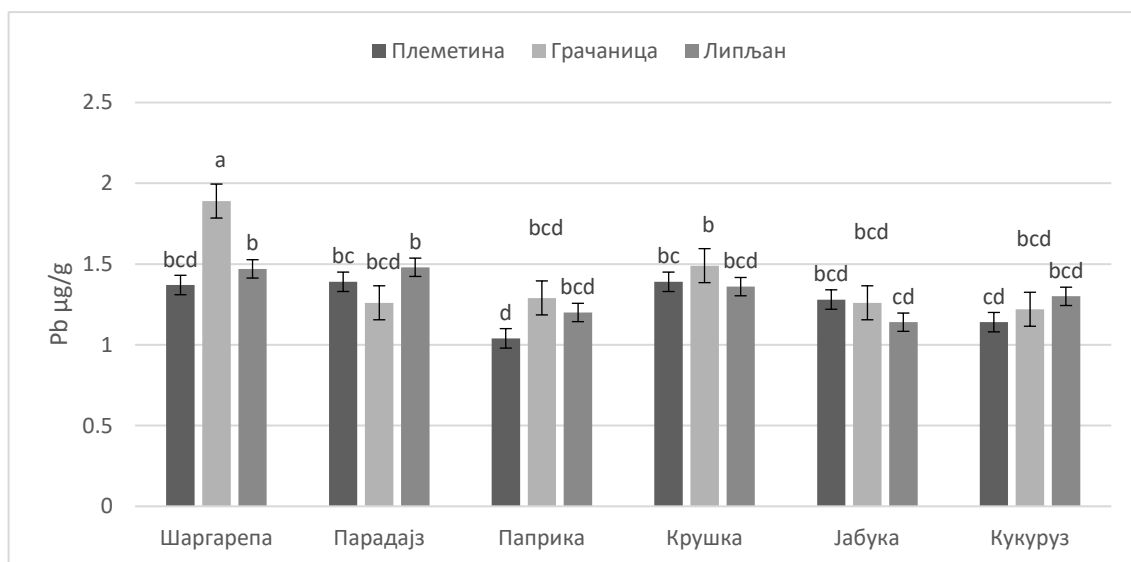
4. Резултати

4.1. Први део – мониторинг садржаја тешких метала у јестивим деловима биљака гајених у пољским условима (из слободне индивидуалне производње).

За потребе испитивања степена загађења поврћа, воћа и житарица најзаступљенијих у исхрани локалног становништва, узорковане су биљне врсте у пуној физиолошкој зрелости из слободне индивидуалне производње различитих локалитета Косова и Метохије.

4.1.1. Прва истраживачка година (2018.). Утицај удаљености локалитета гајења биљака од загађивача (емитера) на акумулацију тешких метала (Pb, Cd и Ni)

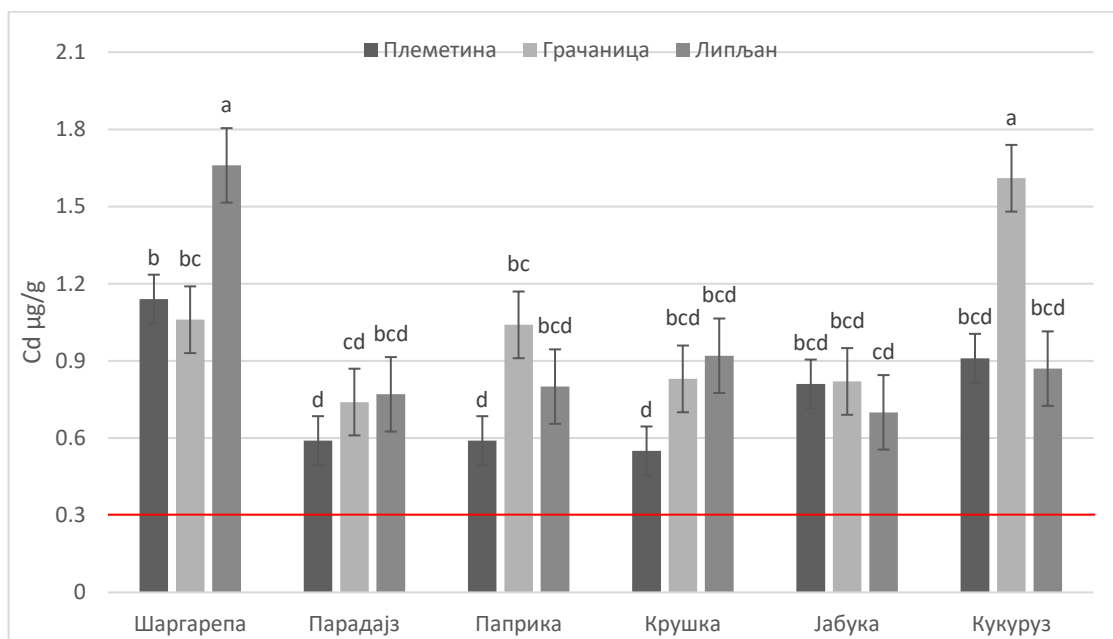
Садржај олова (Pb) у сувој материји јестивих делова биљака варирао је у зависности од локалитета и биљне врсте, односно од специфичног извора загађења (Слика 4.1). На локалитету 5 (Грачаница) измерен је највећи садржај олова у корену шаргарепе, док су сигнификантно ниже концентрације регистроване у плодовима крушке, паприке, јабуке, парадајза и кукуруза.



Слика 4.1. Акумулација олова (Pb) ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака узоркованих са различитих локалитета. Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дипсан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

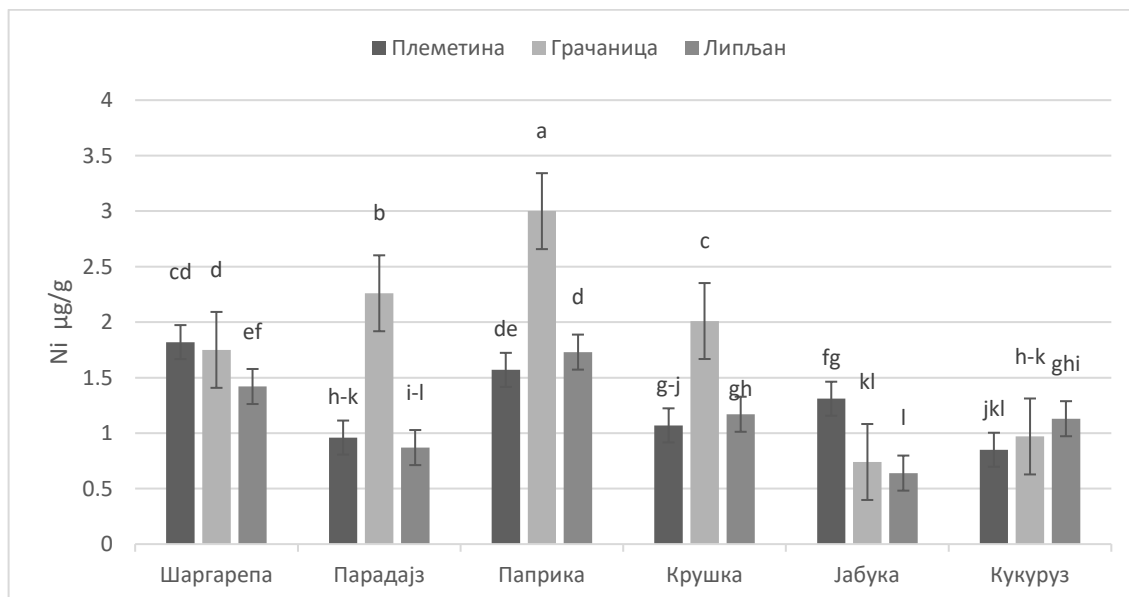
Садржај Pb који је забележен у испитиваним врстама на локалитету 6 (Липљан) варирао је према опадајућем низу: парадајз > шаргарепа > крушка > кукуруз > паприка > јабука. На локалитету 3 (Племетина) највиша средња вредност концентрације олова била је у узорцима плода парадајза, док је најмања забележена у плодовима паприке. Акумулација олова у јестивим деловима биљака није прелазила максимално дозвољене концентрације у акумулацији олова које су дефинисане за храну и износе 3 $\mu\text{g/g}$ суве масе (Службени гласник Републике Србије бр. 127/2022). Резултати двофакторске анализе варијансе (Two-way ANOVA) показују да је између испитиваних биљних врста постојала статистички значајна разлика у просечном садржају олова, док у већини случајева није било сигнификантне разлике у садржају олова поредећи локалитете (Прилог 1-Табела 8.3). Најнижа концентрација Pb (1,04 $\mu\text{g/g}$) регистрована је у плоду паприке на локалитету 3 (Племетина), док је истовремено, просечно највећа концентрација (1,89 $\mu\text{g/g}$) утврђена у корену шаргарепе на локалитету 5 (Грачаница).

Када је садржај кадмијума (Cd) у питању, уочавају се пре свега високе просечне концентрације овог елемента код свих биљних врста у односу на максимално дозвољене концентрације (0.3 $\mu\text{g/g}$ суве масе), које су се кретале у интервалу од 0.55 $\mu\text{g/g}$ у плодовима крушке узоркованих са локалитета 3 (Племетина) до 1,66 $\mu\text{g/g}$ у корену шаргарепе (Липљан). Упоређујући просечни садржај кадмијума у биљним врстама зависно од локалитета, уочавају се специфичности, тако да су најниже вредности измерене на локалитету 3 (Племетина) а највеће, на локалитету 6 (Липљан), те се може истаћи да је акумулација Cd у сувој маси јестивих биљних органа значајно варирала како између биљних врста тако и од удаљености локалитета од емитера загађења (Слика 2). Резултати Two-way ANOVA указују на статистичку значајност ове варијабилности (Прилог 1-Табела 8.3).



Слика 4.2. Акумулација кадмијума (Cd) ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака различитих локалитета. Максимално дозвољена концентрација ($0,3 \mu\text{g/g}$ суве материје) означена је на слици црвеном линијом. Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем *Duncan*-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Акумулација никла (Ni) је такође варијала зависно од биљне врсте, типа загађења, односно, удаљености локалитета узорковања од емитера полутаната.



Слика 4.3. Акумулација никла (Ni) ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета. Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем *Duncan*-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

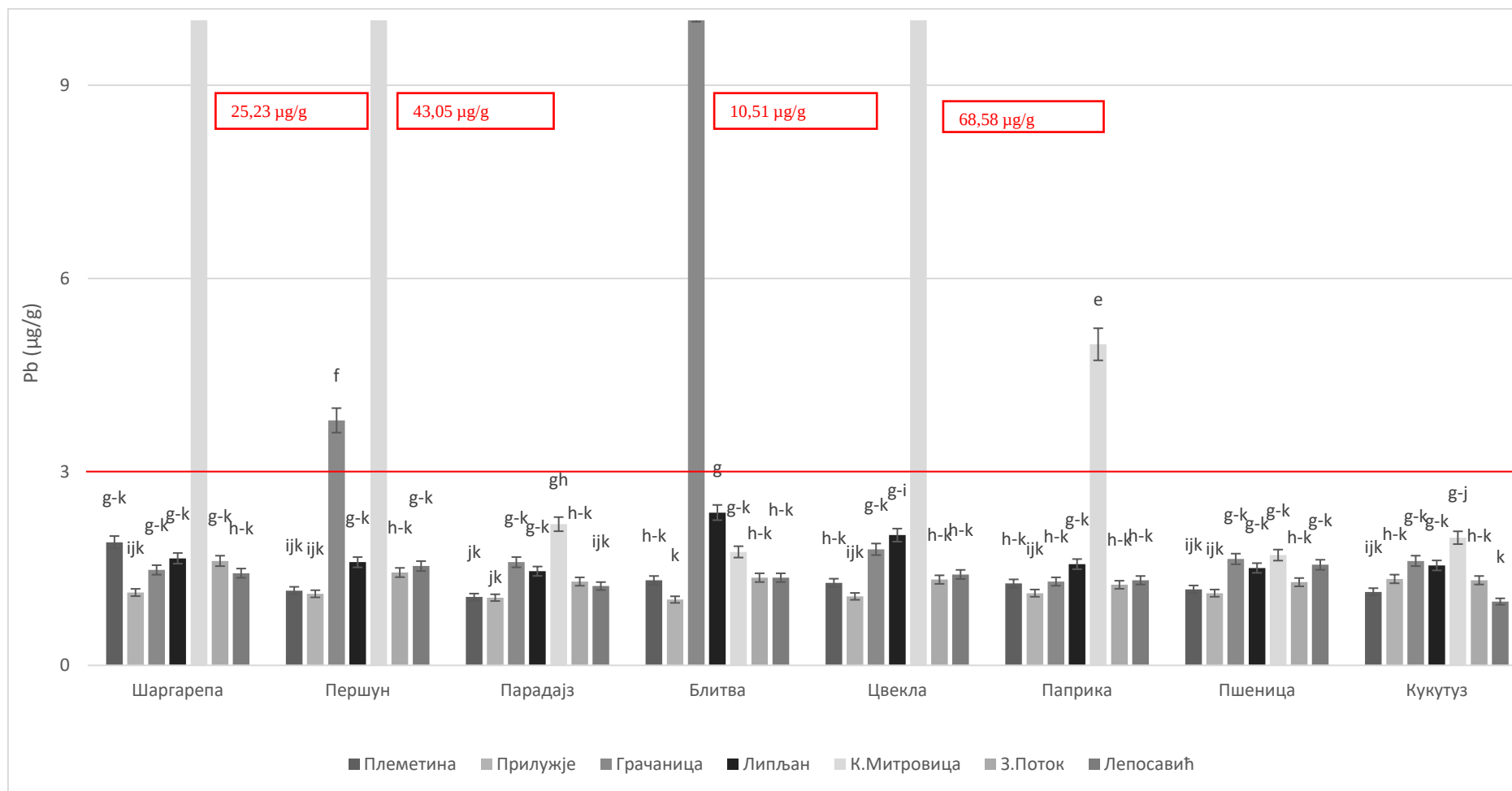
Највеће концентрације никла су забележене у биљним врстама са локалитета 5 (Грачаница) у плодовима паприке 3,00 µg/g суве масе затим, 2,26 µg/g суве масе у плоду парадајза, 1,75 µg/g суве масе у корену шаргарепе и 2,01 µg/g суве масе у плоду крушке. Присуство Ni у узорцима је вероватно последица загађења пореклом из несанираног јаловишта рудника Кишница у близини самог насеља Грачанице. На локалитету 3 (Племетина) највиша концентрација никла регистрована је у плодовима јабуке (1,31 µg/g суве масе), док је на лок. 6 (Липљан) највећа акумулација овог микроелемента била у семену кукуруза (1,13 µg/g суве масе). Генерално посматрано највеће акумулације олова (1,89 µg/g суве масе) и никла (3,00 µg/g суве масе) забележене су на лок. 5 (Грачаница), у близини јаловишта Кишница, док су истовремено највеће вредности акумулираног кадмијума (1,66 µg/g суве масе) забележене су на лок. 6 (Липљан) (Слике 4.1, 4.2 и 4.3).

4.1.2. Друга истраживачка година (2022.). Утицај удаљености локалитета загађења биљака од загађивача (емитера) на акумулацију тешких метала (Pb, Cd и Ni)

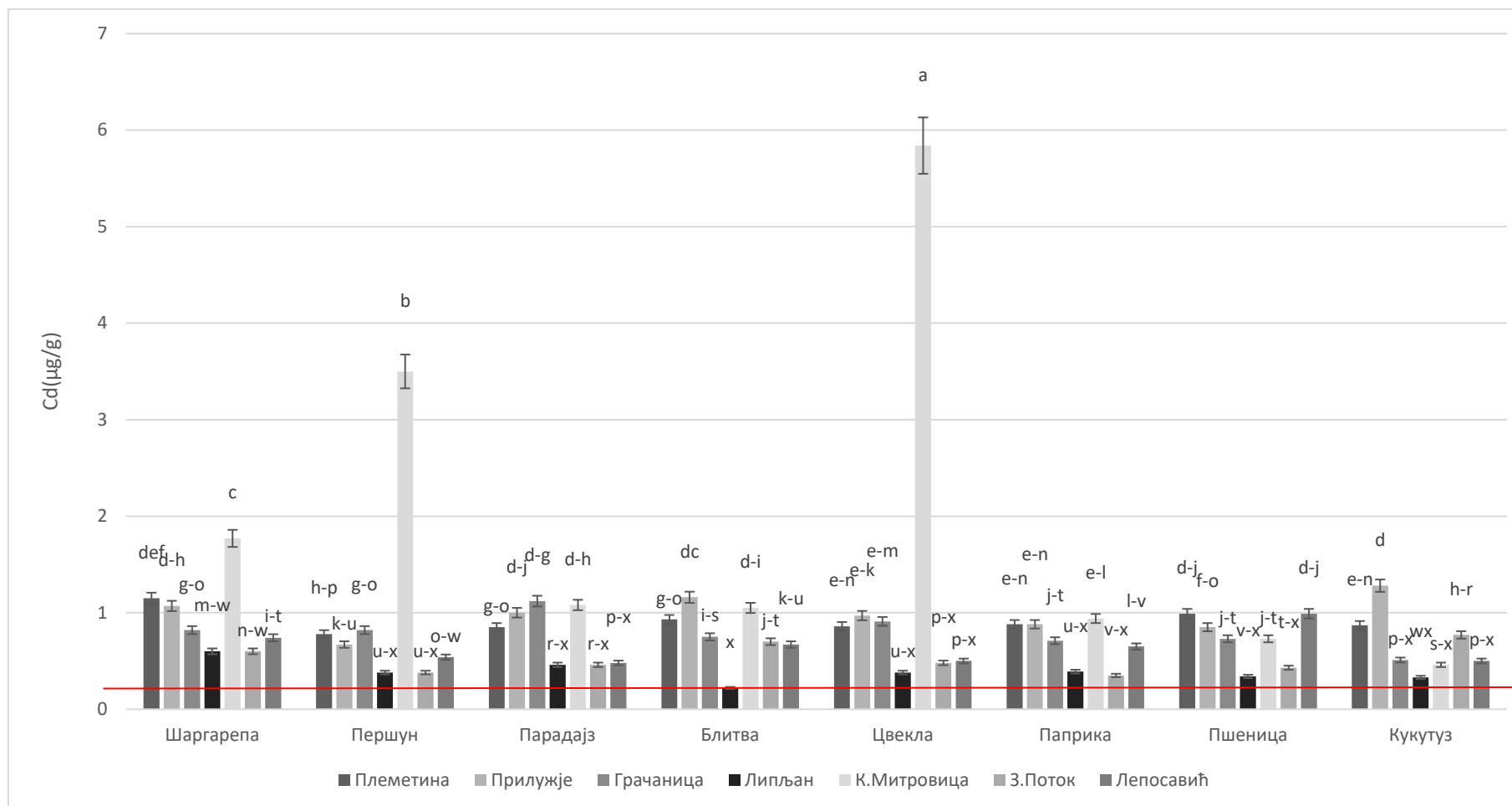
Током 2022 године број локалитета као и број биљних врста које су узорковане са испитиваног подручја је проширен у односу на 2018. годину, са циљем испитивања степена загађења што ширег подручја и добијања поузданијих индикација о контаминацији животне средине, односно, о утицају потенцијално контаминираних хране на здравље локалног становништва. Садржај олова (Pb) у јестивим органима биљака варирао је у зависности од локалитета и биљне врсте (Слика 4.4). Највише акумулираног олова измерено је у корену цвекле на лок. 7 (Косовска Митровица), док су истовремено и најмање вредности забележене у корену цвекле на лок. 4 (Прилужје). Акумулација олова у јестивим деловима већине узоркованих биљака са испитиваних локалитета није прелазила максимално дозвољене концентрације у храни, изузев у случају корена цвекле (68,58 µg/g), корена шаргарепе (25,23 µg/g) и листова першуна (43,05 µg/g) на лок. 7 (Кос. Митровица) где су регистроване екстремно високе концентрације. Високе концентрације Pb измерене су и у листовима блитве (10,51 µg/g) на лок. 5 (Грачаница).

Садржај кадмијума (Cd) у сувој маси јестивих биљних органа значајно је

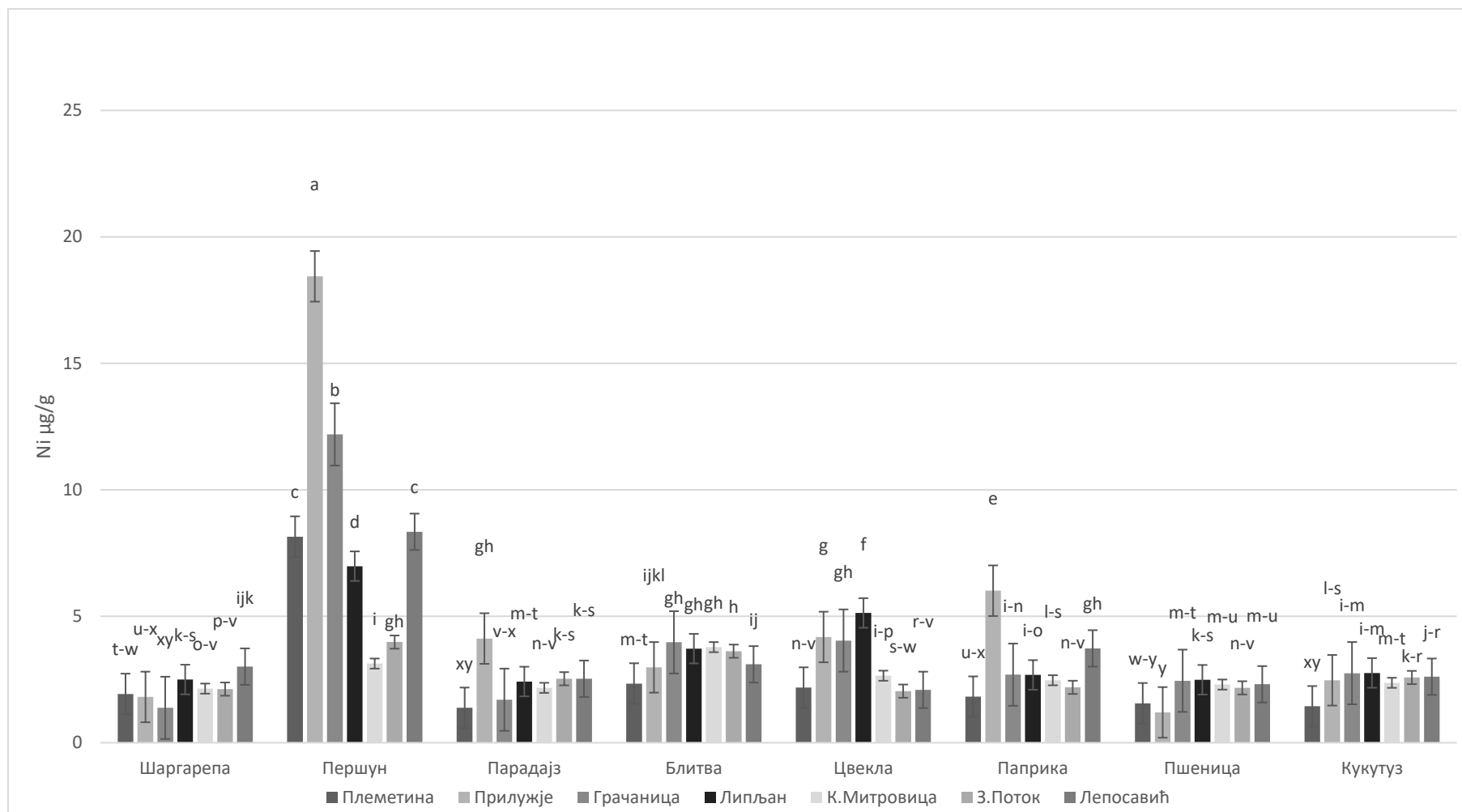
варирао између биљних врста, али и између локалитета – зависно од удаљености локалитета од емитера загађења (Слика 4.5). Статистички значајне разлике у акумулацији овог метала биле су присутне на свим локалитетима и за сваку испитивану биљну врсту. Највеће вредности акумулираног кадмијума измерене су у корену цвекле ($5,84 \mu\text{g/g}$) и листовима першуна ($3,50 \mu\text{g/g}$) на лок.7 (Косовска Митровица) (Слика 4.5). Акумулација кадмијума код свих испитиваних биљака прелазила је максимално дозвољене концентрације дефинисане за храну ($0.3 \mu\text{g/g}$ суве материје). На локалитетима Липљан, Лепосавић и Зубин Поток укупни садржај акумулираног кадмијума у сувој маси биљних врста, благо је прелазео максимално дозвољене концентрације, док су изузетно високе концентрације акумулираног Cd регистроване у свим биљним врстама са локалитета 5 (Грачаница) и локалитета 7 (Косовска Митровица). Тако се на пример, биљне врсте узорковане са локалитета 4 (Прилужје), по садржају Cd могу рангирати у опадајућем низу: кукуруз ($1,28 \mu\text{g/g}$) > блитва ($1,16 \mu\text{g/g}$) > шаргарепа ($1,07 \mu\text{g/g}$) > парадајз ($0,99 \mu\text{g/g}$) > цвекла ($0,96 \mu\text{g/g}$) > паприка ($0,88 \mu\text{g/g}$) > пшеница ($0,84 \mu\text{g/g}$) > першун ($0,67 \mu\text{g/g}$). На локалитету 3 (Племетина) највећа вредност акумулираног кадмијума била је у корену шаргарепе ($1,15 \mu\text{g/g}$ суве масе), а најмања у листовима першуна ($0,75 \mu\text{g/g}$ суве масе), што показује да су и ови локалитети загађени због непосредне близине ТЕ Косово Б и несаниране депоније пепела. Садржај никла (Ni) у сувој маси биљака је статистички значајно варирао зависно од локалитета гајења (Слика 4.6). Садржај никла је попут олова и кадмијума значајно варирао у зависности од биљне врсте и квалитета земљишта - удаљености локалитета гајења од извора загађења (Прилог 2-Табела 8.6). Високе вредности акумулираног никла ($18,44 \mu\text{g/g}$) забележене су на лок. 4 (Прилужје) у листовима першуна, док је сигнификантно нижи садржај никла забележен у семену пшенице ($1,20 \mu\text{g/g}$) на истом локалитету. Генерално посматрано највеће просечне вредности акумулираног никла детектоване су у листовима першуна на свим испитиваним локалитетима, за разлику од осталих биљних врста (Слика 4.6). На основу двофакторске анализе варијансе (Two-way ANOVA) утврђене су статистички значајне разлике у зависности од локалитета, анализиране биљне врсте и њихове интеракције за све испитиване полутанте ($p < 0,001$) (Прилог 2–Табела 8.6).



Слика 4.4. Акумулација олова (Pb) ($\mu g/g$ суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета. Максимално дозвољена концентрација ($3,0 \mu g/g$ суве материје) означена је на слици црвеном линијом. Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дипсан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$



Слика 4.5. Акумулација кадмијума (Cd) ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета. Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем *Duncan*-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$



Слика 4.6. Акумулација никла (Ni) ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета. Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дункан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$

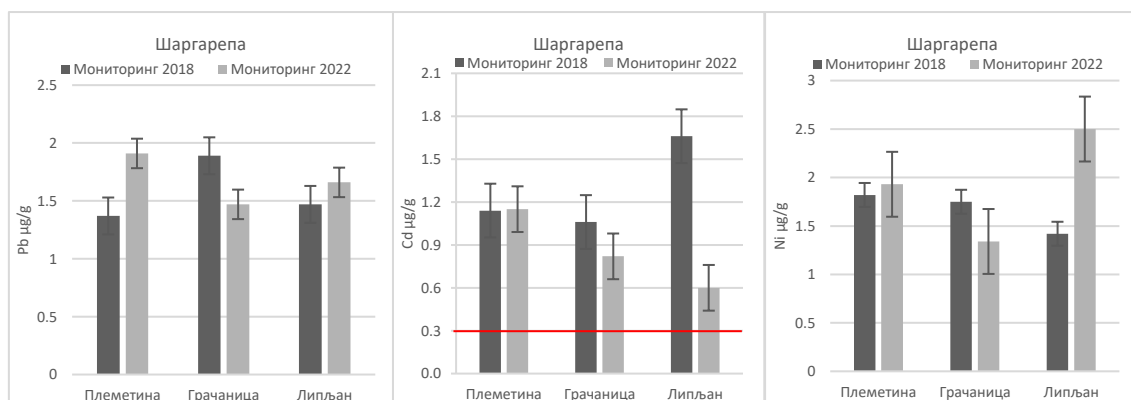
4.1.3. Просечни садржај тешких метала (Pb, Cd и Ni) у јестивим деловима биљака прве и друге истраживачке године (2018. и 2022.) у зависности од локалитета

Да би испитали концентрацију метала у испитиваним биљкама зависно од истраживачке године (2018. и 2022.), двофакторском анализом варијансе добијени су следећи резултати:

а.

б.

в.



Слика 4.7. Акумулација олова, кадмијума и никла (µg/g суве масе) у корену шаргарепе 2018 и 2022 године у зависности од локалитета.

Просечни садржај олова у корену шаргарепе са истих локалитета две истраживачке године кретао се у интервалу од 1,37 µg/g до 1,91 µg/g суве материје (Слика 4.7а). Највише акумулираног олова измерено је у корену шаргарепе друге истраживачке године на лок. 3 (Племетина), док су најмање вредности забележене на истом локалитету али прве истраживачке године. Статистички значајне разлике у акумулацији овог метала биле су видљиве између локалитета и година узорковања (година x локалитет) (Табела 4.1)

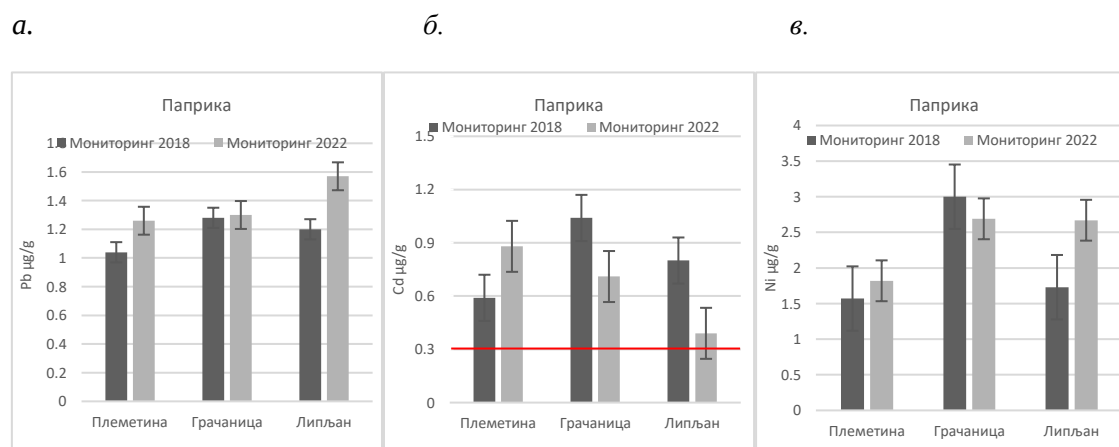
Табела 4.1. Two-way ANOVA за садржај Pb, Cd и Ni (µg/g) у корену шаргарепе са различитих локалитета 2018 и 2022 године.

Б.врста	Шаргарепа	Ni (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
ANOVA	Година	*	ns	ns
	Локалитет	*	.	ns
	Година x Локалитет	**	*	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно').

Иако су добијене вредности у акумулацији олова биле испод максимално дозвољених (дефинисаних за храну), регистравање овог тешког метала у јестивим деловима воћа, поврћа и житарица сматра се показатељем загађења испитиваних локалитета. Садржај кадмијума у сувој маси корена шаргарепе прелазио је максимално дозвољене концентрације (од 0.3 $\mu\text{g/g}$) на свим испитиваним локалитетима у обе истраживачке године (Слика 4.7б). Највећа садржај кадмијума је забележен на локалитету 6 (Липљан) 1.66 $\mu\text{g/g}$ током прве истраживачке године, док је најмања забележена вредност од 0.66 $\mu\text{g/g}$ била на истом локалитету током друге истраживачке године. Варијабилност садржаја тешких метала зависно од истраживачке године, последица је разлике у вредностима бројних еколошких чиниоца, пре свега, температуре, влажности, количине падавина итд. регистрованих 2018 и 2022 године. Међутим, и поред наглашене значајне варијабилности у погледу резултата добијених прве и друге истраживачке године, може се ипак јасно уочити позитивна корелација између резултата добијених из мониторинга садржаја метала у биљкама, што недвомислено указује на поузданост његовог коришћења за индикацију загађења животне средине.

Највећа акумулација никла (Ni) у корену шаргарепе констатована је на лок. 6 (Липљан), 2022 године, док је најмања била на лок. 5 (Грачаница) исте године (Слика 4.7в). Садржај олова (Pb) у плодовима паприке био је варијабилан у односу на годину мониторинга и локалитет узорковања. Највећа забележена вредност била је на лок. 6 (Липљан) друге истраживачке године, а најмања на лок. 3 (Племетина) прве године мониторинга (Слика 4.8а).



Слика 4.8. Акумулација олова, кадмијума и никла ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у плоду паприке 2018 и 2022 године у зависности од локалитета.

Генерално, може се констатовати да су вредности акумулације Pb у плоду паприке биле сигнификантно веће 2022 године, што потврђује двофакторска анализа варијансе (Табела 4.2).

Акумулација кадмијума (Cd) у плодовима паприке на свим испитиваним локалитетима, током обе истраживачке године прелазила је максимално дозвољене концентрације и кретала се у интервалу од 0,39 µg/g до 1,04 µg/g. Највећа измерена вредност била је на лок. 5 (Грачаница) прве истраживачке године што се доводи у вези са загађењем на том локалитету тј. несанираним јаловиштем које се налази у близини насеља а деценијама предстаља главни проблем за све становнике датог подручја. Најмања концентрација Cd забележена је на лок. 6 (Липљан) током друге истраживачке године. На слици 4.8b може се уочити да је садржај кадмијума значајно варирао у односу на испитивани локалитет, али и у односу на истраживачку годину, што потврђује и Two-way ANOVA (Табела 4.2)

Табела 4.2. Two-way ANOVA за садржај Pb, Cd и Ni (µg/g) у плоду паприке са различитих локалитета 2018 и 2022 године.

Б.врста	Паприка	Ni (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
ANOVA	Година	***	**	**
	Локалитет	***	***	**
	Година x Локалитет	***	***	*

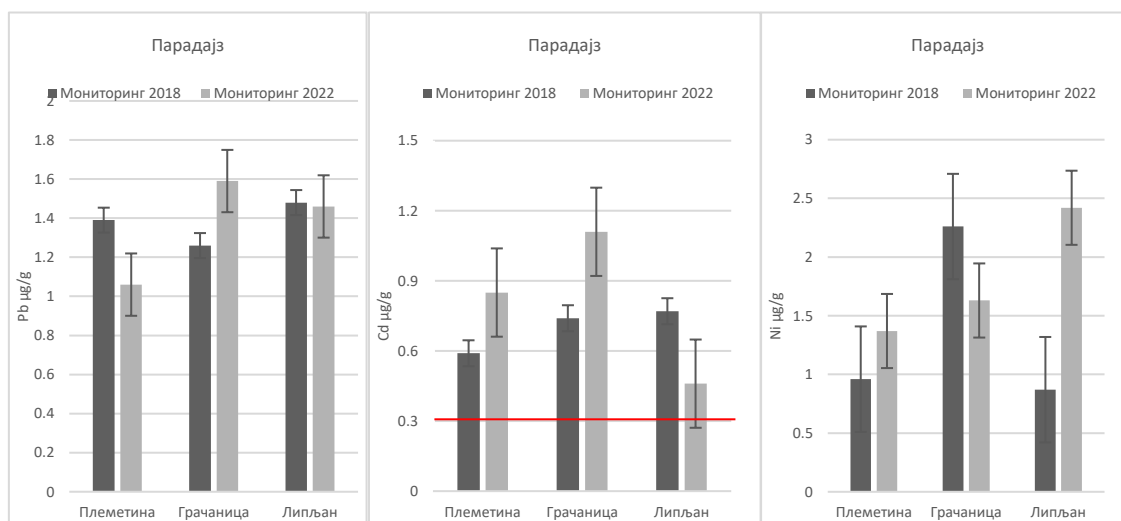
Ниво значајности: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно').

Када је акумулација никла (Ni) у плодовима паприке у питању, измерене вредности прве године мониторинга кретале су се од 1,57 µg/g до 3 µg/g, док су друге истраживачке године оне биле у интервалу од 1,82 µg/g до 2,69 µg/g (Слика 4.8в). Слично дистрибуцији кадмијума, и код никла највеће забележене вредности током обе истраживачке године биле су на лок. 5 (Грачаница). Садржај никла у сувој маси плодова паприке значајно је варирао у односу на локалитет (удаљеност локалитета од емитера загађења), годину узорковања и њихове интеракције ($p < 0,001$) (Табела 2). На просечни садржај олова (Pb) у плодовима парадајза значајно је утицао локалитет гајења (Слика 4.9а), али су разлике у концентрацији овог тешког метала постојале и када је у питању била година мониторинга (изузев на локалитету Липљан) (Табела 4.3).

а.

б.

в.



Слика 4.9. Акумулација олова, кадмијума и никла ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у плоду парадајза 2018 и 2022 године у зависности од локалитета.

Концентрације Pb у плодовима парадајза су се кретале у интервалу од 1,26 $\mu\text{g/g}$ до 1,48 $\mu\text{g/g}$ гледано за прву истраживачку годину, док су у другој истраживачкој години вредности варирале од 1.06 $\mu\text{g/g}$ до 1.59 $\mu\text{g/g}$.

Табела 4.3. Two-way ANOVA за садржај Pb, Cd и Ni ($\mu\text{g/g}$) у плоду парадајза са различитих локалитета 2018 и 2022 године.

Б.врста	Парадајз	Ni ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)
ANOVA	Година	***	ns	ns
	Локалитет	***	**	*
	Година x Локалитет	***	**	**

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно').

Слични тренд заступљен је и у акумулацији кадмијума (Cd) у плоду парадајза (Слика 4.9б), где су статистички значајне разлике уочене у зависности од локалитета гајења биљака, док разлике у акумулацији између година узорковања нису биле статистички значајне. Вредности у акумулацији овог метала кретале су се у интервалу од 0,59 $\mu\text{g/g}$ до 1,11 $\mu\text{g/g}$, што значајно премашује максимално дозвољене концентрације овог елемента (од 0,3 $\mu\text{g/g}$). Добијени резултати могу

бити поред поменутих извора загађења и последица загађења земљишта тешким металима атмосферском депозицијом, применом органских ђубрива која су претходно оптерећена високим концентрацијама тешких метала и многим другим факторима. Ако се анализирају просечне вредности никла за обе истраживачке године, веће вредности акумулираног никла постојале су током прве истраживачке године у односу на другу (Слика 4.9в).

Највећа вредност никла (2,42 $\mu\text{g/g}$) забележена је у плодовима парадајза друге истраживачке године на лок. 6 (Липљан), док је најмања вредност (0,87 $\mu\text{g/g}$) забележена прве истраживачке године на истом локалитету. Двофакторском анализом варијансе утврђене су статистички значајне разлике између године гајења и локалитета узорковања (Табела 4.3).

Статистичка анализа резултата добијених за акумулацију олова, кадмијума и никла у семенима кукуруза показала је значајне разлике како зависно од године узорковања, тако и локалитета, односно, удаљености локалитета од емитера полутаната (Табела 4.4).

Табела 4.4. Two-way ANOVA за садржај Pb, Cd и Ni ($\mu\text{g/g}$) у семену кукуруза са различитих локалитета 2018 и 2022 године.

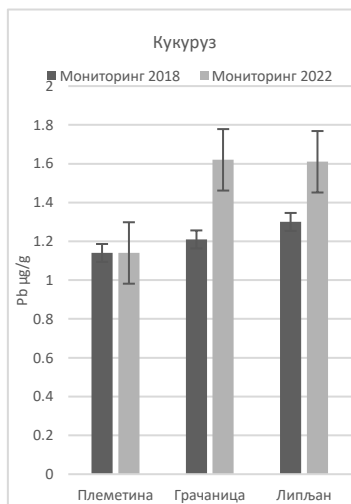
Б.врста	Кукуруз	Ni ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)
ANOVA	Година	***	**	***
	Локалитет	***	*	***
	Година x Локалитет	***	.	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно').

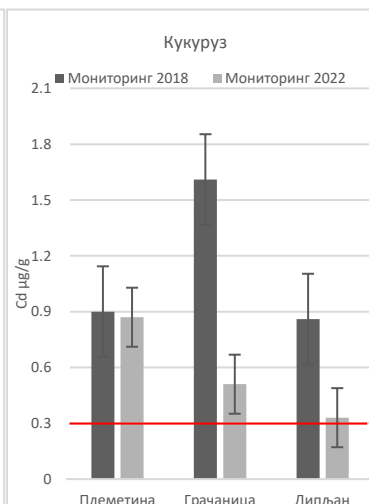
Просечне вредности садржаја олова (Pb) у семену кукуруза кретала се у интервалу од 1,14 $\mu\text{g/g}$ до 1,30 $\mu\text{g/g}$ прве истраживачке године, односно од 1,14 $\mu\text{g/g}$ до 1,62 $\mu\text{g/g}$ друге истраживачке године (Слика 4.10а).

Садржај кадмијума (Cd) током обе истраживачке године на свим испитиваним локалитетима прелазио је максимално дозвољене концентрације дефинисане за храну (Слика 4.10б). Најмања вредност регистрована је друге истраживачке године на лок. 6 (Липљан) 0,33 $\mu\text{g/g}$, а највећа забележена просечна вредност на лок. 5 (Грачаница) износила је 1,61 $\mu\text{g/g}$ прве истраживачке године.

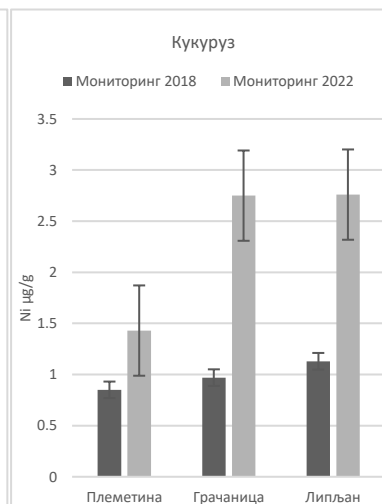
а.



б.



в.



Слика 4.10. Акумулација олова, кадмијума и никла ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у семену кукуруза 2018 и 2022 године у зависности од локалитета.

Велика варијабилност уочена је у садржају никла (Ni) друге истраживачке године, тако да се вредности концентрације овог метала у семену кукуруза рангирају у опадајућем низу: лок. 6 (Липљан) > лок. 5 (Грачаница) > лок. 3 (Племетина). У првој истраживачкој години највећа просечна вредност акумулираног никла била је на лок. 6 (Липљан) – $1,13 \mu\text{g/g}$ суве масе, док је најмања забележена на лок. 3 (Племетина) - $0,85 \mu\text{g/g}$ суве масе (Слика 4.10в).

Упоредјујући акумулацију олова између испитиваних биљних врста, просечни садржај кретао се у интервалу од $1,04 \mu\text{g/g}$ суве масе у плодовима паприке прве истраживачке године на лок. 3 (Племетина) до $1,91 \mu\text{g/g}$ суве масе у корену шаргарепе друге истраживачке године на истом локалитету. На лок.5 (Грачаница) садржај олова се кретао у опадајућем низу шарагарепа > паприка > парадајз > кукуруз прве истраживачке године, док је друге истраживачке године најмања вредност забележена у плодовима парике а највећа у плодовима парадајза.

Просечне вредности акумулираног кадмијума у јестивим биљним органима обе године мониторинга биле су изузетно високе, изнад МДК, што несумњиво указује на загађење животне средине на испитиваним локалитетима територије Косова и Метохије. Чак и најмања измерена вредност акумулираног кадмијума од $0,66 \mu\text{g/g}$ суве масе прелази двоструко вредност максимално дозвољених

концентрација овог метала од 0.3 $\mu\text{g/g}$ суве масе, што потврђује изузетну контаминацију хране и говори о општем стању и угрожености животне средине испитиваних локалитета.

Акумулација никла на свим локалитетима зависно од испитиваних врста значајно је варијала, тако да су се добијене вредности за прву истраживачку годину кретале у интервалу од 0,87 до 3 $\mu\text{g/g}$ суве масе, а за другу истраживачку годину од 1,34 до 2,76 $\mu\text{g/g}$ суве масе.

4.2. Други део – експерименти у пластенику

4.2.1 Одређивање квалитета земљишта

У циљу одређивања врсте и степена загађености земљишта зависно од извора загађења, пре почетка експеримената урађена је хемијска анализа свих земљишних супстрата на којима гајене биљке прве и друге истраживачке године. Од основних хемијских параметара земљишта анализирани су: активна киселост земљишта (pH у H_2O), супституциона киселост (pH у 1M KCl), % карбоната (CaCO_3), % хумуса, % укупног азота (N), као и % лакоприступачног фосфора (P) и % калијума (K) (Табеле 4.5а, 4.5б). Такође, одређена је и укупна количина тешких метала Pb, Cd, Ni, Zn, Cu и Cr (Табела 4.6).

На основу pH вредности, може се закључити да је земљишни супстрат на локалитету 1 (Јаловиште рудника Кишница), било изузетно кисело у обе године када су узети узорци (pH 2,84 и 2,74; 2,94 и 2,74), што је за последицу имало одсуство раста свих испитиваних биљних врста у обе истраживачке године. Узорци земљишта са осталих локалитета показивали су слабо алкалну реакцију, са вредностима pH нешто преко 7: активна киселост земљишта, мерена у H_2O прве истраживачке године кретала се од 2,84 до 7,99, а друге истраживачке године од 2,94 до 7,81, док је измерена супституциона киселост мерена у раствору KCl, била pH = 2,74 - 7,84 прве, односно pH = 2,74 - 7,50 друге истраживачке године (Табеле 4.5а и 4.5б). Садржај CaCO_3 анализираних узорака земљишта у обе истраживачке године, варирао је у земљишту већине локалитета од 0,8 до 2,00 %, што указује да су у питању средње карбонантна земљишта. Земљишни супстрат који је узоркован на депонији пепела ТЕ Косово Б (локалитет 2) издвојио се по изузетно великој количини карбоната (21,8 - прве истраживачке године, односно, 18,0 % - друге

године), те се због тога може окарактерисати као јако карбонатни супстрат.

Табела 4.5а. Хемијски састав земљишног супстрата са одабраних локалитета прве истраживачке године (2018).

Локалитет/Хемијски параметри	pH H ₂ O	pH KCl	N %	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	Хумус %	CaCO ₃ %
Локалитет 1. Јаловиште рудника Кишница	2,84	2,74	0,014	2,20	0,45	0,75	1,20
Локалитет 2. Депонија пепела ТЕ Косово Б	7,99	7,84	0,70	14,30	25,87	2,33	21,80
Локалитет 3. Племетина	7,48	6,95	0,235	96,50	44,64	4,37	0,80
Локалитет 5. Грачаница	7,54	6,91	0,155	61	54,31	2,36	0,80
Локалитет 6. Липљан	7,71	7,28	0,225	23	16,58	3,26	1,20

Садржај хумуса у земљишту узетом као супстрат за гајење биљака прве истраживачке године износио је од 0,75 до 4,37 %, док се друге истраживачке године кретао од 0,47 до 3,24 %. Висок проценат хумуса указује, да је испитивано земљиште било богато органском материјом. Садржај укупног азота (N) у земљишту прве истраживачке године износио од 0,014 до 0,235 %, док се друге истраживачке године кретао у интервалу од 0,014 до 0,366 % (Табеле 4.5а и 4.5б).

Табела 4.5(б). Хемијски састав земљишта са одабраних локалитета друге истраживачке године (2022).

Локалитет/Хемијски параметар	pH H ₂ O	pH KCl	N %	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	Хумус %	CaCO ₃ %
Локалитет 1. Јаловиште рудника Кишница	2,94	2,74	0,014	2,20	0,10	0,47	2,0
Локалитет 2. Депонија пепела ТЕ Косово Б	7,81	7,50	0,123	14,27	185,04	2,23	18, 0
Локалитет 3. Племетина	7,09	6,56	0,366	31,87	37,32	3,09	2,00
Локалитет 4. Прилужје	7,23	6,56	0,246	78,22	29,38	3,23	1,20
Локалитет 5. Грачаница	7,60	7,13	0,188	23,15	218,06	3,03	2,00
Локалитет 6. Липљан	7,21	6,59	0,293	607	48,29	3,24	1,60

Садржај лако приступачног фосфора у земљишним супстратима је био изузетно варијабилан у односу на локалитет, тако да се прве истраживачке године кретао од 2,2 до 96,5 mg/100g, док се друге истраживачке године кретао у интервалу од 2,2 до 78,22 mg/100g. Садржај калијума у земљишту прве истраживачке године такође је био зависан од удаљености локалитета од загађивача и кретао се од 0,45 до 54,31 mg/100g, а друге истраживачке године кретао се од 0,1 до 218,06 mg/100g (Табеле 4.5а и 4.5б).

4.2.1.1. Садржај тешких метала у земљишту

Концентрације тешких метала Pb, Cd, Ni, Zn, Cu и Cr у апсолутно сувим земљишним супстратима испитиваних локалитета, приказани су у табелама 4.6а и 4.6б.

Табела 4.6а. Удео тешких метала (mg/kg) у апсолутно сувом земљишту прве истраживачке године (2018).

Локалитет/Садржај тешких метала	Cd	Cr	Pb	Ni	Zn	Cu
Локалитет 1. Јаловиште рудника Кишница	/	293,6	159,8	4,8	49,7	4,7
Локалитет 2. Депонија пепела ТЕ Косово Б	0,2	/	4,7	/	8,5	4,5
Локалитет 3. Племетина	0,3	/	52,5	/	32,3	18,2
Локалитет 5. Грачаница	1,5	137,9	493,1	59,1	62,4	25,3
Локалитет 6. Липљан	0,9	/	44,17	/	59,6	11,28

Највеће концентрације Pb, које указују на изузетну контаминацију регистроване су 2018. године у земљишту локалитета 5 (Грачаница), као и на јаловишту рудника Кишница (локалитет 1) који су у близини један другом, тако да резултати указују на високо загађење целог подручја у већој површини. Такође високе концентрације Pb забележене су и на осталим испитиваним локалитетима, Племетини и Липљану (Табела 4.6а). Друге године истраживања, 2022, највеће вредности олова измерене су на локалитету јаловишта рудника Кишница, а потом

на лок. 6 (Липљан) који је после Грачанице најближе јаловишту рудника Кишница (Табела 4.6б). Евидентно је изузетно варирање садржаја Pb у земљишту загађеног локалитета Грачанице, тако да је 2018 било четири пута више овог полутанта у односу на 2022. годину. Највеће вредности Cd и Ni забележене су такође на лок. 5 (Грачаница), што несумњиво издваја јаловиште рудника Кишница као изузетног извора загађења, одакле се дренажом у подземне воде и другим појавама, пре свега ветром шири на околну подрчје, али и даље, на шта указују добијени подаци. Концентрације осталих испитиваних елемената нису прелазиле МДК за земљиште (Службени гласник РС, 23/1994) (Табеле 4.6а и 4.6б).

Табела 4.6б. Удео тешких метала (mg/kg) у апсолутно сувом земљишту друге истраживачке године (2022).

Локалитет/Садржај тешких метала	Cd	Cr	Pb	Ni	Zn	Cu
Локалитет 1. Јаловиште рудника Кишница	/	301,2	168,7	5,1	53,4	5,6
Локалитет 2. Депонија пепела ТЕ Косово Б	/	/	2,5	2,5	/	/
Локалитет 3. Племетина	0,7	/	48,8	16,6	16,2	12,0
Локалитет 4. Прилужје	0,5	/	46,3	31,5	21,7	12,5
Локалитет 5. Грачаница	1,6	12,5	117,9	23,1	/	14,6
Локалитет 6. Липљан	0,6	/	131,4	27,4	26,1	19,4

4.2.2. Морфолошки и физиолошки параметри биљака

4.2.2.1. Прва истраживачка година (2018.): експеримент у пластенику

Током два месеца гајења биљака у полу-контролисаним условима у пластенику на земљишним подлогама узетих са пет описаних локалитета, констатоване су разлике у висини биљака између различитих третмана. На листовима испитиваних биљака гајених на земљишном супстрату (који одговара локалитету Грачаница и Племетина) уочене су хлоротичне и некротичне промене, што може указати на чињеницу да је различит степен загађења земљишта

испитиваних третмана у великој мери утицао на физиолошке процесе гајених биљака.

4.2.2.1.1. Утицај третмана земљишта на клијање семена и раст младих биљака

Зависност морфолошких параметара биљних врста, ротквице, зелене салате, ражи и грахорице од земљишног третману приказана је у Табелама од 4.7 до 4.10. Генерално посматрано постајале су сигнификантне разлике у морфолошким параметрима испитиваних врста у односу на степен загађења земљишног супстрата, односно, локалитета.

Табела 4.7. Проценат клијавости семена на различитим земљишним третманима / локалитетима.

Клијавост семена (%)	Ротквица	Зелена салата	Раж	Грахорица
Локалитет 2. Депонија пепела ТЕ Косово Б	64,00±4,000b	25,00±5,000d	69,67±11,930a	87,33±4,726c
Локалитет 3. Племетина	93,00±7,000a	89,00±4,000a	75,33±14,154a	93,33±1,528ab
Локалитет 5. Грачаница	92,67±7,506a	39,00±9,000c	84,00±16,523a	95,33±1,528a
Локалитет 6. Липљан	89,00±4,000a	58,00±8,000b	69,67±9,713a	88,67±1,528bc

Вредности у табели представљају средњу вредност ($n=3$) и стандардну девијацију. Средње вредности означене различитим словима статистички се значајно разликују на основу Дункан-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

Највећи проценат клијавости, који је рачунат на основу броја проклијалих семена 7 дана након појаве првог клијанца (што је било специфично у односу на испитивану врсту), имало је семе ротквице гајено на земљишном супстрату који одговара локалитету 3 (Племетина) 93%, затим семе зелене салате на третману локалитета 3 (Племетина) 89%. Семена ражи и грахорице имала су највећи проценат клијавости на супстрату који одговара локалитету 5 (Грачаница). Најмањи проценат клијавости забележен је на третману где је као супстрат за клијање кориштено земљиште са депоније пепела ТЕ Косово Б (локалитет 2) (Табела 4.7).

Статистички значајне разлике у проценту клијавости зависно од загађења -

локалитета, уочене су код биљака зелене салате, док код биљака ражи те разлике нису биле сигнификантне, тако да земљишни супстрат није у већој мери утицао на проценат клијавости ове биљне врсте. Може се уопштено рећи да је клијавост семена била различита, да је зависила од биљне врсте, врсте третмана земљишта, односно, од удаљености локалитета од емитера датих полутаната.

Највећу просечну висину стабла имале су биљке ражи на третману локалитета 6 (Липљан), 114,33 cm, док је најмања била на третману лок. 2 (депонија пепела ТЕ Косово Б) и износила је 47 cm, што представља сигнификантну разлику.

Табела 4.8. Висина стабла биљака гајених на различитим земљишним третманима / локалитетима.

Висина стабла (cm)	Ротквица	Раж	Граховица
Локалитет 2. Депонија пепела ТЕ Косово Б	5,33±0,577a	47±2,000d	43.00±9.165a
Локалитет 3. Племетина	3,67±0,577b	99.67±1,158b	52.33±2,082a
Локалитет 5. Грачаница	4,67±0,577ab	66.67±1,528c	41,00±1,000a
Локалитет 6. Липљан	5,67±0,577a	114.33±2,208a	59.33±1,158a

Вредности у табели представљају средњу вредност ($n=3$) и стандардну девијацију. Средње вредности означене различитим словима статистички се значајно разликују на основу Duncan-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

Најмању висина стабла имале су биљке ротквице гајене на третману локалитета 3 (Племетина), а највећа на земљишном супстрату који одговара лок. 6 (Липљан). Висине стабала биљака граховице у односу на земљишни третман могу се рангирати у опадајућем низу: Липљан > Племетина > Грачаница > депонија пепела ТЕ Косово Б (Табела 4.8).

Дужина листова која је специфична за биљну врсту, варира је зависно од квалитета земљишног супстрата. Земљиште које је пореклом са локалитета Липљан имало је најмањи негативни утицај на овај параметар, тако да је генерално, највећа дужина листова у оквиру појединачних врста регистрована на овом земљишном третману (Табела 4.9). Такође се може констатовати да су релативно високе вредности забележене код биљака ражи и граховице на третману лок. 2 (депоније пепела ТЕ Косово Б), при чему треба напоменути да је и најмања дужина листова измерена је на истом земљишном третману депоније пепела ТЕ Косово Б код

биљака ротквице и зелене салате. Највећа варијабилност овог морфолошког параметра у зависности од загађења констатована је код биљака зелене салате (Табела 4.9).

Табела 4.9. Дужина листова биљака гајених на различитим земљишним третманима / локалитетима.

Дужина листава(см)	Ротквица	Зелена салата	Раж	Граховица
Локалитет 2. Депонија пепела ТЕ Косово Б	2,33±0,577b	0,83±0,153d	11,33±0,577a	0,70±0,100a
Локалитет 3. Племетина	2,50±0,500b	5,20±0,721c	3,33±0,577c	0,43±0,115b
Локалитет 5. Грачаница	2,53±0,503b	6,93±1,007b	5,67±1,155b	0,23±0,058c
Локалитет 6. Липљан	4,53±0,503a	13,50±1,323a	10,00±1,000a	0,57±0,115ab

Вредности у табели представљају средњу вредност (n=3) и стандардну девијацију. Средње вредности означене различитим словима статистички се значајно разликују на основу Duncan-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

Дужина корена у зависности од земљишног третмана пратила је тренд раста целих биљака, односно, дужине листова, тако да се генерално, локалитет 6 (Липљан) може сматрати најмање штетним за раст већине испитиваних биљних врста. Земљиште са локалитета 3 (Племетина) је имало инхибиторни утицај на раст корена већине испитиваних врста (Табела 4.10).

Табела 4.10. Дужина корена биљака гајених на различитим земљишним третманима / локалитетима.

Дужина корена (см)	Ротквица	Зелена салата	Раж	Граховица
Локалитет 2. Депонија пепела ТЕ Косово Б	8,33±0,577b	5,33±0,577b	20,33±1,528a	13,33±1,528a
Локалитет 3. Племетина	4,67±0,577c	5,67±0,577b	15,00±2,000a	6,67±0,577b
Локалитет 5. Грачаница	12,00±1,000a	5,50±0,500b	20,00±2,646a	13,00±2,000a
Локалитет 6. Липљан	10,33±1,528a	12,67±1,155a	20,67±5,508a	12,67±2,082a

Вредности у табели представљају средњу вредност (n=3) и стандардну девијацију. Средње вредности означене различитим словима статистички се значајно разликују на основу Duncan-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

4.2.2.1.2. Утицај третмана земљишта на интраћелијску вредност рН биљака

Дескриптивна статистичка анализа резултата који се односе на рН вредност ћелијског сока биљака гајених на различитим третманима земљишта указује да није било значајних разлика у киселости ћелијског сока зависно од загађења / локалитета (Табела 4.11).

Табела 4.11. Интраћелијска рН вредност јестивих делова биљака гајених на различитим земљишним третманима / локалитетима.

Третман	Ротквица	Зелена салата	Раж	Граховица
Локалитет 2. Депонија пепела ТЕ Косово Б	7,27±0,208a	7,10±0,100a	7,40±0,265a	7,10±0,100a
Локалитет 3. Племетина	7,27±0,115a	7,23±0,208a	7,20±0,200a	7,17±0,153a
Локалитет 5. Грачаница	7,17±0,153a	7,30±0,100a	7,20±0,200a	7,30±0,100a
Локалитет 6. Липљан	7,33±0,058a	7,27±0,153a	7,33±0,058	7,13±0,058a

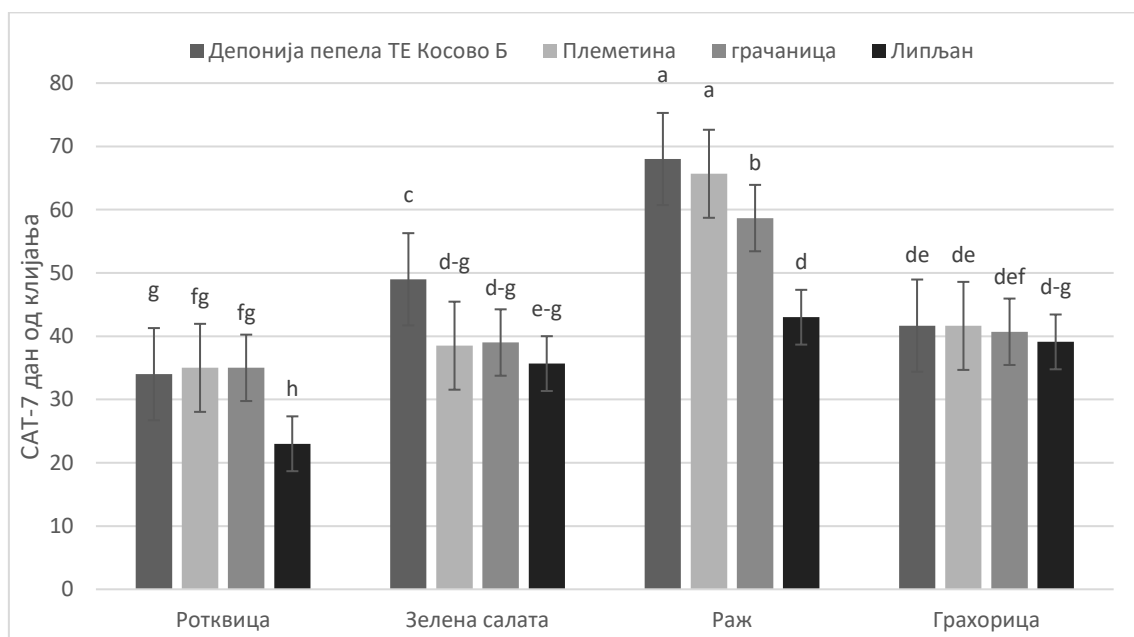
Вредности у табели представљају средњу вредност ($n=3$) и стандардну девијацију. Средње вредности означене различитим словима статистички се значајно разликују на основу Duncan-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

Из добијених података, може се закључити да је средња вредност рН ћелијског сока биљака варијала у интервалу од 7,10 до 7,40. За разлику од морфолошких параметара где су уочене статистички значајне разлике у зависности од степена загађења земљишта / удаљености локалитета од емитера, утицај земљишног третмана на рН ћелијског сока није био регистрован, што указује на изузетно развијене физиолошке механизме одбране биљака од стреса изазваног тешким металима.

4.2.2.1.3. Утицај третмана земљишта на кинетику активности ензима каталазе (CAT) у семенима: 7-ог, 14-ог, 21-ог и 28-ог дана од почетка клијања

Присуство полутаната у земљишту је имало утицаја на кинетику активности антиоксидативног ензима каталазе у биљкама (CAT), зависно од степена загађења (Слика 4.11). Ензимска активност 7-ог дана од почетка клијања била је

најизраженија код семена ражи на третману лок. 2 (Депонија пепела ТЕ Косово Б). Активност ензима каталазе (САТ) варирала је у зависности од примењеног земљишног третмана, врсте као и од дужине периода клијања. Највећа активност САТ 7-ог дана од почетка клијања забележена је код семена ражи на земљишном третману који одговара лок. 2 (Депонија пепела ТЕ Косово Б), док је најмања константована на третману лок. 6 (Липљан) (Слика 4.11).



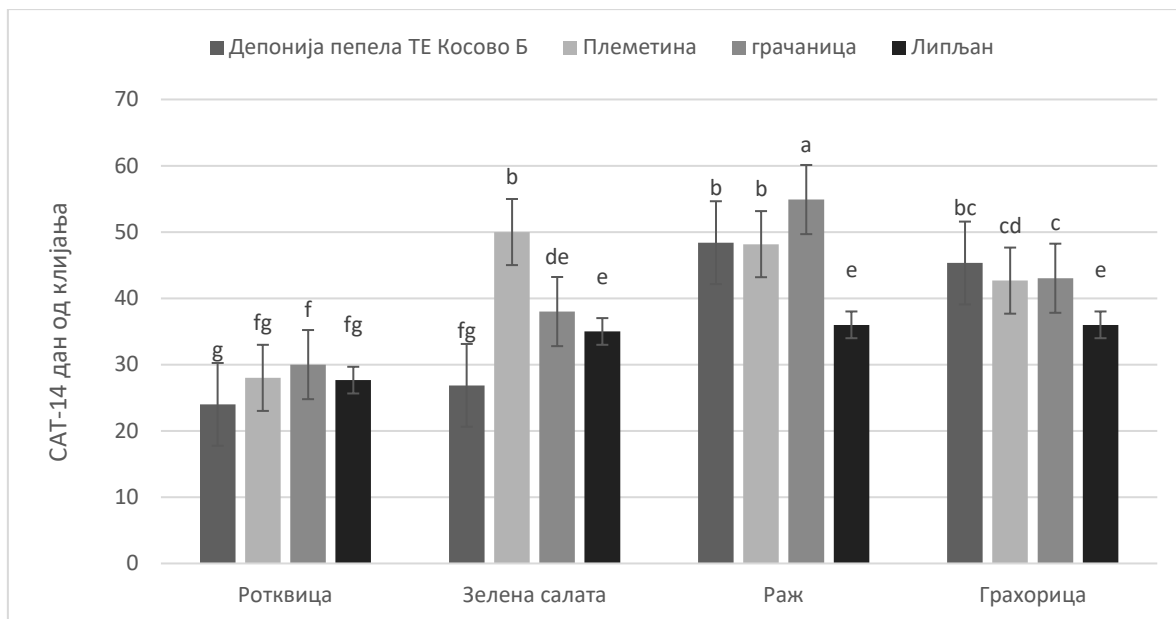
Слика 4.11. Активност ензима каталазе у семенима испитиваних биљака 7-ог дана од почетка клијања ($\text{ml O}_2/\text{g}$ свежег биљног материјала)

Статистички значајне разлике у активности ензима каталазе регистроване су између клијанаца ражи, зелене салате и грахорице.

Активност САТ у клијанцима зелене салате 14-ог дана од почетка клијања била је такође највећа у биљкама ражи, на земљишном третману који одговара лок. 5 (Грачаница) ($54,9 \text{ ml O}_2/\text{g}$), затим, у наклијалим семенима зелене салате са локалитета Племетине ($50,0 \text{ ml O}_2/\text{g}$), а потом, опет је семе ражи показало највећу активност каталазе 14-ог дана (око $48 \text{ ml O}_2/\text{g}$). Највећа активност каталазе у семену ротквице 14-ог дана од почетка клијања је била регистрована на третману који одговара локалитету Грачанице ($30,0 \text{ ml O}_2/\text{g}$) (Слика 4.12).

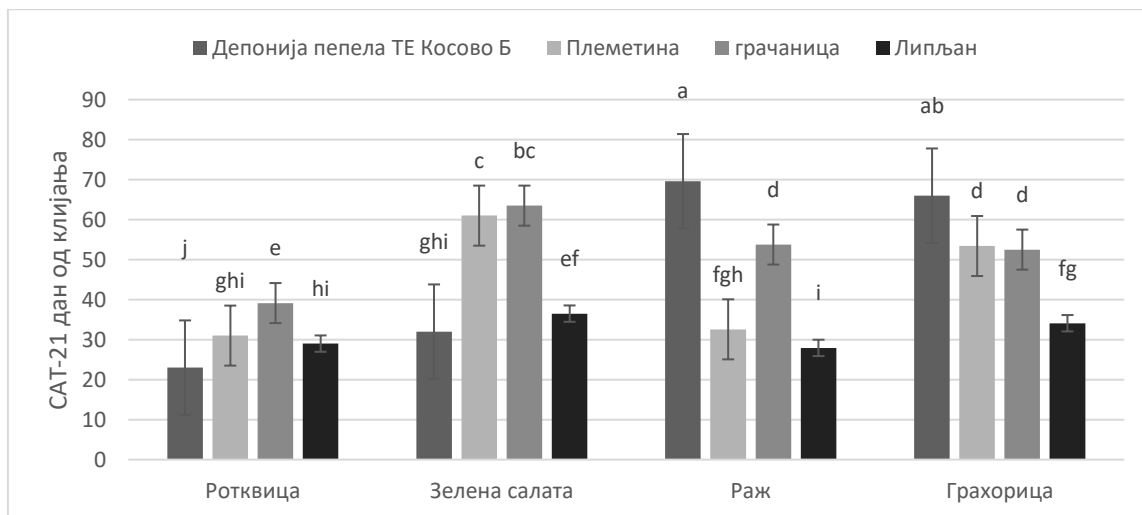
Добијени резултати показују да је активност каталазе у наклијалим семенима испитиваних биљака била варијабилна у односу на земљишни третман -

локалитет, а добијене разлике, биле су статистички значајне.



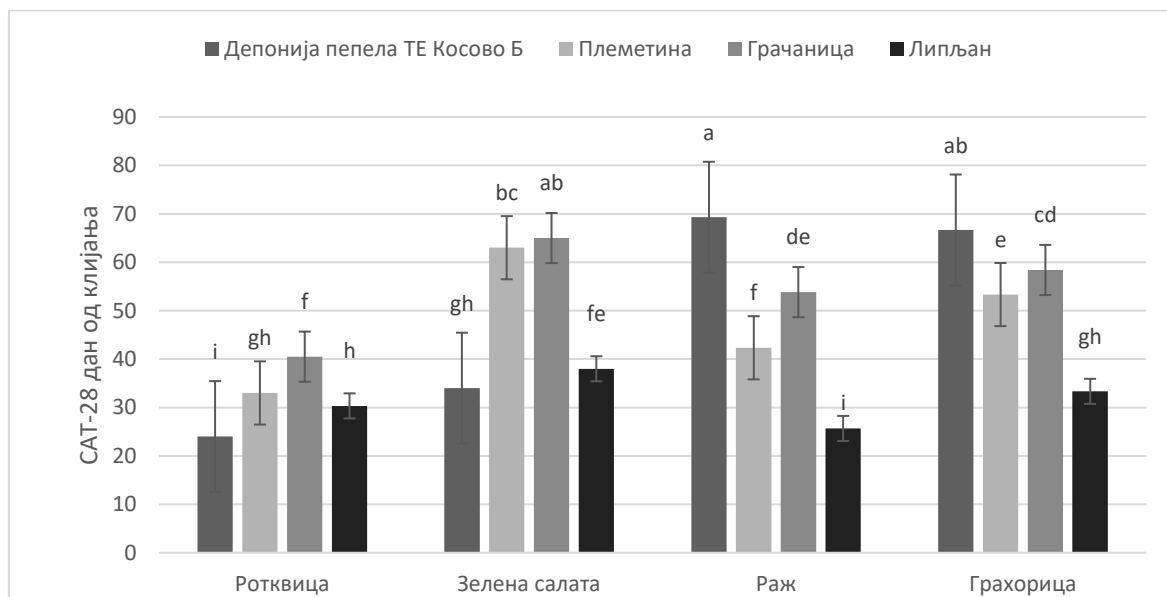
Слика 4.12. Активност ензима каталазе у семенима испитиваних биљака 14-ог дана од почетка клијања ($\text{ml O}_2/\text{g}$ свежег биљног материјала)

Генерално повећање активности ензима каталазе (CAT) у клијанцима старим 21 дан уочљиво је ако се упореде претходно анализирани резултати. Највеће вредности CAT измерене су у клијанцима ражи на третману депоније пепела ТЕ Косово Б ($69 \text{ ml O}_2/\text{g}$), док су истовремено и најмање вредности CAT измерене на истом локалитету, али у наклијалим семенима ротквице ($23 \text{ ml O}_2/\text{g}$) (Слика 4.13).



Слика 4.13. Активност ензима каталазе у семенима испитиваних биљака 21-ог дана од почетка клијања ($\text{ml O}_2/\text{g}$ свежег биљног материјала) .

Слично претходно изнетим резултатима, 28-ог дана од клијања семена, активност каталазе (CAT) у зависности од биљне врсте била је видљива, а варијабилност је била и статистички значајна: највећа ензимска активност измерена је у клијанцима ражи наклијаваних на земљишном супстрату који одговара депонији пепела ТЕ Косово Б, док су истовремено и најниже вредности CAT активности регистроване у наклијалом семену ротквице на истом третману (Слика 4.14).



Слика 4.14. Активност ензима каталазе у семенима испитиваних биљака 28-ог дана од почетка клијања ($\text{ml O}_2/\text{g}$ свежег биљног материјала)

4.2.2.1.4. Утицај третмана земљишта на садржај органских киселина у наклијалим семенима: 7-ог, 14-ог, 21-ог и 28-ог дана од почетка клијања

Динамика укупног садржаја органских киселина у клијанцима биљака на четири земљишна третмана, зависила је значајно од биљне врсте, као и од загађења (Табела 4.12). Генерално посматрано, највећи садржај органских киселина имали су поници ротквице и зелене салате, док су поници ражи и грахорице имали и до десет пута мањи садржај органских киселина, без обзира на старост. Највећа измерена вредност садржаја органских киселина била је у понцима ротквице 21-ог дана од почетка клијања семена на земљишном третману који одговара лок. 5 (Грачаница). Утицај земљишног супстрата, односно загађења, на клијавост и

садржај органских киселина у клијанцима је уочљив, тако да се сигнификантно веће вредности овог параметра, без обзира на старост, уочавају на јако загађеном локалитету депоније пепела ТЕ Косово Б и локалитета Грачаница.

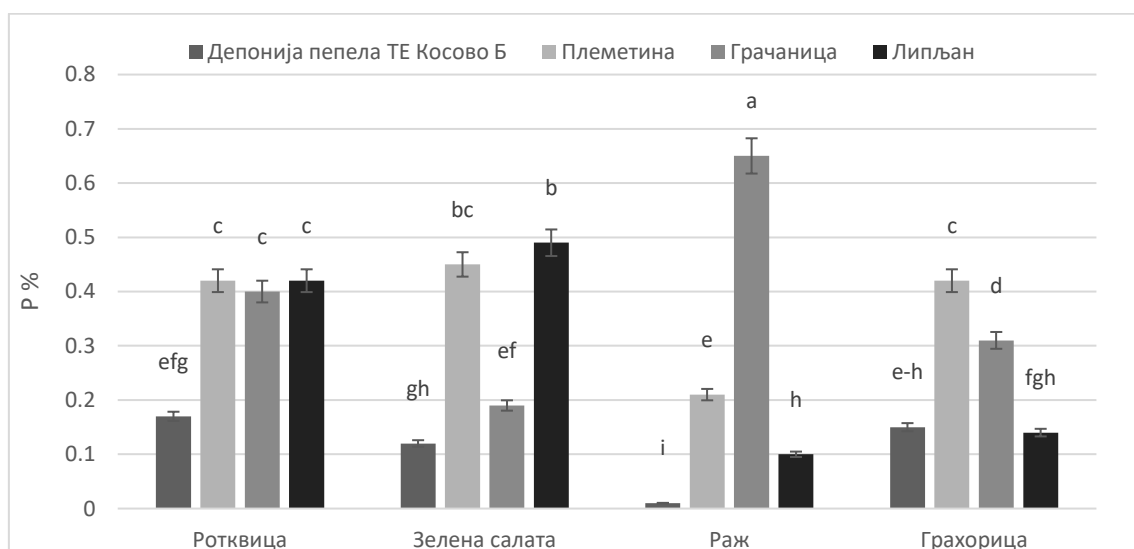
Табела 4.12. Садржај органских киселина ($mEkv/g$ свежег биљног материјала) 7-ог, 14-ог, 21-ог и 28-ог дана од почетка клијања семена на различитим земљишним третманима.

Биљна врста	Земљишни третман	Садржај органских киселина ($mEkv/g$)			
		7-ог дана од клијања	14-ог дана од клијања	21-ог дана од клијања	28-ог дана од клијања
Ротквица (<i>R. sativus</i>)	Депонија пепела ТЕ Косово Б	29,52±0,466a	29,52±0,563b	29,52±0,466b	39,36±0,847a
	Племетина	24,60±1,572b	29,52±0,466b	27,55±2,561bc	35,43±3,850ab
	Грачаница	29,52±0,563a	35,42±3,624a	70,85±2,345a	39,36±0,342a
	Липљан	19,68±1,317c	24,60±3,775b	24,60±1,572c	31,49±2,946b
З.салата (<i>L. sativa</i>)	Депонија пепела ТЕ Косово Б	27,55±4,333ab	33,46±2,563a	35,42±3,651b	59,04±2,215a
	Племетина	24,60±5,074b	27,55±4,333ab	31,49±3,034bc	35,42±3,651b
	Грачаница	33,46±3,168a	35,42±4,196a	70,85±2,345a	59,04±1,902a
	Липљан	15,74±3,587c	24,60±4,822b	27,55±4,333c	31,49±3,034b
Раж (<i>S. cereale</i>)	Депонија пепела ТЕ Косово Б	0,47±0,050a	0,60±0,035a	0,76±0,035c	0,77±0,012b
	Племетина	0,25±0,012b	0,33±0,023b	1,25±0,046b	0,89±0,058b
	Грачаница	0,17±0,012c	0,25±0,012c	0,49±0,058d	0,33±0,023c
	Липљан	0,17±0,012c	0,33±0,023b	1,78±0,069a	1,15±0,115a
Грахорица (<i>V. sativa</i>)	Депонија пепела ТЕ Косово Б	0.17±0.012c	0.25±0.012c	0.77±0.012b	1.07±0.046a
	Племетина	0.35±0.023a	0.47±0.050a	1.07±0.046a	0.89±0.058b
	Грачаница	0.27±0.081ab	0.43±0.023a	0.36±0.053d	0.33±0.023c
	Липљан	0.24±0.020bc	0.36±0.053b	0.47±0.061c	1.15±0.115a

Вредности у табели представљају средњу вредност ($n=3$) и стандардну девијацију. Средње вредности означене различитим словима статистички се значајно разликују на основу Duncan-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

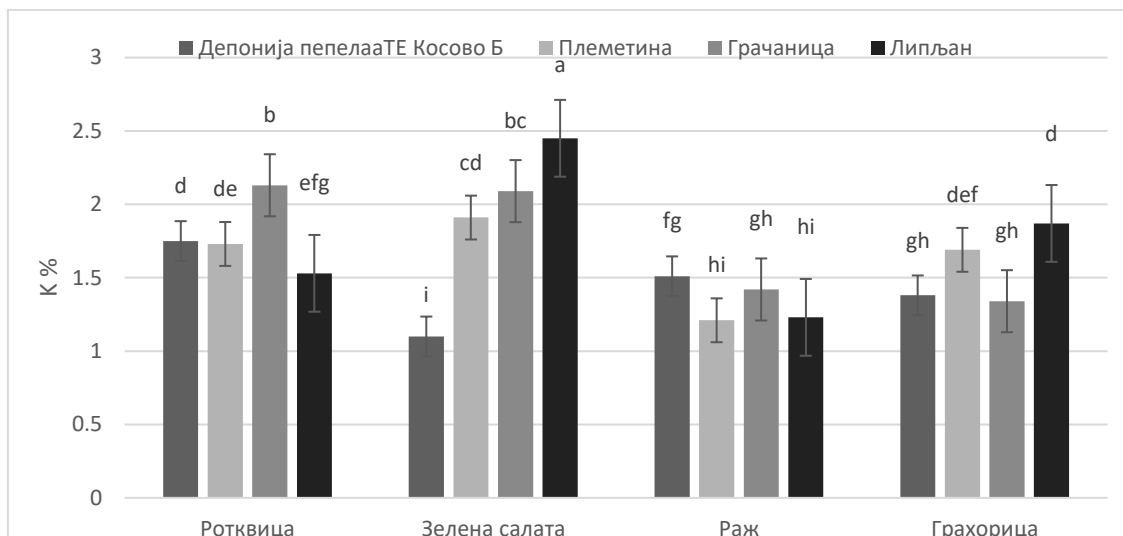
4.2.2.1.5. Утицај третмана земљишта на садржај макроелемената фосфора (%P) и калијума (%K)

Садржај фосфора и калијума у сувој маси корена ротквице, листовима зелене салате и надземним деловима биљака ражи и грахорице, значајно је варирао у зависности од биљне врсте и земљишног третмана, односно загађења / локалитета. Изузетно низак садржај фосфора (0,01%) који указује на поремећај у метаболизму, констатован је у надземном делу биљака ражи. Истовремено, у свим испитиваним биљним врстама, најмање концентрације калијума измерене су на третману земљишта који одговара депонији пепела ТЕ Косово Б, што указује на смањење квалитета, односно, нутритивне вредности биљака са порастом загађења средине. Највеће вредности фосфора 0,65% забележене су надземном делу ражи на третману локалитета 5 (Грачаница) (Слика 4.15).



Слика 4.15. Садржај фосфора (%P) у сувој биљној маси.

Процентуални садржај калијума такође је био варијабилан у односу на биљну врсту и примењени земљишни третман: највећи садржај овог макронутријента забележен је у листовима зелене салате (2,45%) на земљишном третману који одговара лок. 6 (Липљан) (Слика 4.16). Истовремено је и најнижа вредност калијума (1,1%) констатована у листовима зелене салате, али на третману депоније пепела.

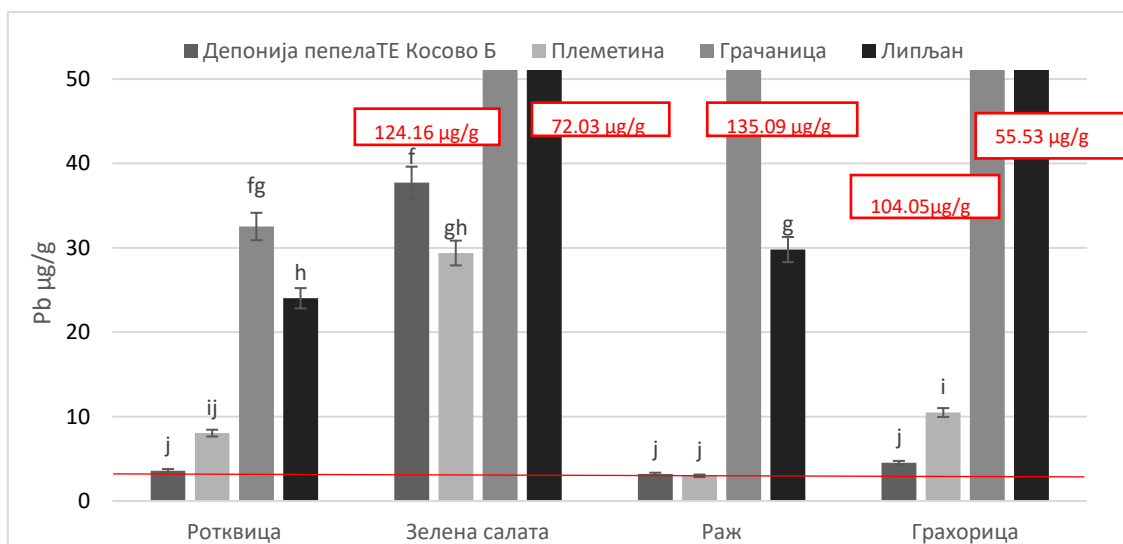


Слика 4.16. Садржај калијума (%K) у сувој биљној маси.

Варијабилност садржаја калијума у биљном ткиву зависно од локалитета варијала је и код биљака ротквице (Слика 4.16). Највећа вредност садржаја калијума је регистрована у биљкама са локалитета Грачаница (2,13%) и статистички се значајно разликовала у односу на све остале испитиване локалитете.

4.2.2.1.6. Акумулација тешких метала (Pb, Cd и Ni) у биљкама

Садржај олова у сувој маси биљних органа (корену ротквице, листовима зелене салате и надземним деловима биљака ражи и грахоорице) приказан је на слици 4.17.



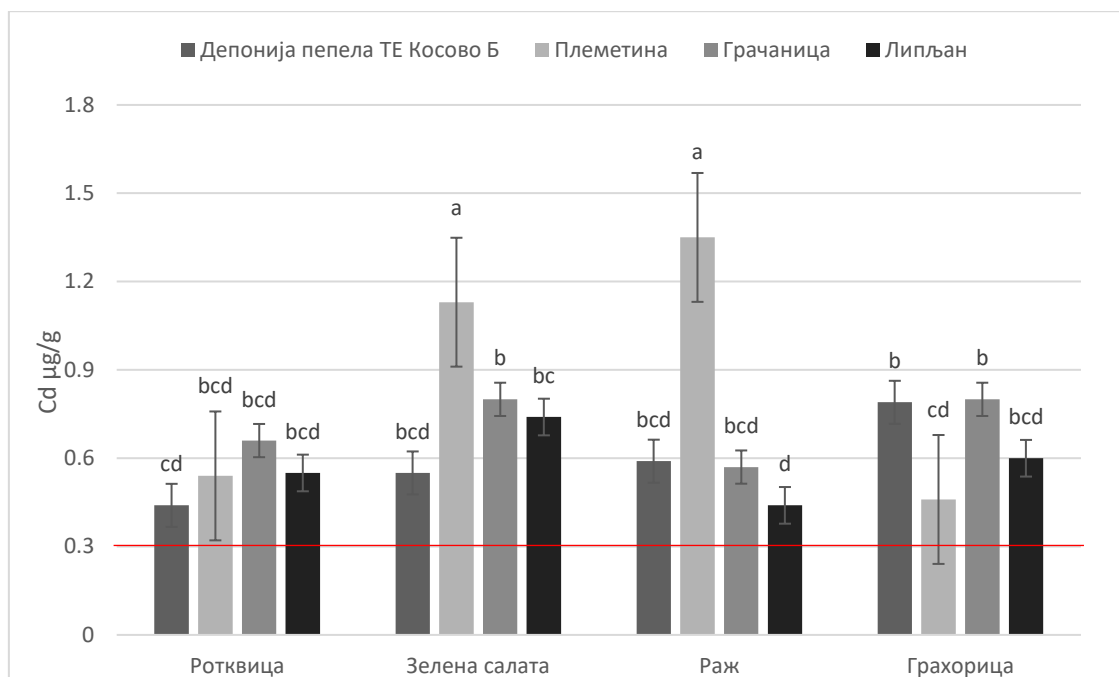
Слика 4.17. Садржај олова ($\mu\text{g/g Pb}$) у сувој биљној маси. Хоризонтална линија представља максимално дозвољене концентрације (МДК= $3 \mu\text{g/g}$). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дункан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Екстремно високе концентрације акумулираног олова измерене су у ткиву свих биљака, на свим земљишним третманима, а уочљиво је да није постојао узорак који је имао мању вредност од МДК ($3 \mu\text{g/g}$ суве масе). Постојала је велика варијабилност садржаја олова у зависности од биљне врсте и загађења: узорци биљака ротквице, ражи и грахорице са земљишног супстрата који одговара локалитету депоније пепела ТЕ косово Б, имали су концентрацију Pb на нивоу МДК: корен ротквице, $3,61 \mu\text{g/g}$; надземни део биљака ражи, $3,2 \mu\text{g/g}$; надземни део биљака грахорице, $4,53 \mu\text{g/g}$. Сличну концентрацију олова, на нивоу МДК имали су још једино узорци ражи са земљишног третмана локалитета Племетине ($2,99 \mu\text{g/g}$). Највећа забележена вредност у износу од $135,09 \mu\text{g/g}$ Pb, што је 45 пута веће од МДК, била је у сувој маси надземног дела биљака ражи на земљишном третману који одговара локалитету Грачанице. Забележене вредности указују на велику варијабилност акумулације Pb зависно од биљне врсте и локалитета. Највише акумулираног олова измерено је код биљака гајених на третману који одговара локалитету Грачанице (лок. 5), док је најмања вредност забележена у биљкама гајеним на третману насеља Племетина (лок. 3). Овакви резултати пружају јасну и недвосмислену индикацију да је локалитет Грачанице изузетно хемијски оптерећен оловом, што је и очекивано јер се у близини насеља налази велико несанирано јаловиште, а резултат је вишедеценијског рада рудника Кишница и одлагања отпада. На поузданост добијених података указују и мала варирања понављања (мале вредности стандардних девијација) у оквиру просечно изведених вредности (Слика 4.17).

Када је садржај кадмијума (Cd) у питању, варирања у зависности од примењеног земљишног третмана и биљне врсте нису била толико изражена као у случају садржаја Pb (Слика 4.18). Највише вредности акумулираног кадмијума измерене су у листовима зелене салате и надземном делу биљака ражи ($1,13 \mu\text{g/g}$ и $1,35 \mu\text{g/g}$) са земљишног третмана који одговара локалитету насеља Племетина (лок. 3), док су најмање просечне вредности акумулираног Cd измерене у корену биљака ротквице ($0,44 \mu\text{g/g}$) гајеним на земљишном третману који одговара лок. 2 (депонија пепела ТЕ Косово Б). Посебно треба нагласити да је и најмања регистрована просечна вредност Cd прелазила максимално дозвољену концентрацију овог метала у поврћу, која износи $0.3 \mu\text{g/g}$ суве биљне масе, што

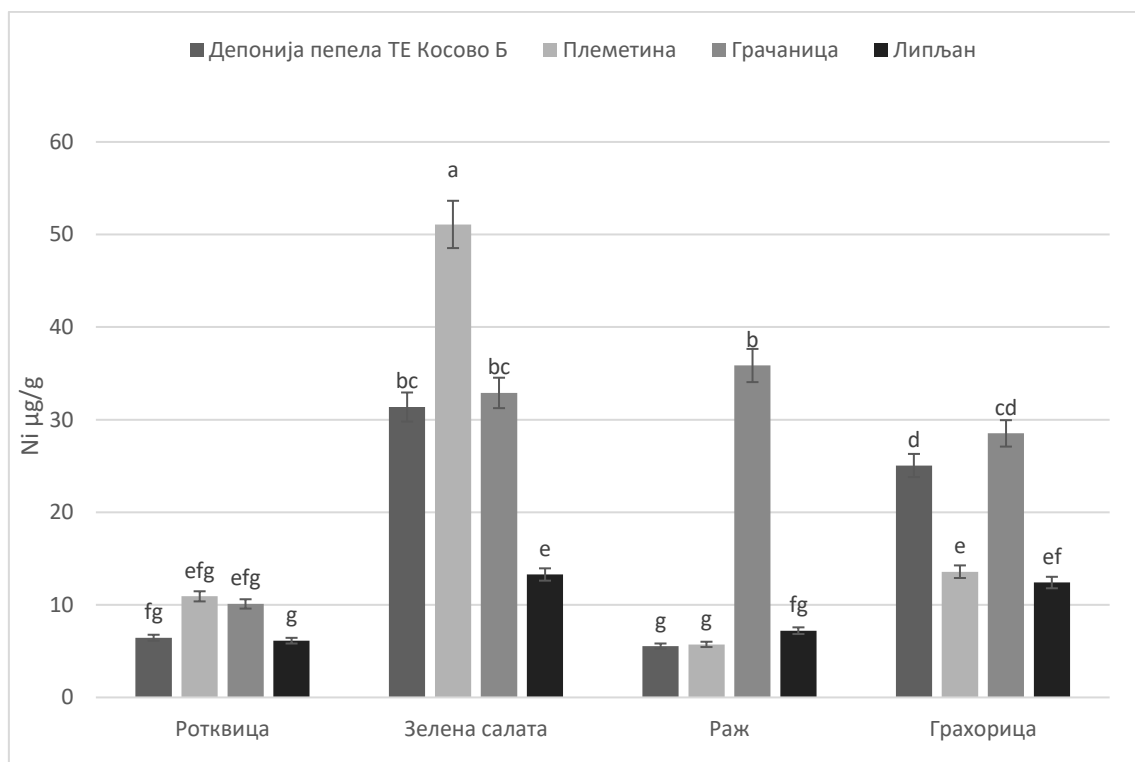
указује на екстремно велику хемијску контаминацију целог испитиваног подручја Косова и Метохије.

Треба поново нагласити да добијене високе вредности Рb и Cd нису резултат лабораторијске грешке, пошто није постајала значајна варијабилност између понављања, а анализирана су по три независна узорка за сваку биљну врсту и сваки земљишни третман.



Слика 4.18. Садржај кадмијума ($\mu\text{g/g Cd}$) у сувој биљној маси. Хоризонтална линија представља максимално дозвољене концентрације ($\text{МДК} = 0,3 \mu\text{g/g}$). Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем *Duncan*-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Садржај никла (Ni) у сувој биљној маси ($\mu\text{g/g}$) зависио је од биљне врсте и земљишног третманима, али та зависност није била изразита, тако да је статистичка анализа показала најмању варијабилност у корену ротквице, где уопште није било разлика зависно од земљишног третмана (Слика 4.19). Изузетно високе вредности акумулираног никла ($51,09 \mu\text{g/g}$), које се сматрају неповољним за људско здравље, измерене су у листовима зелене салате која је била гајена на земљишном третману локалитета насеља Племетина (лок. 3).



Слика 4.19. Садржај никла ($\mu\text{g/g Ni}$) у сувој биљној маси. Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем *Duncan*-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Анализа садржаја никла у одабраним биљним врстама / органима зависно од земљишног третмана показује да су генерално, највеће вредности регистроване на третману који одговара лок. 5 (Грачаница). Може се такође уочити и тенденција да у узорцима биљака где су прочитане веће концентрације Pb и Cd регистроване су истовремено и високе вредности акумулираног никла (Слике 4.17, 4.18 и 4.19).

Као генерални закључак, намеће се чињеница да су све регистроване разлике у акумулацији олова, кадмијума и никла биле значајне зависно од земљишног третмана и биљне врсте на коју је третман примењиван (Табела 4.13).

Табела 4.13. Two-way ANOVA за садржај Pb, Cd и Ni ($\mu\text{g/g}$) у биљним врстама гајеним на различитим земљишним третманима (локалитетима).

	Пластеник 2018	Pb $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$
ANOVA	Третман	***	***	***
	Б. врста	***	**	***
	Третман x Б.врста	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

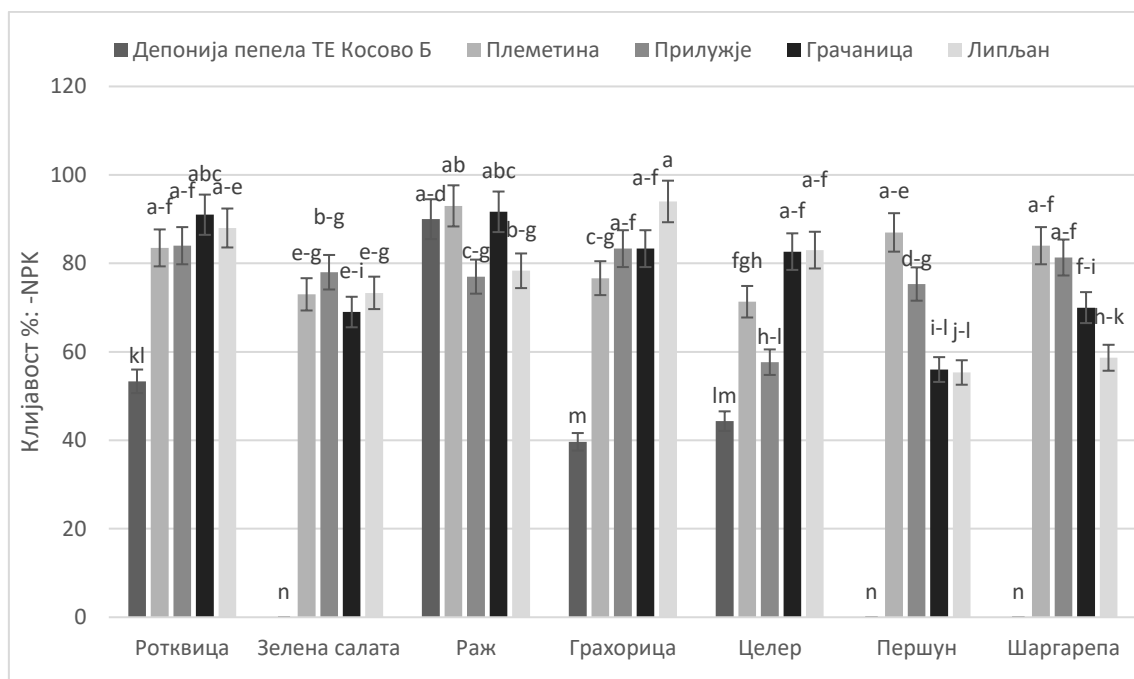
4.2.2.2. Друга истраживачка година (2022.): експеримент у пластенику

Током тромесечног периода гајења биљака у полуконтролисаним условима пластеника (од 07. 07. 2022. до 07. 10. 2022.), експеримент је спроведен на пет различитих земљишних подлога – третмана, које представљају загађене локалитете. Сваки третман је постављен у два подтретмана: један без додатка вештачког ђубрива (-NPK) и други са додатком вештачког ђубрива (+NPK). У циљу процене степена и типа контаминације биљака, као и утицаја загађења на њихову нутритивну вредност, извршена су мерења морфолошких, биохемијских и физиолошких параметара.

4.2.2.2.1. Утицај третмана земљишта на клијање семена и морфолошке параметре раста младих биљака

На слици 4.20. приказан је проценат клијавости семена засејаних на пет земљишних третмана у оквиру првог подтретмана (-NPK); број наклијалих семена / клијанаца, праћен је 7 дана након појаве првих клијанаца, што је код сваке биљне врсте било временски специфично. Двофакторска анализа варијансе показала је статистички значајне разлике у % клијавости зависно од квалитета земљишног супстрата и биљне врсте.

Највећи проценат клијавости у оквиру првог подтретмана (-NPK) имало је семе грахорице гајено на земљишном супстрату који одговара локалитету 6. (Липљан), 94%, затим, семе ражи на третману лок. 3 (Племетина), 93%, потом, семена ротквице на третману који одговара локалитету 5 (Грачаница), 91%, целера на третману локалитета 6 (Липљан), 83%. Најмања клијавост испољила се код семена першуна и шаргарепе на земљишном супстрату који одговара локалитету 3 (Племетина) и кретала се у интервалу од 55 до 58% (Слика 4.20).



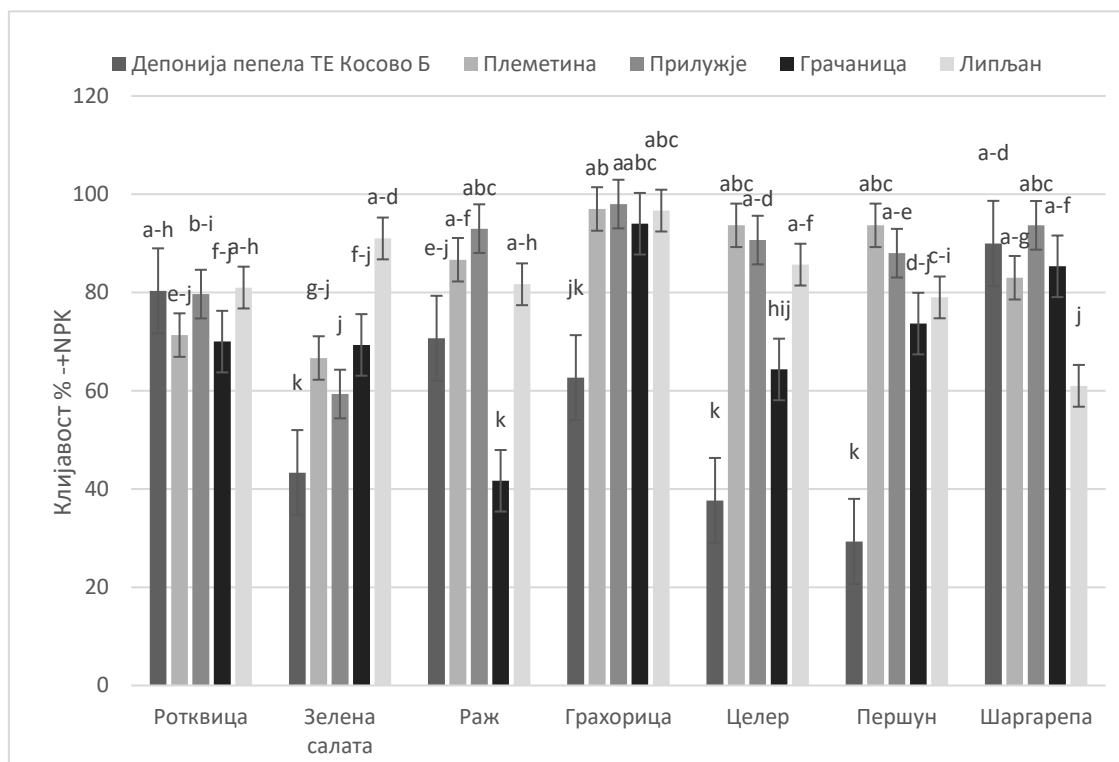
Слика 4.20. Средње вредности ($n=3$) и стандардна девијација клијавости семена (%) 7 дана након појаве првог ницања на различитим земљишним третманима / локалитетима (подтретман: -NPK). Средње вредности означене различитим словима статистички се значајно разликују на основу Дисап-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

Семе биљака зелене салате, першуна и шаргарепе које је у условима пластеника наклијавано на земљиштом третману еквивалентном депонији пепела ТЕ Косово Б (лок. 2) није клијало, док су истовремено најмање клијавости, између 40 и 50%, на истом подтретману, забележене за семена ротквице, грахорице и целера на истом третману – изузетно загађеном земљишту депоније пепела ТЕ Косово Б (Слика 4.20).

Статистички значајне разлике између клијавости семена испитиваних биљних врста и примењених земљишних третмана, забележане су такође за земљишни подтретман који је подразумевао додатак нутријената (+NPK) (Слика 4.21). Највећи проценат клијавости регистрован је за семена грахорице и ражи, 98%, односно, 93% која су наклијавана на земљишном супстрату који одговара локалитету 4. (Прилужје).

На земљишном третману који одговара локалитету Племетина, такође је констатована висока клијавост, преко 90% код семена грахорице (97%), семена целера (94%) и семена першуна (94%). Семе грахорице се издвојило по највећој

клијавости, пошто је видљиво да је и на третману локалитета Липљан клијавост била 97% (Слика 4.21).



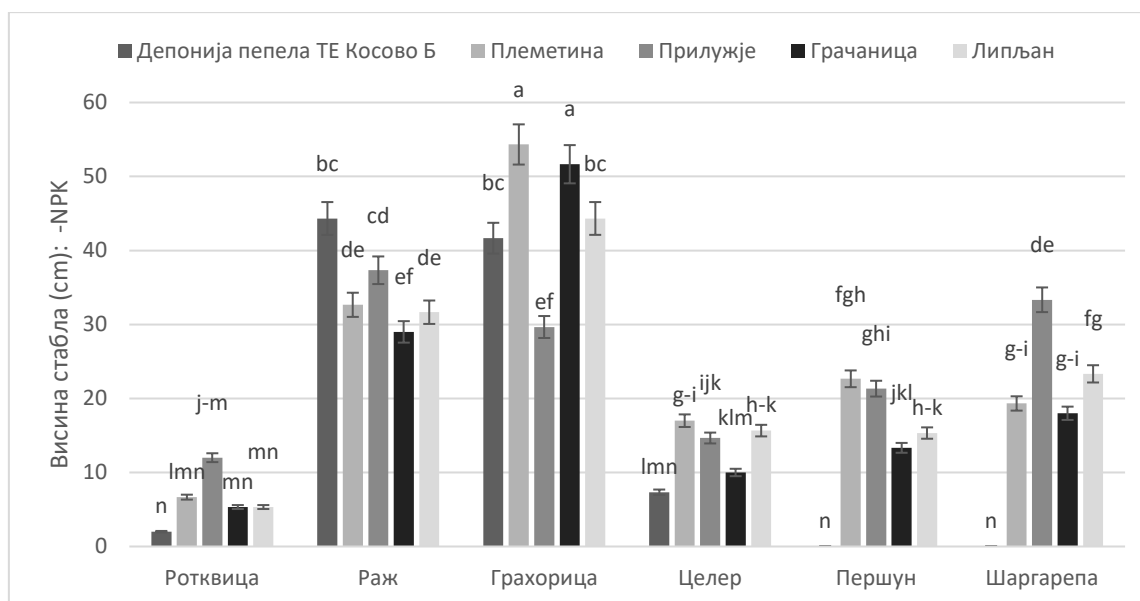
Слика 4.21. Средње вредности ($n=3$) и стандардна девијација клијавости семена (%) 7 дана након појаве првог ницања на различитим земљишним третманима / локалитетима (подтретман: +NPK). Средње вредности означене различитим словима статистички се значајно разликују на основу Дипсан-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

Најмањи проценат клијавости семена на подтретману +NPK био је видљив код зелене салате, грахорице, целера и першуна на загађеном земљишту донетом са депонија пепела ТЕ Косово Б.

Из добијених резултата јасно је уочљив инхибиторни утицај загађења на потенцијал клијавости свих испитиваних биљних врста (Слика 4.21) и истовремено, стимулативни утицај додатих макронутријената, азота, фосфора и калијума. На земљишту донесеном са депоније пепела ТЕ Косово Б није дошло до клијања семена зелене салате, першуна и шаргарепе (Слика 4.20), док је додатак нутријената (подтретман +NPK), довео до клијања семена и ових врста (Слика 4.21). Посебно је уочљиво повећање потенцијала клијавости семена шаргарепе, где је додатак нутријената у загађену земљишну подлогу индуковао изузетну клијавост од 90%; семена ротквице су показала бољу клијавост у условима +NPK подтретмана за

скоро 30%, док су семена грахорице боље клијала у истом подтретману за више од 20%. Упоредивањем % клијавости зависно од подтретмана, уочљив је и генотипски специфичан ефекат додатка нутријената на клијавост: семена ражи су на загађеном земљишту имала клијавост 90%, да би додатак нутријената довео до смањења клијавости за чак 20%. Овакав резултат указује да је у првим етапама онтогенетског развића, раж адаптирана на загађење и да семена из сопствених метаболичких депоа, са минималним усвајањем полутаната, могу да обезбеде стабилне физиолошке процесе који ће довести до клијања (Прилог 3 – Табеле 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 и 8.13).

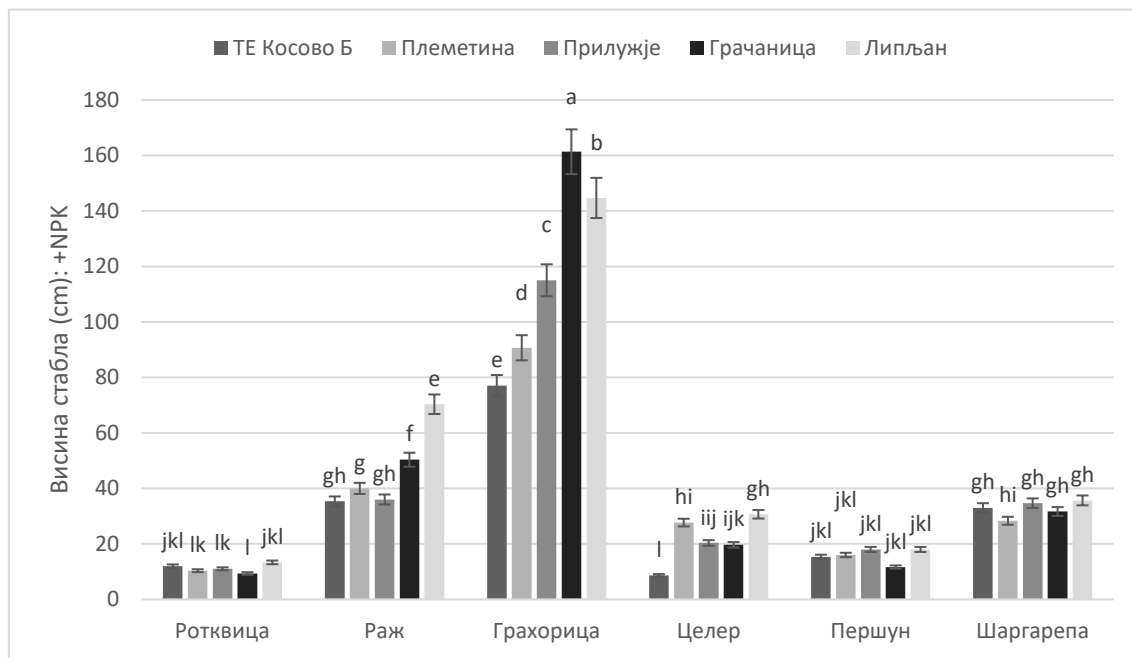
Дужина стабла појединачних врста у оквиру првог подтретмана (-NPK) статистички је значајно варијала између испитиваних земљишних третмана. Код биљака ротквице, целера, першуна и шаргарепе је био уочљив инхибиторни ефекат загађења на раст биљака, те је тако на локалитету депоније пепела ТЕ Косово Б, изостао раст биљака. Инхибиторни ефекат загађења земљишта није био уочљив код биљака ражи и грахорице (Слика 4.22).



Слика 4.22. Средње вредности и стандардна девијација дужине стабла биљака (подтретман: -NPK) (cm). Средње вредности означене различитим словима статистички се значајно разликују на основу Дипсан-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

Додатак нутријената (подтретман: +NPK) је евидентно утицао на пораст биљака у односу на подтретман -NPK, па се стога може рећи да је утицао и на детоксикацију самих биљака. Ако се анализира дужина стабла појединачних

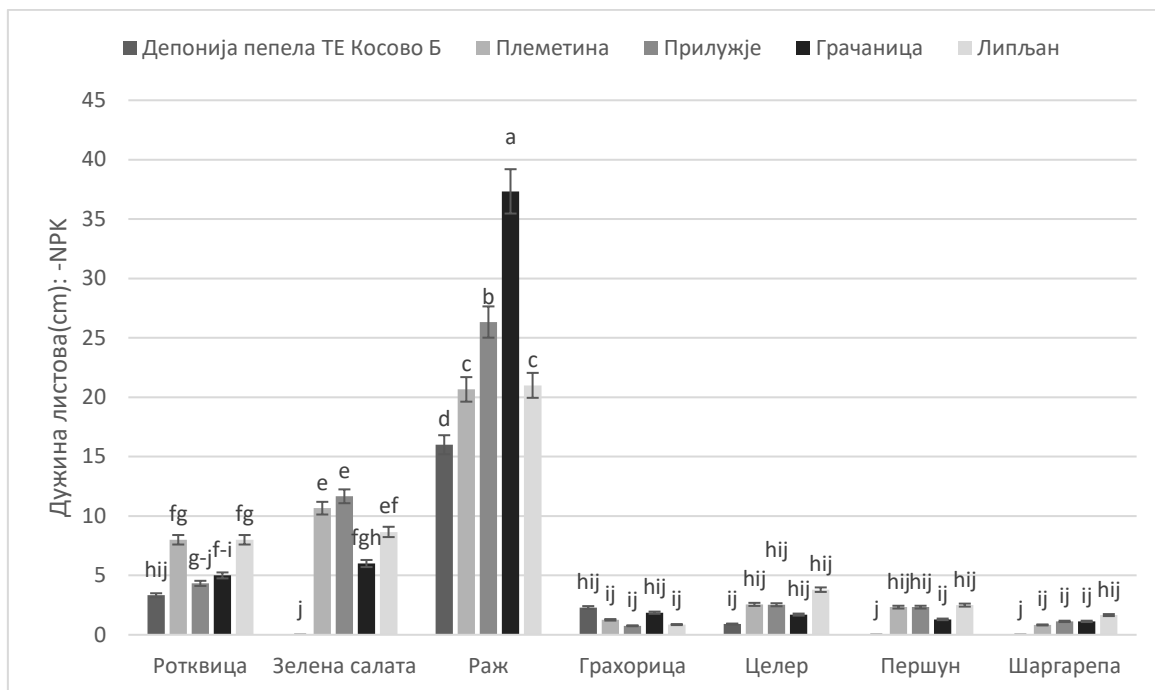
биљака у односу на земљишни третман, уочљив је стимулативни ефекат додатка макронутријената: висина биљака на третману +NPK била је у просеку, удвостручена (Слика 4.23).



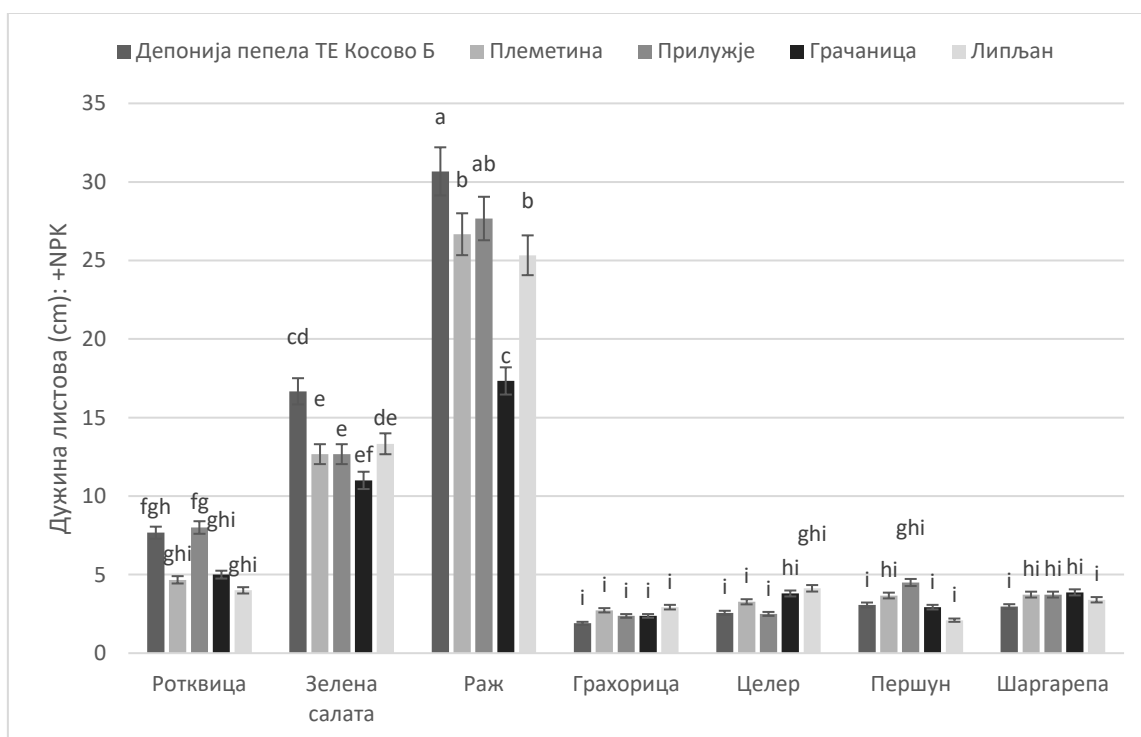
Слика 4.23. Средње вредности и стандардна девијација дужине стабла биљака (подтретман: +NPK) (cm). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дунсеп-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Мање вредности дужине стабла, дужине корена, свеже и суве масе, биљке су имале у оквиру првог подтретмана (-NPK) у односу на други подтретман (+NPK), запажају се на свим локалитетима, док просечна дужина листова није варијала у зависности од тога да ли су биљке биле гајене без додатка NPK или са додатком NPK (Слике 4.24 – 4.27).

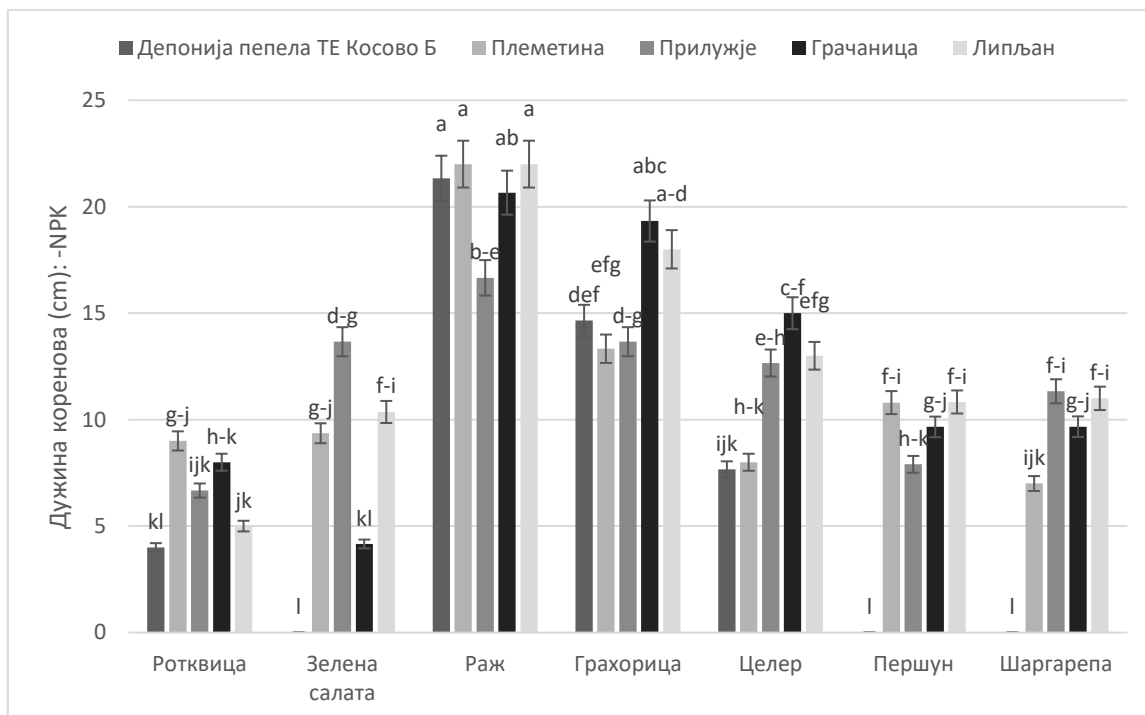
Ако се упореди дужина листова испитиваних биљака између подтретмана, уочљиво је стимулаторно дејство додатка макронутријената у загађени земљишни супстрат, што је било нарочито изражено код зелене салате и шаргарепе, те се стога може рећи да је начин гајења тј. додатак макроелемента значајно утицао на овај морфолошки параметар (Прилог 2- Слика 8.5).



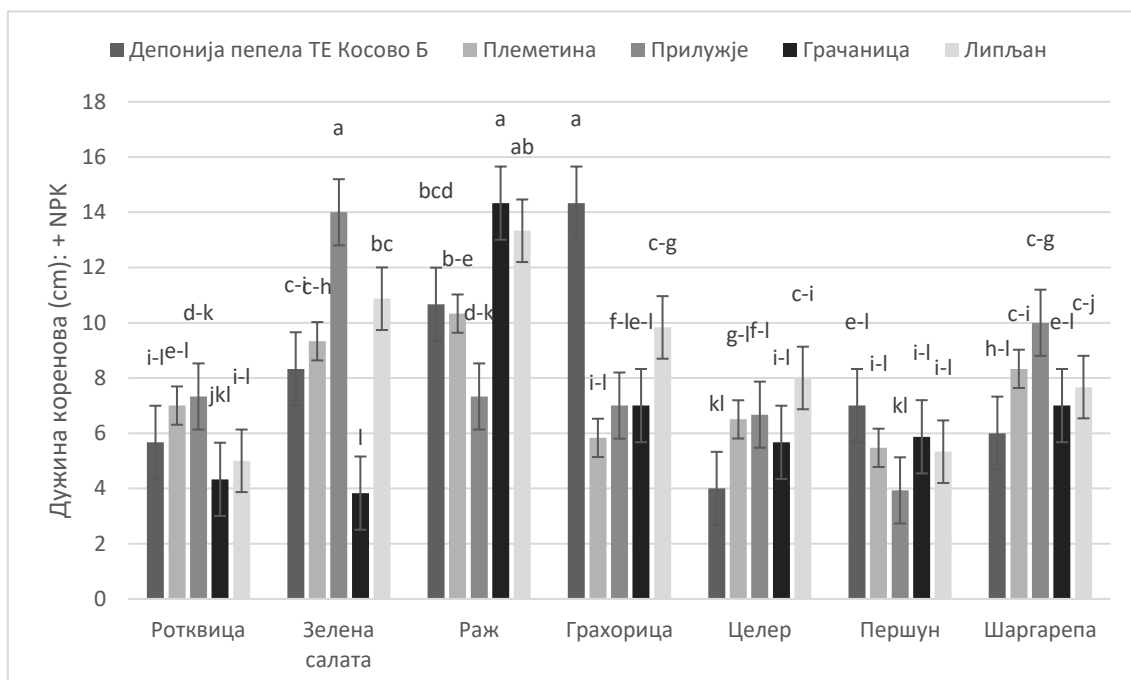
Слика 4.24. Средње вредности и стандардна девијација дужине листова биљака (подтретман: -NPK) (cm). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дипсап-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.



Слика 4.25. Средње вредности и стандардна девијација дужине листова биљака (подтретман: +NPK) (cm). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дипсап-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.



Слика 4.26. Средње вредности и стандардна девијација дужине корена биљака (подтретман: -NPK) (cm). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дипсан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.



Слика 4.27. Средње вредности и стандардна девијација дужине корена биљака (подтретман: +NPK) (cm). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дипсан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

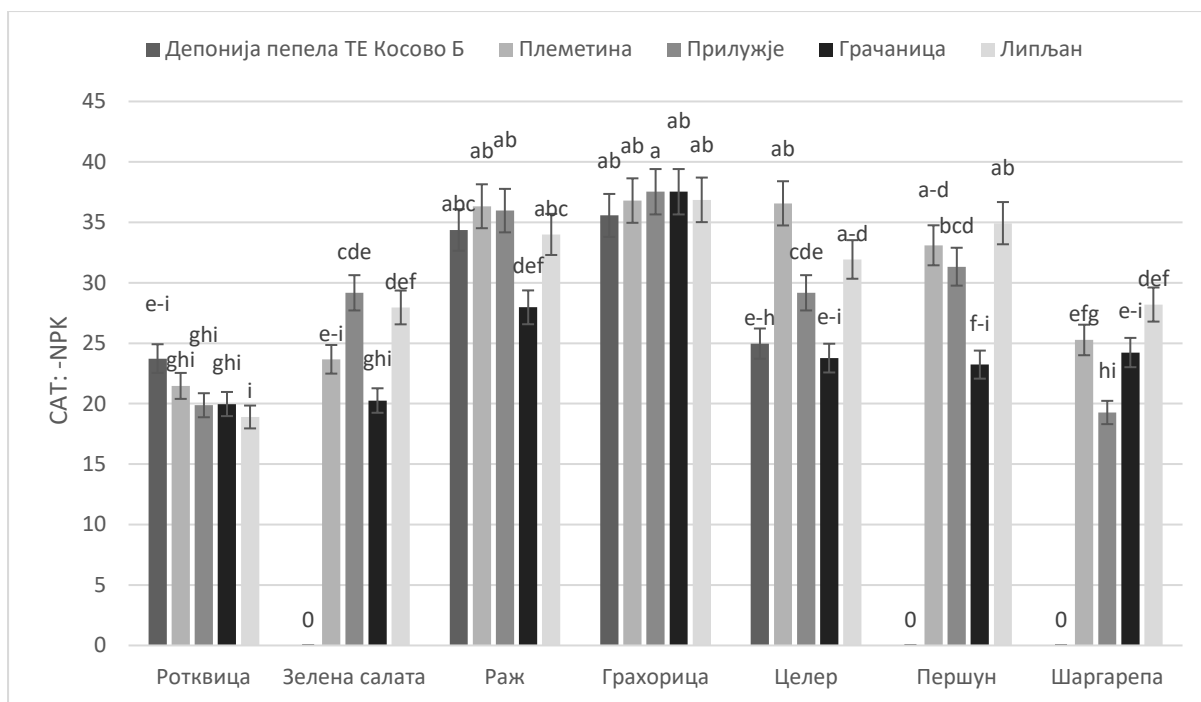
Генерално посматрано, додаток нутријената у загађени земљишни супстрат, утицао је на смањивање дужине корена, без обзира на биљну врсту и конкретни третман (Слике 4.26 и 4.27). Такође, зависно од третмана / локалитета, уочљива је и генотипски специфична дужине корена, тако да се не може дефинисати специфични одговор биљака у погледу овог морфолошког параметра (Прилог 3-Табеле 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 и 8.13)

4.2.2.2.2. Утицај третмана земљишта на интраћелијску вредност рН биљака на крају експерименталног периода

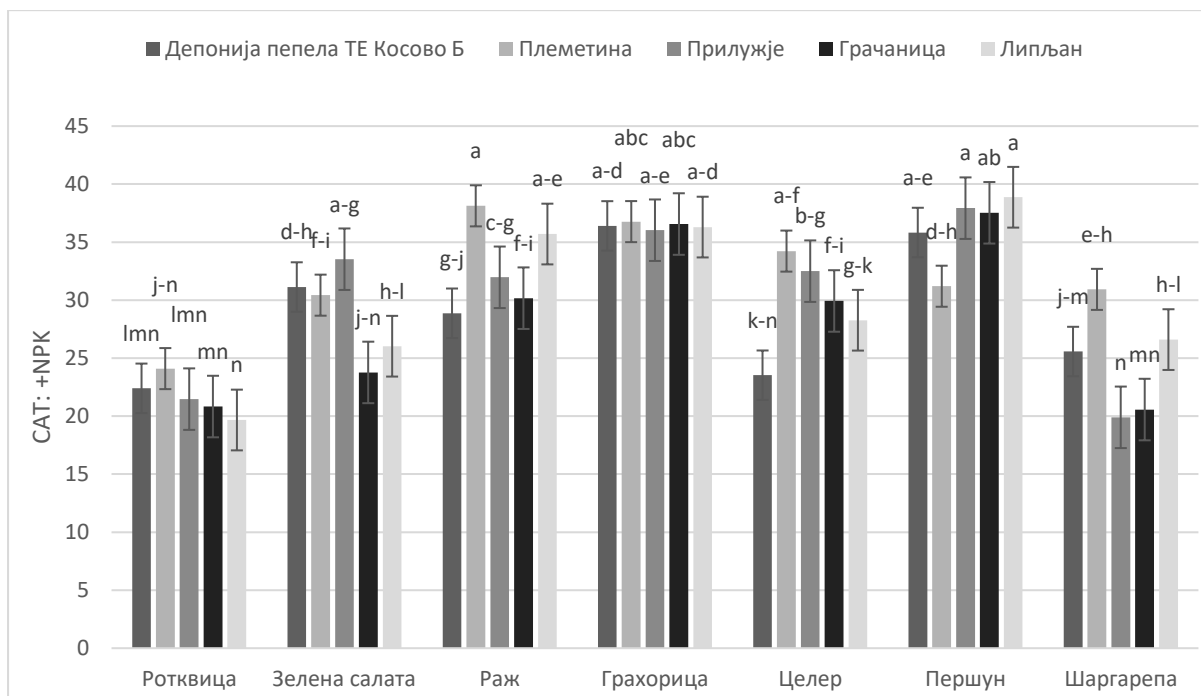
Генерално посматрано, нису уочене статистички значајне разлике у рН ћелијског сока биљака гајених три месеца на различитим третманима загађеног земљишта. Изузетак је постојао код биљака зелене салате, першуна и шаргарепе где су вредности рН статистички значајно варирале у односу на тип земљишта. Из података представљених у прилогу (Прилог 3-Слике 8.1 и 8.2) види се да је средња вредност рН ћелијског сока биљака гајених на оба подтретмана била између 7,03 и 7,77.

4.2.2.2.3. Утицај третмана земљишта на активност ензима каталазе (CAT) у испитиваним деловима биљака на крају експерименталног периода

Активност ензима CAT у испитиваним деловима биљака гајених три месеца на подлогама које одговарају загађеним локалитетима у подтретману -NPK, била је највећа у надземним деловима биљака грахорице на свим локалитетима, док је најмања забележена вредност била у корену шаргарепе на третману локалитета 4 (Прилужје), као и у корену ротквице на земљишном третману који одговара лок. 6 (Липљан). Варијабилност ензимске активности била је изражена зависно од биљне врсте, а такође и од локалитета, односно, степена загађења (Слика 4.28). Додавање NPK ђубрива показало је позитиван утицај на раст и антиоксидативни одговор биљака, посебно кроз активност каталазе. На супстрату депоније пепела ТЕ Косово Б, у условима +NPK подтретмана, семе зелене салате, першуна и шаргарепе је успешно клијало, биљке су се развијале и показивале активан метаболички одговор (Слика 4.29).



Слика 4.28. Средње вредности и стандардна девијација активности ензима каталазе (CAT) испитиваних делова биљака (подтретман: -NPK) (ml O₂/g свеже биљне масе). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дунсеп-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.



Слика 4.29. Средње вредности и стандардна девијација активности ензима каталазе (CAT) испитиваних делова биљака (подтретман: +NPK) (ml O₂/g свеже биљне масе). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дунсеп-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

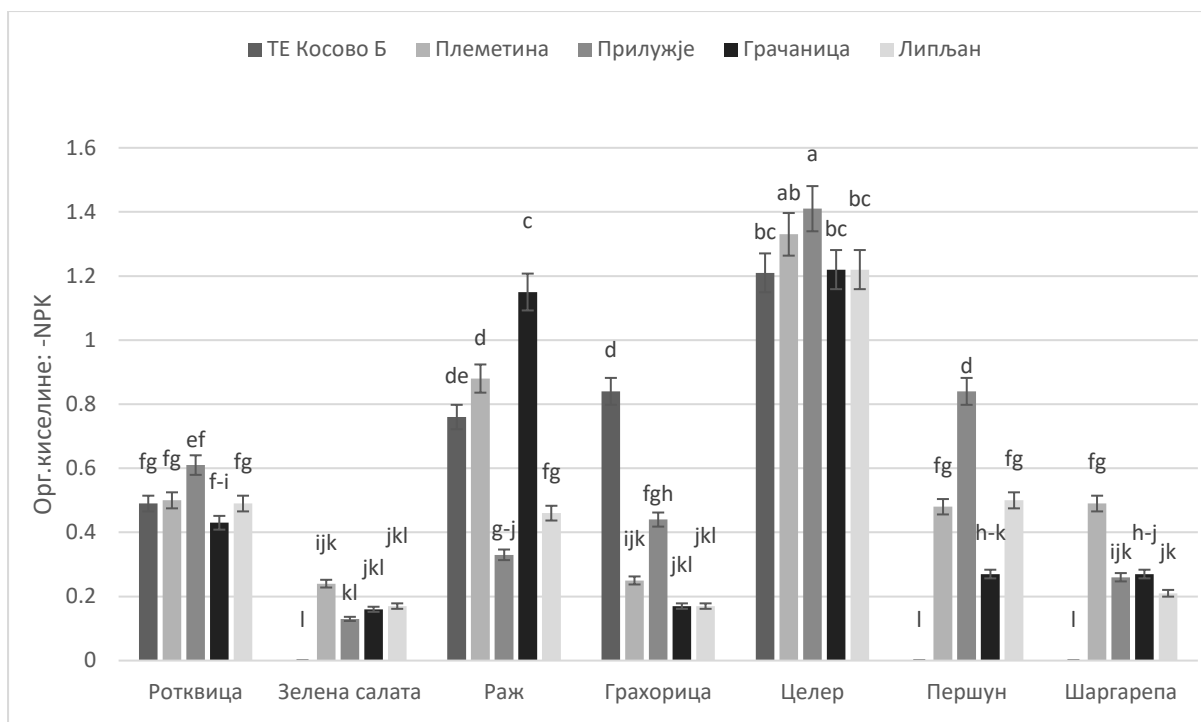
Највеће вредности САТ у оквиру подтретмана +NPK измерене су у листовима першуна гајеним на третману лок. 6 (Липљан), надземним деловима биљака грахорице (Племетина) и ражи (Племетина), док је истовремено најмања активност ензима регистрована у корену шаргарепе на третману лок. 4 (Прилужје) и лок. 5 (Грачаница) (Слика 4.29). Варијабилност активности САТ у односу на биљну врсту била је евидентна. Већ је наглашено да је додатак макронутријената (подтретман +NPK) позитивно утицао на метаболичке механизме детоксикације биљака, што је било специфично за сваку испитивану биљну врсту, тако да се истовремено може видети и да активност ензима САТ код биљака ротквице, целера и грахорице није зависила (сем у неколико појединачних случајева) од додатка ђубрива (Прилог 3-Табеле 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 и 8.13).

4.2.2.2.4. Утицај третмана земљишта на садржај органских киселина у испитиваним деловима биљака на крају експерименталног периода

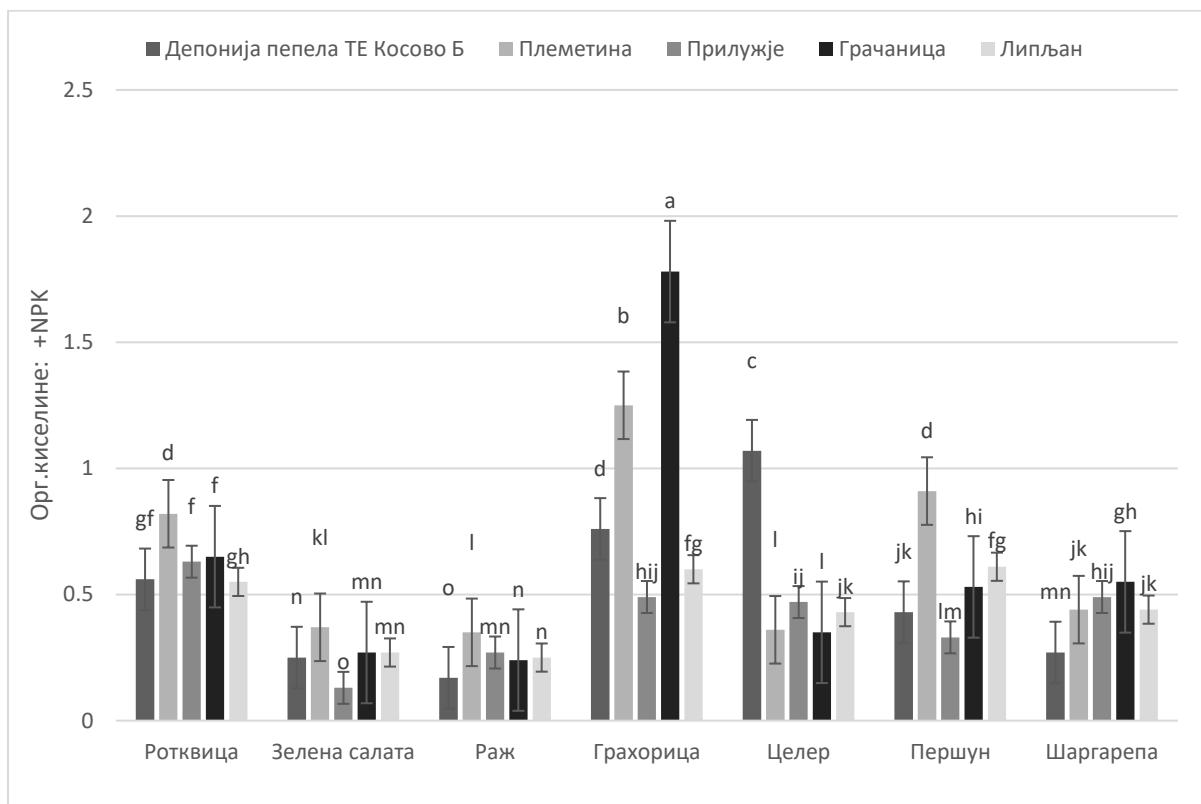
Садржај органских киселина у ћелијама биљака био је у већој мери зависан од земљишног третманима, односно, подтретмана (Слике 4.30 и 4.31). Генерално, већи садржај органских киселина забележен је на првом подтретману (-NPK) код свих биљака у односу на други (+NPK), тако да се може констатовати је додатак макронутријената сигнификантно утицао на смањење садржаја органских киселина у односу на први подтретман где су биљке гајене без додатка ђубрива.

Највећи садржај органских киселина у оквиру првог подтретмана забележен је у надземном делу биљака целера на свим локалитетима, а најмањи садржај у листовима зелене салате на земљишном третману лок. 4 (Прилужје).

Двофакторска анализа варијансе указала је на постојање статистички значајних разлика како између примењених третмана, тако и између испитиваних биљних врста (Прилог 3-Слика 8.11).



Слика 4.30. Садржај органских киселина испитиваних делова биљака (подтретман: -NPK) (mEkv/g). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дунсеп-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

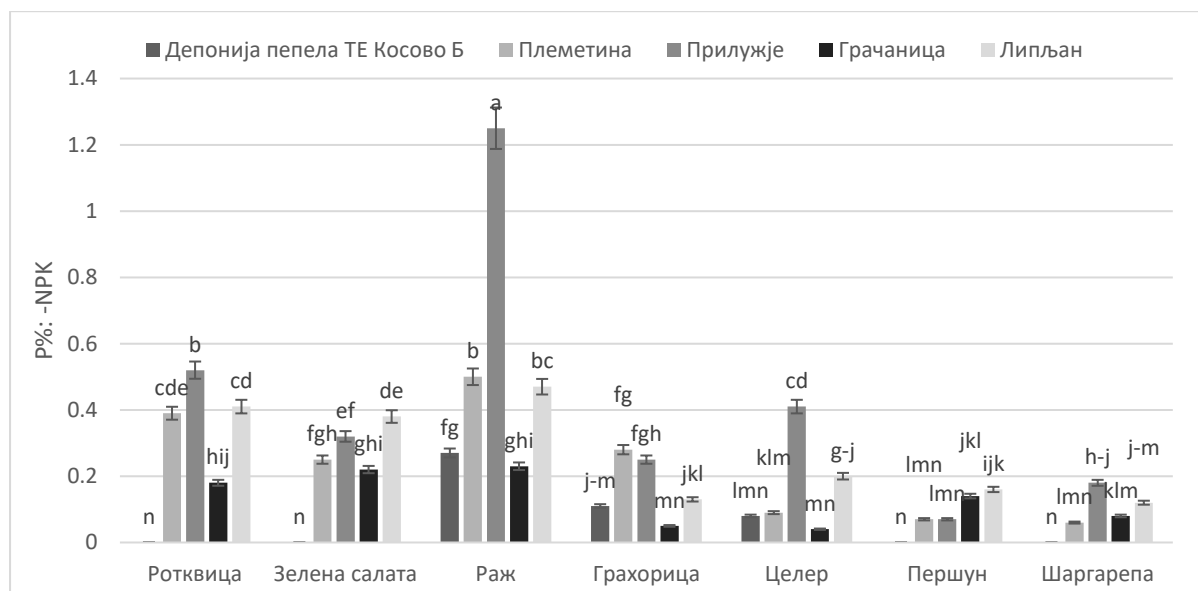


Слика 4.31. Садржај органских киселина испитиваних делова биљака (подтретман: +NPK) (mEkv/g). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дунсеп-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Просечни садржај органских киселина по биљним врстама, значајно је варирао у односу на подтретман: код већине испитиваних врста дошло је до смањења садржаја органских киселина у подтретману +NPK, док је благо повећање, на појединачним локалитетима, констатовано у биљкама ротквице, грахорице и шаргарепе (Прилог 3-Табеле 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 и 8.13).

4.2.2.2.5. Утицај третмана земљишта на садржај макроелемената фосфора (%P) и калијума (%K)

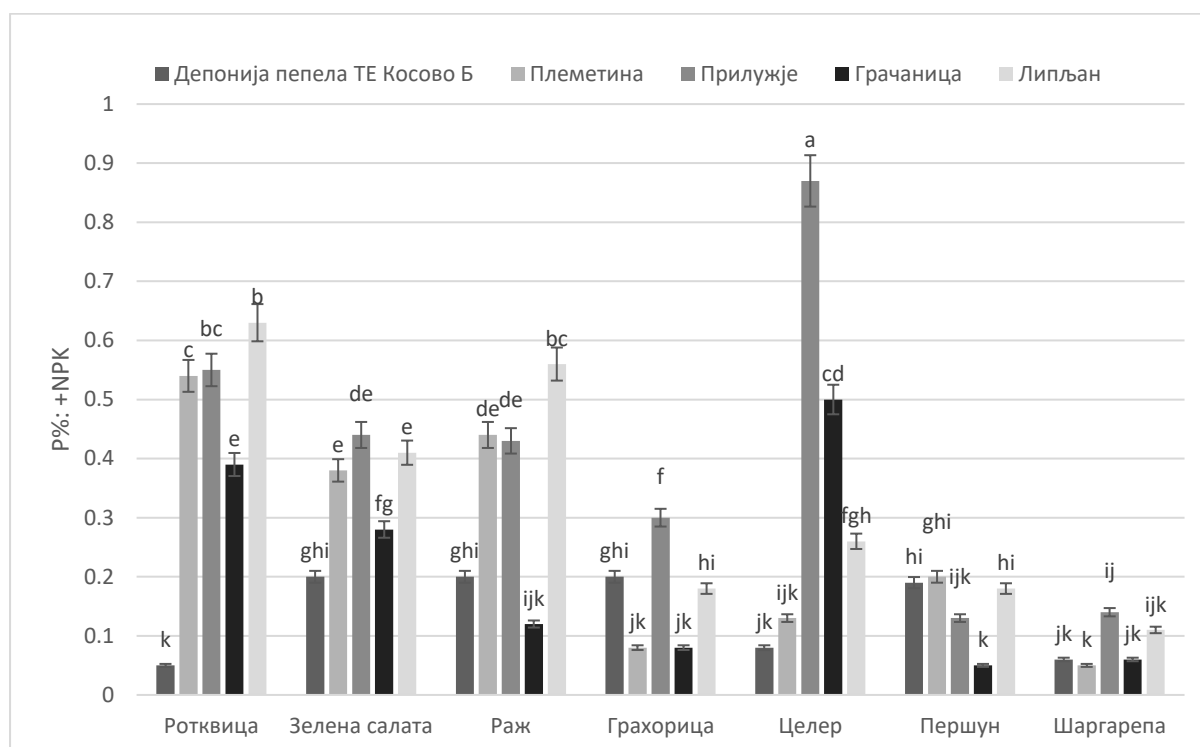
Процентуални садржај фосфора у сувој маси испитиваних делова биљака гајених на подтретману -NPK, варирао је зависно од третмана загађења, односно, локалитета са ког је узет земљишни супстрат за гајење биљака (Слика 4.32). Такође, може се уопштено издвојити група коренастог поврћа из фамилије Ариасеае (целер, першун и шаргарепа) који у надземним / подземним деловим имају низак садржај фосфора. Највиши садржај фосфора је утврђен у надземним органима ражи на третману који одговара локалитету 4 (Прилужје), и износио је 1,25%. Насупрот томе, третман земљиштем са локалитета 5 (Грачаница) довео је до смањења садржаја фосфора код свих испитиваних биљних врста, при чему су најниже вредности забележене у надземним деловима биљака целера (0,04%) и грахорице (0,05%).



Слика 4.32. Садржај фосфора (P) испитиваних делова биљака (подтретман: -NPK) (%). Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем Дункан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Додатак фосфора (заједно са азотом и калијумом) у земљишни супстрат за гајење

биљака је довео до већег усвајања и акумулације овог макроелемента у испитиваним биљним органима (Слика 4.33).



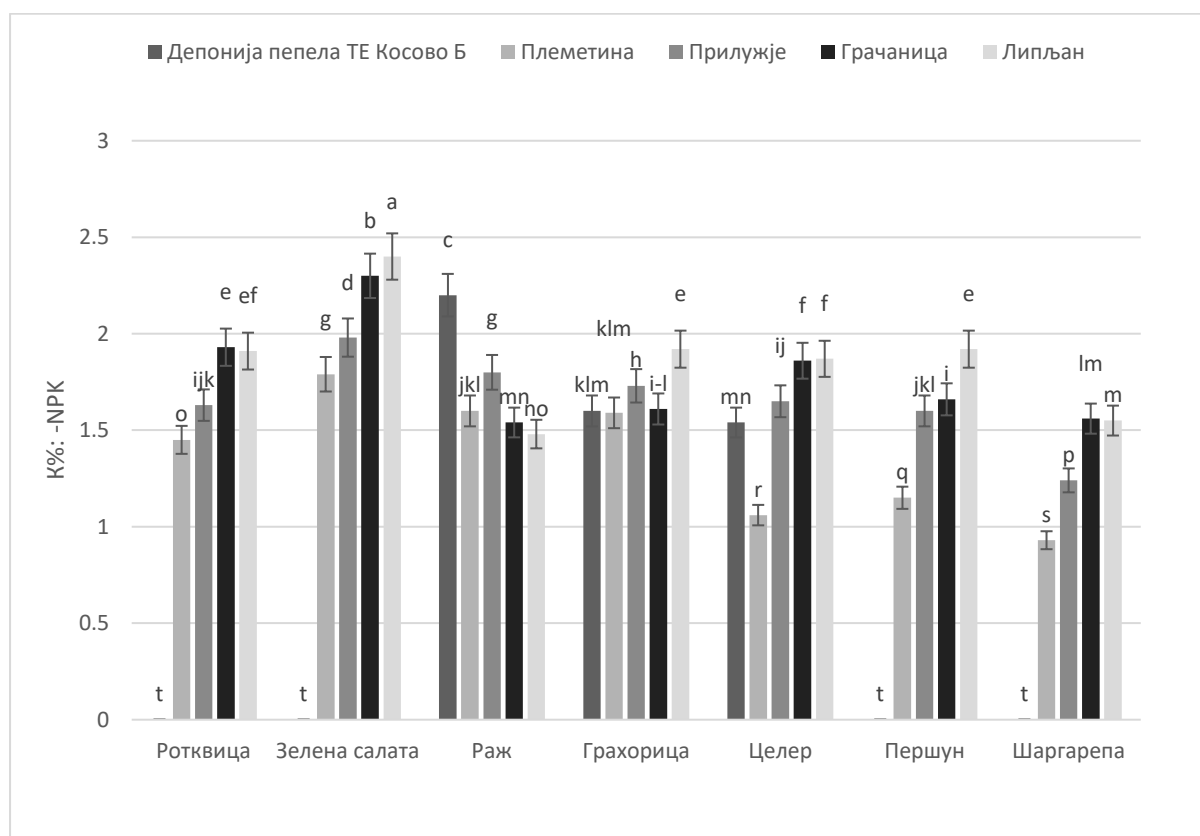
Слика 4.33. Садржај фосфора (P) испитиваних делова биљака (подтретман: +NPK) (%). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дункан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Повећано усвајање фосфора у подтретману +NPK било је уочљиво на појединим третманима код биљака целера и ротквице, док се за раж може рећи да је додатак NPK индуковао смањење акумулације фосфора у надземне делове биљке. Додатак минералних елемената (подтретман +NPK) у супстрат за гајење који је донет са локалитета 5 (Грачаница) није утицао на повећање усвајања фосфора, што је последица превелике концентрације јона тешких метала који су антагонистички деловали на усвајање јона фосфата (PO_4^{3-}).

Генерално посматрано, зелена салата је имала највише калијума у надземном делу, око 2%, а истовремено и највећу варијабилност зависно од земљишног третмана (локалитета). Такође, додатак NPK није значајније утицао на садржај калијума у младим биљкама гајеним на испитиваним локалитетима (Слике 4.34 и 4.35).

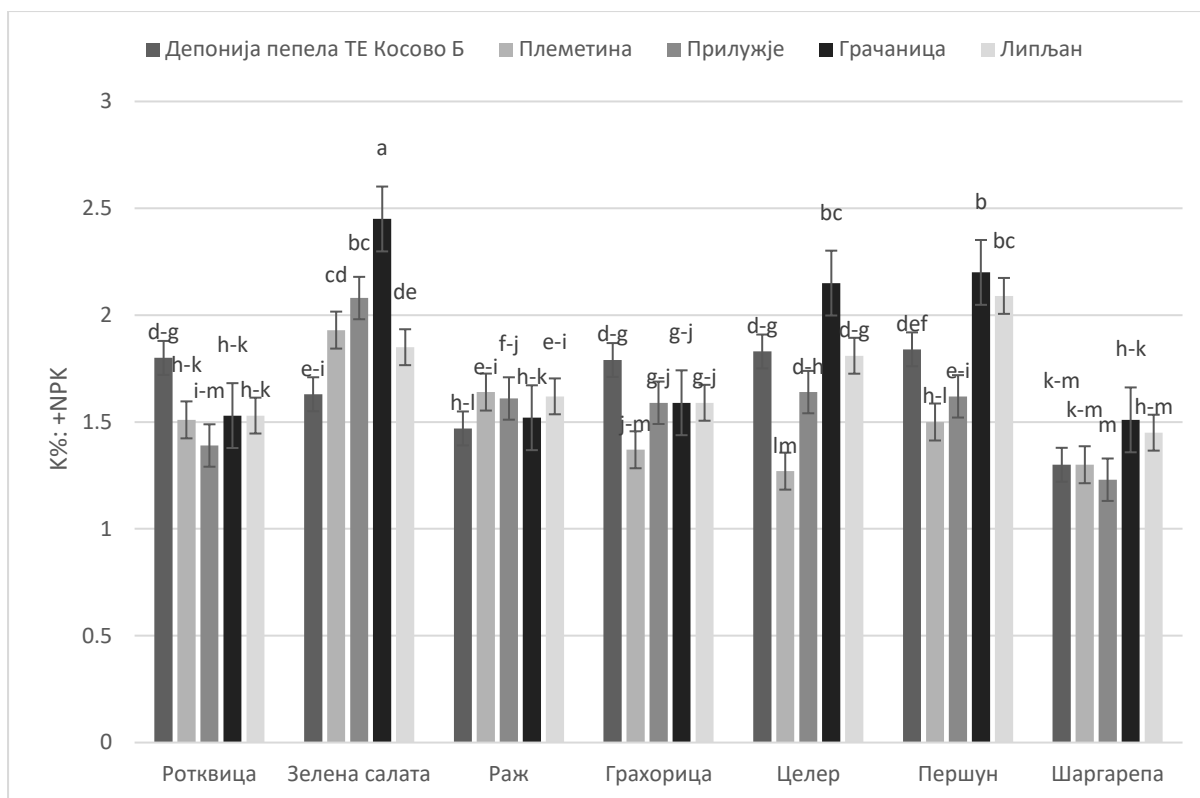
Највећи садржај калијума у оквиру првог подтретмана (-NPK) забележен је код биљака зелене салате (2,4%) на земљишном третману који одговара лок. 6 (Липљан);

сигнификантно смањење садржаја калијума било је на третману лок. 5 (Грачаница) и лок. 3 (Племетина) (Слика 4.34).



Слика 4.34. Садржај калијума (K) испитиваних делова биљака (подтретман: -NPK) (%). Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем *Duncan*-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

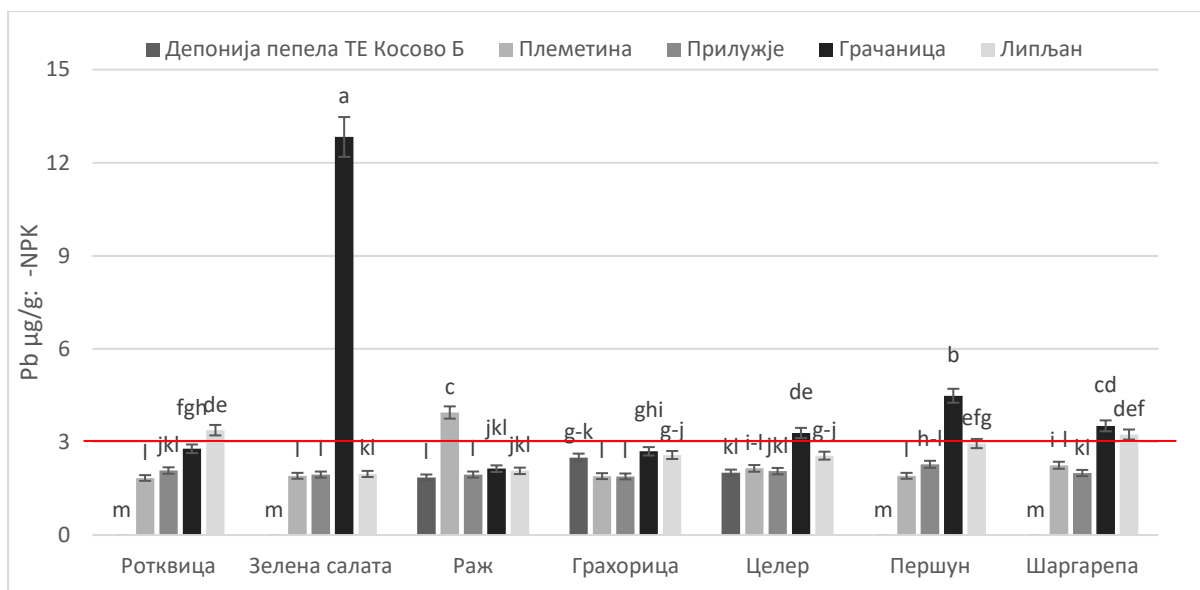
Садржај калијума у биљкама гајеним на подтретману +NPK значајно је варирао код биљака зелене салате: највеће забележене вредности (2,45%) регистроване су на третману лок. 5 (Грачаница), а најмање (1,63%) на третману лок. 2 (Делонија пепела ТЕ Косово Б) (Слика 4.35). Варијабилност садржаја калијума зависно од биљне врсте, земљишног загађења, као и примењених подтретмана може се видети и у Прилогу 3-Табеле 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 и 8.13.



Слика 4.35. Садржај калијума (K) испитиваних делова биљака (подтретман: +NPK) (%). Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем *Duncan*-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

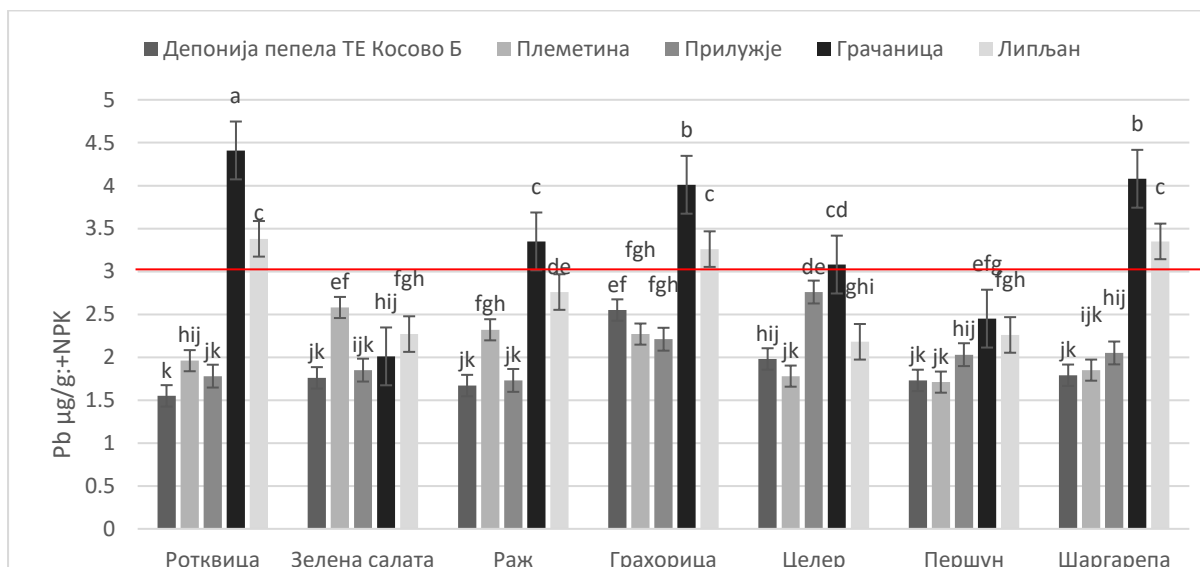
4.2.2.2.6. Акумулација тешких метала (Pb, Cd и Ni) у биљкама

Садржај олова (Pb) у испитиваним деловима младих биљака гајених у пластенику на различитим земљишним третманима, односно, подтретманима, углавном је био око вредности МДК, која за олово износи $3 \mu\text{g/g}$ суве материје (Слике 4.36 и 4.37). Екстремно загађење оловом регистровано је у узорцима биљака зелене салате са третмана локалитета Грачанице, чак $12,83 \mu\text{g/g}$ (Слика 4.36). Такође, високим садржајем Pb који је био изнад МДК ($3 \mu\text{g/g}$), издвојиле су се врсте: раж на третману локалитета Племетине ($3,95 \mu\text{g/g}$), ротквица гајена на третману који одговара локалитету Липљан ($3,38 \mu\text{g/g}$), као и целер ($3,39 \mu\text{g/g}$), першун ($4,49 \mu\text{g/g}$) и шаргарепа ($3,52 \mu\text{g/g}$) са земљишног третмана који одговара локалитету Грачанице, што се доводи у везу са садржајем олова у земљишту истих локалитета где је детектовано $117,90 \text{ mg/kg}$ олова на лок. 5 (Грачаница), $131,40 \text{ mg/kg}$ на лок. 6 (Липљан) и $48,80 \text{ mg/kg}$ на лок. 3 (Племетина).



Слика 4.36. Садржај олова (Pb) испитиваних делова биљака (подтретман: -NPK) ($\mu\text{g/g}$); хоризонтална линија представља максимално дозвољену концентрацију ($\text{МДК} = 3\mu\text{g/g}$). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дункан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

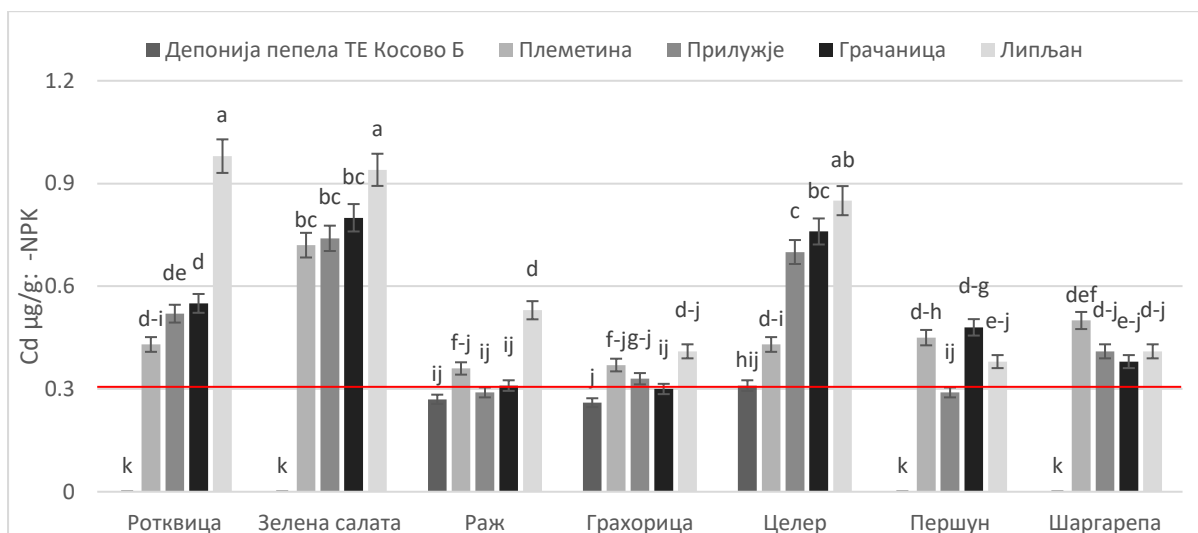
Садржај олова у ткиву испитиваних органа биљака гајених у условима другог подтретмана (+NPK) приказан је на слици 4.37. Највећа концентрација акумулираног олова измерена је у корену ротквице гајеној на третману локалитета Грачанице ($4.41\mu\text{g/g}$), док је најмања просечна концентрација олова била у истој биљној врсти али на третману који одговара локалитету 2 (Депонија пепела ТЕ Косово Б) и износила је $1.55\mu\text{g/g}$ у сувој биљној маси.



Слика 4.37. Садржај олова (Pb) испитиваних делова биљака (подтретман: +NPK) ($\mu\text{g/g}$). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дункан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Генерално посматрано, акумулација олова у ткиву испитиваних биљака значајно је била смањена у условима гајења другог подтретмана, где је у земљишни супстрат додато вештачко ђубриво NPK (Слика 4.37). Поређењем садржаја Pb у испитиваним биљним врстама зависно од земљишног третмана / локалитета, уочљиво је издвајање локалитета Грачанице по изузетно штетном утицају на загађење биљака оловом, што је делимично и у појединачним случајевима сигнификантно, ублажио додатак NPK-ђубрива (Прилог 3-Табеле 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 и 8.13).

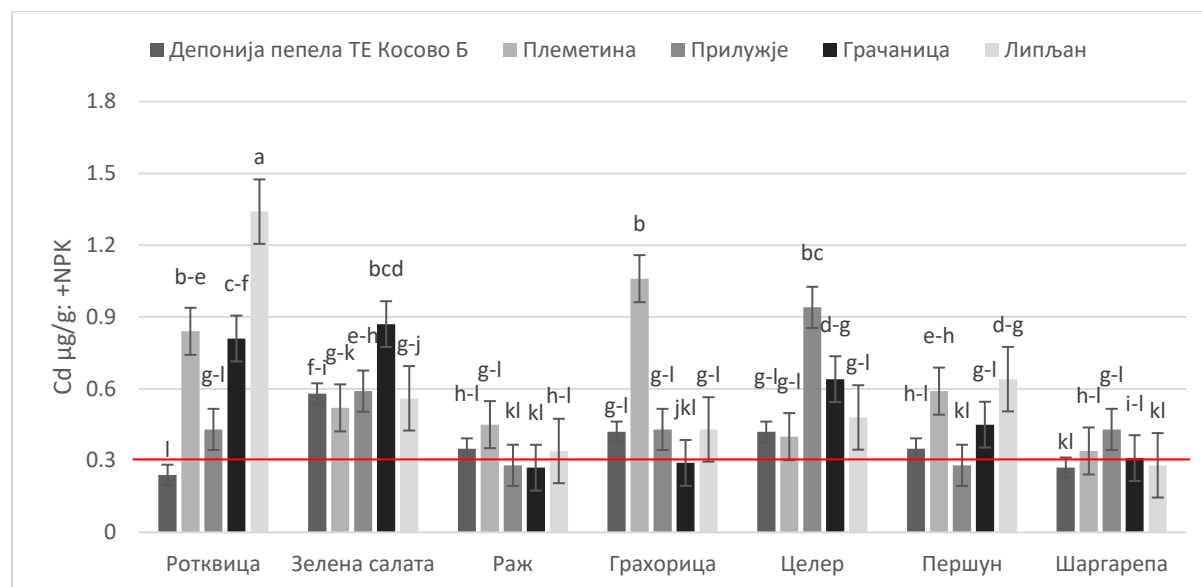
Садржај кадмијума (Cd) у ткиву надземних / подземних делова свих биљних врста био је висок, у већини случајева преко МДК ($0,3\mu\text{g/g}$ суве биљне масе), независно од земљишног третмана / подтретмана, што је индикација изузетне хемијске контаминације испитиваних локалитета (Слике 4.38 и 4.39). Највеће вредности Cd, чак три пута веће од максимално дозвољених, измерене су на третману локалитета Липљан, у корену ротквице ($0,98\mu\text{g/g}$), листовима зелене салате ($0,94\mu\text{g/g}$) и листовима целера ($0,85\mu\text{g/g}$) које су биле гајене на подтретману -NPK. Зелена салата, целер и ротквица су биљне врсте које су се показале као изузетни акумулатори Cd, јер су без обзира на варијабилност између третмана-локалитета, имале просечно највеће концентрације овог полутанта у ткиву (Слика 4.38). Из графика се види да је чак и најмања измерена концентрација Cd у надземним деловима биљака грахорице од $0,26\mu\text{g/g}$ са земљишног третмана депоније пепела ТЕ Косово Б била у рангу максимално дозвољених.



Слика 4.38. Садржај кадмијума (Cd) испитиваних делова биљака (подтретман: -NPK) ($\mu\text{g/g}$); хоризонтална линија представља максимално дозвољену концентрацију (МДК= $0,3\mu\text{g/g}$). Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Duncan-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Генерално посматрано, додатак макронутријената у земљишни супстрат није утицао на промену у акумулацији Cd (Слика 4.39). Да додатак макронутријената није утицао на смањење апсорпције Cd, већ напротив, на повећање његове апсорпције, види се и по томе што је највећи број узорака имао вредности које између три и четири пута премашују МДК. Највише вредности Cd у оквиру подтретмана +NPK измерене су на супстрату који одговара локалитету 6 (Липљан) у корену ротквице (1,34 $\mu\text{g/g}$), док су такође изузетно високе концентрације, око 0,9 $\mu\text{g/g}$, констатоване и код већине испитиваних биљака везано за специфичне третмане-локалитете. Најмања вредност, такође висока, у рангу МДК регистрована је у корену ротквице гајене на земљишном третману који одговара локалитету депоније пепела ТЕ Косово Б и износила је 0,24 $\mu\text{g/g}$. Двофакторска анализа варијансе показала је постојање статистички значајних разлика у садржају Cd зависно од примењених третмана и испитиваних биљних врста, у оквиру првог и другог подтретмана (Прилог 3-Табеле 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 и 8.13).

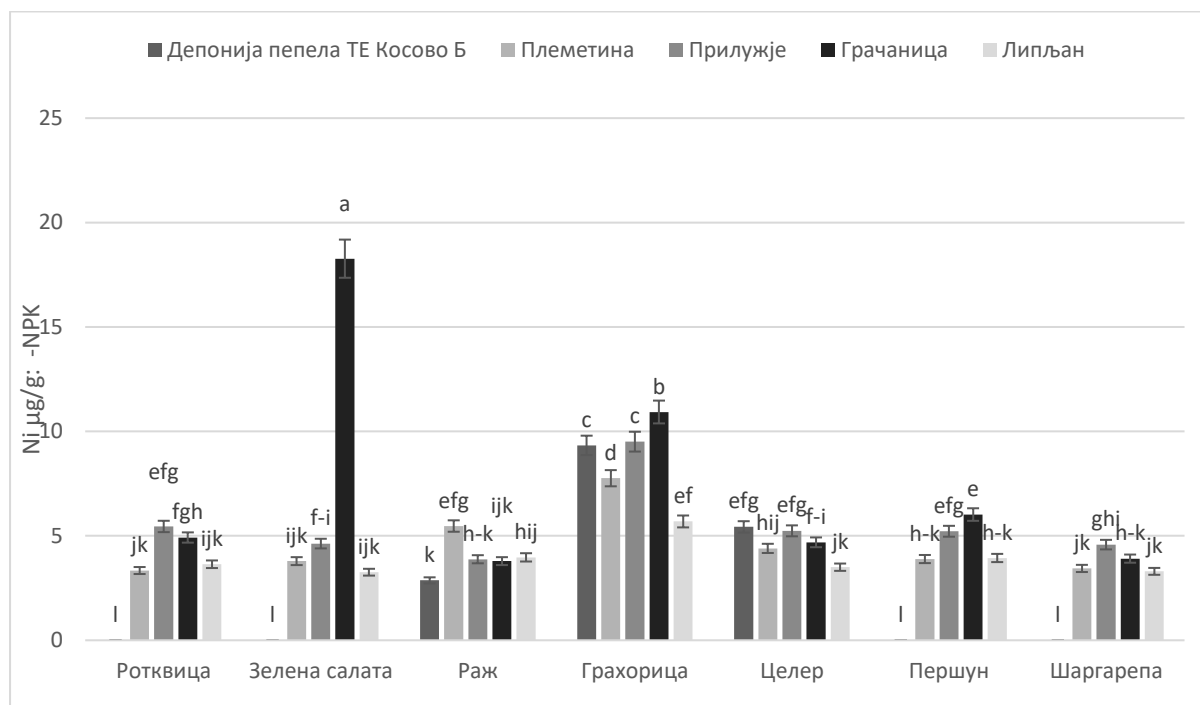
Упоредјујући садржај кадмијума између третмана-локалитета у оквиру сваке биљне врсте, статистички значајне разлике уочене су код свих испитиваних биљака (Прилог 3-Табеле 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 и 8.13). Када је акумулација кадмијума у питању, битно је напоменути да је већина добијених вредности у оквиру оба подтретмана изнад МДК (0,3 $\mu\text{g/g}$ суве масе), што указује на изузетно загађење биљака које се користе у исхрани становништва у околини испитиваних локалитета.



Слика 4.39. Садржај кадмијума (Cd) испитиваних делова биљака (подтретман: +NPK) ($\mu\text{g/g}$). Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем Дункан-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Садржај никла се у готово свим биљним врстама без обзира на земљишни третман, односно, подтретман кретао између 4 и 5 $\mu\text{g/g}$ суве биљне масе; грахорица је врста која се издвојила у оба подтретмана по статистички значајно већем садржају Ni, од око 10 $\mu\text{g/g}$, што се може сматрати генотипски специфичним својством (Слике 4.40 и 4.41).

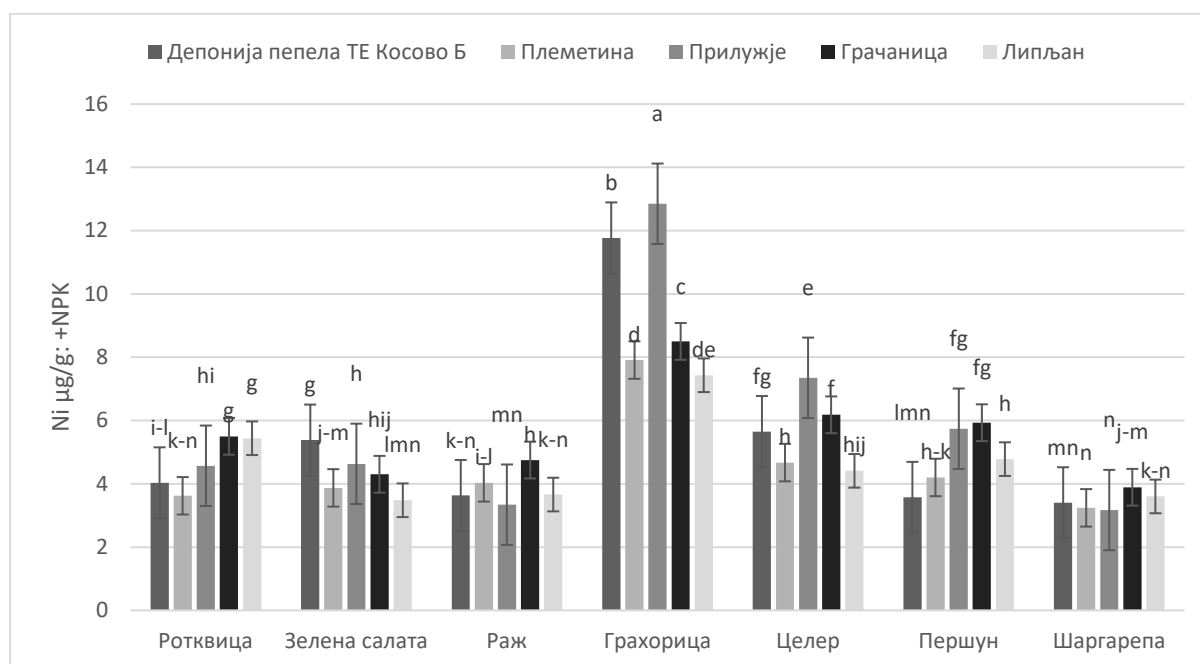
Садржај никла у биљкама узгајаним на подтретману без додавања вештачког ђубрива (-NPK) показао је релативно уједначене вредности са мањим варијацијама у зависности од третмана, односно локалитета. Изузетак представља грахорица, код које су забележене највише вредности у садржају никла, док је највећи садржај Ni регистрован код зелене салате (18,27 $\mu\text{g/g}$) гајеном на третману локалитета Грачаница (Слика 4.40).



Слика 4.40. Садржај никла (Ni) испитиваних делова биљака (подтретман: -NPK) ($\mu\text{g/g}$). Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем Duncan-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

Акумулација Ni у сувој маси у оквиру подтретмана +NPK била је уопштено посматрано, нешто виша у односу на први подтретман и кретала се између 5 и 6 $\mu\text{g/g}$ (Слика 4.41). Највеће вредности акумулираног никла забележене су у надземним деловима биљака грахорице гајених на третману локалитета 4 (Прилужје), док је најмањи садржај овог микронутријента забележен у корену шаргарепе, око 3 $\mu\text{g/g}$, без значајних разлика у садржају зависно од третмана-локалитета. Двофакторска анализа

варијансе показала је постојање разлика између примењених третмана-локалитета и испитиваних биљних врста у оквиру првог и другог подтретмана (Прилог 3-Табеле 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 и 8.13).



Слика 4.41. Садржај никла (Ni) испитиваних делова биљака (подтретман: +NPK) ($\mu\text{g/g}$). Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем *Duncan*-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

4.3. Други део – експерименти у пластенику

- Корелација резултата из експеримената 2018. и 2022. године:

Да бисмо са већом сигурношћу могли тумачити податке добијене спровођењем независних експеримената током две истраживачке године, урађена је статистичка анализа и упоређивање добијених резултата за параметре од интереса.

4.3.1. Утицај земљишног третмана (локалитета) на клијање семена и раст младих биљака у експериментима 2018. и 2022. године

Упоређивањем резултата добијених за исте биљне врсте које су биле гајене на третманима - локалитетима током 2018. и 2022. године, добијене су поузданије

индикације о њиховој варијабилности условљеној различитим (неконтролисаним) факторима.

Клијавост семена:

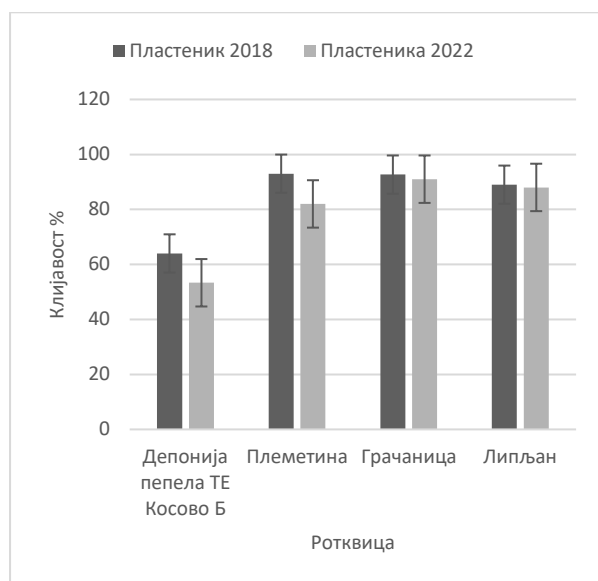
Значајне разлике у проценту клијавости семена ротквице биле су присутне зависно од земљишног третмана, али ако се посматра међусобни утицај истраживачке године и третмана види се да те разлике нису биле сигнификантне за поједине биљне врсте, што указује на то да је тренд зависности потенција клијавости семена од загађења (локалитета) био сличан у обе истраживачке године (Прилог 4-Табела 8.14). Генерално, највећи проценат клијавости имала су семена биљака гајених на третману локалитета Племетине, док је најмања клијавост забележена на третману депоније пепела ТЕ Косово Б.

Сличност потенцијала клијања прве и друге истраживачке године била је највише видљива код биљака ротквице (Слика 4.42а). Клијавост семена биљака зелене салате варијала је зависно од земљишног третмана, али је евидентна и већа варијабилност клијавости зависно од године: највећи проценат клијавости имало је семе зелене салате са земљишног третмана који одговара локалитету Племетине у првој истраживачкој години, док је најмањи проценат клијавости забележен на третману депоније пепела ТЕ Косово Б прве истраживачке године, док у експерименту 2022. године није ни постојало клијање семена ове биљне врсте на земљишту са депоније пепела ТЕ Косово Б (Слика 4.42б).

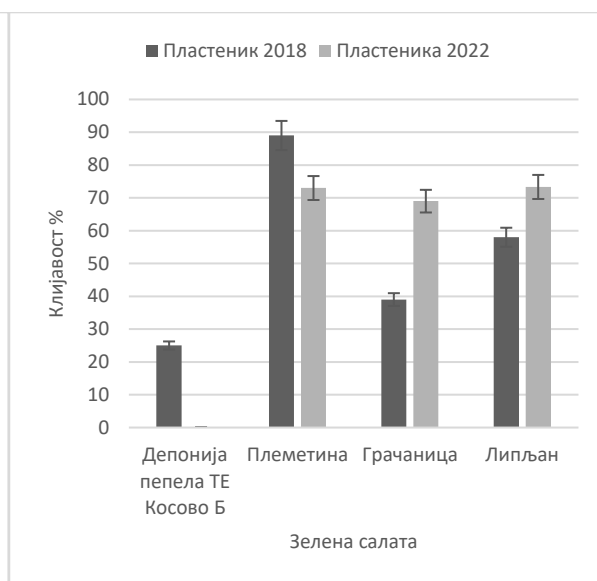
Статистички значајне разлике у проценту клијавости семена биљака ражи биле су присутне зависно од године (Прилог 4-Табела 8.16): клијавост семена била је генерално нижа прве истраживачке године, а најмање клијање био је код семена која су наклијавана на подлози која одговара депонији пепела у првој експерименталној години (Слика 4.42в). Код семена грахорице је забележено боље клијање семена прве истраживачке године, што је највише било изражено на локалитету депоније пепела (Прилог 4-Табела 8.17).

Највећи проценат клијавости имала су семена грахорице гајене на земљишном третману који је одговарао локалитету Грачанице током прве истраживачке године, док је најмањи проценат клијавости (испод 40%) забележен на земљишном третману депоније пепела ТЕ Косово Б током друге истраживачке године (Слика 4.42г).

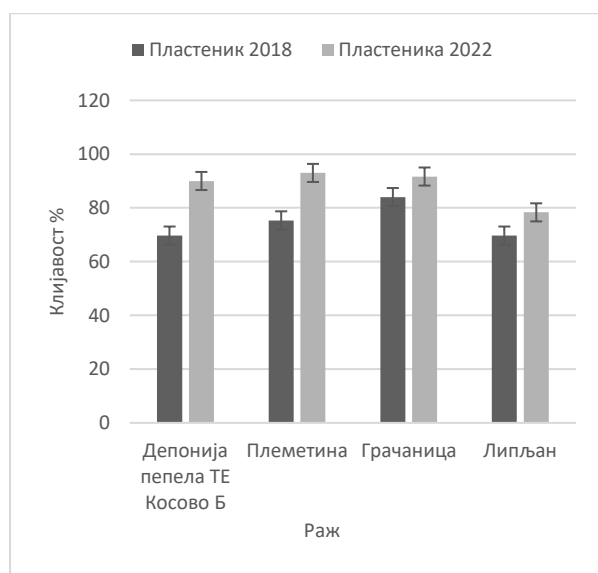
а.



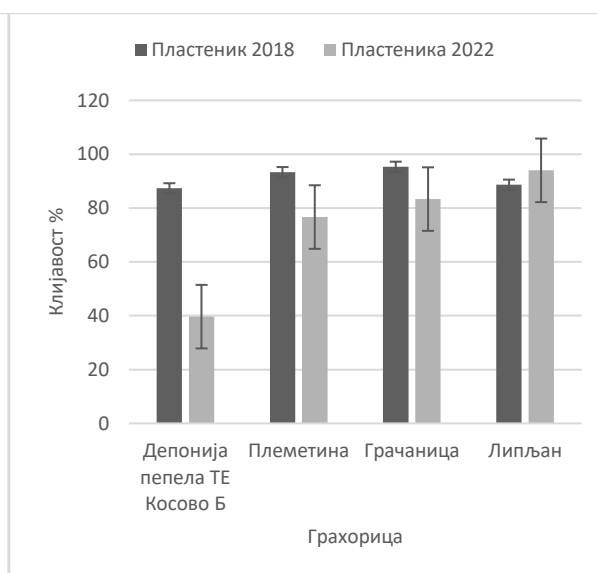
б.



в.



г.



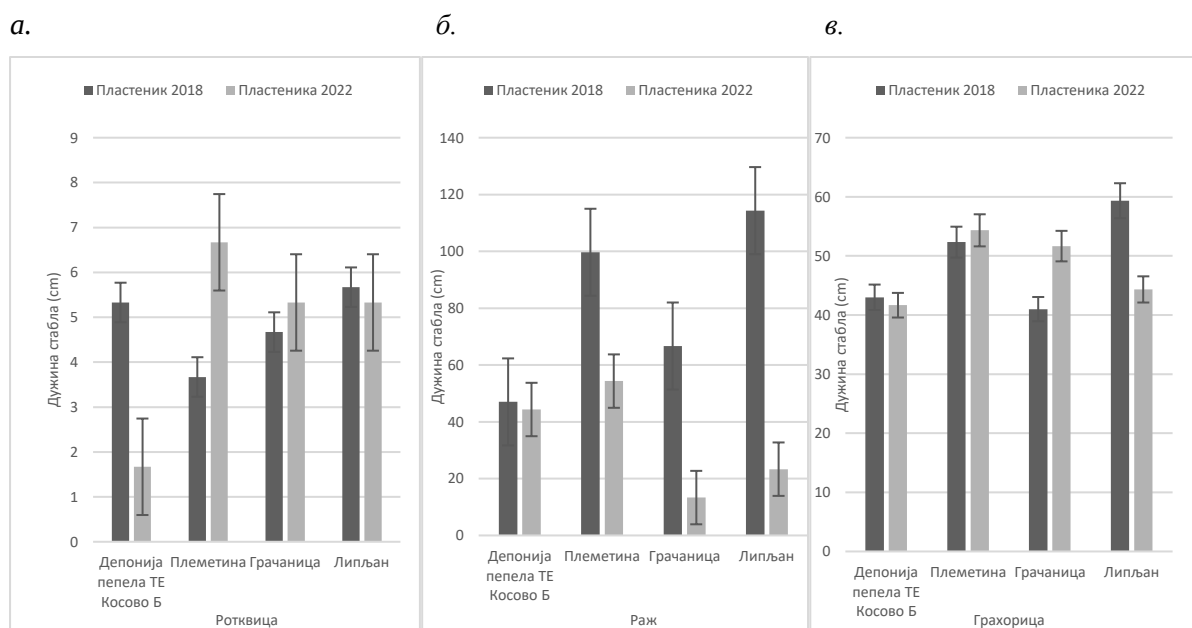
Слика 4.42. Проценат клијавости (%) семена ротквице, зелене салате, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године.

4.3.2. Утицај земљишног третмана (локалитета) на морфолошке параметре раста младих биљака у експериментима 2018. и 2022. године

Дужина стабла:

Значајне разлике у дужини стабла младих биљака ротквице постојале су зависно

од третмана (локалитета), интеракције третмана и године, док година гајења није значајно утицала на овај испитивани параметар (Прилог 4-Табела 8.14). Највећу дужину стабла имале су биљке ротквице гајене на третману локалитета Племетине током друге истраживачке године, док је најкраће стабло имала ротквица гајена на супстрату који одговара третману депоније пепела ТЕ Косово Б у другој истраживачкој години (Слика 4.43а).



Слика 4.43. Дужина стабла (cm) биљака ротквице, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године

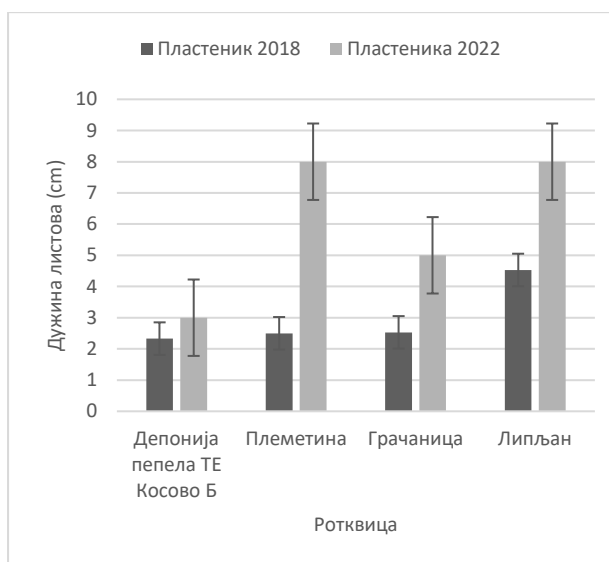
Дужина стабла ражи је изузетно варијабилан карактер, што показује и висока вредност стандардне девијације у сваком појединачном узорку (Слика 4.43б). Статистички значајне разлике у висини стабла биле су присутне у биљкама зависно од године гајења и загађења земљишног супстрата (третмана / локалитета) (Прилог 4-Табела 8.16). Највећу висину стабла имале су биљке ражи гајене на третману на лок. 6 (Липљан) током прве истраживачке године, док је најмања висина стабла забележена на третману лок. 5 (Грачаница) током друге истраживачке године.

Код биљака грахорице двофакторском анализом варијансе нису уочене значајне разлике између третмана, године гајења као и заједничког утицаја примењеног земљишног третмана и године гајења биљака (Прилог 4-Табела 8.17). Највећу висину стабла имале су биљке грахорице гајене на третману лок. 6 (Липљан) током прве истраживачке године, док је најмања висина стабла забележена је на третману лок. 5 (Грачаница) током прве истраживачке године (слика 4.43в).

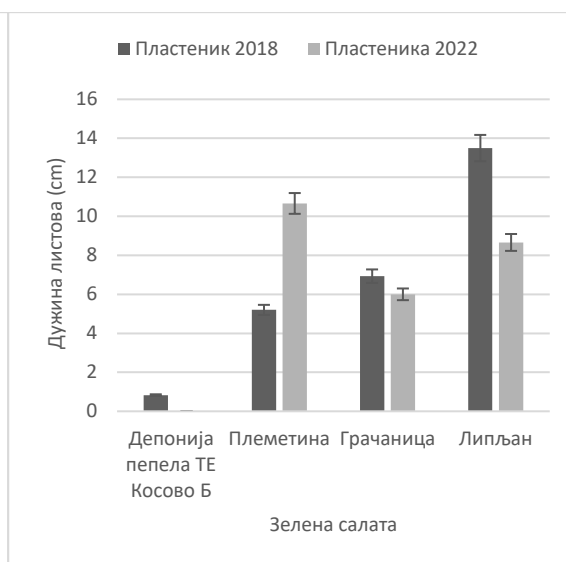
Дужина листова:

Статистичка анализа указује на постојање значајних разлика у дужини листова између третмана, године гајења као и интеракције третмана и године гајења код свих биљних врста (Прилог 4-Табеле 8.14, 8.15, 8.16 и 8.17).

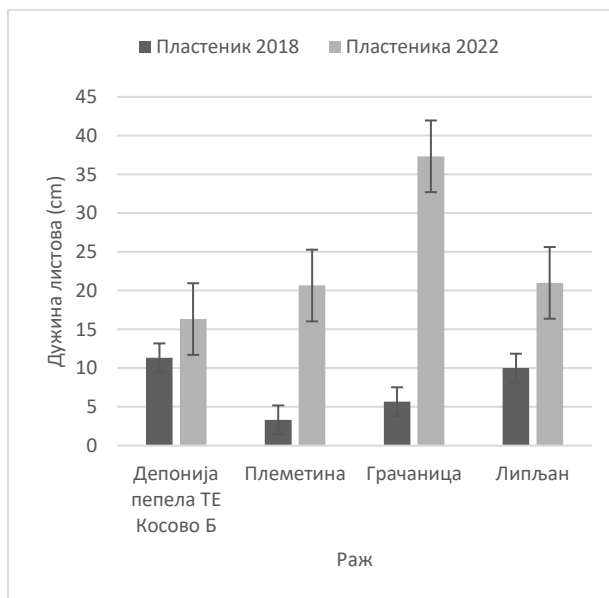
а.



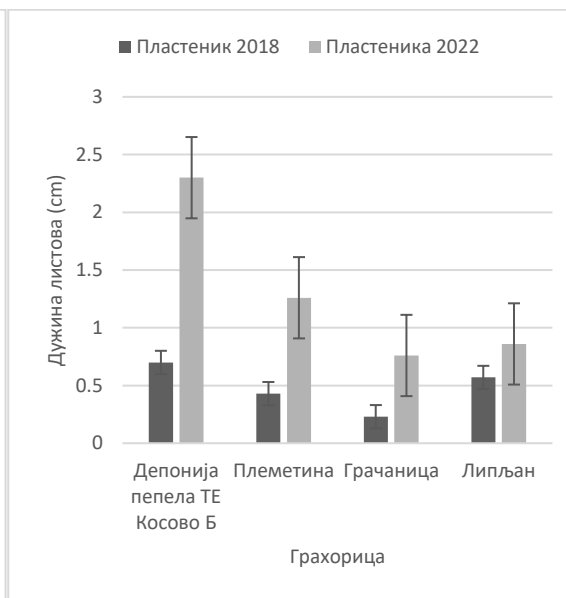
б.



в.



г.

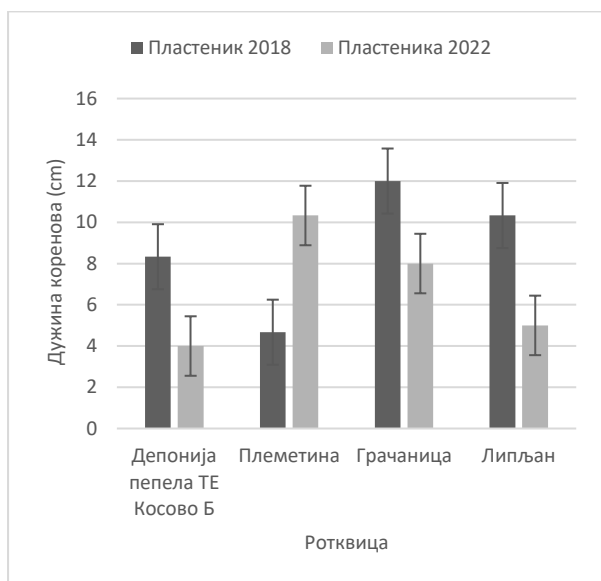


Слика 4.44. Дужина листова (cm) биљака ротквице, зелене салате, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године.

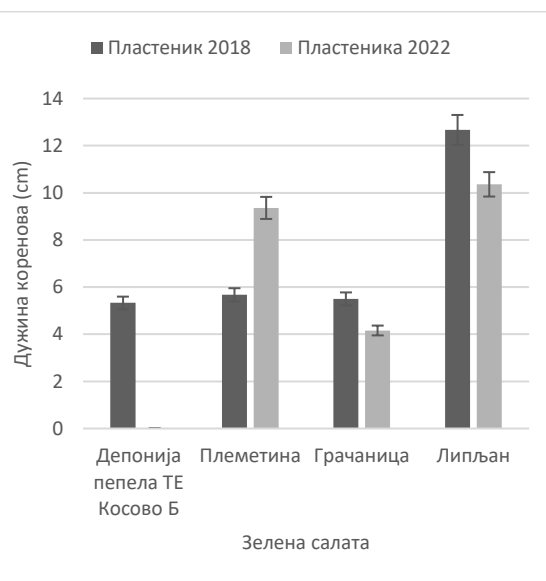
Дужина корена:

Дужина корена већине младих биљака варирала је значајно зависно од године гајења и примењеног третмана (локалитета) са изузетком биљака ражи где нису уочене статистички значајне разлике (сем у случају земљишног супстрата који одговара локалитету Племетине) (Слика 4.45 а, б, в, г).

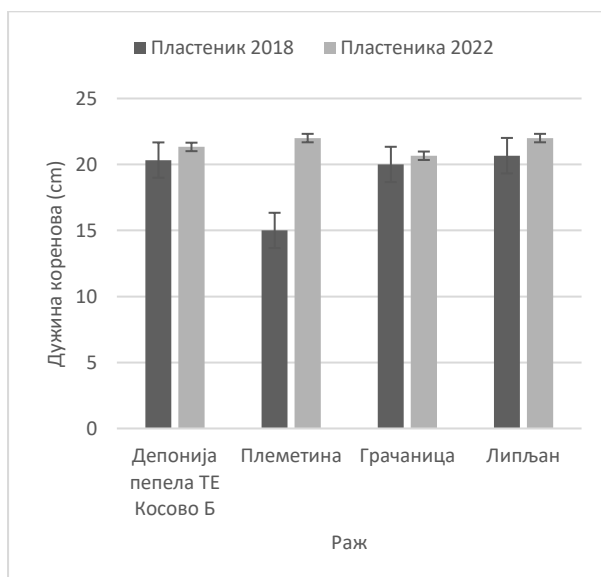
а.



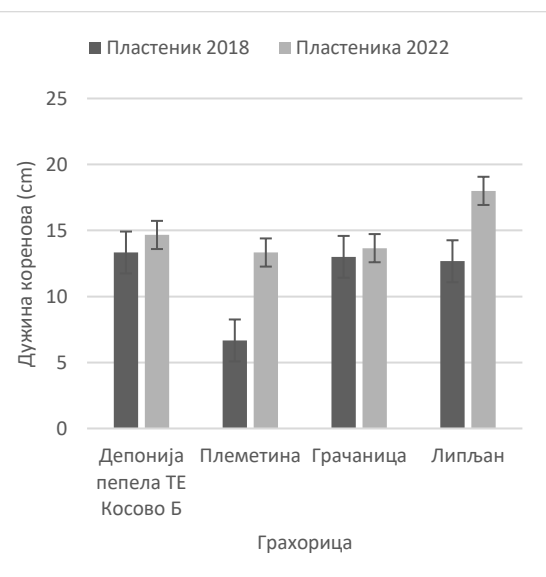
б.



в.



г.



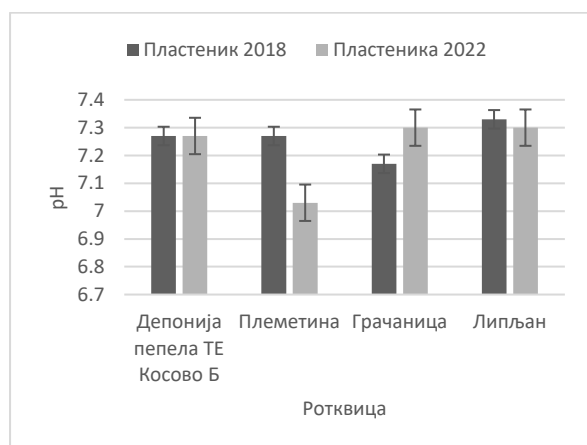
Слика 4.45. Дужина корена (cm) биљака ротквице, зелене салате, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године

4.3.3. Утицај земљишног третмана (локалитета) на физиолошке параметре раста младих биљака у експериментима 2018. и 2022. године

4.3.3.1. рН ћелијског сока:

Средња вредност рН ћелијског сока биљака током обе истраживачке године кретала се од 7.03 до 7.77. Двофакторска анализа варијансе указала је на сигнификантност разлика рН ћелијског сока испитиваних биљака у односу на годину истраживања (Прилог 4-Табела 16). Највећа варијабилност рН зависно од истраживачке године констатована је за биљке ротквице на локалитетима Племетина и Грачаница, затим за биљке ражи са третмана локалитета Грачанице и Липљана, те за биљке грахорице са третмана локалитета Грачанице (Слика 46 а, б, в, г).

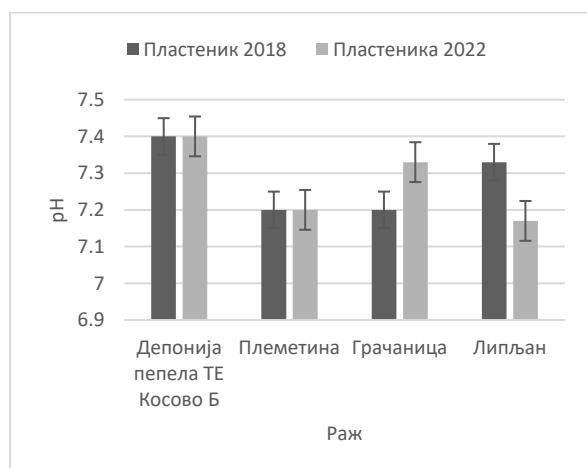
а.



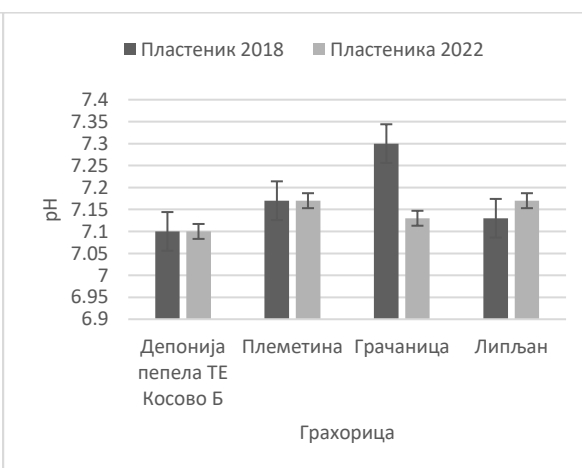
б.



в.



г.

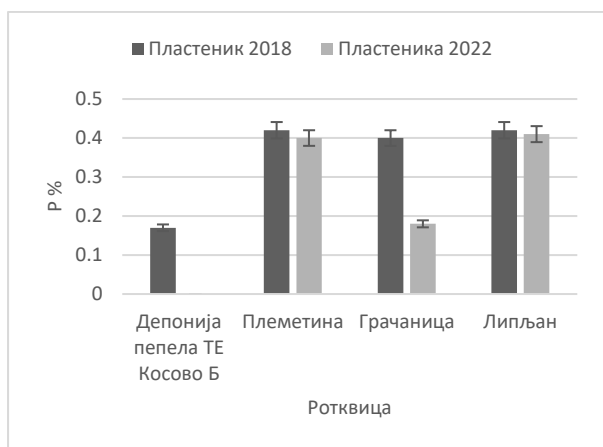


Слика 4.46. рН ћелијског сока испитиваних делова биљака ротквице, зелене салате, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године

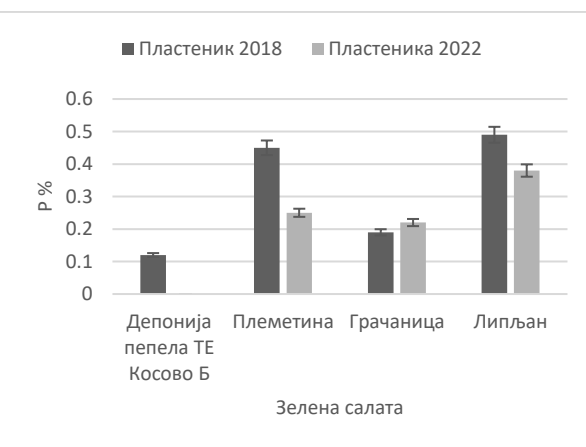
4.3.3.2. Садржај макроелемената фосфора (%P) и калијума (%K)

Процентуални удео макроелемената калијума и фосфора у испитиваним деловима биљака варирао је зависно од биљне врсте, земљишног третмана, али је варијабилност регистрована и у зависности од истраживачке године, на шта указује и сигнификантност добијена анализом заједничког утицаја локалитета и године гајења (Прилог 4-Табеле 8.14, 8.15, 8.16 и 8.17). Садржај фосфора је у већини случајева био виши у корену ротквице, листовима зелене салате и надземном делу биљака грахорице током прве године истраживања (Слике 4.47а, б и г), као и у надземном делу биљака ражи на третману локалитета Грачанице (Слика 4.47в). Насупрот томе, на третману депоније пепела ТЕ Косово Б забележено је значајно смањење садржаја фосфора у обе истраживачке године.

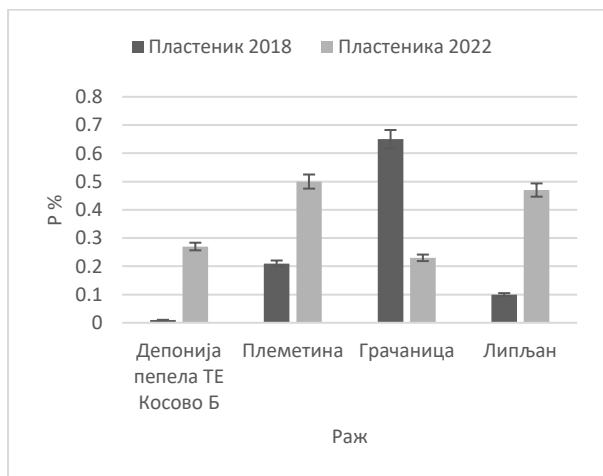
а.



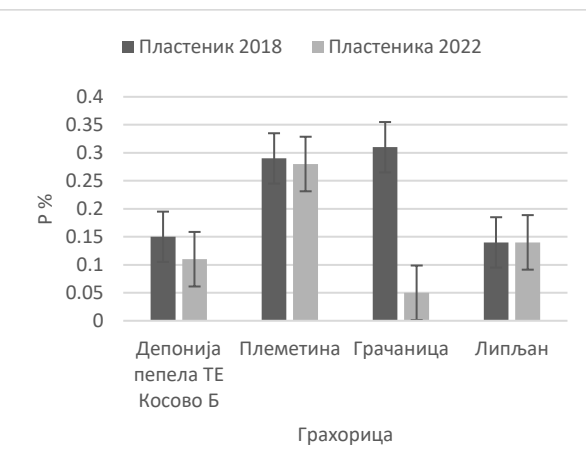
б.



в.



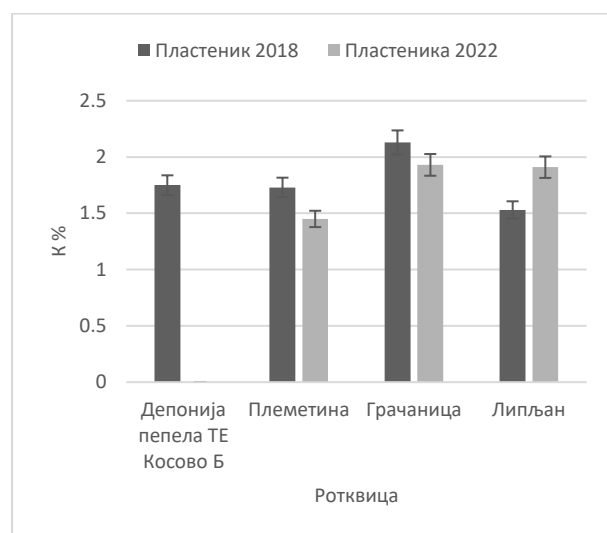
г.



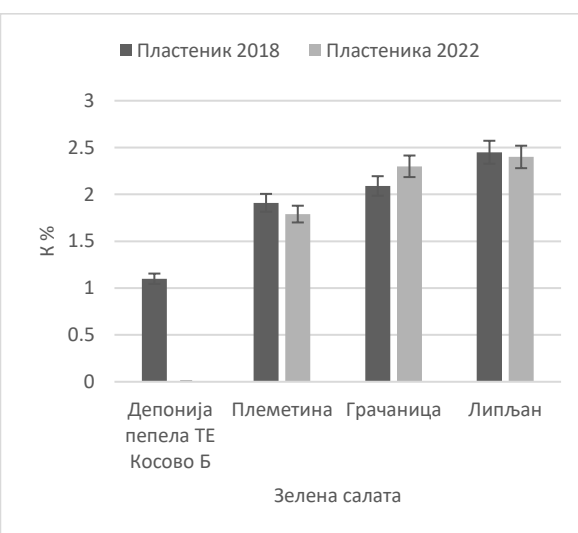
Слика 4.47. Садржај фосфора (%P) испитиваних делова биљака ротквице, зелене салате, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године

Резултати добијени за садржај К варирали су значајно у односу на биљну врсту и истраживачку годину, али се ипак може закључити да су биљке ротквице (изузев биљака са третмана локалитета Липљан) и зелене салате (изузев биљака са третмана локалитета Грачаница) имале већи садржај калијума прве истраживачке године (Слика 4.48 а и б), док је већи садржај калијума регистрован у надземним деловима биљака ражи и грахорице у експерименту из 2022. године (Слика 48 в и г). Резултати експеримената у обе истраживачке године недвосмислено су указали на сигнификантно смањење % К у биљкама гајеним на супстрату који потиче са изузетно загађеног локалитета депоније пепела ТЕ Косово Б.

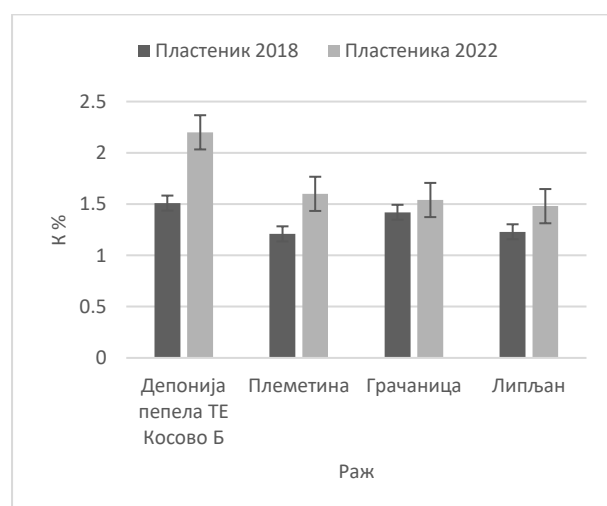
а.



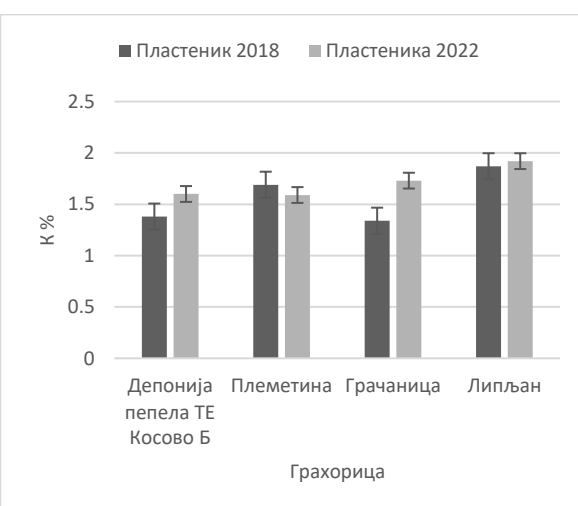
б.



в.



г.



Слика 4.48. Садржај калијума (%К) испитиваних делова биљака ротквице, зелене салате, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године

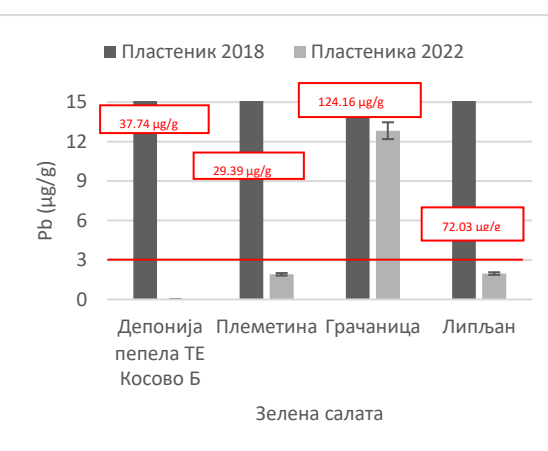
4.3.3.3. Садржај тешких метала (*Pb*, *Cd* и *Ni*)

Садржај олова (*Pb*) је варирао зависно од биљне врсте и земљишног третмана, али је највећа варијабилност уочена између истраживачких година (Слика 4.49). Све четири врсте показале су статистички значајно веће концентрације *Pb* током 2018. у односу на 2022. годину (Прилог 4-Табела 8.14; Прилог 3-Слика 4.49). Највише акумулираног олова у корену ротквице измерено је на локалитету Грачаница 32,53 $\mu\text{g/g}$ суве масе током прве истраживачке године, што је 10 пута веће од МДК.

а.



б.



в.



г.



Слика 4.49. Садржај олова (*Pb*) испитиваних делова биљака ротквице, зелене салате, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године ($\mu\text{g/g}$ суве масе); хоризонтална линија представља максимално дозвољену концентрацију (МДК= 3 $\mu\text{g/g}$)

Садржај кадмијума (*Cd*) је био варијабилан у односу на експерименталну годину и у највећем броју случајева, прве истраживачке године регистроване су значајно веће концентрације овог полутанта, које су истовремено биле и изнад МДК ($0,3\mu\text{g/g}$) (Слика 4.50; Прилог 4-Табела 8.14). Изузетно високе концентрације *Cd* (2 до 4 пута веће од МДК) регистроване су у свим узорцима прве истраживачке године и највећем броју узорака друге истраживачке године, што је потврда постојања изузетно високе хемијске контаминације испитиваних биљних врста (Слика 4.50 а, б, в, г; Прилог 4-Табеле 8.14, 8.15, 8.16 и 8.17).

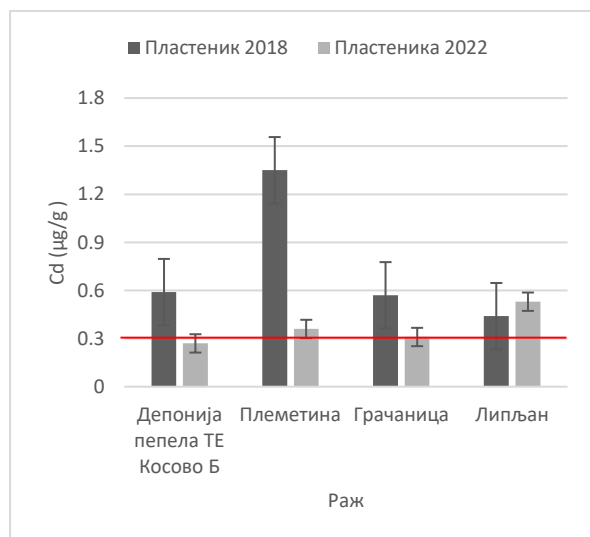
а.



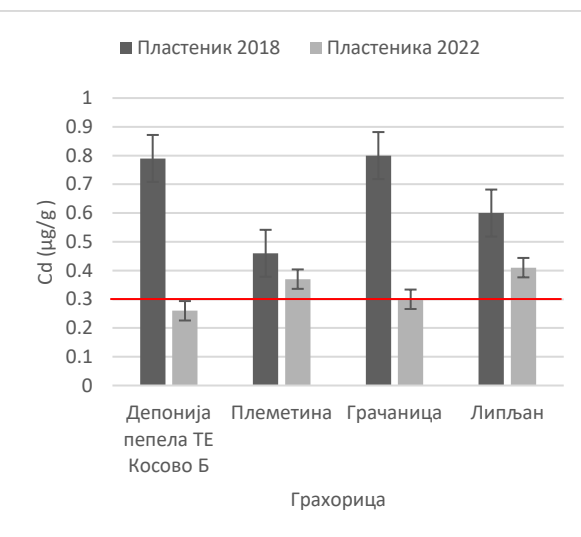
б.



в.



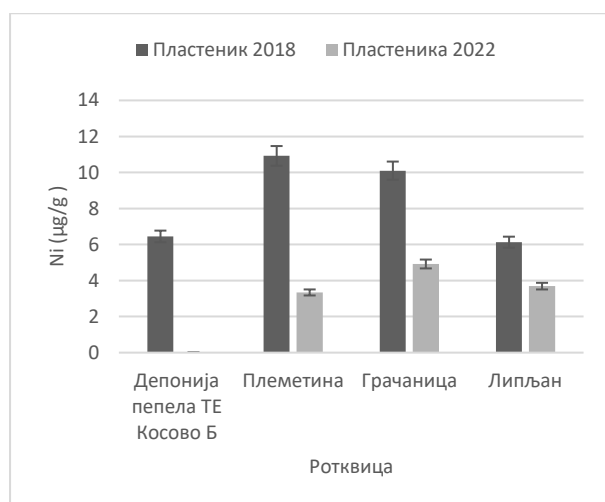
г.



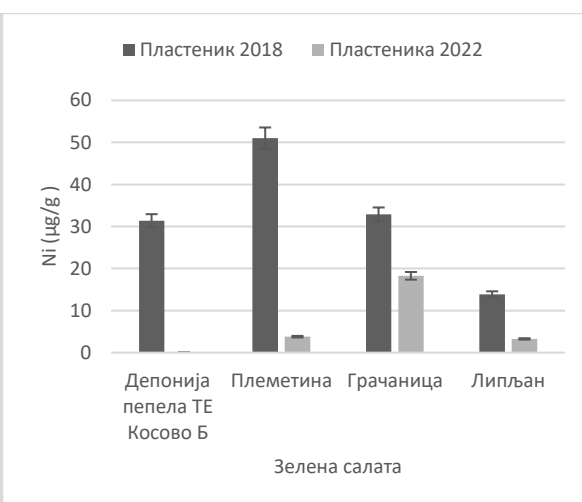
Слика 4.50. Садржај кадмијума (*Cd*) испитиваних делова биљака ротквице, зелене салате, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године ($\mu\text{g/g}$ суве масе); хоризонтална линија представља максимално дозвољену концентрацију ($\text{МДК} = 0,3\mu\text{g/g}$).

Садржај никла (Ni) је у свим биљкама попут олова и кадмијума значајно варирао зависно од биљне врсте, земљишног третмана и године гајења (Слика 4.51 а, б, в, г). Највећа уједначеност добијених резултата у односу на истраживачку годину била је уочљива код биљака ражи, где је једино у узорку са третмана који одговара локалитету Грачанице у првој истраживачкој години било сигнификантно више Ni у односу на остале узорке. Генерално посматрано, акумулација никла је у свим биљкама била сигнификантно већа прве истраживачке године у односу на другу, а највећа измерена вредност била је у листовима зелене салате гајеним прве истраживачке године на супстрату локалитета Племетина ($51,01 \mu g/g$) (Слика 4.51).

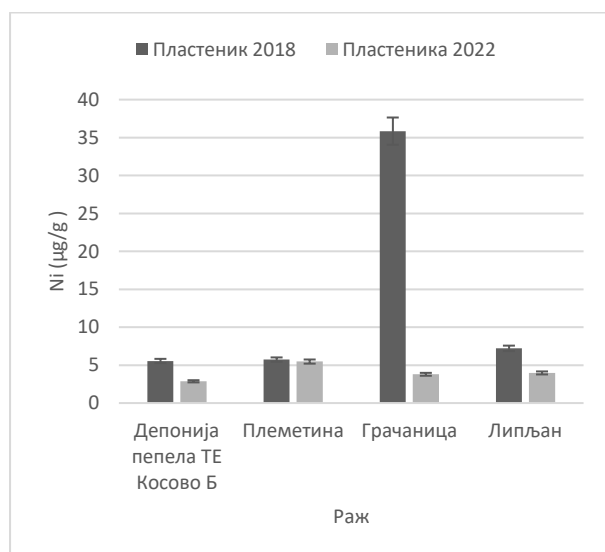
а.



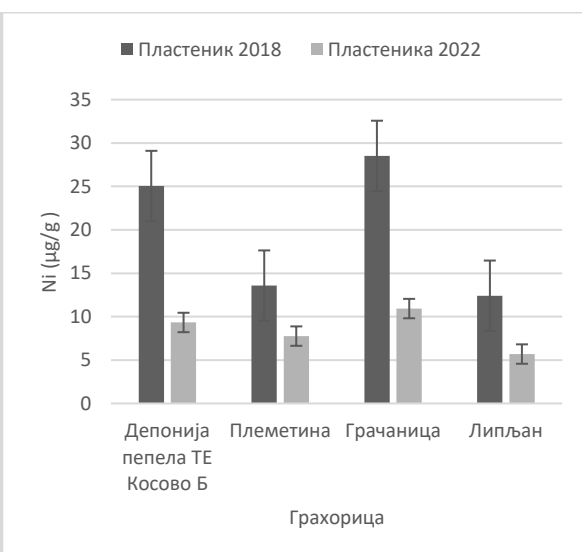
б.



в.



г.



Слика 4.51. Садржај никла (Ni) испитиваних делова биљака ротквице, зелене салате, ражи и грахорице гајених на различитим земљишним третманима (локалитетима) током две истраживачке године ($\mu g/g$ суве масе).

4.4. Трећи део – експерименти постављени у пластенику (2019.): конвенционална и органска производња поврћа

Биљке першуна, целера и шаргарепе гајене су у полуконтролисаним условима стакленика по стандардима конвенционалне и органске производње до достизања пуне физиолошке зрелости.

4.4.1. Анализе земљишта

На почетку експеримента анализирани су основни хемијски параметри земљишних супстрата: активна киселост земљишта (pH у H₂O), супституциона киселост (pH у 1M KCl), садржај карбоната (CaCO₃), садржај хумуса, садржај укупног азота, као и садржај лакоприступачног фосфора и калијума (Табела 4.14). Такође, одређена је и укупна количина тешких метала Pb, Cd, Ni, Zn, Cu и Cr (Табела 4.15). Мерењем pH вредности утврђено је да су у питању слабо алкална земљишта. Садржај CaCO₃ анализираних узорка земљишта варирао је од 2,53 до 4,21, што показује да су у питању средње карбонатна земљишта. Активна киселост (мерена у H₂O) земљишта коришћеног за органску производњу била је 7,80, за конвенционалну 7,71, док је супституциона киселост, мерена у раствору KCl, износила 7,06 за органску, односно 6,92 за конвенционалну производњу.

Табела 4.14. Основна хемијска својства земљишта која су коришћена за органски и конвенционални начин гајења

Редни број	Начин гајења	pH		CaCO ₃ %	Хумус %	Укупан N %	AL-P ₂ O ₅ mg/100g	AL-K ₂ O mg/100g
		у KCl	у H ₂ O					
1.	Органски	7,06	7,80	4,21	6,14	0,31	53,45	94,44
2.	Конвенционални	6,92	7,71	2,53	2,57	0,13	13,97	29,38

Проценат хумуса у земљишту узетом као супстрат за гајење биљака за органску производњу износио је 6,14 %, док за конвенционалну 2,57%. Садржај укупног азота у земљишту за органску производњу износио је 0,31 %, а за конвенционалну 0,13 %. Садржај лако приступачног фосфора у земљишту за органску производњу износио је 53,45 mg/100g, док у земљишту за конвенционалну производњу 13,97 mg/100g, док је

садржај калијума за органску био 94,44 mg/100g, а за конвенционалну производњу 29,38 mg/100g (Табела 4.14).

Поређењем садржаја тешких метала у земљишним супстратима за органску и конвенционалну производњу на основу података из табеле 4.15, може се видети да су постојале разлике у њиховом хемијском саставу, а нарочито је било више Ni, Cu и Cd у земљишту које је било припремљено за конвенционално гајење, док је садржај Pb био повећан у земљишту за органску производњу али то повећање није било статистички значајно (Табела 4.15).

Табела 4.15. Садржај макроелемента Mg, микроелемената Mn, Fe, Ni, Cu и полутаната As, Cd и Pb у земљишту које је коришћено за органску и конвенционалну производњу поврћа ($\mu\text{g/g}$)

Земљиште	Начин гајења		ANOVA
	Конвенционални	Органски	
Mg	6139,3 $\pm$ 139,8a	5014,7 $\pm$ 490,04a	Ns
Mn ($\mu\text{g/g}$)	467,64 $\pm$ 24,48b	618,16 $\pm$ 8,51a	**
Fe ($\mu\text{g/g}$)	4765,75 $\pm$ 295b	16583,63 $\pm$ 427a	***
Ni ($\mu\text{g/g}$)	29,86 $\pm$ 0,7a	7,72 $\pm$ 0,5b	***
Cu ($\mu\text{g/g}$)	22,21 $\pm$ 0,72a	16,75 $\pm$ 0,65b	**
As ($\mu\text{g/g}$)	3,91 $\pm$ 0,22b	7,42 $\pm$ 0,23a	***
Cd ($\mu\text{g/g}$)	0,81 $\pm$ 0,15a	0,32 $\pm$ 0,02b	*
Pb ($\mu\text{g/g}$)	14.43 $\pm$ 0.41a	20.37 $\pm$ 2.92a	Ns

Вредности у табели представљају средњу вредност ($n=3$) и стандардну девијацију. Средње вредности означене различитим словима у оквиру једног анализираних параметра се статистички значајно разликују на основу Duncan-овог теста за ниво значајности ($p < 0,05$).

4.4.2. Акумулација тешких метала у биљкама

Резултати експеримента представљени на слици 4.52. јасно указују на варијабилност акумулације тешких метала Pb, Cd и Ni у корену и листовима испитиваних биљака, зависно од начина гајења.

Олово (Pb)

Корен целера је у оба третмана акумулирао више Pb у односу на листове, а измерене концентрације биле су веће од МДК (3,0 $\mu\text{g/g}$ суве материје): највећа просечна измерена вредност била је 3 пута већа у третману органског начина гајења, (9,79 $\mu\text{g/g}$).

Анализа дистрибуције олова у биљкама целера показује да је најмања а уједно и једина просечна вредност која је испод границе максимално дозвољених концентрација за олово, забележена у листовима целера ($2.34 \mu\text{g/g}$) који је гајен по стандардима конвенционалне биљне производње (Слика 4.52а).

Највећа концентрација олова је измерена у листовима першуна на третману конвенционалне производње ($18,29 \mu\text{g/g}$), што указује на висок степен контаминације (Слика 4.52б). У условима органског гајења, виша концентрација Pb је забележена у корену ($9,28 \mu\text{g/g}$) у односу на листове ($3,87 \mu\text{g/g}$) што указује на слабију транслокацију у листове. У свим узорцима першуна концентрације Pb су премашиле МДК вредности, а садржај метала је зависио од начина производње (Слика 4.52б).

Код шаргарепе је уочена транслокација Pb из корена у листове. Највише вредности су регистроване у листовима на конвенционалном третману ($9,81 \mu\text{g/g}$). Исти тренд је утврђен и у органској производњи, те су листови акумулирали више Pb него корен ($5,64 \mu\text{g/g}$ према $3,14 \mu\text{g/g}$).

Кадмијум (Cd)

Акумулација кадмијума (Cd) у корену и листовима све три испитиване биљне врсте прелазиле су МДК ($0,3 \mu\text{g/g}$), што јасно указује да гајење поврћа по стандардима органске производње такође носи ризик контаминације различитог порекла. Корен целера био је већи акумулатор Cd у односу на листове, а слично је констатовано и за дистрибуцију Pb у истој биљној врсти. Изузетно високе концентрације Cd, 4 пута веће од МДК (око $1,2 \mu\text{g/g}$) регистроване су у корену и листовима целера гајеног на земљишту са додатком вештачког ђубрива, али и у корену целера гајеног по стандардима органске биљне производње (Слика 4.52в). Највећи измерени садржај Cd био је у корену першуна чак $3,56 \mu\text{g/g}$, на третману органске производње, док су истовремено и најмање вредности регистроване у листовима першуна на третману органске производње ($0,34 \mu\text{g/g}$) (Слика 4.52д).

Иако разлике између садржаја Cd у биљкама шаргарепе нису биле статистички значајне када је у питању земљишни третман и дистрибуција по органима (Слика 4.52ђ), утврђено је повећање од скоро 1,5 пута у листовима шаргарепе гајене методом конвенционалне производње у односу на органску (Слика 4.52ђ).

Nikl (Ni)

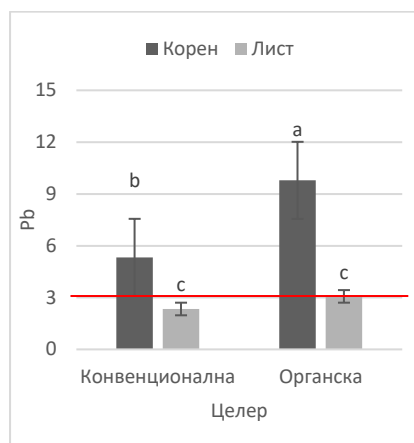
Највећа концентрација Ni регистрована је у корену целера гајеног конвенционалним начином уз додатак вештачког ђубрива и износила је 7,7 $\mu\text{g/g}$, док је најмања акумулација Ni регистрована у листовима биљака гајених органским третманом (1,8 $\mu\text{g/g}$) (Слика 4.52е).

Када су биљке першуна у питању уочава се значајна варијабилност у односу на начин гајења: додатак вештачког ђубрива у оквиру конвенционалног начина гајења, условио је и сигнификантно већу акумулацију Ni, како у корену, тако и у листовима першуна (Слика 4.52ж).

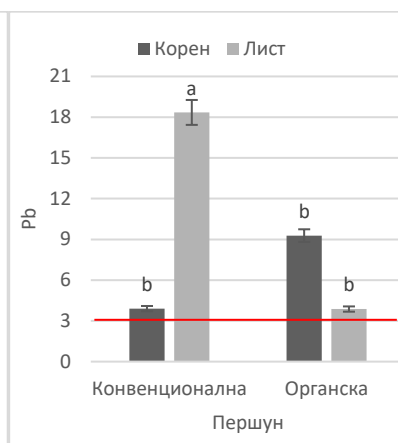
Биљке шаргарепе гајене уз ограничен додатак органских ђубрива имале су мање Ni, што је нарочито било сигнификантно за листове (Слика 4.52з). Код шаргарепе је била мање уочљива разлика у акумулацији Ni између корена и листа, односно, његова транслокација из корена у листове је била мање изражена.

Такође, у корену и листовима целера, першуна и шаргарепе гајених органским и конвенционалним начином, испитиване су и концентрације есенцијалних биогених елемената магнезијума (Mg), мангана (Mn), гвожђа (Fe), бакра (Cu), као и полутанта арсена (As). На основу добијених резултата може се генерално закључити да је акумулација ових елемената била већа у биљкама гајеним уз додатак вештачких минералних ђубрива у односу на органски начин производње поврћа; резултати су представљени табеларно у прилогу (Прилог 5-Табеле 8.22, 8.23 и 8.24).

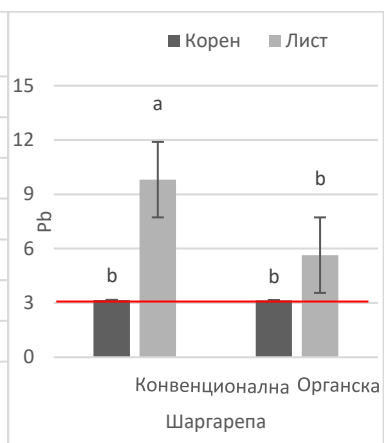
a.



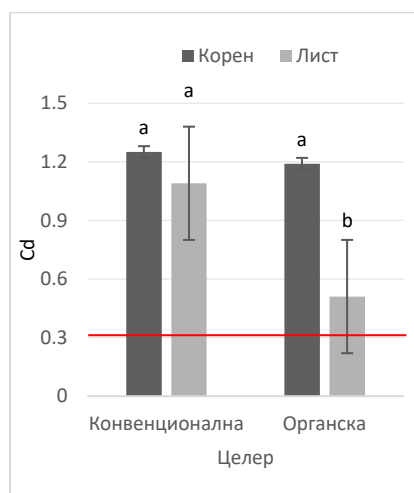
б.



в.



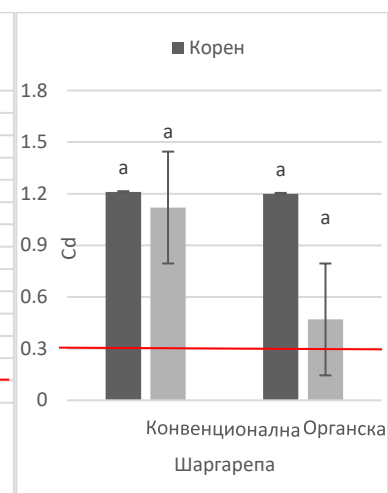
г.



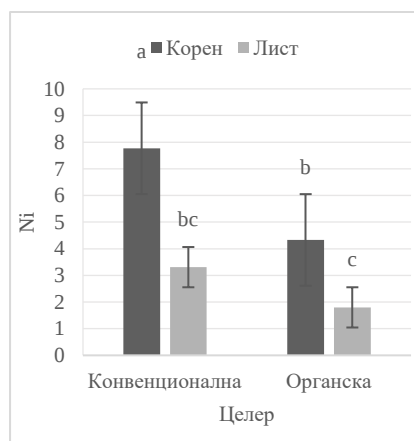
д.



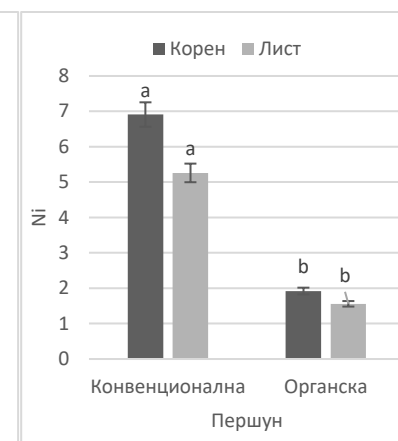
ђ.



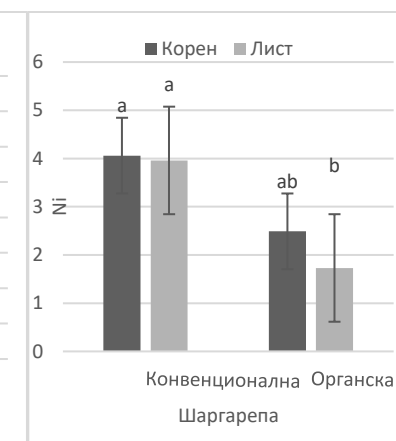
е.



ж.



з.

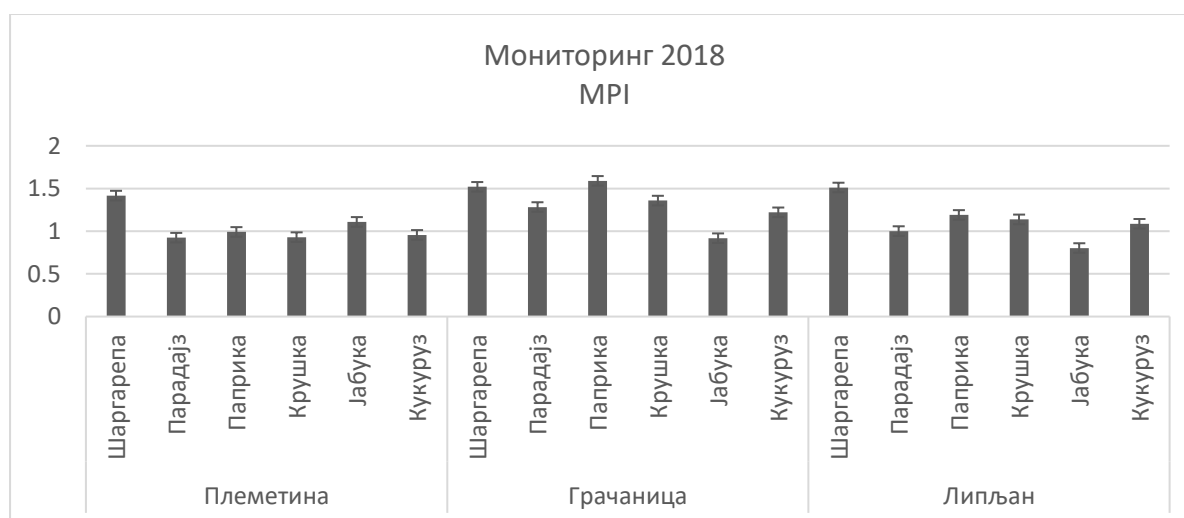


Слика 4.52. Акумуляција Pb, Cd и Ni у корену и листовима целера, першуна и шаргарепа гајених по стандардима конвенционалне и органске биљне производње. Two-way ANOVA праћена је *posthoc* анализом коришћењем *Duncan*-овог теста за ниво значајности $p < 0.05$.

4.5. Показатељи загађења хране / здравствене исправности биљака

4.5.1. Први део – мониторинг 2018. године- индекс загађења металима (MPI)

Индекс загађења метала израчунат је и приказан на слици 4.53 за сваку испитивану биљну врсту по одабраном локалитету, како би се међусобно упоредио степен загађења одабраних локалитета на територији Косова и Метохије. На локалитету 5 (Грачаница) израчунат је највећи индекс у плодовима паприке 1,58 и корену шаргарепе на лок 5 и 6 (Грачаница, Липљан) од 1,51, док најмање вредности имамо у плоду јабуке 0,80 на лок. 6 (Липљан) (Слика 4.53). На основу вредности MPI-а, слика 4.53., добијених за одабране врсте поврћа, воћа и житарица за 2018 годину, генерално може се рећи да се локалитет 5 (Грачаница) издваја као локалитет са највећим индексом загађења металима у односу на друге испитиване локалитете. Насупрот томе, локалитет 3 (Племетина) се издваја по најмањем индексу загађења металима. За све испитиване локалитете-мониторинг 2018, добијено је да је индекс загађења металима највећи у корену шаргарепе, затим у плодовима паприке, парадајза, крушке, јабуке и у семенима кукуруза.



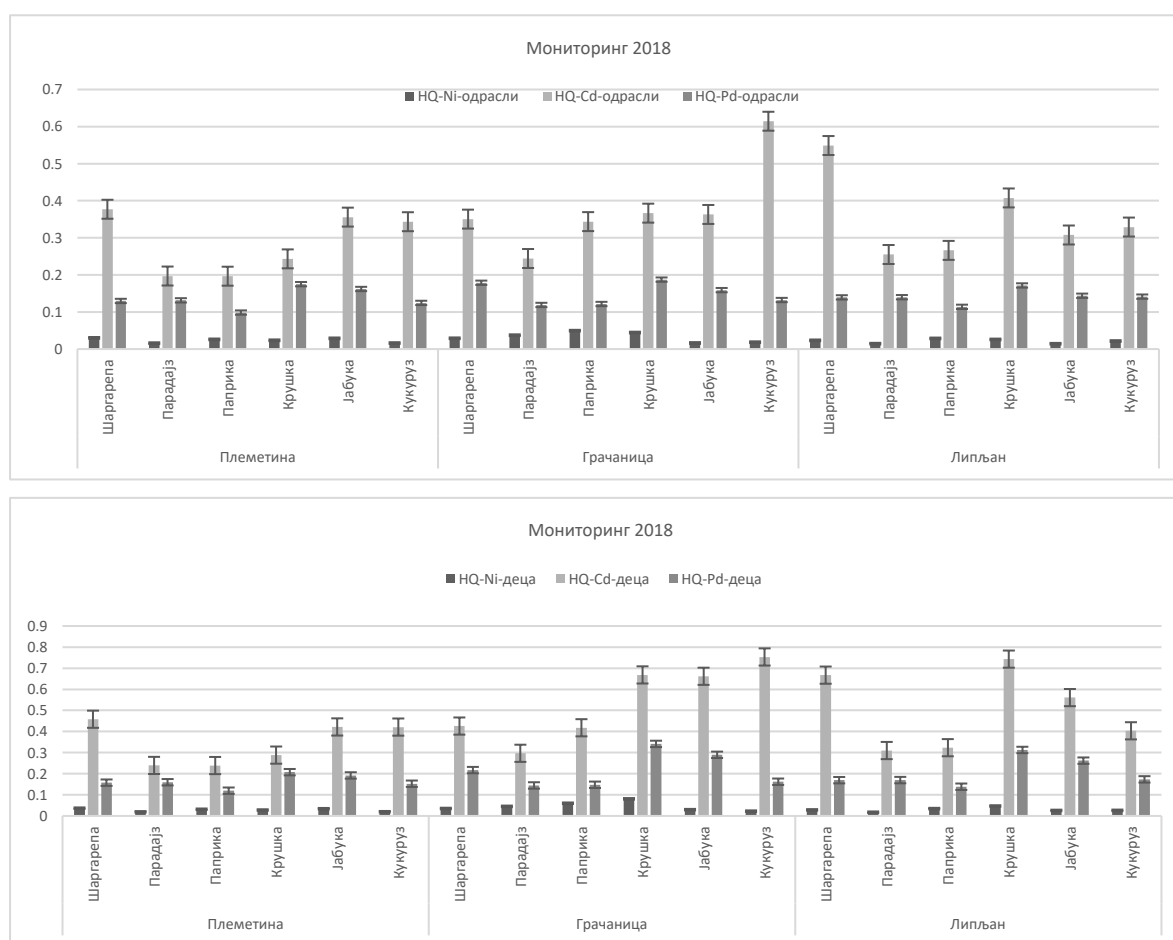
Слика 4.53. Индекс загађења метала (MPI) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета-мониторинг 2018.

На основу добијених резултата може се рећи да је у случају шаргарепе индекс загађења металима за мониторинг 2018 представља јасан показатељ степена загађења земљишта са датих локалитета, где су и уочене највеће вредности овог испитиваног индекса. У случају описаних локалитета на основу анализе испитиваних земљишта,

можемо рећи да физичко хемијски параметри земљишта играју значајну улогу у акумулацији тешких метала, а самим тим и утичу и на вредности описаног индекса

4.5.1.1. Коефицијент здравственог ризика (HQ)

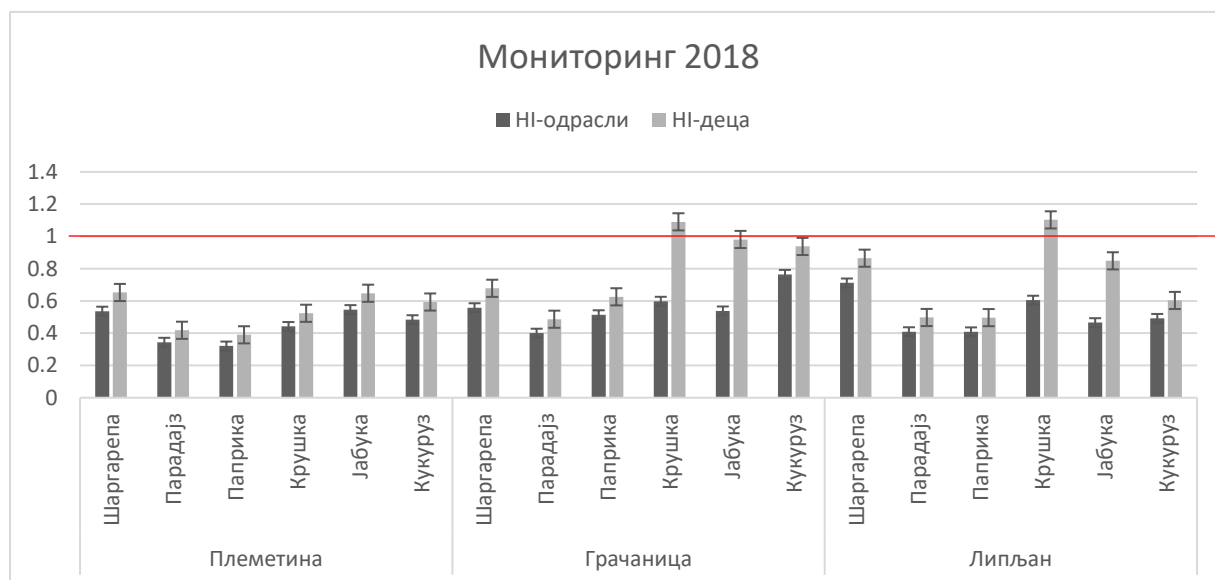
Коефицијент здравственог ризика за испитиване метале (Pb, Cd и Ni) коришћен је у циљу процене потенцијалног ризика по људско здравље услед уноса хране контаминираних тешким металима. На основу приказаних резултата може се видети да вредност индекса HQ за одрасле и децу за мониторинг-2018 опада у следећем низу: Cd>Pb>Ni. Највеће вредности израчунате су у плодовима крушке, јабуке, корену шаргарепе и семенима кукуруза са локалитета 5 и 6 (Грачаница и Липљан), где су регистроване веће вредности за децу у односу за одрасле. Поређењем добијених вредности са прописаним дневним дозама за воће, поврће и житарице, може се рећи да је конзумација испитиваних биљних врста безбедна, обзиром да су вредности коефицијента здравственог ризика < 1.



Слика 4.54. Коефицијент здравственог ризика (HQ-одрасли и деца) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета-мониторинг 2018.

4.5.1.2. Индекси неканцерогене опасности (HI)

На основу претходно израчунатих вредности коефицијената опасности (HQ) за појединачне тешке метале, изведене су укупне вредности индекса неканцерогеног ризика (HI) за децу и одрасле као збир појединачних HQ вредности (Слика 4.55).



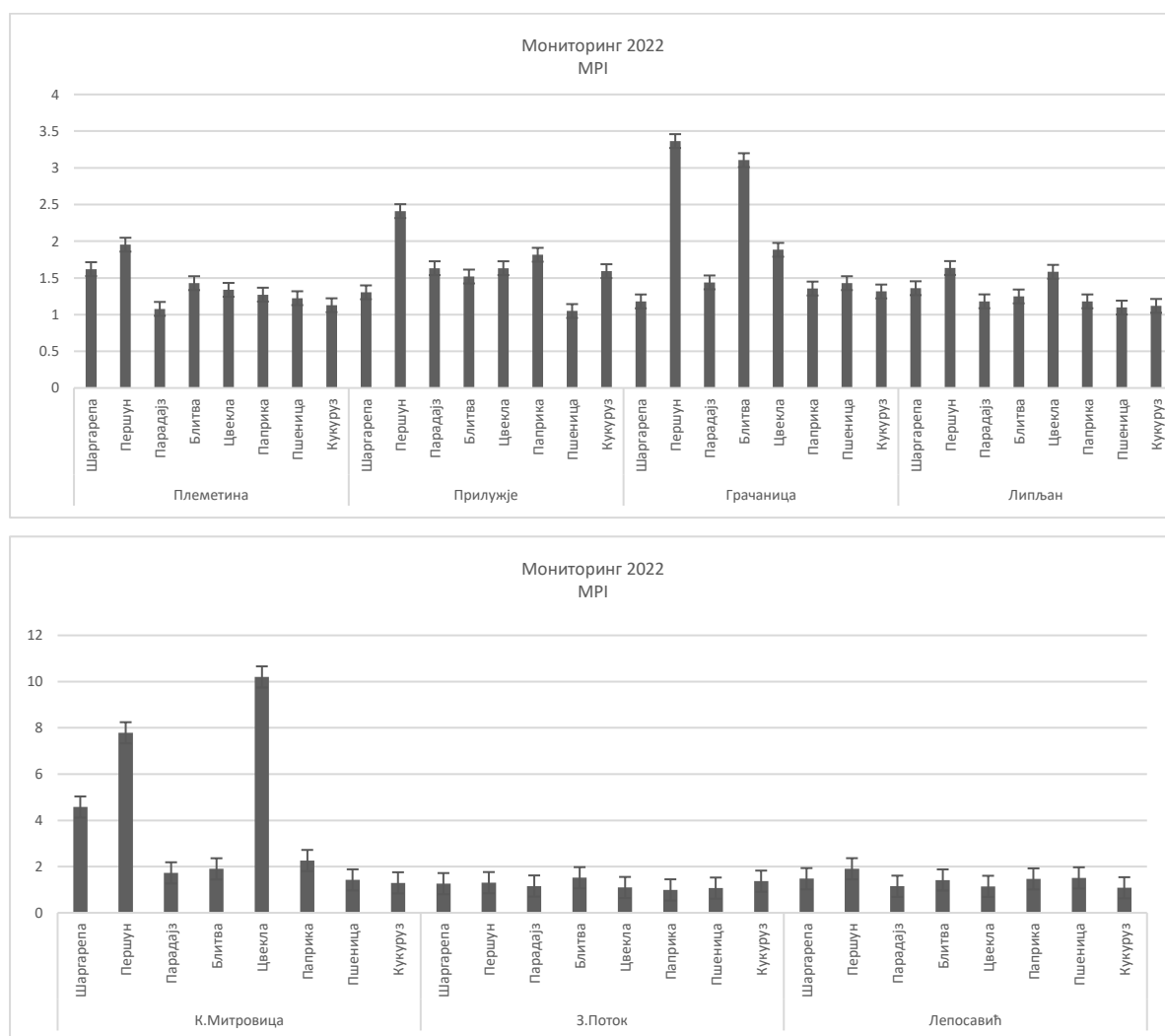
Слика 4.55. Вредности индекса неканцерогене опасности (HI) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета-мониторинг 2018.

Генерално посматрано, локалитет који се издвојио са највећим индексом неканцерогене опасности је локалитет 5 (Грачаница), где су вредности варирале према опадајућем низу крушка > јабука > кукуруз > шаргарепа > паприка > парадајз. Следећи је локалитет 6 (Липљан), где су највеће вредности израчунате у плоду крушке (1,1), а најмање у плодовима паприке (0.40). Најниже HI вредности утврђене су на локалитету 3 (Племетина), где су све испитиване биљне врсте показале HI вредности мање од 1 (Слика 4.55).

У оквиру мониторинга спроведеног током 2018. године, вредности индекса неканцерогеног ризика (HI) за децу и одрасле биле су мање од 1 на већини испитиваних локалитета, што указује на прихватљив ниво изложености тешким металима и сугерише да је конзумација анализираних биљних врста безбедна. Међутим, на локалитетима Грачаница и Липљан, утврђене су вредности HI > 1 у плодовима крушке за децу популацију, што указује на могући здравствени ризик и потребу за додатним праћењем ове биљне врсте на тим подручјима.

4.6.2.1. Први део – мониторинг 2022. године- индекс загађења металима (MPI)

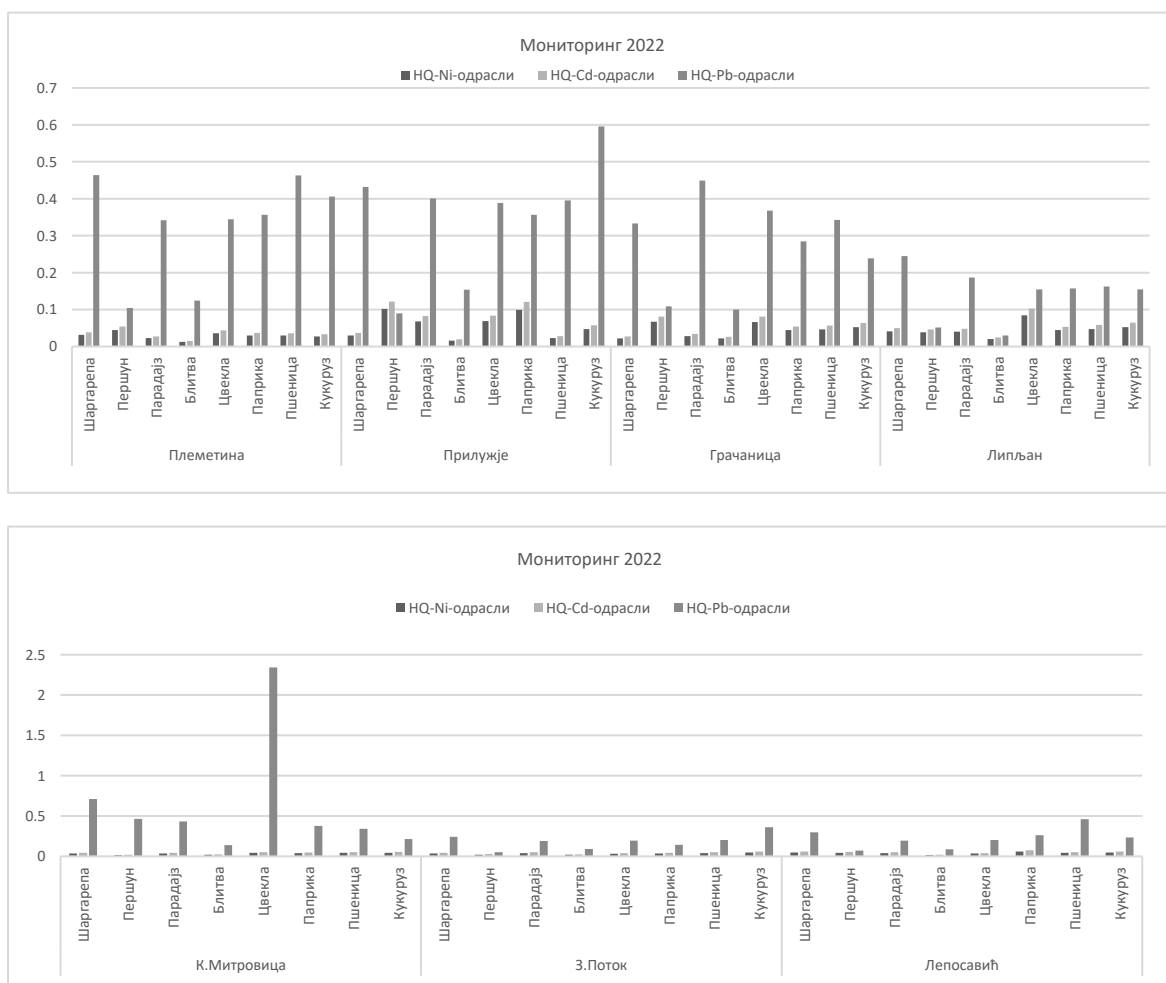
Вредности укупне концентрације свих метала (MPI) у јестивим деловима биљака током мониторинга 2022. године је варијала је у зависности од локалитета и биљне врсте. Највиша вредност MPI (10,20) забележена је у корену цвекле на локалитету 7 (Косовска Митровица), што указује на потенцијално висок здравствени ризик услед континуиране конзумације цвекле која је загађена тешким металима. Поред тога, повишене вредности MPI утврђене су и у листовима першуна и блитве, у корену шаргарепе на локалитету 5 (Грачаница), као и у корену шаргарепе и листовима першуна на локалитету 7 (Косовска Митровица) (Слика 4.56).



Слика 4.56. Индекс загађења метала (MPI) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета-мониторинг 2022.

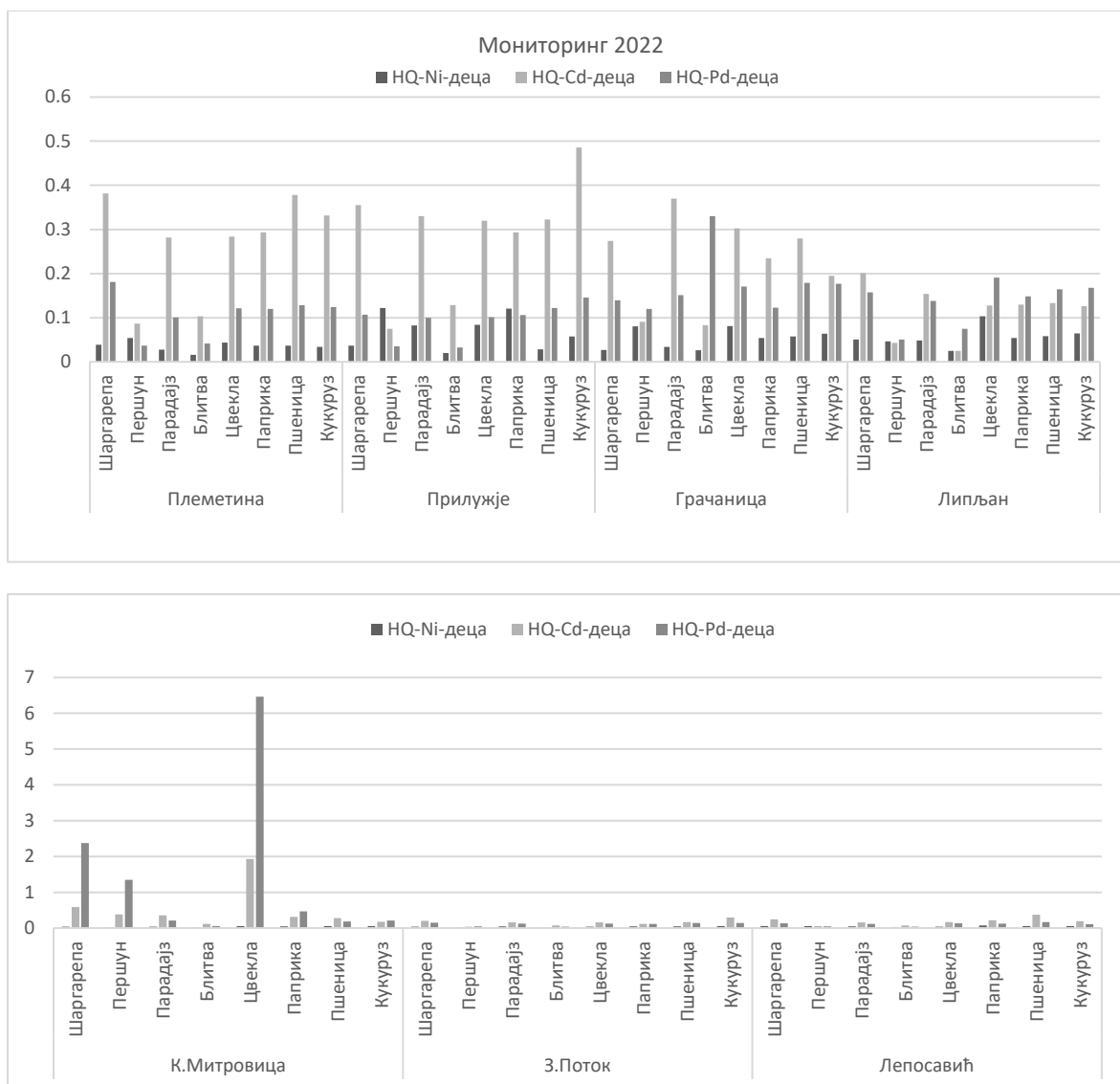
4.6.2.2 Коефицијент здравственог ризика (HQ)

Добијене вредности индекса здравственог ризика (HQ) у оквиру мониторинга спроведеног 2022. године указују да је конзумација испитиваних биљних врста са локалитета Племетина, Прилужје, Грачаница, Липљан, Зубин Поток и Лепосавић безбедна, с обзиром да су све вредности HQ биле ниже од 1. Изузетак представља корен цвекле са локалитета Косовска Митровица (HQ вредност олова за одрасле је 2,34), што указује на потенцијални здравствени ризик (Слика 4.57а).



Слика 4.57а. Вредности коефицијента здравственог ризика (HQ) код одраслих у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета-мониторинг 2022.

Када су у питању HQ вредности за децу, локалитет који се издвојио са вредностима изнад дозвољених граница ($HQ > 1$) је Косовска Митровица (Слика 4.57б). Конкретно, повишене вредности забележене су у листовима першуна (HQ за Pb = 1,35), корену шаргарепа (HQ за Pb = 2,37), као и у корену цвекле, где су израчунате вредности HQ за Cd = 1,92 и HQ за Pb = 6,46.



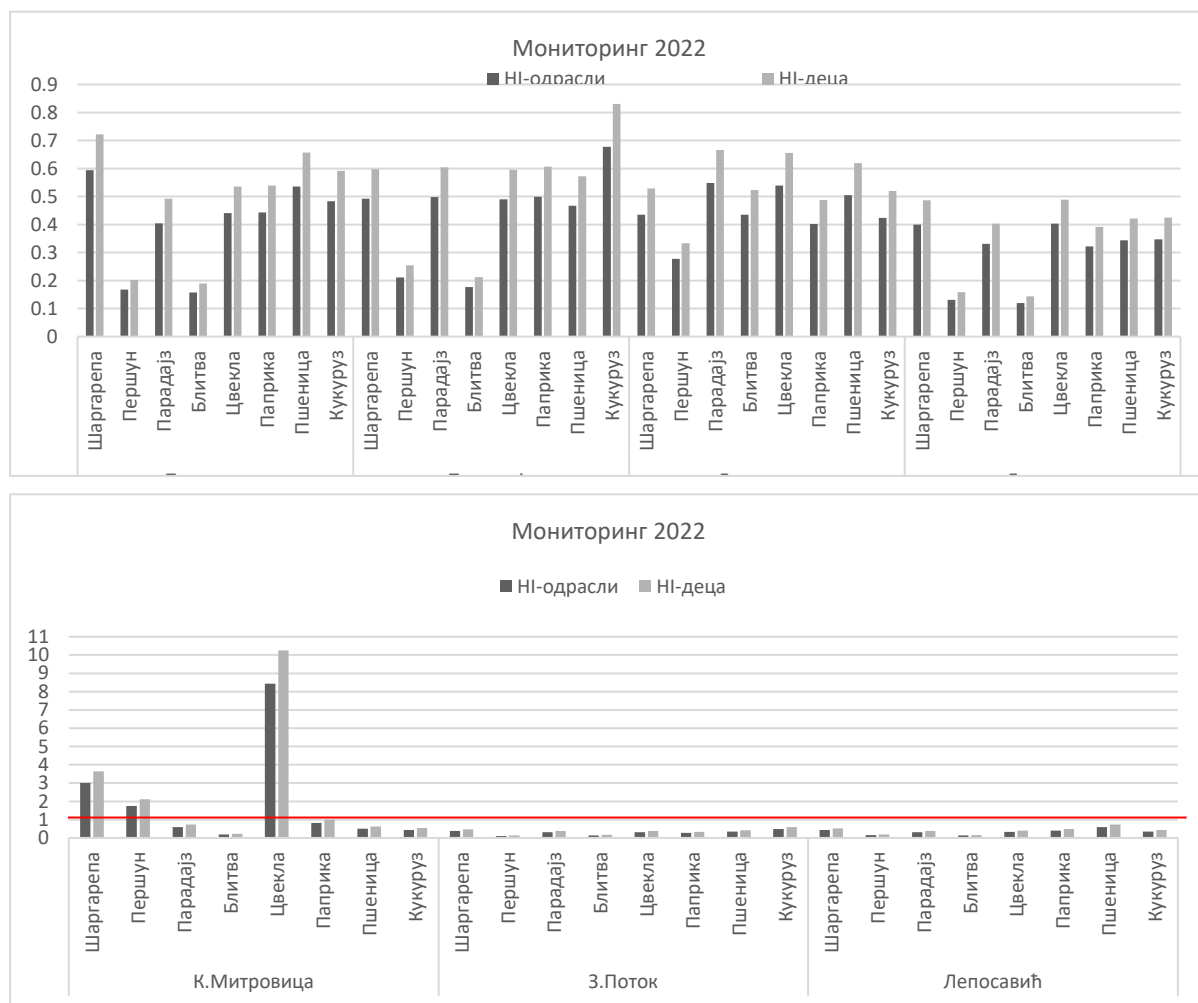
Слика 4.57б. Вредности коефицијента здравственог ризика (HQ) код деце у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета-мониторинг 2022.

4.6.3.3. Индекси неканцерогене опасности (HI)

Анализом вредности индекса неканцерогеног ризика (HI) у оквиру мониторинга спроведеног 2022. године, утврђено је да су на локалитету 7 (Косовска Митровица) вредности HI у корену цвекле и шаргарепа, као и у листовима першуна, биле веће од 1, што указује на потенцијални здравствени ризик (Слика 4.58). На свим осталим локалитетима забележене су HI вредности < 1 што указује на минималан ризик током конзумације наведених биљних врста.

Иако су индекси неканцерогеног ризика у већини случајева током оба мониторинга указивали на задовољавајући ниво безбедности, резултати израчунавања на основу суве материје (Прилог 6-Слике 8.26 и 8.28) показују да је током мониторинга 2018. године код деце на локалитету 5 (Грачаница) $HI > 10$ у плодовима крушке, јабуке и семенима кукуруза, а на локалитету 6 (Липљан) у корену шаргарепе и плодовима крушке. Овакве вредности указују на озбиљан здравствени ризик. За одрасле, на истим локацијама, HI вредности су прелазиле 1, што такође указује на потенцијални ризик по здравље.

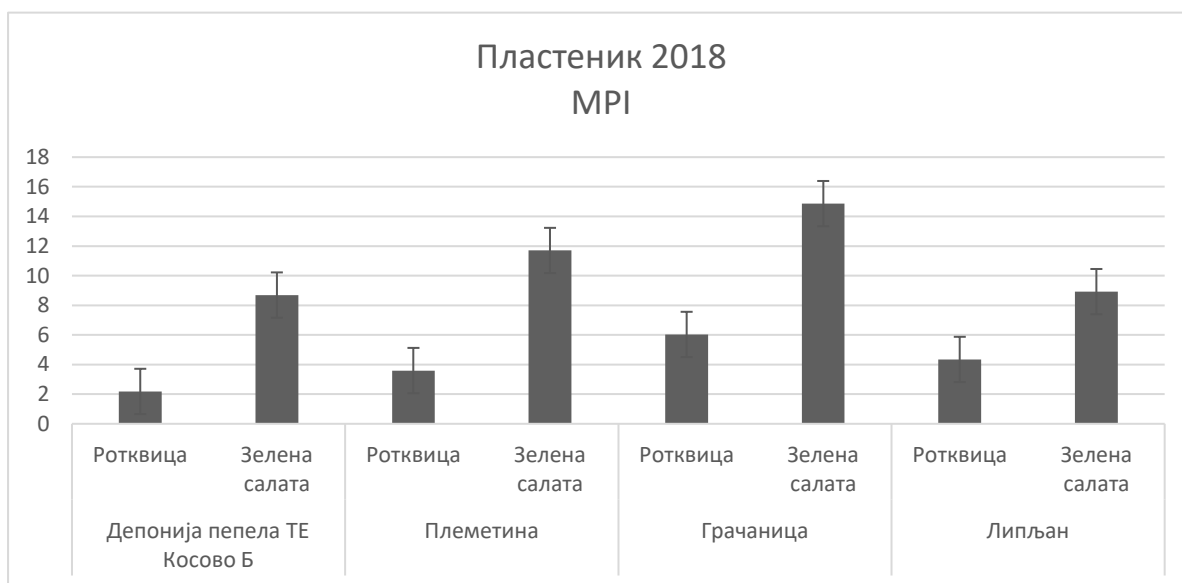
С друге стране, током мониторинга 2022. године, све израчунате HI вредности за децу и одрасле биле су веће од 1, што упућује на присутан здравствени ризик. Нарочито високе вредности забележене су на локалитету Косовска Митровица у корену цвекле, шаргарепе, листовима першуна и плодовима паприке (Прилог 7-Табеле 8.31 и 8.33).



Слика 4.58. Вредности индекса неканцерогене опасности (HI) код одраслих и деце у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета-мониторинг 2022.

4.6.4.1 Други део – експерименти постављени у пластенику 2018. године (MPI)

На основу резултата приказаних на Слици 4.59, који се односе на вредности индекса MPI код биљних врста узгајаних у пластенику током 2018. године, утврђено је да су највише вредности забележене у листовима зелене салате на третману земљишта са локалитета 5 (Грачаница). Насупрот томе, најниже вредности MPI регистроване су код ротквице на третману који одговара земљишту са локалитета 2 (депонија пепела ТЕ Косово Б).



Слика 4.59. Вредности MPI-а код биљака ротквице и зелене салате-пластеник 2018.

Двофакторска анализа варијансе је показала значајан утицај ($p \leq 0.001$) земљишног третмана, биљне врсте и њихове интеракције на вредности MPI (Прилог 8-Табела 8.35). Без обзира на биљну врсту, средње вредности MPI по земљишном третману кретале су се од 2,16 до 14,86. Највеће вредности забележене су на третману локалитета 5 (Грачаница) за све гајене биљне врсте. У случају зелене салате, можемо рећи да је индекс загађења металима на свим примењеним третманима јасан показатељ степена загађења земљишта са датих локалитета, где су и уочене највеће вредности овог испитиваног индекса.

4.6.4.2 Индекс биоконцентрације метала (MBPI)

У циљу бољег сагледавања степена контаминације земљишта са одабраних локалитета током експеримента у пластенику (2018), поред индекса загађења метала

(MPI), израчунат је и индекс биоконцентрације метала (MBPI), који показује степен усвајања Pb, Cd и Ni из земљишта у плодове ротквице и листове зелене салате. Како је приказано на Слици 4.60, вредности MBPI су у већини случајева биле ниже од 1, што указује на ниску биоакумулацију ових метала у анализираним биљним врстама.

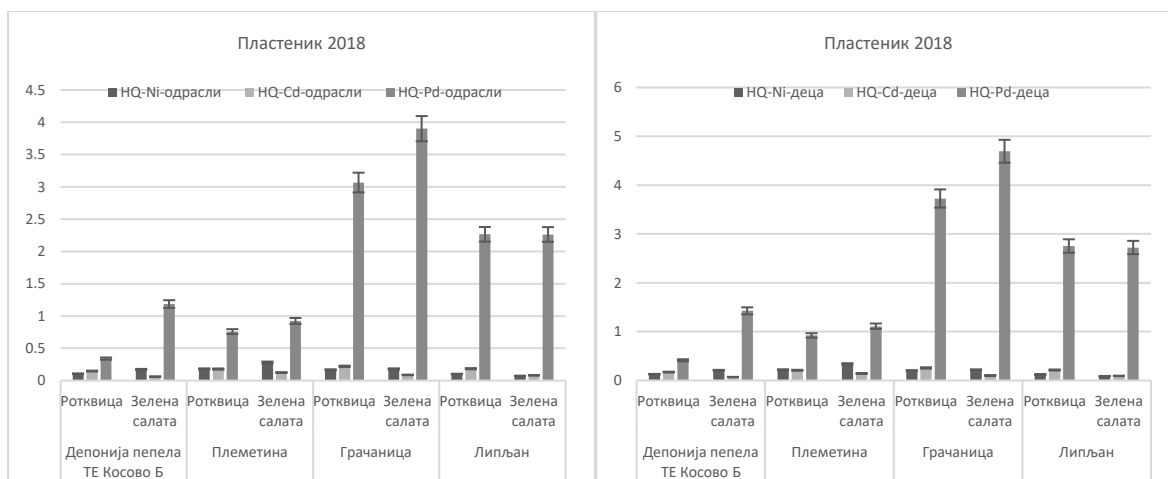


Слика 4.60. Вредности MBPI за Pb, Cd и Ni код биљака ротквице и и зелене салате-пластеник 2018.

Међутим, када су у питању биоакумулацијски фактори кадмијума, издвојили су се земљишни третмани који одговарају локалитетима 2 и 3 (Депонија пепела ТЕ Косово Б и Племетина), где су вредности за све гајене биљне врсте прелазиле 1. У случају биоакумулације олова екстремне вредности од чак 8,030 забележене су код биљака зелене салате на земљишном третману лок. 2 (Депонија пепела ТЕ Косово Б). Високе вредности биоакумулације кадмијума уочене су и код биљака ражи и грахорице на земљишним третманима са локалитета 2 и 3 (Депонија пепела ТЕ Косово Б и Племетина) (Прилог 8- Слика 8.102).

4.6.4.3. Коефицијент здравственог ризика (HQ)

Високе вредност HQ за олово у корену ротквице и листовима зелене салате указују да континуирана конзумација датог поврћа је потенцијално небезбедна, обзиром да су забележене вредности HQ индекса веће од 1 (Слика 4.61). На основу приказаних резултата може се рећи да вредности индекса HQ (одрасли и деца) за пластеник-2018 опадају у следећем низу: Pb>Cd>Ni.

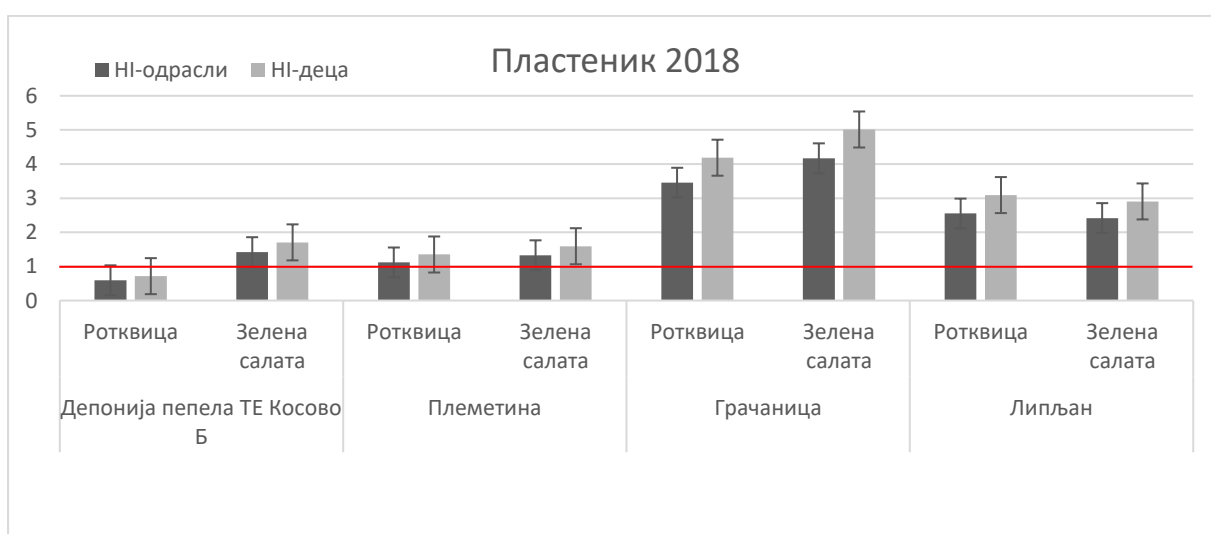


Слика 4.61. Вредности коефицијента здравственог ризика (HQ) код одраслих и деце код гајених биљака на различитих третмана земљишта-пластеник 2018.

Највеће вредности HQ-Pb забележене код биљака које су гајене на третману који одговара локалитету 5 (Грачаница), што је и очекивано, јер је анализа испитиваног земљишта показала да су вредности олова биле далеко изнад дозвољених за овај метал у земљишту, док су вредности HQ за Ni и Cd биле < 1 (Слика 4.61).

4.6.4.4. Индекси неканцерогене опасности (HI)

Међутим, израчунавањем индекса неканцерогене опасности, на основу добијених резултата може се рећи да дато поврће није безбедно за конзумацију, јер су вредности $HI > 1$, што указују на потенцијални здравствени ризик (Слика 4.62).

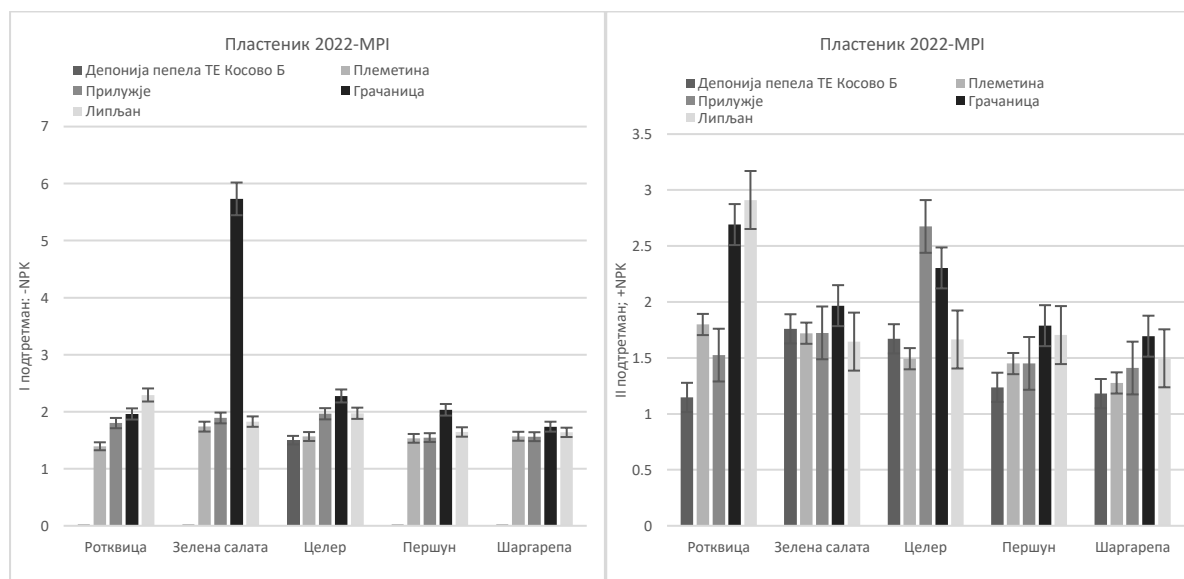


Слика 4.62. Вредности индекса неканцерогене опасности (HI) у јестивим деловима биљака са различитих локалитета-пластеник 2018.

Земљишни третман који се издвојио са највећим вредностима HI је третман који одговара локалитету 5 (Грачаница), који је и издвојен по највећим вредностима индекса здравственог ризик за олово (HQ-Pb). Високе вредности забележене су и на третману локалитета 6 (Липљан), док вредности на границама здравственог ризика конзумацијом датог поврћа забележене су на третману локалитета 3 (Племетина). Међутим, ако погледамо израчунате индексе по сувој биљној маси, вредности су алармантне јер су скоро сви индекси неканцерогене опасности прелазили $HI > 10$ (Прилог 8-Табела 8.37 и 8.39).

4.6.5.1 Други део – експерименти постављени у пластенику 2022. године (MPI)

На основу резултата индекса загађења металима код гајених биљака на различитим подтретманима у пластенику током 2022 године, уочавамо да су вредности између подтретмана значајно различите, тј. додатак макроелемента NPK је у великој мери утицао на усвајање испитиваних метала код различитих биљних врста, што потврђује и двофакторска анализа варијанси где су код оба потретмана уочене статистички значајне разлике ($p \leq 0,000$).



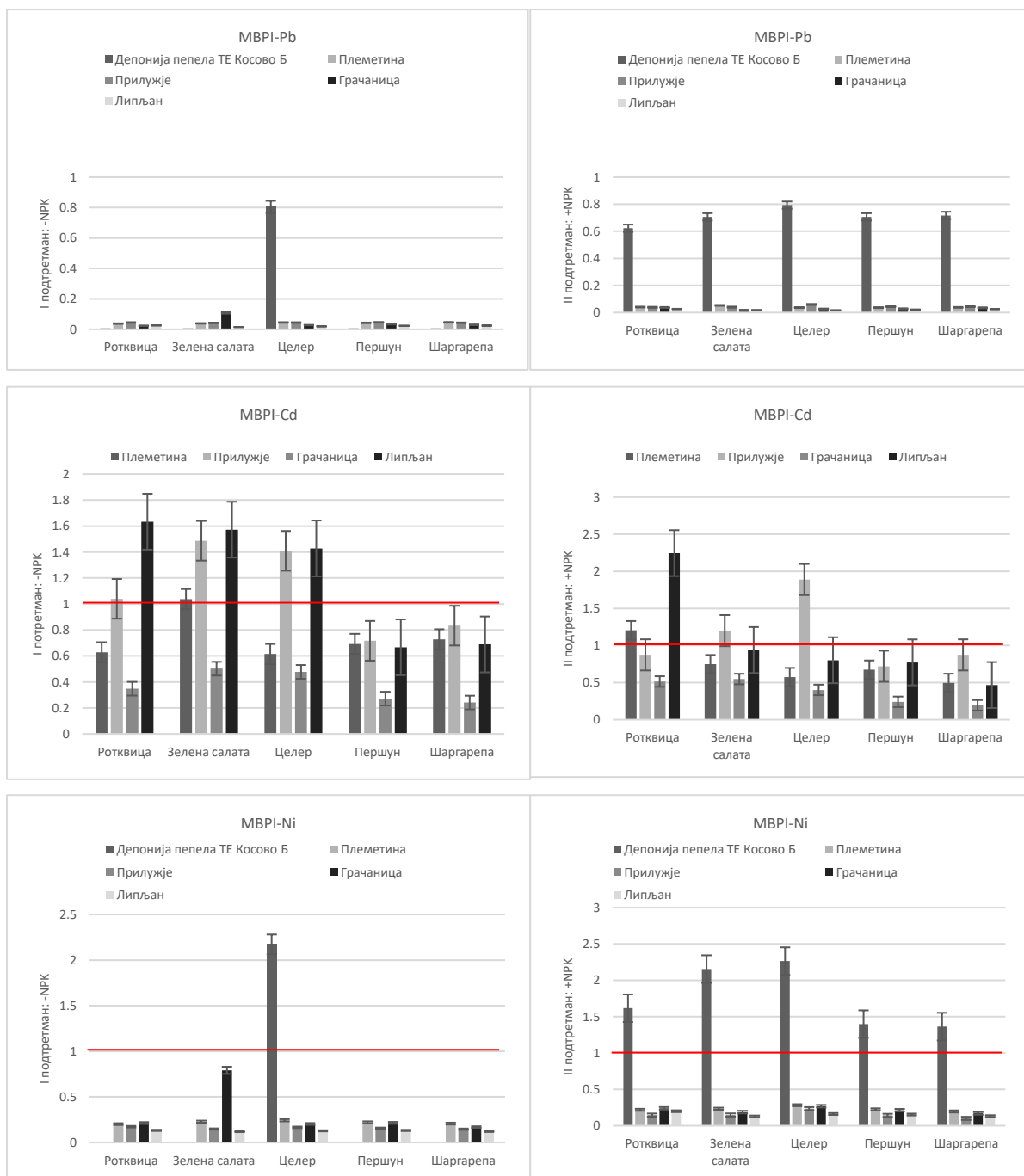
Слика 4.63. Вредности MPI-а код гајених биљака на различитим третманима земљишта у оквиру оба подтретмана-пластеник 2022 (I подтретман: -NPK; II подтретман: +NPK).

Највеће вредности овог индекса у оквиру првог подтретмана (-NPK) забележене су код биљака зелене салате на третману који одговара локалитету 5 (Грачаница) 5,73, а најмање код биљака ротквице на третману локалитета 3 (Племетина) 1,39. За разлику од другог подтретмана (+NPK) где су најмање вредности овог индекса забележене код биљака ротквице на третману локалитета 2 (Депонија пепела ТЕ Косово Б), а највеће на третману локалитету 6 (Липљан) (Слика 4.63).

4.6.5.2 Индекс биоконцентрације метала (MBPI)

На основу приказаних просечних вредности индекса биоакумулације олова за оба подтретмана, утврђено је да су вредности код свих биљних врста <1 . Иако вредности MBPI између земљишних третмана нису варирале сигнификантно, третман који се издваја по највећим вредностима одговара локалитету 2 (Депонија пепела ТЕ Косово Б), код свих биљних врста у оквиру другог подтретмана (Слика 4.64). Када је биоакумулација кадмијума у питању, у оквиру првог подтретмана највеће вредности индекса израчунате су код биљака: ротквице са земљишних третмана 4 и 6 (Прилужје, Липљан), зелене салате са земљишних третманима 3,4 и 6 (Племетина, Прилужје, Липљан), као и биљака целера са третмана који одговара локалитетима 4 и 6 (Прилужје, Липљан).

Највеће вредности у оквиру другог подтретмана када је биоакумулација кадмијума у питању израчунате су код биљака: ротквице гајене на земљишном третману локалитета 3 и 6 (Племетина, Липљан), зелене салате на третману локалитета 4 (Прилужје) и биљке целера гајене на третману локалитета 4 (Прилужје) (Слика 4.64).



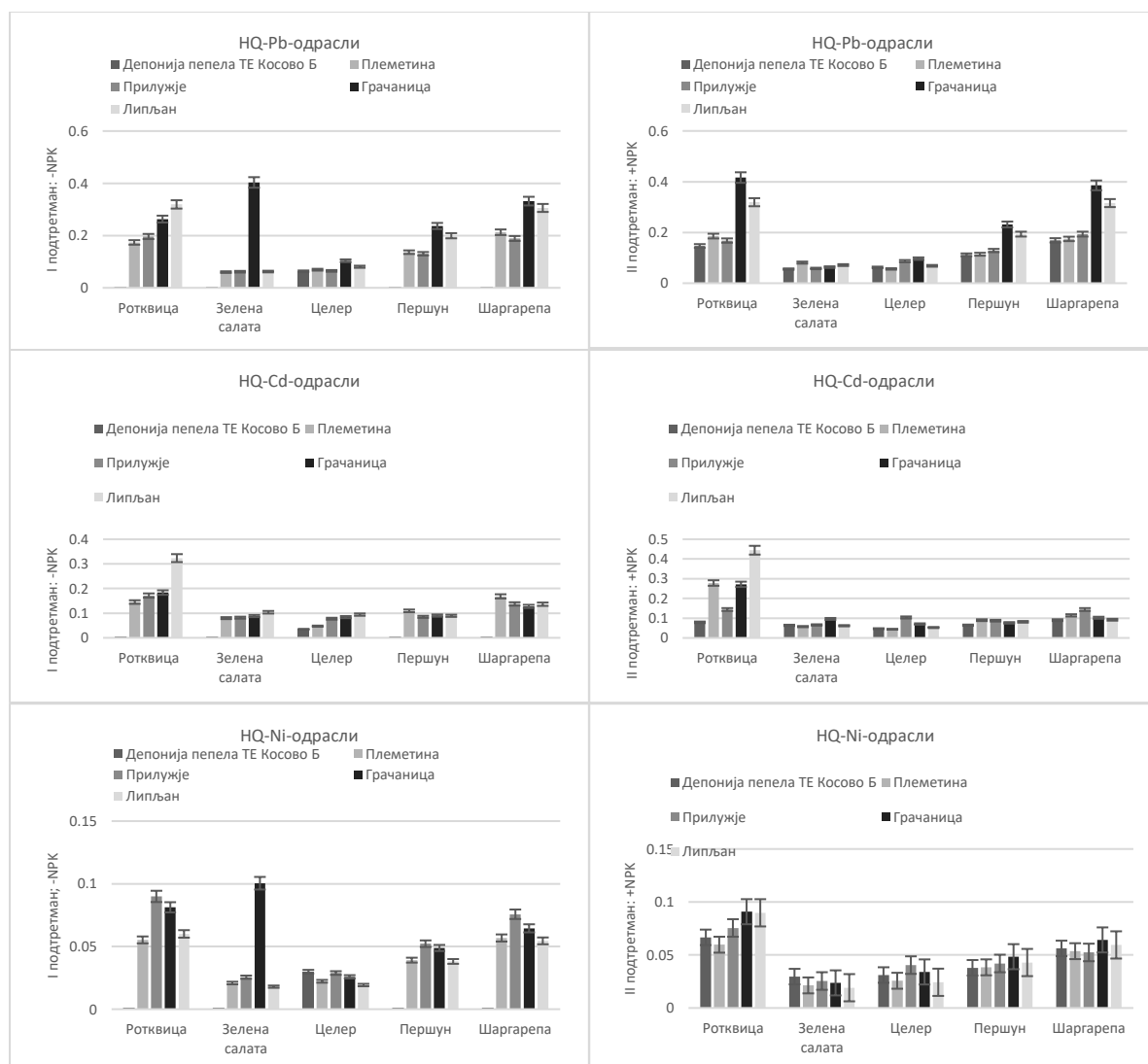
Слика 4.64. Вредности MBPI за Pb, Cd и Ni код гајених биљака на различитим третманима земљишта у оквиру оба подтретмана-пластеник 2022 (I подтретман: -NPK; II подтретман: +NPK).

Високе вредности биоакумулације никла забележене су у оквиру првог подтретмана код биљака целера на третману локалитета 2 (Депонија пепела ТЕ Косово Б) 2,24, док на осталим локалитетима за све биљне врсте утврђене су вредности мање од 1. Такође екстремне вредности биоакумулације никла у оквиру другог подтретмана забележене су код свих биљних врста гајених на земљишним третману који одговара

локалитету 2 (Депонија пепела ТЕ Косово Б) (Слика 4.64). Двофакторска анализа варијансе је показала статистички значајне разлике у индексима биоакумулације свих испитиваних метала у зависности од подтретмана. Међутим, када се утицај подтретмана посматра засебно по биљним врстама, утврђено је да примена NPK ђубрива није имала статистички значајан ефекат на биоакумулацију олова и кадмијума код целера, као ни на биоакумулацију кадмијума код першуна (Прилог 9-Табеле 8.51 и 8.53).

4.6.5.3. Коефицијент здравственог ризика (HQ)

Коефицијент здравственог ризика за олово код деце и одраслих код свих гајених биљака у пластенику током 2022 године није прелазио вредности < 1 , што указује да је конзумација гајеног поврћа безбедна (Слика 4.65).



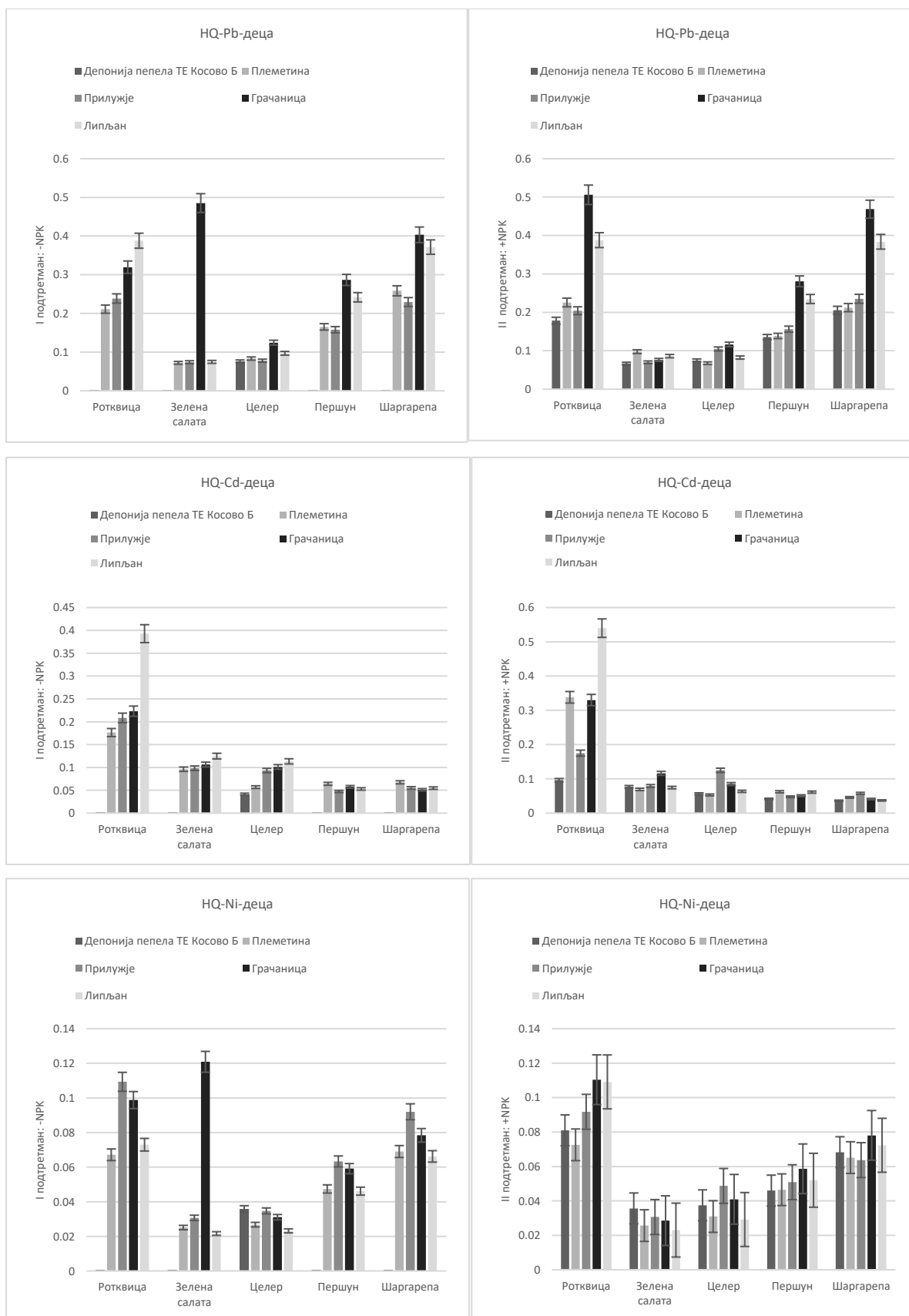
Слика 4.65. Вредности HQ-одрасли за Pb, Cd и Ni код гајених биљака на различитим третманима земљишта у оквиру оба подтретмана-пластеник 2022 (I подтретман: -NPK; II подтретман: +NPK).

На основу резултата приказаних на слици 4.65, вредности индекса здравственог ризика (HQ) за одрасле у оквиру првог подтретмана опадају следећим редоследом: $Ni > Cd > Pb$. Највише вредности HQ за олово забележене су код зелене салате на третману који одговара локалитету 5 (Грачаница), док су најниже вредности за никл уочене на третману са локалитета 6 (Липљан).

Резултати двофакторске анализе варијансе показују да додавање макроелемената (NPK) у оквиру првог подтретмана није имало статистички значајан утицај на вредности HQ за кадмијум код зелене салате, као ни на вредности HQ за кадмијум и олово код целера. Слично, код першуна није утврђен значајан утицај на HQ за никл, кадмијум и олово, нити за кадмијум код шаргарепе (Прилог 9-Табеле 8.48, 8.52, 8.54 и 8.56).

У другом подтретману уочене су значајне варијације вредности HQ. Најниже вредности за све испитиване метале (Pb, Cd, Ni) забележене су код зелене салате на свим земљишним третманима. Супротно томе, највеће разлике уочене су код ротквице, посебно високим вредностима HQ за олово на третману који одговара локалитету 5 (Грачаница), и за кадмијум на земљишном третману са локалитета 6 (Липљан).

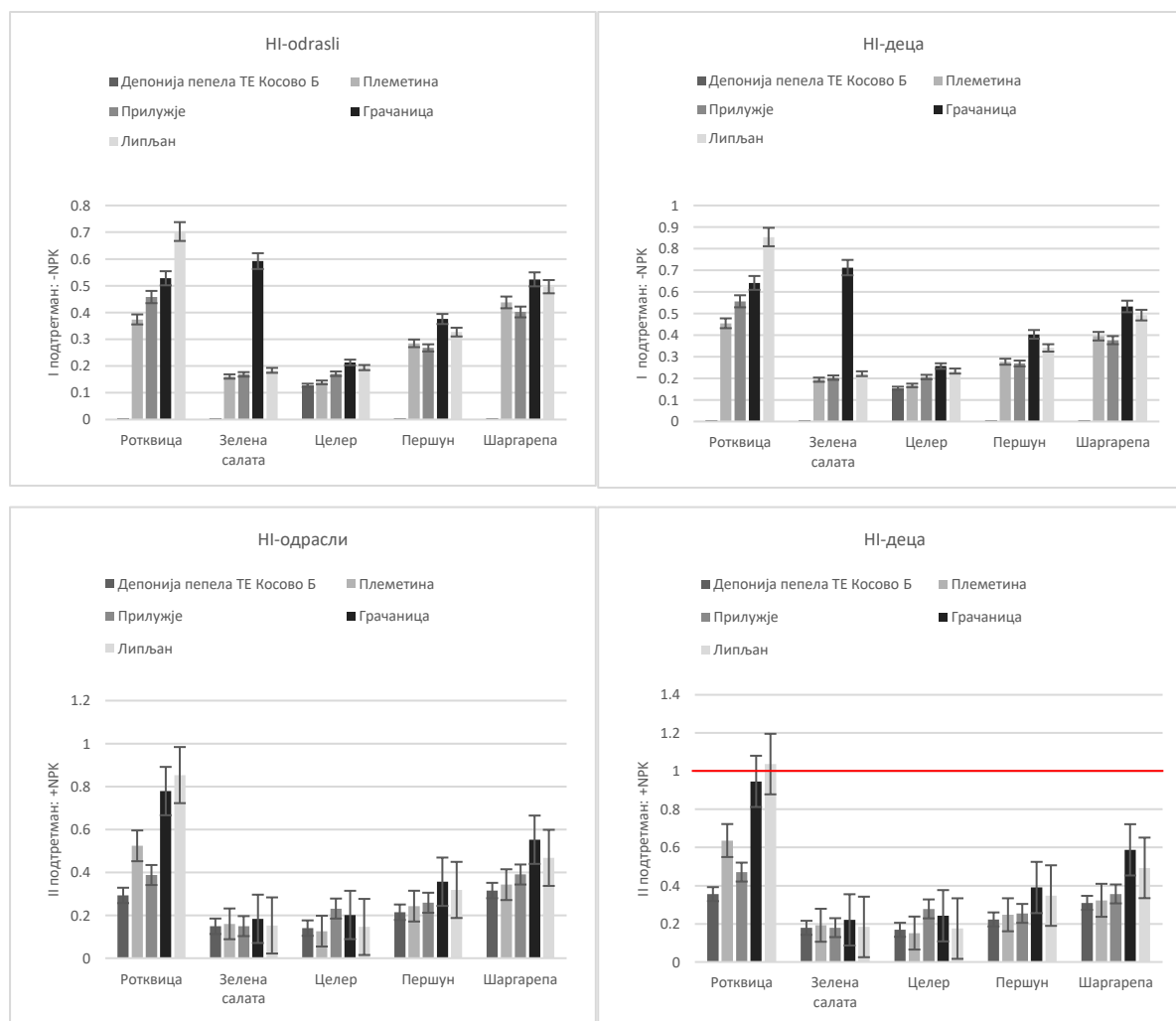
Све добијене вредности коефицијената здравственог ризика показале су статистичку значајност на основу двофакторске анализе варијансе у оквиру првог и другог подтретмана за анализиране биљне врсте (Прилог 9-Табеле 8.42 и 8.44).



Слика 4.66. Вредности HQ-деца за Pb, Cd и Ni код гајених биљака на различитим третманима земљишта у оквиру оба подтретмана-пластеник 2022 (I подтретман: -NPK; II подтретман: +NPK).

4.6.5.4. Индекси неканцерогене опасности (НИ)

Израчунавањем индекса неканцерогене опасности за гајено поврће, утврђено је да су све вредности у оквиру првог подтретмана гајења мање од 1, што указује да је конзумација поврћа безбедна. Земљишни третман који се издвојио са највећим вредностима НИ је третман који одговара локалитету 5 (Грачаница) који је и издвојен по највећим вредностима индекса здравственог ризика за све биљне врсте. Једино одступање уочено је код дечије популације, где је индекс НИ за ротквицу узгајану на третману земљишта са локалитета 6 (Липљан) износио 1,03, што прелази референтну вредност и указује на потенцијални здравствени ризик. Ови резултати су у складу са очекивањима, с обзиром на близину несанираног јаловишта рудника „Кишница“, које представља значајан локални извор загађења.



Слика 4.67. Вредности индекса неканцерогене опасности (НИ) код одраслих и деце у јестивим деловима биљака гајених на различитим третманима земљишта у оквиру оба подтретмана (I подтретман: -NPK; II подтретман: +NPK).

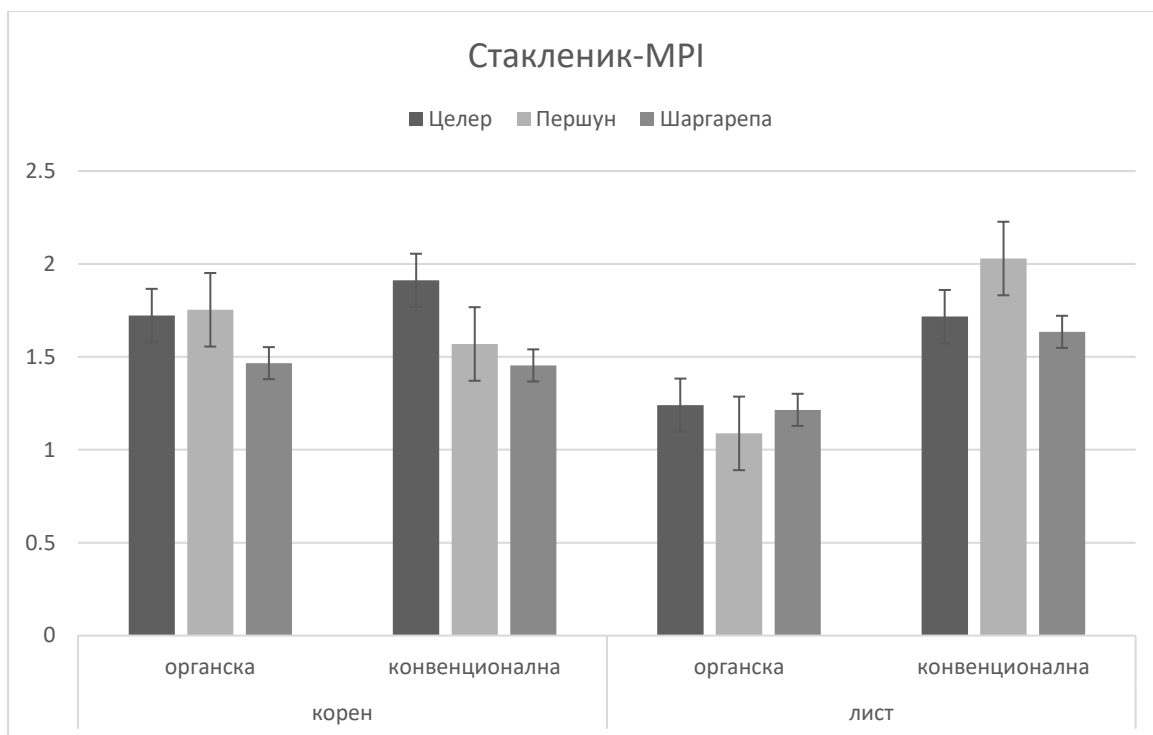
Вредности индекса неканцерогене опасности у оквиру другог подтретмана за одрасле су мање од 1 код свих биљних врста, за разлику од вредности израчунатих за децу где су вредности >1 забележене само код биљака ротквице гајених на третману локалитета 6 (Липљан). На основу резултата можемо констатовати да биљке ротквице нису безбедне за конзумацију, јер су вредности $HI>1$, што указују на потенцијални здравствени ризик конзумацијом датог поврћа.

Међутим, ако погледамо израчунате индексе по сувој маси, вредности су $HI>1$, што указују на потенцијални здравствени ризик конзумацијом датог поврћа, вредности које су алармантне имамо код биљака ротквице за одрасле на третману локалитета 6 (Липљан-II подтретман (+NPK)), а код деце на третману лок. 5 и 6 (Грачаница-II подтретман (+NPK); и Липљан-I и II подтретман (-NPK и +NPK)), јер су индекси неканцерогене опасности прелазили $HI>10$ (Прилог 9-Табеле 8.57 и 8.58). Израчунате вредности индекса неканцерогене опасности по сувој биљној маси који су приказани у прилогу не можемо сматрати релевантним, јер углавном све врсте гајеног поврћа конзумирамо у свежем облику.

4.6.6.1 Трећи део- експерименти постављени у стакленику (2019.): конвенционална и органска производња поврћа (MPI)

На основу израчунатих вредности индекса загађења металима (MPI), утврђено је да су све вредности биле веће од 1 (Слика 4.68). Уочене су разлике у MPI вредностима у зависности од начина производње поврћа, при чему су више вредности регистроване у конвенционалној производњи у поређењу са органском.

Анализом по биљним органима, највише вредности MPI у корену утврђене су код целера узгајаног конвенционалним методом (1,91), док су најниже просечне вредности забележене у корену шаргарепе из органске производње (1,46). Када су у питању листови, највише вредности MPI су забележене у листовима першуна произведеног конвенционалним начином (2,02), док су најниже вредности утврђене у листовима першуна из органске производње (1,08). Ови резултати указују на ефикасност органских ђубрива и самог начина производње у смањењу усвајања тешких метала од стране биљака.

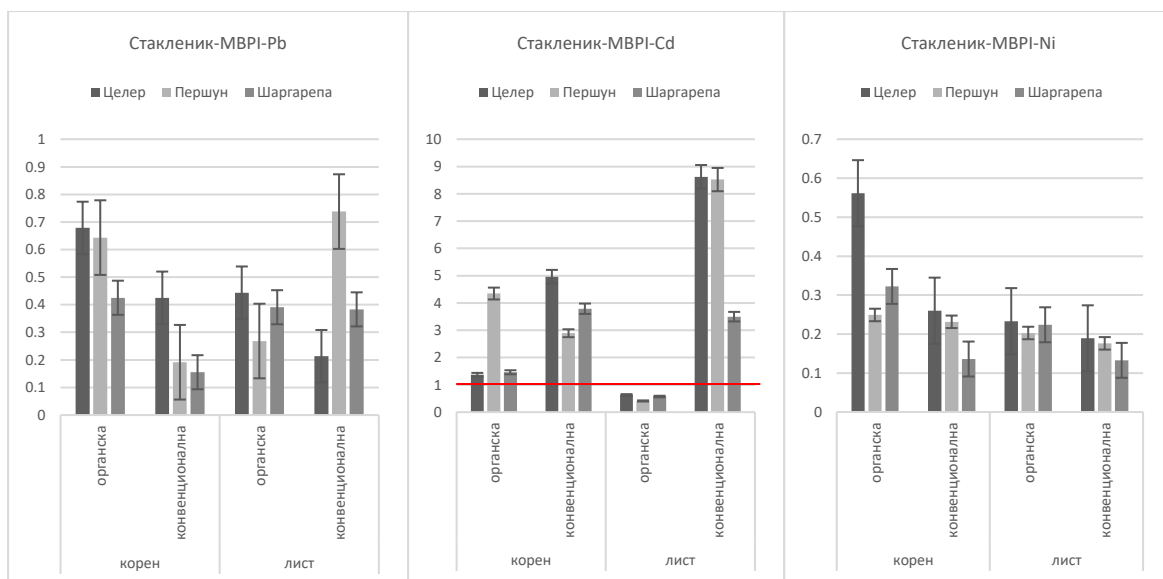


Слика 4.68. Вредности MPI-а у корену и листовима код биљака целера, першуна и шаргарепа гајених органским и конвенционалним начуном производње поврћа.

4.6.6.2 Индекс биоконцентрације метала (МВРІ)

Анализом вредности индекса биоконцентрације метала (МВРІ) за Pb, уочено је да су вредности у корену свих испитиваних биљних врста биле више код органског начина производње у поређењу са конвенционалним. Супротно томе, у листовима је утврђен супротан тренд, што је било посебно изражено у листовима першуна (Слика 4.69). У листовима першуна гајеног конвенционалним начином производње утврђено је приближно троструко повећање вредности МВРІ за Pb у односу на органску производњу.

Што се тиче МВРІ вредности за Ni у корену, оне су биле углавном сличне између начина производње, осим код целера где је забележено одступање. У листовима свих биљних врста регистрована су релативно мала одступања, како између врста, тако и између начина гајења, што указује да начин производње није значајно утицао на биоакумулацију никла (Слика 4.69).

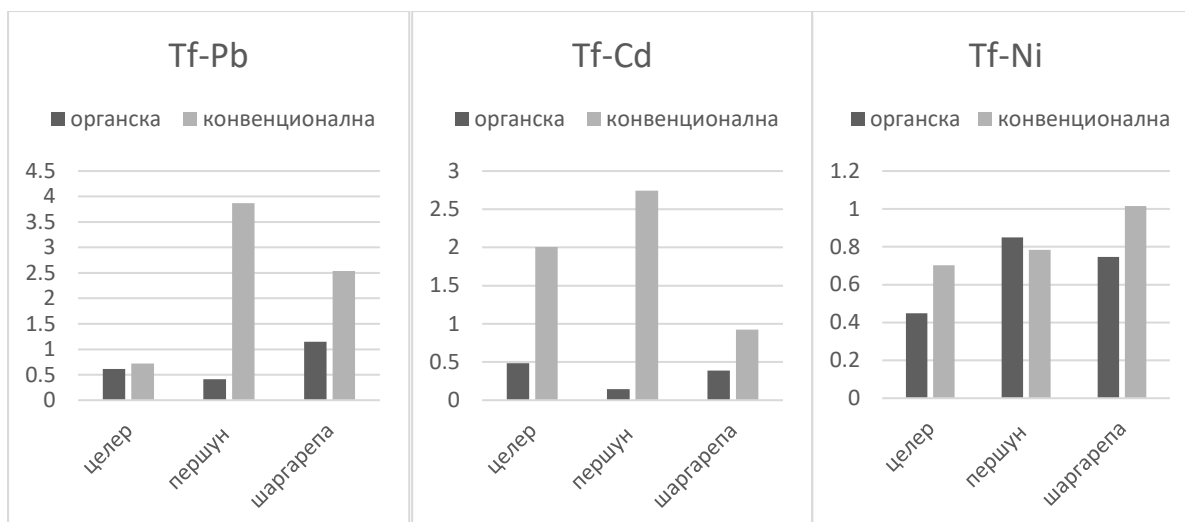


Слика 4.69. Вредности MBPI за Pb, Cd и Ni у корену и листовима код биљака целера, першуна и шаргарепа гајених органским и конвенционалним начином производње поврћа.

На основу добијених резултата може се рећи да је индекс биоконцентрације метала код биљака гајених конвенционалним и органским начином производње, за олово и никл мањи од 1, изузев за MBPI-Cd где је забележена повећана акумулација Cd код свих биљака у корену гајених на оба начина, док се у листовима показало да је органски начин производње поврћа смањио биоакумулацију овог тешког метала код свих биљних врста, односно, добијени резултати указују на тенденцију ограничења пранслокације кадмијума у надземне делове (Слика 4.69).

4.6.6.3 Транслокациони фактор (Tf-Pb, Cd и Ni)

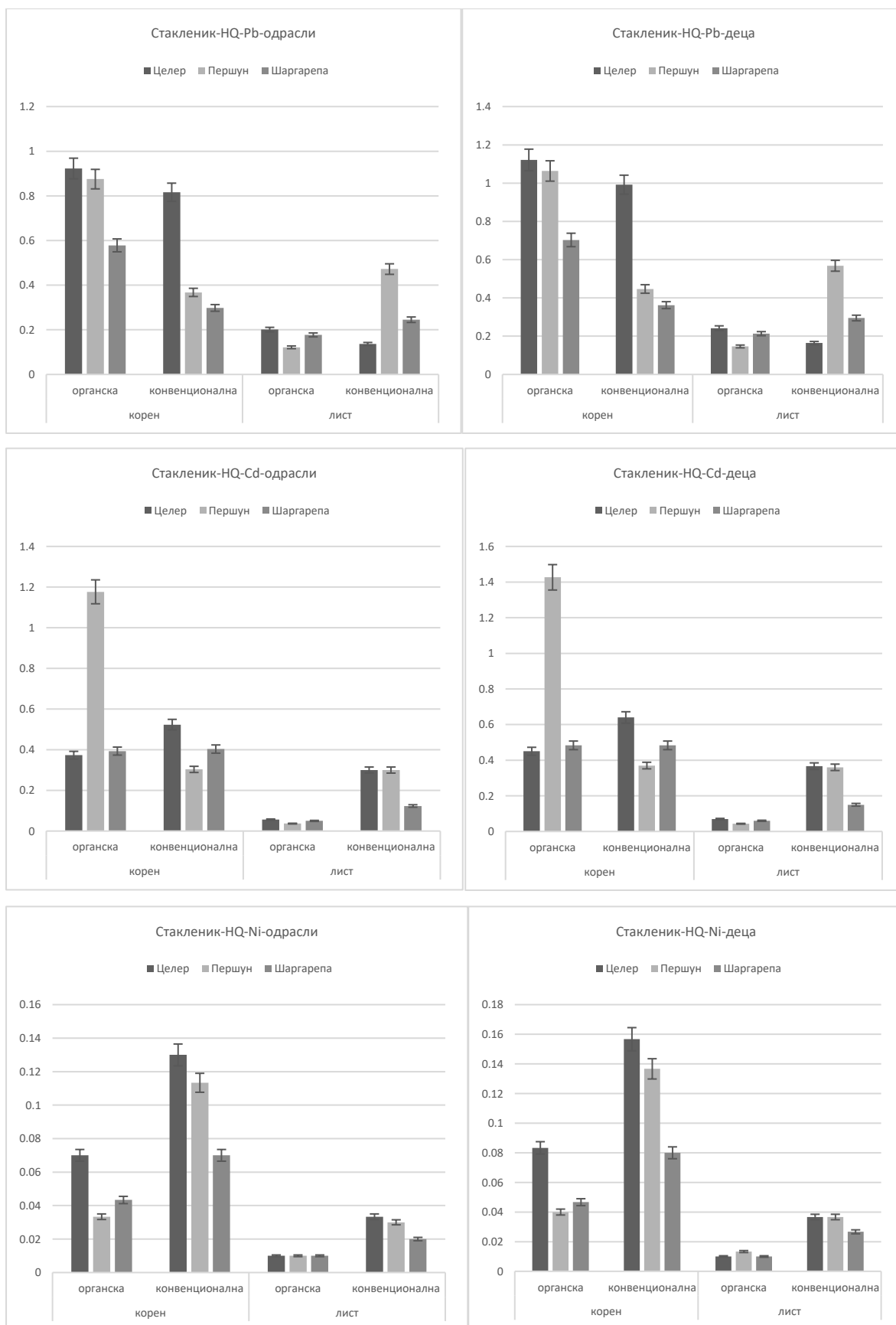
На основу просечних вредности транслокационог фактора за Pb, Cd и Ni код биљака гајених у стакленику, уочавамо да су највеће вредности Tf за Pb забележене код биљака першуна и шаргарепа гајених конвенционалним начином производње, као и Tf за Cd код биљака целера и першуна гајених истим начином производње. Када су у питању вредности транслокационог фактора за никл у питању, нису утврђене значајне разлике у односу на начин гајења без обзира на биљну врсту (Слика 4.70). Такође све вредности Tf за никл биле су ниже од 1 што указује на ниску транслокацију овог елемента из подземне у надземне органе у свим анализираним биљним врстама.



Слика 4.70. Вредности транслокационог фактора код гајених врста биљака-стакленик 2019.

4.6.6.4. Коефицијент здравственог ризика (HQ)

На основу добијених резултата, утврђено је да су вредности индекса здравствене исправности за испитиване тешке метале код одраслих и деце углавном веће у корену свих испитиваних биљака, без обзира на начин производње. Међутим, при поређењу органске и конвенционалне производње, уочавају се ниже вредности овог индекса код органски гајеног поврћа. Изузетак представља олово, с обзиром да су све повртарске врсте имале веће вредности HQ у корену у условима органске производње, што је такође забележено и у корену першуна када је у питању HQ за кадмијум (Слика 4.71).

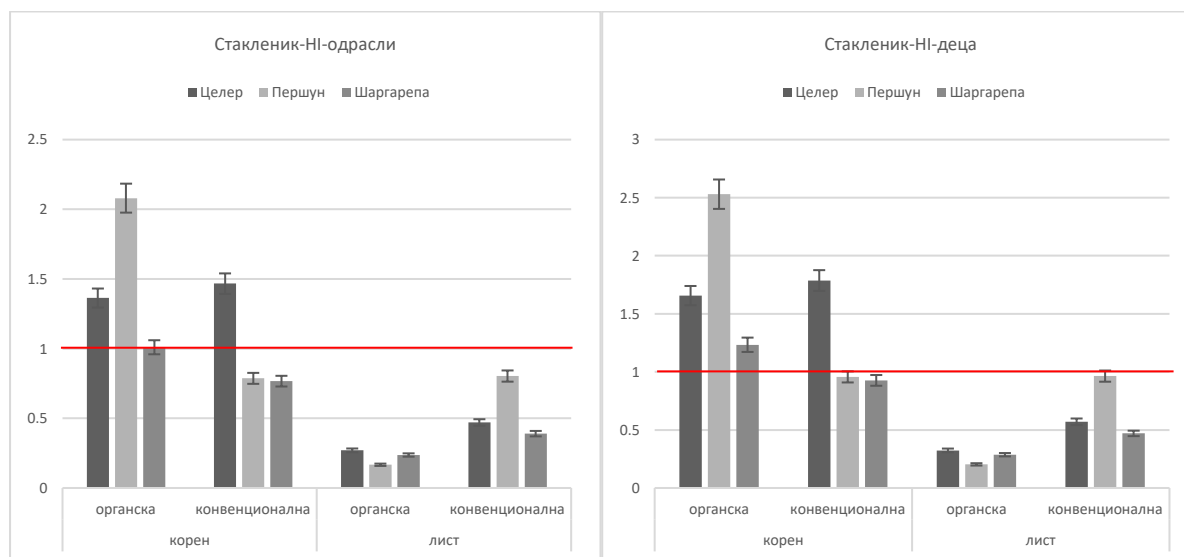


Слика 4.71. Вредности HQ-одрасли и деца за Pb, Cd и Ni у корену и листовима код биљака целера, першуна и шаргарепа гајених органским и конвенционалним начуном производње поврћа.

4.6.6.5. Индекси неканцерогене опасности (НИ)

На основу израчунатих индекса неканцерогене опасности код биљака гајених органским и конвенционалним начином производње, утврђено је да су вредности мање од 1 израчунате у листовима свих гајених биљака. Супротно томе, у корену свих анализираних повртарских врста које су гајене органском производњом забележене су вредности изнад граничне вредности од 1, што указује на потенцијални здравствени ризик (Слика 4.72).

На основу израчунатих вредности по сувој биљној маси, уочавамо да су све вредности $NI > 1$, док су екстремне вредности $NI > 10$ забележене су у корену свих гајених врста биљака (Прилог 10-Табеле 8.67, 8.68, 8.69, 8.70, 8.71 и 8.72).



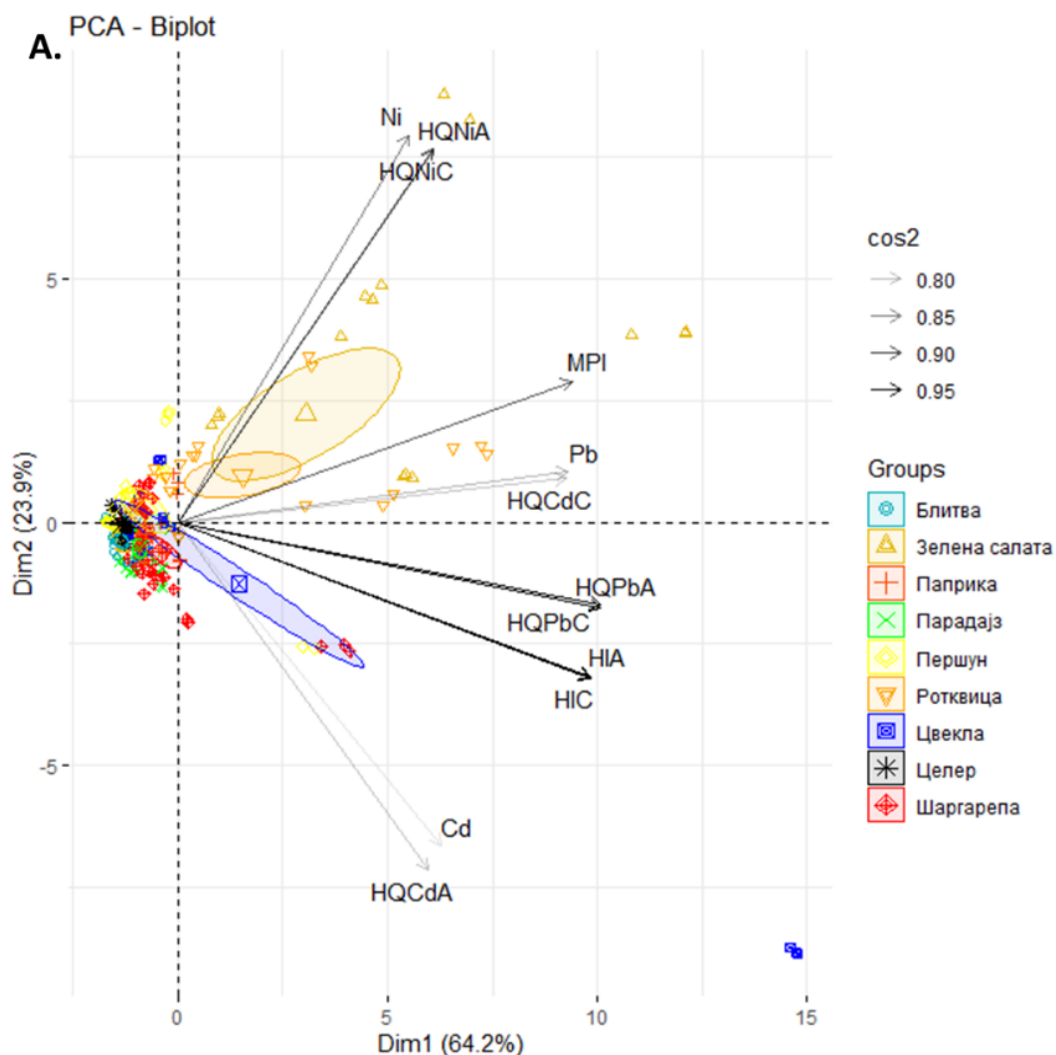
Слика 4.72. Вредности НИ- одрасли и деца у корену и листовима код биљака целера, першуна и шаргарепа гајених органским и конвенционалним начуном производње поврћа.

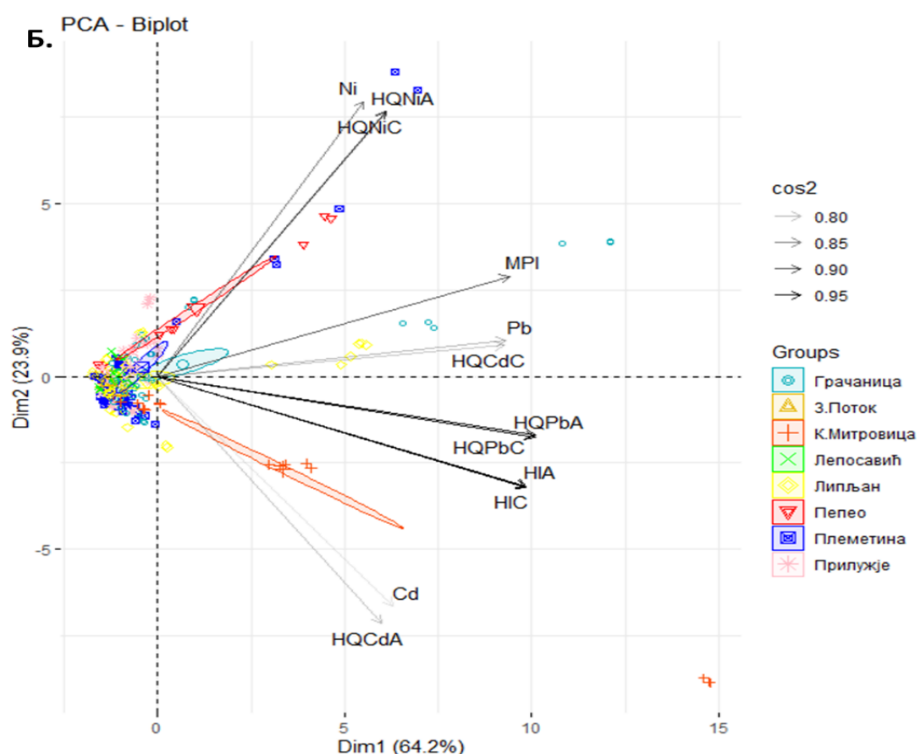
4.7. Анализа главних компоненти

У циљу бољег разумевања вишедимензионалних односа између показатеља загађености, односно здравствене исправности различитих ратарских и повртарских врста на основу садржаја тешких метала, као и њихове зависности од анализираних локалитета, примењена је анализа главних компоненти (РСА). Резултати су приказани на сликама 4.73 и 4.74. РСА анализа је заснова на матрицама корелације, те се на основу добијених података може утврдити допринос појединачних параметара у укупној варијабилности.

На PCA дијаграму за повртарске врсте уочено је јасно раздвајање врста у складу са њиховим тенденцијама акумулације полутаната (Слика 4.73а). Допринос прве главне компоненте (PC1) износи 64,2% укупне варијансе, што указује на високу репрезентативност добијеног модела. Зелена салата, першун и ротквица били су ближи векторима који представљају концентрације олова и никла, што указује на већу способност акумулације ових елемената. Насупрот томе, парадајз се позиционирао даље од ових вектора што указује на нижи степен акумулације полутаната у биљном ткиву.

На основу расподеле локалитета анализираних повртарских врста уочава се висок степен преклапања, односно груписање третмана у складу са степеном загађења земљишта (Слика 4.73б). Локалитети као што су Косовска Митровица и Грачаница били су ближи векторима полутаната, што указује на висок степен оптерећења тешким металима у анализираном земљишту.

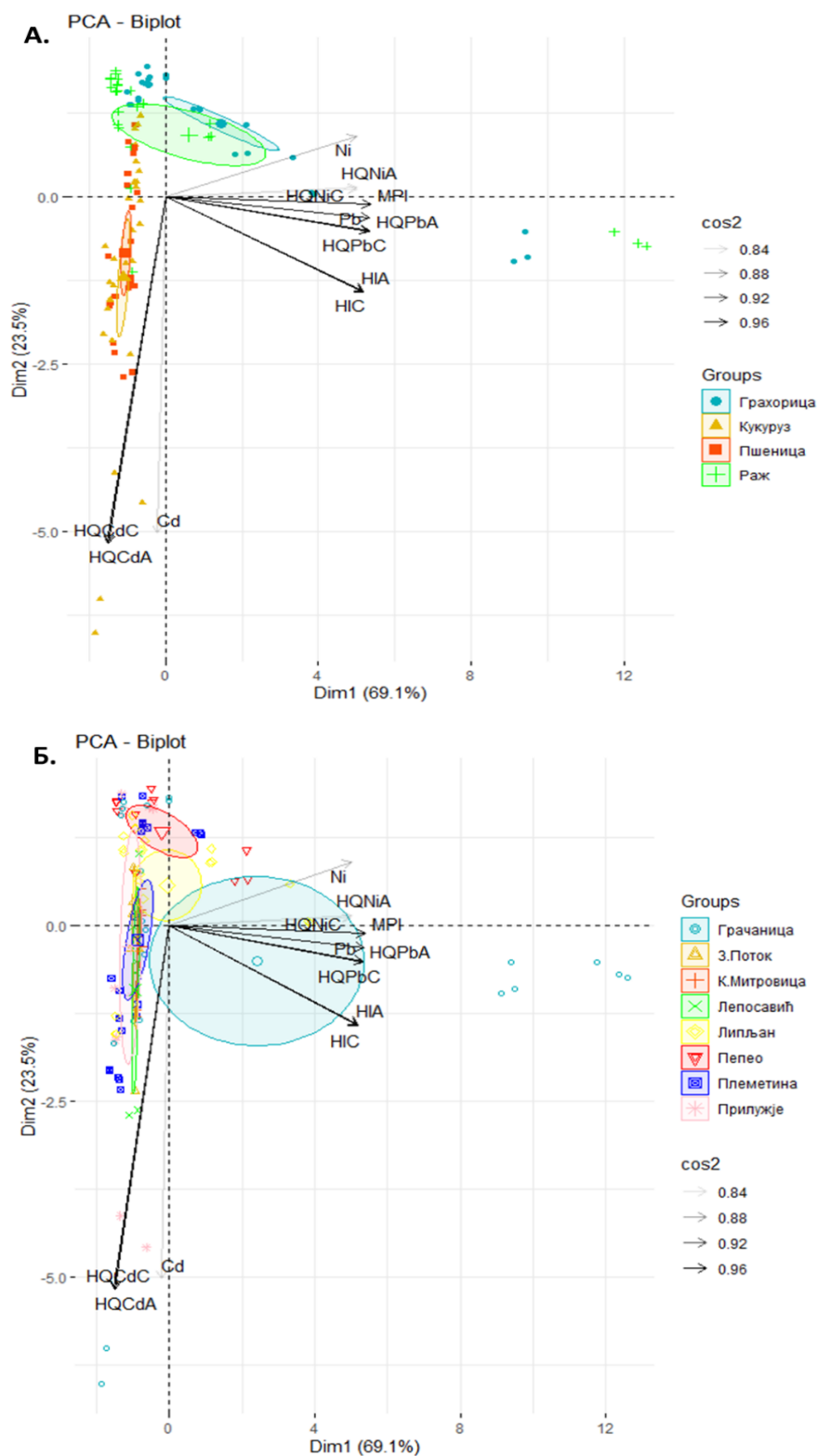




Слика 4.73. Анализа главних компоненти (PCA) повртарских врста (а) и локалитета (б) на основу садржаја тешких метала и параметара здравствене исправности.

PCA анализа ратарских врста испитиваних локалитета указује на јасну расподелу варијабилности у прве две главне компоненте. Прва главна компонента (PC1) објашњава 69,1%, а друга (PC2) 23,5% укупне варијансе, што указује на висок ниво поузданости у обухватању података. Одређене ратарске културе, попут грахорице и ражи, груписане су ближе векторима за Ni и Pb, што указује на виши степен акумулације ових елемената. Насупрот томе, врсте попут кукуруза и пшенице су позициониране негативно у односу на индексе загађења што указује на повољнији профил здравствене исправности, али су истовремено показале способност веће акумулације Cd у односу на друге две ратарске врсте (Слика 4.74а).

На PCA графикону који приказује утицај локалитета, уочљиво је груписање узорака у складу са специфичностима земљишног третмана и степеном загађености. Локалитети са вишим концентрацијама полутаната груписани су ближе векторима за тешке метале, при чему се посебно издваја локалитет Грачаница, док се третмани са нижим ризиком, укључујући мање загађене локације, налазе у супротном смеру (Слика 4.74б).



Слика 4.74. Анализа главних компоненти (PCA) ратарских врста (а) и локалитета (б) на основу садржаја тешких метала и параметара здравствене исправности.

5. Дискусија

5.1. Мониторинг садржаја тешких метала у јестивим деловима биљака гајених у пољским условима (из слободне индивидуалне производње 2018. и 2022. године)

Потенцијални ризик за здравље становништва уносом хране оптерећене тешким металима постаје један од актуелнијих проблема нашег времена. Током последњих деценија, свест о потреби контроле квалитета хране биљног порекла, те о штетној акумулацији различитих хемијских елемената и полутаната у њој, знатно се повећала, условљавајући неопходност примене прецизно дефинисаних стандарда и процедура током гајења биљака коришћених у исхрани људи и стоке. Стална контрола здравствене исправности / безбедности хране биљног порекла која укључује између осталог и испитивање садржаја тешких метала, пестицида и других штетних и отровних супстанци у њој, представља важни део стратегије контроле јавног здравља локалне људске популације у циљу спречавања различитих болести и патолошких стања узрокованих храном лошег квалитета (Rai, 2018; Tóth и сар., 2016). Загађење агроекосистема (земљишта, површинских и подземних вода, ваздуха), односно контаминација ланаца исхране, веома се често дешава због повишених нивоа неесенцијалних елемената у траговима, као што су As, Cd, Hg и Pb, али исто тако и метала-микронутријената који играју важну улогу у метаболизму биљака (Cu, Cr, Ni, Zn, итд.), када су присутни у прекомерним концентрацијама (Рајевић и сар., 2016). Различите врсте поврћа, воћа и житарица имају различите способности да апсорбују и акумулирају токсичне елементе, те стога имају и специфичну улогу у животној средини, квалитету ихране људи и животиња, те здрављу популације конзумента (Filipović-Trajković и сар., 2012; Gan и сар., 2017; Mawarі и сар., 2022; Рајевић и сар., 2018; Singh и сар., 2010).

Олово (Pb)

Средње вредности акумулираног олова свих узоркованих биљних врста (мониторинг 2018 године) биле су испод максимално дозвољених вредности (3,0 µg/g суве масе), док су регистроване концентрације олова током мониторинга 2022 године премашиле МДК вредности у сувој биљној маси корена шаргарепе, цвекле, листовима першуна и плоду паприке на локалитету Косовске Митровице (лок. 7), такође, високе концентрације олова забележене су и у листовима блитве гајене на подручју Грачанице

(лок. 5). Добијени резултати показују да са повећањем удаљености од извора контаминације, концентрација тешких метала у биљним органима опада. Објављени резултати који се односе на садржај олова и кадмијума у ткиву десет биљних врста гајених на потенцијално загађеним локалитетима територије општине Косовска Митровица, као и на контролном локалитету општине Лепосавић, јасно указују на нижи степен загађења који је регистрован пре више од деценије (Mirecki и сар., 2015). Иако је у погледу дистрибуције тешких метала констатована значајна варијабилност у односу на врсту, орган и локалитет гајења, резултати наших истраживања су показали да се Pb најчешће акумулира у подземним органима, потом у листовима биљака, у поређењу са плодовима и семенима. Filipović-Trajković и сар. (2012) су константовали управо велику генотопску варијабилност концентрације олова у биљкама гајеним на различитим локалитетима територије Косова и Метохије, која је истовремено зависила и од испитиваног органа. Поменути аутори наводе да су највеће забележене вредности акумулираног олова биле у листовима купуса (49,75 µg/g), плоду паприке (13 µg/g) и кртоли кромпира (8 µg/g) што се тиче поврћа, док су највеће концентрације овог тешког метала у воћу детектоване у плодовима купине (136 µg/g), шљиве (26,75 µg/g), шипурка (24,75 µg/g), крушке (13,25 µg/g) и јабуке (8,75 µg/g). Треба напоменути да су ови резултати највећим делом, у сагласности са нашим резултатима који се односе на испитивање загађења територије општине Косовска Митровица.

Ранија истраживања садржаја тешких метала у зеленој салати и луку гајеним на контаминираним земљишту северног дела Косова и Метохије (Звечан, Бело Брдо, Гувниште и Житковац), указују да су концентрације Pb и Cd била изнад максимално дозвољених вредности како у корену тако и у листовима испитиваних биљака, што је слично нашим резултатима и указује на сличан тренд загађења (Babincev, 2018). Такође, слично нашим подацима, на тренд акумулације тешких метала у поврћу, гајеном на загађеним локалитетима, указују и подаци Рајевић и сар. (2018), који су у свом четворогодишњем истраживању добили резултате где је чак 46% анализираних узорак листова спанаћа имало садржај олова већи од 3 µg/g, 38% узорак корена шаргарепе, 25% узорак плода парадајза, 23% узорак цвета броколија, 17% корена / листова першуна и корена цвекле, 13% плода паприке и цвета карфиола, 8% луковице црног лука и 4% узорак кртоле кромпира. Са друге стране, истраживања вршена у Мардану (Пакистан) наводе да су вредности кадмијума у кукурузу (0,82 mg/kg) и пшеници (0,64 mg/kg) биле далеко изнад дозвољених граница (Khan и сар., 2024). Акумулација

испитиваних тешких метала у парадајзу из Индије пронађена редоследом $Zn > Mn > Cu > Ni > Pb > Co$, док су концентрације Cd премашиле дозвољене границе, што се поклапа са нашим подацима (Gupta и сар., 2022). Исто тако, нивои As, Pb, Cd, Cr и Hg прелазили су препоручене вредности у узорцима поврћа из централне Етиопије, са концентрацијама у распону од 1,93–5,73, 3,63–7,56, 0,56–1,56, 1,49–4,63 и 3,43–4,23 mg/kg, респективно, како су описали у својој студији Gebeyehu и Bayissa (2020).

Рајевіс и сар. (2012) наводе да су концентрације олова код испитиваног поврћа са околних пијаца (АП Војводина) премашивале МДК у плоду парадајза 2011 године (9,31; 6,40 и 3,23 $\mu\text{g/g}$), луковици црног лука (4,27 $\mu\text{g/g}$), корену шаргарепе (3,83; 3,60 и 3,61 $\mu\text{g/g}$), цвасти карфиола (5,67 и 3,41 $\mu\text{g/g}$), цвасти броколија (6,69 и 6,13 $\mu\text{g/g}$), плоду паприке (3,72 и 8,30 $\mu\text{g/g}$), корену пашканата (6,29 $\mu\text{g/g}$), корену першуна (4,42; 3,89 и 6,00 $\mu\text{g/g}$) и листовима спанаћа (8,32; 9,07; 8,83 и 6,56 $\mu\text{g/g}$), што је слично нашим подацима из загађених подручја. У поређењу са подацима из сличних истраживања, садржај олова код биљака које су гајене у близини рударских подручја варирао је од 0,08 mg/kg до 2,45 mg/kg (Gebeyehu и Bayissa, 2020; Li и сар., 2018; Liang и сар, 2019; Micić и сар., 2015; Pirovan и сар., 2019). Ови резултати истраживања указују на значајно мање загађење у поређењу са нашим резултатима који се односе на концентрације Pb у анализираном поврћу гајеном у региону Грачанице и Косовске Митровице (лок. 5 и 8). Међутим, акумулација олова на осталим испитиваним локалитетима била је у границама нормале, што се поклапа са подацима које су објавили Micić и сар., (2015) у свом истраживању поврћа које је гајено на територији Косова и Метохије.

Кадмијум (Cd)

Добијени резултати јасно индикују генотопску специфичност у усвајању, акумулацији и (ре)транслокацији Cd, односно, испитиване врсте су се значајно разликовале по садржају овог метала, нарочито у зависности који је биљни орган као јестиви, коришћен за истраживање (надземни, или подземни). Садржај Cd у биљним врстама и специфичним органима узоркованим у мониторингу 2018. године био је значајно већи од МДК вредности (0,3 $\mu\text{g/g}$ суве материје), што је нарочито било испољено у корену шаргарепе, где су констатоване изузетно високе концентрације, од 1,06 до 1,66 $\mu\text{g/g}$, у зависности од места узорковања и сугерише да се шаргарепа може сматрати хиперакумулатором за Cd. Такође, изузетно високе концентрације Cd, које су се зависно од локалитета, кретале у интервалу од 0,59 до 0,77 $\mu\text{g/g}$ измерене су у

плодовима парадајза; у плодовима паприке регистровано је од 0,59 до 1,04 $\mu\text{g/g}$ Cd; у плоду крушке од 0,55 до 0,92 $\mu\text{g/g}$; у плоду јабуке, од 0,70 до 0,82 $\mu\text{g/g}$; у семену кукуруза, од 0,87 до 1,61 $\mu\text{g/g}$. Слично нашим резултатима мониторинга, Li и сар. (2016) наводе да је чак 60% врста поврћа узгајаних у пластеницима лоцираним у близини извора загађења, прелазио дозвољене концентрацијске нивое за Cd. Поред тога, ови аутори су закључили да воћно поврће (парадајз, карфиол) има нижи садржај Cd у поређењу са лиснатим и коренастим поврћем. Према истраживању Iya и сар., (2025) концентрације Cd, Ni и Pb у плоду паприке износиле су 1,61, 0,54 и 0,48 $\mu\text{g/kg}$, респективно, док су концентрације Cd, Ni и Pb у парадајзу биле 0,49, 0,29 и 0,25 $\mu\text{g/kg}$. Аутори наводе да је концентрација свих тешких метала у парадајзу била изнад препоручене границе коју је поставила FAO (2020). Резултати трогодишњег мониторинга спроведеног од стране Рајевис и сар. (2012) наводе на закључак о постојању контаминације кадмијумом поврћа са локалних Новосадских пијаца, пошто су у појединим узорцима плодова парадајза регистроване концентрације Cd износиле 1,17, односно, 0,81 $\mu\text{g/g}$ у сувој маси, корену шаргарепе, 0,71, односно, 0,35 $\mu\text{g/g}$, цвасти броколаја, 2,37 $\mu\text{g/g}$, плоду паприке, 0,96, односно, 0,74 $\mu\text{g/g}$, корену пашканата 1,09 $\mu\text{g/g}$, као и у листовима спанаћа, 1,34; 1,35; 0,89; 0,91 и 0,85 $\mu\text{g/g}$. Наведене концентрације се могу сматрати сличним са концентрацијама које су добијене у нашим истраживањима, тако да се осим индикације загађења животне средине, може потврдити и биоиндикаторска улога испитиваних биљних врста.

Концентрације Cd које су измерене у узорцима биљних врста у мониторингу 2022. године биле су изузетно високе, тако да је вредност стандарда МДК од 0,3 $\mu\text{g/g}$ Cd у сувој биљној маси, премашена у чак 99% од укупног броја анализираних узорака. За разлику од листова блитве са подручја насеља Липљан (испитивани локалитет б), где је акумулација кадмијума износила 0,28 $\mu\text{g/g}$, (што је и једина вредност испод МДК), изузетно високе концентрације кадмијума регистроване су на територији општине Косовске Митровице и износиле су: у корену цвекле 5,84 $\mu\text{g/g}$, листовима першуна 3,50 $\mu\text{g/g}$ и у корену шаргарепе 1,77 $\mu\text{g/g}$. Локалитет Косовска Митровица показао се као изузетно оптерећен оловом, што је и очекивано јер се град налази у индустријској регији која је позната по експлоатацији и топљењу руде олова и цинка „Трепча“ као и фабрики суперфосфата (вештачких ђубрива и сулфатне киселине). У близини локалитета Грачаница налаза се велико јаловиште, које је резултат вишедеценијског експлоатисања руда из рудника Кишница, а које је оптерећено изузетно високим концентрацијама

тешких метала, као што су: олово, цинк, арсен, антимон, жива, кадмијум, бизмут, те флотационим реагенсима, као што су цијаниди, сулфати и хидроксици. Стога се у већини биљних врста са ових локалитета детектују високе концентрације олова.

Рајевић и сар. (2018) наводе да је 30% испитиваних узорака поврћа гајеног на различитим локалитетима покрајине Војводина, имало концентрације Cd око МДК вредности дефинисаних националним стандардима за Cd: најнижа просечна концентрација Cd је откривена у цветовима карфиола (0,12 µg/g), а највиша у листовима спанаћа (0,48 µg/g), што је изнад МДК. Високе просечне вредности Cd откривене су и у корену шаргарепе (0,29 µg/g) и плодовима парадајза (0,27 µg/g).

Генерално, на основу наших резултата, може се закључити да су у корену и листовима испитиваних биљних врста регистрована већа концентрација Cd, док је у плодовима и семенима регистрована мања акумулација испитиваних метала, што је у вези са факторима биоконцентрације и транслокације, специфичним за биљну врсту и за хемијска својства метала. Ови налази су у складу са резултатима бројних студија из различитих делова света у којима се описује усвајање, транспорт и акумулација Cd у биљној храни узоркованој са различитих рударских подручја (Lăcătu и сар., 2008; Li и сар., 2018; Manea и сар, 2020; Teranosyan и сар., 2020)

Никал (Ni)

Резултати мониторинга 2018. године, показали су да су највеће концентрације Ni забележене на територији општине Грачаница (локалитет 5): плод паприке (3 µg/g), затим плод парадајза (2,26 µg/g), плод крушке (2,01 µg/g), корен шаргарепе (1,75 µg/g), семе / плод кукуруза (0,97 µg/g), док је садржај Ni у плоду јабуке био нешто нижи (0,74 µg/g). Међутим, када се говори о свим забележеним концентрацијама Ni, без обзира на биљну врсту, односно локалитет узорковања, највеће вредности Ni регистроване су на локалитету насеља Племетина, у корену шаргарепе 1,82 µg/g, а истовремено су и најниже вредности овог метала регистроване у семену кукуруза, 0.85 µg/g на истом локалитету, што говори о специфичности акумулације и дистрибуције метала када се усвоје кореном. Иако су добијени резултати били изузетно варијабилни, може се закључити да је садржај Ni у биљном ткиву показатељ укупног загађења металима.

У мониторингу који је спроведен 2022. године, велика варијабилност и веће концентрације Ni, у интервалу од 3,13 до 18,44 µg/g детектоване су у листовима першуна на свим локалитетима, док је код осталих биљних врста садржај никла био доста нижи

(шаргарепа 1,38 – 3,01 $\mu\text{g/g}$; парадајз 1,38 – 4,12 $\mu\text{g/g}$; блитва 2,34 – 3,97 $\mu\text{g/g}$; цвекла 2,04 – 4,18 $\mu\text{g/g}$; паприка 1,82 – 6,01 $\mu\text{g/g}$; пшеница 1,2 – 2,49 $\mu\text{g/g}$; кукуруз 1,44 – 2,75 $\mu\text{g/g}$).

У студији коју су објавили Parveen и сар. (2003) од испитиваних 88 узорка воћа и поврћа прикупљених са локалних пијаца у Пакистану, садржај Ni се кретао од вредности испод граница детекције до 9,05 $\mu\text{g/g}$. Насупрот томе, концентрација Ni била је неколико пута виша од наших резултата у студији која је спроведена на различитом поврћу из супермаркета у Француској (воћно поврће 8,79 mg/kg, лиснато поврће 6,51 mg/kg, коренасто поврће 5,36 mg/kg суве масе) (Cherfi и сар., 2016). Садржај никла испитиваног поврћа са пијаца у АП Војводини кретао се од 0,70 $\mu\text{g/g}$ до 6,93 $\mu\text{g/g}$ суве масе (Рајевић и сар., 2018), што је донекле слично нашим подацима.

Испитивањем садржаја (Pb, Cd и Ni) у биљним врстама у оквиру двогодишњег мониторинга може се закључити да је 99% анализираних узорка свих испитиваних биљних врста имало садржај кадмијума већи од 0,3 $\mu\text{g/g}$ суве масе (МДК вредност). Резултати показују да је код већине биљака у чијим ткивима су пронађени екстремно високи нивои Cd, забележен и висок садржај Pb, што недвосмислено говори о позитивној корелацији и извесном степену синергизма. Депоније, заједно са јаловином из рудника и отпадним супстанцама у близини канала и путева главни су извори загађења ваздуха, земљишта и воде. Емисија прашине коју разноси ветар такође је један од извора контаминације ваздуха и земљишта металима, као што су Pb, Cd и Cr, јер се депоновани атоми и јони метала на честицама прашине из ваздуха таложе и дренирају у земљиште, или се падавинама такође спирају и таложе у земљишта, или водене токове, надземне и подземне (Ettler и сар., 2012). Подаци добијени у овој тези потврђују образац, да је поврће узгајано на местима изложеним прашини коју носи ветар имало већи садржај тешких метала у својим ткивима. Загађење животне средине изазвано овим опасним хемијским елементима – полутантима, има значајан утицај на људско здравље, не само на локалном и регионалном нивоу, већ и на глобалном нивоу (Liu и сар., 2018). Стога је неопходно контролисати производњу хране, што укључује праћење услова раста, заједно са хемијским саставом биљака, како би се добили вредни подаци за скрининг. Узимајући у обзир све горе наведено, утицај различитих абиотских фактора у комбинацији са антропогеном активношћу снажно доприноси укупном загађењу поврћа, воћа и житарица и може имати несагледиве негативне последице по здравље конзумента.

5.2 Пластеник (2018. и 2022. године)

5.2.1. Квалитет земљишта за гајење биљака у пластенику и стакленику

Поређењем садржаја тешких метала у узорцима земљишта испитиваних локалитета са установљеним стандардима квалитета земљишта (Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту; Службени гласник РС, 23/1994), констатовано је да су концентрације Pb, Cd и Ni прекорачиле максимално дозвољене концентрације прве истраживачке године, те да пољопривредно земљиште локалитета Грачаница у близини несанираног јаловишта рудника Кишница има највиши садржај тешких метала у односу на остале локалитете. Такође, високе концентрације олова забележене су друге истраживачке године (2022) у земљишту локалитета Липљан који је после Грачанице најближе јаловишту рудника Кишница, што несумњиво издваја јаловиште као значајан извор загађења животне средине. Добијени резултати су у корелацији са резултатима истраживања које су спровели Gulap и сар. (2017), а који су се односили на концентрације As, Cr, Cu, Ni и Pb у земљишту у околини Приштине (Косово и Метохија) и које су биле углавном веће од стандарда дефинисаних као максимално дозвољене да би се земљиште сматрало незагађеним. Korça и Demaku, (2020), су међутим, на основу хемијског скрининга пољопривредног земљишта у околини рудника Кишница, констатовали значајно мање загађење, јер су концентрације већине испитиваних тешких метала биле испод граница индикације контаминације. Резултати истраживања земљишта из старих рударских подручја у Румунији (Maпea и сар., 2020) указују на значајну варијабилност садржаја тешких метала зависно од удаљености од емитера загађења, али и од врсте метала. Степен контаминације је био изражаван у односу на румунске прописе о квалитету земљишта, а констатовано је да су рудници изузетно опасни емитери тешких метала, пошто су на појединим локацијама нађене високе концентрације Pb (и до 100 mg/kg), Zn (300 mg/kg), концентрација Cd у земљишту била је два пута већа од максимално дозвољене, док је ниво Cu био повећан чак 20 пута; истовремено, концентрација Ni је била испод референтне вредности (20 mg/kg). У студији која је спроведена у рударском подручју града Алаверди (Јерменија), концентрације тешких метала Cu, Zn и As у свим испитиваним узорцима земљишта су премашиле МДК вредности; садржај Cd и Ni је премашио дозвољене концентрације од 2 mg/kg, односно, 80 mg/kg, само у једном узорку земљишта, док је садржај Pb у већини узорка земљишта био већи од МДК вредности (65 mg/kg) (Pіroyan и сар., 2019). Осим

наведених, и бројни други радови указују да је рударење и развој металне индустрије озбиљан извор загађења пољопривредног земљишта тешким металима. Стога је осим сталне контроле квалитета земљишта и поступања у односу на добијене резултате у циљу заштите животне средине, неопходно удаљити баште и њиве од рудника и јаловишта и спречити да се индустријске и комуналне отпадне воде загађене тешким металима користе за заливање усева.

Иако је земљиште које је донето за постављање наших експеримената са локалитета Племетине и Прилужја у обе истраживачке године било релативно незагађено, јер су средње вредности свих испитиваних метала биле су у оквиру МДК вредности за пољопривредна земљишта, не могу се занемарити резултати Korça и сар. (2016) који су на основу резултата истраживања спроведених у ранијем периоду на сличним локалитетима територије Косова и Метохије, закључили да постоји јасна индикација загађења земљишта у околини термоелектране Косово Б, односно, да су узорци „земљишта“ са депоније пепела термоелектране имали високе концентрације тешких метала, као што су As, Cd, Cr, Co, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, које су прелазиле дефинисане максимално дозвољене вредности према међународним стандардима. Ови подаци потврђује чињеницу да полутанти ослобођени у животну средину из термоелектрана, односно њихових депонија, имају велики утицај на околна пољопривредна земљишта. Ћијић и сар. (2016) такође наводе као резултат својих истраживања, да је од великог броја тешких метала чији је утицај на загађење животне средине испитиван, највећи фактор контаминације у чак 95 узорака земљишта који су узорковани у близини ТЕ Никола Тесла у Обреновцу утврђен за Ni, Zn, Co и Cd. Велики негативни утицај емитера тешких метала као што су термоелектране, потврђују и резултати Dragović и сар. (2013) који наводе да су у земљишту које се налази у околини ТЕ Никола Тесла највеће вредности од свих испитиваних метала детектоване за Hg и Cd. Истовремено, Marković и сар. (2010) у свом истраживању наводе да су концентрације Pb, Cd, Cu и Zn у земљиштима узоркованим у Обреновцу, Сланцима и Овчи у складу са МДК, што се поклапа са нашим подацима за специфичне локалитете. Садржај полутаната у околини (великих) загађивача варијабилан је и зависи од бројних фактора, од којих свакако доминантни утицај имају интензитет и квалитет саме производње (количина ископане руде, количина произведене енергије у ТЕ, квалитет примењене технологије), али се свакако не може занемарити литогено порекло метала, те еколошки чиниоци, тј. количина и дистрибуција падавина, температура ваздуха и земљишта, ниво подземних вода и др.

Tóth и сар. (2016) су испитивањем негативног утицаја интензивних рударских и индустријских активности, са акцентом на садржај тешких метала, у пољопривредном земљишту различите удаљености од емитера, у неким државама ЕУ, регистровани високе концентрације олова у деловима централне Италије, Француске, Немачке и Велике Британије, док су највеће концентрације никла детектоване у Грчкој; региони са највишим просечним концентрацијама кадмијума регистровани су у Ирској и Грчкој. Наши подаци који указују на варијабилност садржаја тешких метала у земљиштима узетим за подлоге у експериментима у пластенику зависно од врсте и удаљености емитера загађења, у сагласности су са литературним подацима из сличних испитивања (Малеа и сар., 2020; Піроуан и сар., 2019). Овде је потребно истаћи да је динамика земљишног хемијског састава у корелацији са бројним климатским / еколошким чиниоцима, као што су пре свега, падавине, односно, земљишна и атмосферска влага, те динамика температурних екстрема током године. Истовремено варијабилност хемијског састава земљишта под утицајем је и интензитета рада рудника и количине / хемијског састава отпадних материја које се свакодневно излучују у спољашњу средину. На крају, узимајући у обзир уобичајене распоне концентрација проучаваних тешких метала у земљишту из литературе, као и најчешће вредности везане за њихову просечну количину у Земљиној кори испитана земљишта могу се сматрати незагађеним, јер су концентрације одабраних тешких метала унутар распона типичних за земљишта (Abollino и сар., 2002; Alloway, 1990; Службени гласник РС, 23/1994), изузетак чине локалитети 5. и 6. (Грачаница и Липљан), који се могу класификовати као загађена земљишта према стандардима дефинисаним у Службеном Гласнику РС, 23/1994.

5.2.2. Утицај третмана земљишта на клијање семена и морфолошке параметре раста младих биљака

Загађење животне средине токсичним супстанцама представља велики еколошки проблем и важан фактор у процени порекла различитих болести, што доприноси јаснијем дефинисању општег стања здравља популације и креирању стратегије за превенцију различитих болести. Утицај тешких метала на људско здравље је нарочито уочљив због тога што у условима контаминираних животне средине, због повећане апсорпције и акумулације у биљкама, тешки метали улазе у ланце исхране, круже у природи и акумулирају се у површинском слоју земљишта, те се дугорочно, њихова концентрација у земљишту повећава уколико се полутанти не „износе“ из земљишта

чишћењем различитим физичко-хемијским методама или коришћењем фитоекстракције као „зелене технологије“ (Filipović-Trajković и сар., 2012; Рајевић и сар., 2018). Различите токсичне супстанце у животној средини, изазивају бројне морфолошке, биохемијске, физиолошке и молекуларно-генетичке промене у живим организмима (биолошким системима), од којих су биљке, као аутотрофни организми, посебно под утицајем различитих токсина, посебно тешких метала, због њихове примарне улоге у трофичким ланцима.

Осим апсорпције, транспорт тешких метала од корена до надземних делова у зависности од фазе током растења и развића биљака, битно одређује степен поремећаја метаболизма и истовремено, квалитет и здравствену исправност биљака које се користе као храна (Li и сар., 2005). Негативни ефекти штетних материја, првенствено тешких метала, на биљни метаболизам јављају се у првој фази морфогенезе, тј. током клијања семена, као и током вегетационог периода раста и развоја биљака (Kumar и Jayaгaman, 2014; Shafiq и сар., 2008). Стога је од интереса било испитати и утицај квалитета земљишта / загађења на клијавост, односно, на степен адаптације биљака већ на почетку вегетационог периода.

Проценат клијавости семена, као и морфолошки параметри раста биљака варирали су у нашим експериментима зависно од биљне врсте, али и од квалитета земљишног супстрата, односно, од испитиваног локалитета (концентрације загађивача из земљишта и удаљености од емитера). Поред разлике у клијавости семена, постојале су евидентне разлике и у дужини листова, висини стабљике и дужини коренова код биљака које су посађене и које су расле у земљишту различитих локалитета. Највећи број проклијалих семена у експерименту вођеном у пластенику 2018. године забележен је код биљака ротквице на земљишном супстрату који одговара локалитету насеља Племетина, чак 93%, а такође и код биљака зелене салате на истом земљишном супстрату (Племетина), 89%. Семена ражи и грахорице на супстрату који одговара загађеном локалитету Грачанице показала су се као веома отпорна јер су имала релативно високе процене клијавости; најмањи проценат клијавости свих гајених биљака забележен је на најзагађенијем третману локалитета депоније пепела ТЕ Косово Б. Резултати упућују на јасну зависност потенцијала клијавости семена од биљне врсте, али и од количине и врсте загађења у земљишту, јер је повећање концентрације токсичних супстанци у земљишту узроковало смањење процента клијавости, уз истовремено и смањење висине младих биљака, што је тенденција у сагласности са

результатима које су добили Trajković и сар. (2006). Поред генетичке специфичности и количине и врсте загађивача / токсина у супстрату, познато је да на клијавост семена значајно утичу и бројни други фактори који се не смеју занемарити, пре свега, то су садржај органске материје и нутријената у земљишном супстрату, као и рН земљишта, пошто је доказано да кисела средина повећава усвајање тешких метала и њихов негативан утицај на растење и развиће биљака од момента клијања до краја вегетационог циклуса (Plić и сар., 2015). Добро је познато да Pb спречава клијање семена, а његова токсичност зависи од низа карактеристика земљишта, укључујући рН, биљну врсту, капацитет размене угљеника и органску материју земљишта (Bashir и сар., 2024). Према литературним подацима, Cd и Pb инхибирају усвајање есенцијалних елемената и њихов транспорт до надземних органа, узрокујући хлорозу и некрозу листова, као и неправилан раст и развој младих органа (Alloway, 1990; Kabata-Pendias, 2004, 2010). Клијавост семена паприке (*Capsicum annuum* L.) и парадајза (*Solanum lycopersicum* L.) као и раст младих биљака гајених на супстратима рудника Кишница и депонији пепела ТЕ Косово Б (на дубинама супстрата од 20 cm и 40 cm), зависила је према резултатима Stanković-Porić и сар. (2018), од количине полутаната који су били присутни у земљишним супстратима, тако да је доминантно била испољена негативна корелација. Осим тога, резултати наведеног истраживања показали су да није постојало значајних разлика у висини стабла и дужини листова испитиваних биљака до 28 дана од почетка клијања, када је дошло до наглог раста биљака на контролном – незагађеном локалитету.

На крају експеримента вођеном у пластеничким условима 2018. године, најмања дужина листова измерена је на најзагађенијем супстрату локалитета депоније пепела ТЕ Косово Б код биљака ротквице и зелене салате, док је код биљака ражи и грахорице то био случај на третману локалитета Племетина. Највећа варијабилност овог морфолошког параметра у зависности од загађења / локалитета, констатована је код биљака зелене салате. Негативни утицај загађења на раст биљака, највише је био уочљив код биљака ражи, где је највећа просечна висина стабла (114,33 cm) констатована на третману локалитета Липљан, а најмања на најзагађенијем третману локалитета депоније пепела ТЕ Косово Б (47 cm). Дужина коренова биљака је параметар који поуздано указује на стабилност минералне исхране, односно, недостатак есенцијалних макронутријената условљава адаптивно продужење коренова у дубину супстрата уз истовремено смањење суве масе. Наши резултати управо подржавају научну чињеницу да због повећаног усвајања тешких метала и антагонистичког односа јона метала у

односу на јоне макронутријената (нитрате, фосфате и др.) на јонским каналима и транспортерима коренских ћелија, у контаминираним земљишту, испољава се дефицијенција макронутријената и последично, најмања дужина корена забележена је код биљака зелене салате и ротквице гајених на третману локалитета депоније пепела ТЕ Косово Б, односно, код биљака ражи и грахорице на третману локалитета насеља Племетина.

Упоређивањем % клијавости зависно од подтретмана (+NPK и -NPK) у ексерименту вођеном у пластенику (2022. године), уочљив је и специфичан ефекат додатка нутријената на клијавост: семена ражи су на загађеном земљишту имала клијавост 90%, а додаток нутријената довео до смањења клијавости за чак 20%. Најмањи проценат клијавости семена на подтретману +NPK био је видљив код зелене салате, грахорице, целера и першуна на загађеном земљишту донетом са депоније пепела ТЕ Косово Б. На земљишту донесеном са депоније пепела ТЕ Косово Б није дошло до клијања семена зелене салате, першуна и шаргарепе, док је додаток нутријената (подтретман +NPK), довео до клијања семена и ових врста. Посебно је уочљиво повећање потенцијала клијавости семена шаргарепе, где је додаток нутријената у загађену земљишну подлогу индуковао изузетну клијавост од 90%; семена ротквице су показала бољу клијавост у условима +NPK подтретмана за скоро 30%, док су семена грахорице боље клијала у истом подтретману за више од 20%. Посматрајући остале морфолошке параметре биљака запажају се мање вредности дужине стабла, дужине коренова, свеже и суве масе у оквиру подтретмана -NPK у односу на подтретман +NPK на свим локалитетима, док просечна дужина листова није варијала у зависности од тога да ли су биљке биле гајене без додатка NPK или са додатком макронутријената. За разлику од осталих морфолошких параметара, дужина коренова значајно је варијала код биљака ротквице, зелене салате и грахорице у зависности од године гајења и примењеног третмана, док код биљака ражи нису уочене статистички значајне разлике.

На земљишном супстрату које је репрезентовало јаловиште рудника Кишница није забележено клијање семена, што је повезано са израженом киселошћу супстрата и бржом продорношћу олова у семе, чиме се инхибира ензимски систем који управља процесом клијања и целим метаболизмом (Trajković, 1995). Инхибиција клијања семена под утицајем повећане концентрације олова је последица његовог утицаја на метаболичке процесе, пре свега на процес ћелијског дисања, што условљава губитак виталности семена и смањење продукције енергије (АТФ) у ембриону (Jamal и сар., 2006;

Mahmood и сар., 2005). Наши резултати за обе истраживачке године, показују да семена тест-биљних врста нису клијала, или није уочен раст биљака након слабог клијања на третману земљишта које одговара изузетно загађеном и хемијски оптерећеном јаловишту рудника Кишница. У истраживању које су спровели Stanković-Porić и сар. (2018) испитиване биљне врсте (паприка и парадајз) на супстрату јаловишта рудника Кишница, након 10 дана од клијања, престале су да расту, добиле плавичасту боју и увенуле. Такође, резултати истраживања Трајковић и сар. (2018) указују на смањење висине стабла, дужине листова као и дужине коренова биљака јечма, кукуруза и пшенице гајених на супстрату јаловишта рудника Кишница у поређењу са контролом (локалитет Липљан).

5.2.3. Утицај третмана земљишта на интраћелијску вредност рН биљака

На смањење раста и инхибицију метаболизма биљака под утицајем загађења спољашње средине, односно, акумулације тешких метала у ћелијама, указује и интраћелијска вредност рН. Овај параметар је одређиван због тога што се може сматрати релативно поузданим индикатором (на ћелијском нивоу) јонског и водног стреса у зависности од врсте и количине акумулисаних полутаната, те степена ћелијске детоксикације и механизма укључених у процес одговора на стрес.

Дескриптивна статистичка анализа резултата који се односе на рН вредност ћелијског сока биљака гајених на различитим третманима земљишта указује да није било значајних разлика у киселости ћелијског сока зависно од загађења / локалитета. Из добијених података, може се закључити да је средња вредност рН ћелијског сока биљака варијала у интервалу од 7,10 до 7,40 за прву истраживачку годину, док је у другој истраживачкој години средња вредност рН ћелијског сока биљака гајених на оба подтретмана била између 7,03 и 7,77. рН вредности ћелијског сока биљака зелене салате, першуна и шаргарепе статистички значајно су варијале у односу на тип земљишта током друге истраживачке године.

5.2.4. Утицај третмана земљишта на активност ензима каталазе (CAT) у семенима

Антиоксидативни ензим каталаза, који значајно доприноси адаптацији биљака на стрес, такође се сматра ефикасним у физиологији клијања (Kibinza и сар., 2011). Активност каталазе у семену и садницама доприноси очувању виталности током

складиштења и раног раста садница (Milošević и сар., 2010). Активност каталазе у семену може послужити као параметар који указује на капацитет клијања (Prodanović и сар., 2007). Постоји велики број радова који указују на зависност промене активности ензима током клијања, те развићем и толеранцијом биљака на стрес (Demirkaya и сар., 2010). Генетички и фактори околине утичу на раст и развиће семена. Када вредност фактора околине превазиђе толеранцију биљке, у ћелији се стварају реактивне врсте кисеоника (ROS) (Chauhan и сар., 2011). ROS утичу на различите аспекте физиологије семена. Антиоксидативни ензими који делују као хватачи ROS-а имају веома важну улогу у процесима током развоја, сазревања и клијања семена, а САТ као један од њих има изузетну улогу у оквиру комплексног механизма клијања семена (Ishibashi и сар., 2008). Значајно повећање активности ензима каталазе најчешће је последица накупљања H_2O_2 , изузетно реактивне оксидативне молекулске форме, што се дешава током поремећаја метаболизма због утицаја различитих екстремних вредности фактора средине, укључујући високе вредности биљкама доступних тешких метала.

На основу резултата добијених за динамику активности САТ током клијања и развића младих биљака, уочена је генотипска варијабилност, што јасно сугерише о специфичној реакцији биљака на загађење, односно, на различиту динамику и интензитет активације физиолошких механизма у процесу адаптације на загађење, тако да је највећа активност САТ на самом почетку клијања (7-ог дана од почетка) забележена код биљака ражи на супстрату депоније пепела ТЕ Косово Б, док је најмања константована код биљака ротквице на третману локалитета Липљан. Овакви резултати сугеришу да се механизми одбране веома рано активирају у најзагађенијим условима, када тешки метали већ током бубрења семена и почетне појаве клијанаца условљавају активацију антиоксидативног ензимског система. Активност САТ у биљкама зелене салате 14-ог дана од клијања била је највећа на третману локалитета Племетина, потом, у клијанцима ротквице на земљишном третману који одговара загађеном подручју насеља Грачаница, као и у клијанцима ражи са истог локалитета. Изузетно висока активност антиоксидативног ензима САТ у младим биљкама-клијанцима, 21-ог и 28-ог дана од почетка клијања измерена је такође код ражи на третману депоније пепела ТЕ Косово Б, што издваја раж као врсту која се може сматрати релативно отпорном на загађење тешким металима управо због ране активације антиоксидативног система одбране на стрес изазван тешким металима.

Добијени резултати указују на то да се ензим САТ, чија је повећана активност индукована како врстом, тако и количином апсорбованих тешких метала може користити као поуздан индикатор-биомаркер отпорности биљака на стрес изазван хемијским загађењем. Иако је регистрована ензимска активност у клијанцима и младим биљкама зависила од биљне врсте и фазе онтогенетског развића, САТ, као део специјализованог физиолошког одбрамбеног механизма који разграђује штетне метаболите (ROS) настале апсорбованим полутантима у безопасне нуспроизводе, има незаменљиву улогу у одбрани биљака од загађења (Bhaduri и Fulekar, 2012; Nešić и сар., 2005).

Додавање макронутријената у загађени земљишни супстрат мења динамику активности САТ клијанаца и младих биљака, пре свега због тога што смањује доступност тешких метала семенима која клијају и касније током развића младих биљака, на шта указују резултати добијени у експерименту вођеном 2022 године, где су регистроване разлике како између биљних врста у оквиру истог подтретмана, тако и између врста гајених на различитим подтретманима. У нашем експерименту регистрована је већа варијабилност ензимске активности код биљака ротквице, зелене салате и ражи уз додатак нутријената, док су биљке грахорице имале већу антиоксидативну активност на третману без додатих макронутријената на загађеном локалитету насеља Грачанице. За већину осталих испитиваних биљака (целер, першун, шаргарепа) може се закључити да је постојала варијабилност активности САТ зависно од квалитета земљишног супстрата, али да се са сигурношћу не може тврдити да је додатак ђубрива NPK сигнификантно утицао на активност антиоксидативног ензима САТ, бар не у испитиваној фази развића биљака.

Узимајући у обзир добијене резултате, може се закључити да је одбрамбени потенцијал биљака изложених различитим стресорима у највећој мери генетски одређен, те да је специфичан за дату врсту, а повећана активност САТ у биљкама изложеним загађењу представља један од механизма детоксикације којим биљке реагују на стрес као сигнал за алтернативну експресију гена и синтезу протеина-ензима са важном улогом у детоксикацији и елиминацији штетних метаболита, у првом реду, то су слободни радикали (ROS).

5.2.5. Утицај третмана земљишта на садржај органских киселина у наклијалим семенима

Поред испитиваних морфолошких параметара и активности атиоксидативног ензима каталазе, у циљу дефинисања метаболичког статуса биљака изложених штетном дејству полутаната, испитиван је и садржај укупних органских киселина (јабучна, лимунска, аспартатна и др.), важних интермедијера бројних есенцијалних биохемијских процеса, пре свега, ћелијског дисања, синтезе протеина и липида и др. (Osmolovskaya и сар., 2018). Органске киселине имају изузетно важну и незаменљиву улогу у стварању хелата са тешким металима, те стога учествују у њиховој секвестрацији и детоксикацији у биљним ћелијама. Повећан садржај органских киселина у биљној ћелији указује на усмереност метаболизма ка одбрани ћелија од штетног утицаја акумулираних тешких метала у смислу њиховог неутралисања хелатинирањем и секвестрацијом у вакуоле (Boominathan и Doran, 2003; Трајковић и сар., 2005а). Због овакве улоге, параметар динамике садржаја органских киселина у клијанцима биљака изложених различитим облицима контаминације земљишног супстрата испитиван је у сврху биоиндикације загађења. Динамика укупног садржаја органских киселина прве истраживачке године у клијанцима биљака на четири земљишна третмана, зависила је значајно од биљне врсте, као и од загађења. Највећи садржај органских киселина имали су поници ротквице и зелене салате, док су поници ражи и грахорице имали и до десет пута мањи садржај органских киселина, без обзира на старост. Слично нашим подацима, Костић, (2015) у свом раду наводи да је висок садржај органских киселина регистрован код биљака гајених на земљишту територије насеља Грачанице. Међутим, посматрајући садржај органских киселина друге истраживачке године, њихов већи садржај у свим биљним врстама забележен је на земљишном подтретману без додатка ђубрива (-NPK) у односу на други (+NPK), тако да се може констатовати је додатак макронутријената сигнификантно утицао на смањење садржаја органских киселина у односу на први подтретман где су биљке гајене без додатка ђубрива. Ово се може објаснити чињеницом да апсорбовани нутријенти улазе у бројне процесе ћелијског метаболизма, од којих је свакако синтеза аминокиселина и касније, синтеза протеина / ензима, најважнија. Према томе, усвојени азот у нитратној и амонијачној форми, везујући органске киселине које представљају интермедијере ћелијске респирације (и других биохемијских процеса) и главне прекурсоре у процесу синтезе аминокиселина, мобилише слободне органске киселине (Arnold и сар., 2015).

Сувишак тешких метала, утицао је генерално на повећање садржаја органских

киселина у биљкама гајеним на земљиштима која се налазе у близини загађивача, те се може претпоставити да дугорочне рударске и индустријске активности у подручју централног Косова имају велики утицај на физиолошке и биохемијске процесе у биљкама, на њихове биохемијске карактеристике и коначно, на нутритивни квалитет.

5.2.6. Утицај третмана земљишта на садржај макроелемената фосфора (%P) и калијума (%K)

Фосфор представља значајну компоненту нуклеинских киселина, конституент је ћелијских мембрана као и компонента бројних органских једињења, кључан је за синтезу АТР-а. Делује заштитно уколико биљке расту у условима изложености тешким металима, тако што формира нерастворљиве метало-фосфатне комплексе, имобилишући или уклањајући тешке метале (инкапсулација) у ћелијама, тако да метали не оксидују есенцијалне биомолекуле и не нарушавају интегритет ћелијских мембрана (Sagwar и сар., 2010). Такође, фосфор подстиче синтезу бројних метаболита / фитохемикалија у ћелији које имају заштитну улогу од бројних стресора, па и од тешких метала. Овај есенцијални макроелемент нормално је заступљен у биљним ткивима у концентрацији од 0,2% до 0,8%, што је био случај и у нашим експериментима у пластенику 2018. и 2022. године. Одступање је уочено код биљака ражи гајених на земљишном третману локалитета депоније пепела ТЕ Косово Б, 2018. године, у којима је измерено свега 0,01% P у сувој биљној маси, што јасно указује да загађење изазива штетне поремећаје у метаболизму биљака. Одступање од уобичајених вредности постојало је и у експерименту 2022. године у оквиру -NPK подтретмана код биљака ражи гајених на третману локалитета Прилужје (1,25%). Слично нашим подацима, (Nikolic и сар., 2014) наводе да су концентрације фосфора код испитиваног поврћа са зелених пијаца варирале од 0,18% до 0,77%. Садржај фосфора у узорцима корена целера прикупљених из Загребачких маркета био је такође сличан и кретао се у интервалу од 0,50% до 0,93% (Jurišić, 2017).

Као и фосфор, калијум такође има заштитну улогу у превенцији токсичних ефеката тешких метала; уобичајени садржај K у сувој биљној маси зависи од биљне врсте и креће се у распону од 0,5% до 5%, док оптималне концентрације у листовима варирају између 1% и 3%. Наши добијени подаци у пластеничким експериментима потврђују да није било одступања од оптималних вредности код испитиваних биљних врста. Највеће регистроване вредности (2018 године) забележене су код биљака зелене

салате на земљишном третману који одговара локалитету Липљан износили су просечно 2,45%, док су најмање вредности (просечно 1,1%) добијене код исте биљне врсте на изузетно загађеном локалитету депоније пепела ТЕ Косово Б, што је било очекивано због повећаног усвајања тешких метала и последично, због јонског антагонизма на каналима и транспортерима, тако да је катјон K^+ био потиснут од стране катјона тешких метала.

Процентуални удео калијума у биљкама које су гајене у пластенику 2022. године кретао се од 1% до 2,45%, зависно од земљишног третмана и био је нешто већи код биљака којима је у земљишни супстрат додато вештачко ђубриво са неопходним макронутријентима. У истраживању које су спровели Nikolic и сар. (2014), просечне вредности К у испитиваном поврћу са загађених локалитета кретале су се у распону од 2,00% до 4,38%, што је значајно више у односу на наше добијене резултате. На основу добијених експерименталних података може се констатовати да тешки метали присутни у сувишку у земљишту, значајно ометају усвајање нутријената који тако постају недоступни за биљке, иако их може бити у загађеном земљишту. Биљке са јако загађених подручја нису у стању да усвајају неопходне елементе у конкуренцији са тешким металима, стога њихов недостатак ремети хомеостазу биљне ћелије у условима абиотичког стреса и изазива бројне системске поремећаје метаболизма, што се манифестује и у видљивим симптомима сувишка тешких метала / недостатка макронутријената.

5.2.7. Акумулација тешких метала (Pb, Cd и Ni) у биљкама

Олово (Pb)

Екстремно високе концентрације акумулираног олова измерене су у ткиву свих биљака, на свим земљишним третманима у оквиру прве истраживачке године, посебно се по контаминацији издваја земљишни супстрат са локалитета Грачаница, где је регистровано неколико десетина пута више Pb у биљкама ражи (135,09 $\mu\text{g/g}$), зелене салате (124,16 $\mu\text{g/g}$), грахорице (104,05 $\mu\text{g/g}$) и ротквице (32,53 $\mu\text{g/g}$). На загађење локалитета Липљан указују такође високе концентрације Pb у зеленој салати (72,03 $\mu\text{g/g}$), грахорици (55,53 $\mu\text{g/g}$), ражи (29,8 $\mu\text{g/g}$) и ротквици (24,03 $\mu\text{g/g}$). На земљишном третману локалитета депоније пепела ТЕ Косово Б, у биљкама зелене салате регистровано је 10 пута више Pb (37,74 $\mu\text{g/g}$) од МДК. Овако велика контаминација биљака се може дефинисати као забрињавајућа, поготово ако се упореди са резултатима

које су добили Мапеа и сар. (2020) у свом истраживању утицаја отпадних материја у близини рударског комплекса на акумулацију Pb у поврћу и воћу и која се кретала у интервалу од 0,08 до 2,45 mg/kg.

Иако је акумулација Pb у експерименталним биљкама друге истраживачке године (подтретман -NPK) уопштено, била нижа у односу на прву годину, контаминација је била евидентна: зелена салата која је била гајена на земљишном третману локалитета Грачанице имала је 4 пута већу концентрацију Pb од дозвољене и износила је 12,83 µg/g. Такође, високим садржајем Pb, издвојиле су се врсте: раж на третману локалитета Племетина (3,95 µg/g), ротквица гајена на третману који одговара локалитету Липљан (3,38 µg/g), као и целер (3,39 µg/g), першун (4,49 µg/g) и шаргарепа (3,52 µg/g) са земљишног третмана који одговара локалитету Грачанице. Садржај Pb у ткиву испитиваних биљака гајених у условима другог подтретмана (+NPK), такође је био у највећем броју случајева изнад МДК (3 µg/g), а издвојиле су се врсте: ротквица (4,41 µg/g), раж (3,35 µg/g), грахорица (4,01 µg/g) и целер (3,08 µg/g), гајене на третману локалитета насеља Грачанице. Такође, треба истаћи и локалитет Липљан као контаминиран и нездрав за гајење поврћа, јер су биљке ротквице (3,38 µg/g), грахорице (3,26 µg/g) и шаргарепе (3,35 µg/g) гајене на њему имале акумулираног Pb преко МДК.

Генерално посматрано, акумулација олова у ткиву испитиваних биљака значајно је била смањена у условима гајења другог подтретмана, где је у земљишни супстрат додато вештачко ђубриво NPK. Познато је да додатак макронутријената азота (N), фосфора (P) и калијума (K), може имати улогу у детоксикацији супстрата: веће присуство главних биогених елемената у исхрани биљака може у значајној мери смањити усвајање токсичних тешких метала кореном, због познате антагонистичке интеракције - компетиције (сличних) хемијских елемената на јонским каналима и носачима у мембранама ћелија корена, при чему ће биљке више усвајати неопходне и метаболички корисне јоне макроелемената на рачун полутаната. Постоје, међутим и резултати истраживања где није јасно дефинисана ова зависност, а такође, није ни откривена значајна корелација између садржаја олова у земљишту и садржаја акумулираног олова у поврћу, што указује на комплексност процеса усвајања елемената из околине, као и да различити абиотички и биотички фактори у својој интеракцији одређују степен биоконцентрације неког елемента у биљном ткиву, али и да земљиште није једини извор контаминације биљака (Gap и сар., 2017). Добро је познато да честице прашине у атмосфери на којима је адсорбовано Pb, након депозиције и дренаже у дубље

слојеве доприносе значајно загађењу земљишта. Повишене концентрације олова могу се јавити и у поврћу из заштићених узгоја, као што су стакленици, као резултат примене стајњака, хемијских ђубрива или пестицида (Khoshgoftarmanesh и сар., 2009). Nikolic и сар. (2014) у свом истраживању наводе да су вредности олова у испитиваним врстама поврћа варирале од $< 0,01 \mu\text{g/g}$ (карфиол, кромпир, цвекла) до $9,31 \mu\text{g/g}$ (парадајз), што слично нашим добијеним резултатима друге истраживачке године у пластенику. Резултати истраживања који су објављени у раду Demirezen и Aksoy (2006), концентрација олова у једанаест врста поврћа кретала су се у распону од 3 до $10,7 \mu\text{g/g}$. Поређењем наших резултата са резултатима који су добијени у истраживањима Marković и сар. (2010) спроведеним на територији градског насеља Обреновац (Србија), еколошки угроженим активношћу термоелектрана, може се констатовати да су наше добијене вредности садржаја Pb у поврћу (из друге истраживачке године), биле нешто ниже. Аутори наводе да су високе вредности Cd (веће од национално дозвољеног нивоa) забележене у узорцима паприке и парадајза на отвореном пољу локације Обреновац 2, док су високе вредности Pb забележене у већини узорака поврћа пореклом са локације Обреновац 1.

Кадмијум (Cd)

Подаци добијени у овом раду указују да је садржај Cd у ткиву испитиваних биљних врста висок, у већини случајева преко МДК ($0,3 \mu\text{g/g}$ суве биљне масе), независно од земљишног третмана / подтретмана, што је индикација изузетне хемијске контаминације испитиваних локалитета. Концентрације Cd у надземним деловима биљака ражи, варирале су прве истраживачке године, зависно од локалитета од $0,44$ до $1,35 \mu\text{g/g}$; у листовима зелене салате од $0,55$ до $1,13 \mu\text{g/g}$; у корену ротквице од $0,44$ до $0,66 \mu\text{g/g}$; у надземним деловима биљака грахорице од $0,46$ до $0,8 \mu\text{g/g}$. Друге истраживачке године, у подтретману без додатка вештачког ђубрива, највеће концентрације кадмијума, три пута веће од дозвољених, регистроване су на третману-локалитету Липљан у биљкама ротквице и зелене салате ($0,98$ и $0,94 \mu\text{g/g}$). Највеће вредности акумулираног кадмијума у оквиру другог подтретмана (+NPK) измерене су на третману који одговара локалитету Липљан у младим биљкама ротквице ($1,34 \mu\text{g/g}$), док су истовремено, и најмање регистроване вредности биле у биљкама ротквице гајене на земљишном третману депоније пепела ТЕ Косово Б ($0,24 \mu\text{g/g}$). Генерално

посматрано, додатак макронутријената у земљишни супстрат није утицао на промену у акумулацији кадмијума.

Резултати пољског експерименту који су спровели Kugonić и Grčman (1999) гајећи шаргарепу и ендивију на 8 локација различите удаљености од извора загађивача у Засавју (Словенија), наводе да су сви узорци шаргарепе осим једног имали концентрацију Cd изнад званично утврђене и максимално дозвољене вредности за поврће. Pirovan и сар. (2019) у свом раду указују на ниже вредности садржаја Cd у испитиваном воћу и поврћу, црном луку (0,14 mg/kg) и кукурузу (0,11 mg/kg), док је садржај Cd у трешњама (0,012 mg/kg), бресквама (0,01 mg/kg), крушкама (0,003 mg/kg) и краставцу (0,002 mg/kg) био мањи. Такође, ниже вредности Cd очитане су у узорцима јабуке, шљиве, грожђа, кромпира и пасуља, док у дрену, смоквама, малинама и зеленом поврћу Cd није детектован (Pirovan и сар., 2019). Са друге стране, резултати истраживања вршених у нашем окружењу (Војводина, Нови Сад), показују да се концентрација Cd у сувој материји испитиваног поврћа кретала од < 0,01 µg/g (пашканат, цвекла) до 2,37 µg/g (броколи). Највећом акумулацијом Cd истицала се лишћарска врста поврћа - спанаћ, а најнижом коренасте врсте цвекле и кромпира (Nikolic и сар., 2014). Ниже вредности кадмијума регистроване су у поврћу са грчких пијаца (Karavoltzos и сар., 2002). Рајевић и сар. (2018) наводе да је чак 30% испитиваних узорака поврћа са различитих локалитета у Војводини имало концентрације Cd близу националних МДК вредности; најнижа просечна концентрација Cd забележена је у цветовима карфиола (0,12 µg/g), а највиша у листовима спанаћа (0,48 µg/g). Истовремено су високе просечне вредности Cd откривене у корену шаргарепе (0,29 µg/g) и плодовима парадајза (0,27 µg/g). Слично нашим резултатима Роров и сар. (2014) наводе у својој студији да су високе вредности Cd очитане у корену шаргарепе у околини Скопља 1,027 µg/g. Бројне студије утицаја загађења на контаминацију хране биљног порекла су потврдиле да лиснато поврће има висок капацитет за акумулацију тешких метала (Агоа и сар., 2008; Chang и сар., 2014; Li и сар., 2016; Zhong и сар., 2018). Штавише, лиснато поврће има већу стопу транслокације метала у поређењу са коренастим (Yang и сар., 2014). Садржај Cd у воћу и поврћу које је гајено у близини рудника у Румунији кретао се од 0,01 до 0,20 mg/kg (Manea и сар., 2020). Arsenov и сар. (2016), у свом истраживању са циљем одређивања хемијске контаминације поврћа гајеног на различитим локалитетима и понуђеним за исхрану становницима Новог Сада и околине путем пијачне продаје,

наводе да је од 11 испитиваних врста поврћа, спанаћ имао највећи садржај метала: Cd (0,89 µg/g), Pb (5,81 µg/g), као и Cr (3,67 µg/g).

Никл (Ni)

Овај есенцијални микроелемент је важан ензимски регулатор са комплексном и разноликом метаболичком улогом. У сувој биљној маси га има од 0.05 до 5 µg/g (mg/kg), а максимално дозвољене концентрације никла (Ni) у намерницама биљног порекла нису јасно дефинисане јер се Ni не сматра полутантом, изузев када се у биљном ткиву нађе у вредностима које премашују физиолошке потребе биљака. Путем намерница уноси се у људски организам и веома је користан, а просечне концентрације Ni за које се може сматрати да повољно утучу на људско здравље су до 2,00 µg/g суве биљне материје. Садржај никла у биљакама гајеним у пластенику прве истраживачке године кретао се у опсегу од 5.55 µg/g до 51.09 µg/g. Високе концентрације никла забележене су код биљака ражи (35,85 µg/g), грахорице (28,52 µg/g) и зелене салате (32,89 µg/g) гајених на третману локалитета Грачанице, као и код биљака зелене салате гајених на земљишним супстратима локалитета депоније пепела ТЕ Косово Б (31,37 µg/g) и Племетина (51,09 µg/g). Према литературним подацима просечан садржај никла у биљкама износи од 0,1 до 5,0 mg/kg суве материје, просечна критична концентрација Ni у гајеним биљкама износи 20 mg/kg, док токсична вредност концентрације овог метала у биљкама износи 30 mg/kg (Kastori, 1997). Ове вредности су далеко више од добијених у нашем истраживању за пластеник 2018 године. Акумулација Ni у сувој маси друге истраживачке године у оквиру подтретмана +NPK била уопштено посматрано, нешто виша у односу на први подтретман и кретала се између 5 и 6 µg/g. Највеће вредности акумулираног никла забележене су код биљака грахорице гајених на третману локалитета Прилужје, док је најмањи садржај овог микронутријента забележен у биљкама шаргарепе, око 3 µg/g. Генерално у оквиру оба подтретмана биљке ражи су акумулирале више никла у односу на друге биљне врсте, па су вредности за први подтретман (-NPK) износиле од 5,69 µg/g до 10,93 µg/g док су у оквиру другог подтретмана (+NPK) износиле од 7,43 µg/g до 12,85 µg/g.

У четворогодишњем истраживању које су спровели Рајевић и сар. (2018), добијени су резултати који указују на сличне, или нешто ниже вредности концентрације Ni у поврћу које је гајено на релативно незагађеним локалитетима и кретао се у интервалу од

0,7 до 6,93 $\mu\text{g/g}$. Pirovan и сар. (2019) у својој студији наводе да је садржај Ni у проучаваном воћу и поврћу био у распону од 0,08 до 3,55 mg/kg, док Nikolic и сар, (2014) наводе да су концентрације Ni у одабраним узорцима поврћа биле у распону од < 0,01 $\mu\text{g/g}$ (кромпир, пашканат, паприка) до 5,37 $\mu\text{g/g}$ (спанаћ).

Садржај Ni у намирницама биљног порекла може бити изузетно низак и према Cempel и Nikel (2006), може да се креће од < 0,1 до 0,5 $\mu\text{g/g}$. Регистроване концентрације Ni у нашим истраживањима биле су више од концентрација овог метала у поврћу узгајаном у урбаним и руралним подручјима Турској (Demirezen и Aksoy, 2006). Резултати истраживања садржаја тешких метала Pb, Cd и Ni, у надземном делу першуна који је гајен у региону рудника бакра „Бучим” (Македонија), показују да није било токсичног ефекта метала на биљке, односно, да су концентрације метала у биљкама биле у уобичајеним границама (Balabanova и сар., 2015). Студија која је спроведена у близини старог рударског комплекса Јужни Карпати (област Баната, Румунија) показује да су просечне концентрације Ni у воћу и поврћу гајеном на овом потенцијално загађеном локалитету биле у границама типичним за биљке, у интервалу од 0,17 до 0,94 mg/kg (Manea и сар., 2020).

5.3. Стакленик (2019.): конвенционална и органска производња поврћа

5.3.1. Акумулација тешких метала (Pb, Cd и Ni) у биљкама

Употреба ђубрива и примена пестицида у тзв. конвенционалној биљној производњи значајно доприноси већем приносу органске материје / хране, међутим свака неадекватна примена која је усмерена искључиво на повећање приноса, доводи до контаминације земљишта бројним штетним и токсичним супстанцама, међу којима тешки метали заузимају важно место (Рајевић и сар., 2016).

На основу дистрибуције олова у биљном ткиву, утврђен је највећи садржај овог метала у листовима першуна, који је вишеструко превазилазио МДК на третману конвенционалне производње (18,29 $\mu\text{g/g}$). Корен целера је у оба третмана акумулирао више Pb у односу на листове, а измерене концентрације биле су веће од МДК (3,0 $\mu\text{g/g}$ суве материје): највећа просечна измерена вредност била је 3 пута већа у третману органског начина гајења (9,79 $\mu\text{g/g}$). Анализа дистрибуције олова у биљкама целера показује да је најмања а уједно и једина, просечна вредност која је испод границе

максимално дозвољених концентрација за олово, забележена у листовима целера (2.34 $\mu\text{g/g}$) који је гајен по стандардима конвенционалне биљне производње, што значи да гајење биљака на органски начин није довело до смањења садржаја Pb.

Генерално, акумулација Cd у корену и листовима све три испитиване биљне врсте прелазиле су МДК од 0,3 $\mu\text{g/g}$, што јасно указује да гајење поврћа по стандардима органске производње такође носи ризик контаминације различитог порекла.

Примена органских ђубрива знатно је смањила акумулацију Ni у корену и листовима биљака целера. Када су биљке першуна у питању, уочене су значајне разлике између начина производње, тако да је примена органских ђубрива условила значајно мању акумулацију Ni. Када је у питању шаргереп, констатоване су сличне вредности акумулације Pb и Cd у корену биљака гајених на оба начина, тако да се може закључити да примена органског начина гајења биљака није имала ефекта на нутритивни квалитет овог поврћа.

Бројни литературни подаци наводе да дуготрајна примена фосфатних ђубрива која често садрже Cd као адитив, има кумулативни ефекат, тј. доводи до нагомилавања метала у земљишту, што може повећати концентрације Cd у вегетативним и репродуктивним деловима биљака (Grant и сар., 2010). У студији коју су спровели Głodowska и Krawczyk (2017) (Пољска), наводи се да је начин производње поврћа утицао на садржај тешких метала: значајно већа концентрација Cd откривена је у празилуку, целеру, шаргарепи, кромпиру и црном луку гајеним на конвенционалној фарми у поређењу са органском. Највећа концентрација Cd у овом истраживању, пронађена је у целеру из органске производње (0,528 mg/kg), односно, 1,08 mg/kg у конвенционално гајеном. Садржај овог елемента у преосталом поврћу био је између 0,049 и 0,170 mg/kg у органски гајеној биљци и од 0,049 до 0,243 mg/kg у конвенционално гајеним биљкама. Није било великих варијација у количини Ni између поврћа из два система гајења, а само је код органског кромпира количина Ni, која је износила 3,87 mg/kg, била значајно нижа него код конвенционалног. Иако је концентрација Pb тежила да буде већа код конвенционално гајеног поврћа, нису пронађене значајне разлике у односу на биљке из органске производње. Поменути аутори наводе да, иако је 64% конвенционално узгајаног поврћа показало виши ниво тешких метала, није могуће недвосмислено тврдити да је органски узгајано поврће безбедније и да садржи мање тешких метала, што су потврдили и резултати нашег експеримента.

За разлику од наших експерименталних резултата, Karavoltzos и сар. (2002) проценили су да већина сертифицираних органских производа може имати нижи ниво Cd и Pb у разним органски произведеним намерницама које су доступне на Грчком тржишту. Слично њима, Barański и сар. (2014) и Brantsæter и сар. (2017) указују да органски произведена храна (воће, поврће, житарице) има ниже нивое токсичних метаболита, укључујући тешке метале попут Cd, као и мање остатака синтетичких ђубрива и пестицида. Веома разнолике резултате који не могу јасно да укажу на предност гајења биљака по стандардима органске производње у односу на конвенционалну, износи у својим истраживањима и Savić (2022), који је пратио разлике у акумулацији Pb и Cd у јестивим деловима биљака шаргарепе, цвекле и кромпира, гајених на ова два начина и које су узорковане са пијаца на територији града Београда. Осим што нису уочене сигнификантне разлике у садржају метала између биљака узгајаних органским и конвенционалним начином, све регистроване вредности у овом истраживању су биле испод максималног нивоа одређеног ЕУ прописима, као и стандардима, односно правилницима Републике Србије.

5.4. Показатељи загађења хране/ здравствене исправности биљака

5.4.1. Индекс загађења металима (MPI)

Индекс загађења металима који је рачунат на основу резултата који се односе на садржај метала у биљним врстама из мониторинга 2018. и 2022. године, може се класификовати као висок, нарочито у случају друге истраживачке године, када се локалитет града Косовска Митровица, показао као најзагађенији локалитет са ког су узорковане тест-врсте. Највеће вредности MPI биле су у корену шаргарепе (4,57), корену цвекле (10,2) и листовима першуна (7,78). Резултати експеримента у пластенику 2018. године, јасно су издвојили зелену салату као изузетног акумулатора испитиваних метала. Друге истраживачке године (2022), укупне вредности индекса загађења металима нису прелазиле вредност 3, изузетак су биле биљке зелене салате гајене у оквиру -NPK подтретмана на земљишту које одговара локалитету насеља Грачаница, где је MPI био већи. Сличне вредности забележене су у стакленику код биљака целера и першуна које су биле гајене конвенционалним и органским начином производње.

У студији која је спроведена у Индији у индустријализованом подручју, испитан је садржај As, Cd, Hg и Pb у земљишту на 6 локација у радијусу удаљеном 10 км од

индустријског центра као и садржај метала у најчешће конзумираном воћу и поврћу које је узгајано у околини. Аутори наводе да је међу испитиваним врстама поврћа највећи индекс (MPI) забележен код белог лука, парадајза и ротквице, док је у поређењу са поврћем, воће показало нижи индекс загађења металима (Mawari и сар., 2022). Рајевић и сар. (2018) наводе да је индекс загађења металима показао различите обрасце загађења металима у одабраном поврћу. Највиши MPI забележен је код спанаћа (2,12), затим код парадајза (1,24), кромпира (1,10), карфиола (1,01), першуна (0,99), паприке (0,96), цвекле (0,95), пашканата (0,92), црног лука (0,83) и шаргарепе (0,80), док је најнижи индекс загађења металима забележен код броколија (0,40).

Gupta и сар. (2022) у свом истраживању потенцијалне контаминације парадајза, наводи да су вредности MPI били испод један, за испитиване тешке метале (Zn, Mn, Cu, Ni, Pb, Co, Cd), што указује на мању акумулацију ових тешких метала у плоду. Balabanova и сар. (2015) у свом раду наводе да ниједна од анализираних повртарских биљних врста (црни лук, бели лук и першун) нема значајну способност биоаккумуляције потенцијално опасних метала, јер су добијене вредности биле $< 0,1$, иако је истраживање спроведено у насељима која се налазе у близини рудника бакра „Бучим”.

5.4.2 Индекс биоконцентрације метала (MBCI)

На основу израчунатих индекса биоконцентрације метала за биљне врсте гајене у два независна огледа у пластеничким условима, недвосмислено се по највећем утицају на акумулацију тешких метала издвојио локалитет депоније пепела ТЕ Косово Б, јер су биљне врсте са овог локалитета имале највеће вредности овог показатеља ($MBCI \geq 1$). На овом локалитету су регистроване екстремно високе вредности MBCI за Pb у биљкама зелене салате (8,03); биљке ротквице и зелене салате са земљишног третмана локалитета Племетина имале су нижи, али такође висок индекс биоконцентрације метала прве истраживачке године, који је износио за ротквицу 1,80, а за зелену салату 3,76. Значајно ниже вредности MBCI за Pb и Cd наводе Mirecki и сар. (2015) у својој студији у којој су MBCI за Cd у свим узорцима контролних биљака били у интервалу од 0,01 до 0,1, док је у загађеном подручју утврђено да је фактор усвајања и биоконцентрације метала од стране тест-биљака био између 0,1 и 0,5. Вредност MBCI за Cd који је износио од 0,01 до 2,0 је био значајно виши у поређењу са MBCI за Pb (0,001-0,2). Лиснато поврће имало је већи MBCI, који се може сматрати и фактором изношења метала из земљишта, у односу на остале испитиване биљне врсте, што сугерише да су листови биљака у

загађеном подручју бољи индикатори контаминације кадмијумом него други биљни органи (луковице, гомољи, плодови, семе) (Filipović-Trajković и сар., 2012; Mirecki и сар., 2015).

Када је у питању биоконцентрација тешких метала код биљака гајених у другој истраживачкој години вредности индекса биоаккумуляције Pb за оба подтретмана, биле су мање од 1 ($MBCI < 1$). Третман који се издваја по највећим вредностима MBCI одговара локалитету депоније пепела ТЕ Косово Б, код свих испитиваних биљних врста у оквиру другог подтретмана. Када су у питању фактори биоаккумуляције за Cd, у оквиру -NPK подтретмана највеће вредности MBCI израчунате су у корену ротквице са земљишних третмана Прилужје (1.04) и Липљан (1.63), затим у листовима зелене салате са земљишних третманима локалитета Племетине (1.03), Прилужја (1.48) и Липљана (1.57), листовима целера са третмана који одговара локалитетима Прилужје (1.40) и Липљан (1.42). Највеће вредности MBCI у оквиру другог подтретмана израчунате су у корену ротквице на земљишном третману локалитета Племетине (1.20), Липљана (2.24), потом у листовима зелене салате на третману локалитета Прилужје (1.20) и листовима целера на третману локалитета Прилужје (1.88).

MBCI израчунати за Pb и Ni у биљкама које су биле гајене у стакленику конвенционалним и органским начином производње, били су мањи од 1. Изузетак је MBPI-Cd који је имао веће вредности у корену испитиваних биљака гајених у условима оба третмана, конвенционалне и органске производње. Добијени резултати указују да је у листовима испитиваних биљака било мање Cd у односу на корен у третману органске биљне производње, што сугерише да је органски начин производње поврћа смањио биоаккумуляцију овог тешког метала у надземним деловима и утицао на ограничену транслокацију Cd у надземне делове.

Генерално, поред закључка да је биоконцентрација Pb и Cd била висока прве истраживачке године на земљишним третманима који одговарају локалитетима депоније пепела ТЕ Косово Б и Племетина, може се констатовати да је усвајање метала-полутаната било јаче изражено на земљиштима у близини извора загађења (ТЕ Косово Б) у односу на земљишта која су се налазила у близини јаловишта рудника Кишница.

Анализа степена акумулације тешких метала у биљкама друге истраживачке године показала је да су вредности MBCI углавном биле ниже од 1 ($MBCI < 1$), што указује на мању акумулацију тешких метала која је највероватније последица употребе

NPK - ђубрива током гајења биљака на загађеним локалитетима. Може се рећи да је додатак макронутријената у загађено земљиште смањио усвајање тешких метала од стране биљака истовремено имајући улогу у активирању одбрамбених механизма биљака у борби са високим концентрацијама тешких метала. Према резултатима истраживања Osaе и сар. (2023), највеће вредности транслокационог фактора (земљиште / биљка) за Cd забележене су код биљака зелене салате и патлицана и износиле су $MBCI-Cd = 1,24$, односно, $1,36$, док су вредности транслокационог фактора за Pb, $MBCI-Pb$ биле од $0,08$ до $0,44$. $MBCI-Ni$ износио је од $0,19$ до $0,43$, што је генерално индикатор ниске транслокације метала из земљишта у корен биљака. Piroуап и сар. (2019) у свом истраживању потенцијалног загађења биљака узгајаних у околини рударског комплекса, наводе да су релативно високе вредности фактора биоконцентрације метала из земљишта у биљку добијене за Hg, Zn и Ni, док су вредности $MBCI$ за Cu, Pb, As и Cd биле ниске у свим испитиваним биљкама.

5.4.3. Транслокациони фактор (Tf)

Вредности транслокационог фактора (корен / лист) у експерименту вођеном у стакленику, указују на нешто другачије резултате: највеће вредности Tf за Pb забележене су код биљака першуна и шаргарепе гајених конвенционалним начином производње ($Tf > 1$), а слично је добијено и када је у питању Tf за Cd код биљака целера и першуна гајених истим начином производње. Када су вредности транслокационог фактора за никл у питању, нису утврђене значајне разлике у односу на начин гајења без обзира на биљну врсту, а $Tf < 1$ сугерише да није било интензивног транспорта овог метала-микронутријента из корена у листове. Добијене вредности транслокационог фактора за све метале који су израчунати за испитиване биљне врсте на третману органске производње и који су сви били мањи од 1 ($Tf < 1$), указују на мању транслокацију метала из корена у надземни део биљке, што је вероватно последица мањег загађења земљишта. Ово потврђују и резултати Balabanова и сар. (2015) који су констатовали већу транслокацију метала из корена у надземне делове биљака першуна гајених на загађеним локалитетима урбаног подручја у близини рудника: $Tf_{(As)} = 1,15$, $Tf_{(Cd)} = 1,27$, $Tf_{(Cu)} = 1,11$, $Tf_{(Pb)} = 1,68$ и $Tf_{(Zn)} = 1,78$.

5.4.4. Коефицијент здравственог ризика (HQ) и индекси неканцерогене опасности (HI)

Добијене вредности акумулације тешких метала, Pb, Cd и Ni у биљкама које су узгајане и коришћене у исхрани становништва територије Косова и Метохије, биле су варијабилне зависно од биљне врсте, али је утицај квалитета земљишта (загађења) / локалитета гајења био изузетно изражен. На основу израчунатих коефицијента здравственог ризика (HQ), може се констатовати да не постоји значајан ризик приликом конзумације испитиваних биљних врста. Највеће вредности HQ за одрасле и децу које су израчунате за биљке узорковане у мониторингу 2018. године регистроване су у плодовима крушке, јабуке, корену шаргарепе и семенима кукуруза са локалитета Грачанице и Липљана, при чему су констатоване веће вредности за децу у односу за одрасле.

Вредност индекса неканцерогене опасности за децу и одрасле у оквиру мониторинга 2018 године је био $HI < 1$, што је генерално посматрано, задовољавајући резултат. Вредности које су веће ($HI > 1$) забележене су у плодовима крушке за децу са локалитета Грачанице и Липљана, што указује на потенцијални здравствени ризик код деце конзумацијом овог воћа. Добијене вредности коефицијента здравственог ризика (HQ) који су израчунати за одрасле у мониторингу 2022. године указују да једино корен цвекле узоркован са локалитета Косовске Митровице, има вредности изнад дозвољене границе. Такође, високе вредности HQ-Pb и HQ-Cd за дечију популацију израчунате су у листовима першуна, корену шаргарепе и цвекле узоркованих са локалитета града Косовске Митровице.

Израчунати HQ на основу добијених резултата у двогодишњем огледу у пластенику указују на високе вредности овог коефицијента за олово у корену ротквице и листовима зелене салате, тако да се може рећи да конзумација ових врста поврћа није безбедна, с обзиром да су вредности $HQ > 1$. Највеће вредности HQ-Pb забележене су за биљке гајене на третману локалитета Грачаница, док су вредности HQ за Ni и Cd биле < 1 (пластеник-2018 године). Са друге стране, вредности коефицијента здравственог ризика за испитиване метале код деце и одраслих, су мање од 1 код свих биљних врста гајених у пластенику 2022 године, што је показатељ њихове безбедне конзумације. Израчунати индекси неканцерогене опасности (HI) за гајено поврће у пластенику 2022. године, указују да су све вредности у оквиру првог подтретмана гајења $HI < 1$, а земљишни третман који се издвојио по већим вредностима HI, али опет, испод границе од вредности 1, је третман који одговара локалитету Грачанице за све испитиване биљне

врсте. Једино одступање тј. веће вредности индекса неканцерогене опасности ($HI > 1$) забележене су за дечију популацију у случају конзумације ротквице гајене на земљишном третману који одговара локалитету Липљан, док су вредности индекса неканцерогене опасности у оквиру другог подтретмана за одрасле биле мање од 1 за све биљне врсте, за разлику од вредности израчунатих за дечију популацију у корену ротквице, што указују на потенцијални здравствени ризик конзумацијом датог поврћа.

На основу добијених резултата акумулације тешких метала поврћа гајеног у стакленику, утврђено је да су вредности индекса здравствене исправности за испитиване тешке метале код одраслих и деце углавном веће у корену свих испитиваних биљака, без обзира на начин производње (органска / конвенционална). Међутим, при поређењу органске и конвенционалне производње, уочавају се ниже вредности овог индекса код органски гајеног поврћа. Изузетак представља олово, с обзиром да су све гајене повртарске врсте имале веће вредности HQ израчунате за корен у условима органске производње. Израчуната вредност HQ_{Cd} на основу акумулације кадмијума у корену першуна такође је била повећана. На основу индекса неканцерогене опасности код биљака гајених органским и конвенционалним начином производње, утврђено је да су вредности $HI < 1$ израчунате у листовима свих гајених биљака. Супротно томе, у корену свих анализираних повртарских врста које су гајене органском производњом забележене су вредности изнад граничне $HI > 1$, што указује на потенцијални здравствени ризик.

Слично нашим налазима, студија која је спроведена у Индији донела је податке о садржају тешких метала у води, земљишту и различитим врстама поврћа (јестивим деловима) са локација које су наводњаване отпадним водама и указала на повезаност загађења и ризика изложености локалног становништва полутантима као што су тешки метали. Преко израчунатих вредности HQ и HI ово истраживање је показало да је конзумација поврћа узгајаног у земљиштима наводњаваним отпадним водама, сем у неколико случајева (повећан садржај Pb у спанаћу, купусу и ротквици на једној локацији), била готово без ризика (Chauhan и Chauhan, 2014).

До сличних резултата дошли су и Khan и сар. (2024): одређивањем садржаја тешких метала у пољопривредним производима поврћу и житарицама, процењени фактор HQ код свих испитиваних биљних врста био је мањи од 1 ($HQ < 1$), док су вредности HI , за све испитиване тешке метале биле веће од 1 ($HI > 1$). Резултати истраживања Mawagi и сар. (2022) спроведених у Индији указују на високе вредности HQ и HI за неке елементе испитиваних врста поврћа, при чему се негативни ефекат по здравље може ублажити конзумирањем тог поврћа у мањим количинама. Бројне студије

указују на значај разумевања утицаја тешких метала, металоида и других штетних супстанци на биљке, животиње и људско здравље (Osaili и сар., 2016; Zheng и сар., 2007). Генерално, утицај бројних абиотичких фактора заједно са незаобилазним утицајем човека доприноси укупном загађењу поврћа, воћа и житарица и може изазвати и значајне годишње варијације у концентрацијама неких од тешких метала.

Стога је неопходно контролисати све кораке у производњи хране, што укључује праћење услова раста, потом хемијски састав биљака и услове прераде. У оваквом скринингу би се добили неопходни подаци за процену постојања контаминације хране, оцену њене здравствене исправности, као и за креирање стратегија контроле здравствене исправности хране, што је у служби очувања здравља становништва.

Иако су коефициенти здравственог ризика у нашим истраживањима сигнализирани да је становништво које конзумира поврће, житарице и воће са територије Косова и Метохије генерално, без већег ризика, препоручује се да се концентрације тешких метала у земљишту и усевама на подручју истраживања и повезани здравствени ризици редовно прате како би се избегла потенцијална опасност по здравље локалног становништва у будућности, поготово што су доказане повећане концентрације тешких метала у испитиваним биљним врстама, које су у случају кадмијума и олова често премашивале вредности МДК. Контрола безбедности хране је веома важна, јер опасни загађивачи и метали могу дуго да се задржавају у земљишту, што доводи до продужене контаминације и кумулативног ефекта загађења. У бројним студијама које се фокусирају на здравствене ризике изазване конзумирањем хране (поврћа, житарица и воћа), потенцијално контаминирани тешким металима, закључци се изводе на основу израчунатих коефицијената опасности за Pb, Cd и Ni у храни и упоређивањем са дефинисаним безбедним (максималним) границама (LI и сар., 2006; Martorell и сар., 2011). Оваква истраживања су веома комплексна и дуготрајна, јер индекси загађења металима, који представљају маркере укупног здравственог ризика, могу бити модификовани, прецењени или подцењени, због синергијских ефеката различитих квалитативних и квантитативних комбинација метала (Galal, 2016).

РСА анализа је омогућила визуелну идентификацију образаца у акумулацији полутаната, као и здравствене исправности различитих ратарских и повртарских врста у зависности од земљишних третмана и локалитета. Овакав тип вишедимензионалне анализе може се примењивати у регуларном мониторингу, како би се на основу оптерећења полутантима идентификовали ризични локалитети, као и биљне врсте које

се користе у исхрани, а одликују се високим степеном загађења. На основу РСА анализе утврђено је да зелена салата и першун показују већи афинитет за акумулацију Pb и Ni, што указује на специфичности физиолошких и анатомских особина ових врста, као и већег капацитета за апсорпцију и транслокацију тешких метала. Међу ратарским врстама посебно су се издвојиле раж и грахорица као врсте које се одликују високом степеном акумулације тешким металима и високим степеном толеранције на стресне услове. Самим тим њихово гајење на контаминираним подручјима захтева висок опрез и континуиран мониторинг јер се наведене врсте улазе у ланац исхране. Разлике у позиционирању локаитета на РСА дијаграмима указују на значајан утицај агроеколошких услова и степена загађености земљишта на акумулацију полутаната у биљном ткиву. Посебно се истичу локалитети Косовска Митровица и Грачаница као локације са вишим нивоима контаминације, што се поклапа са резултатима добијеним хемијским анализама. Наведене локације се одликују малом удаљеношћу од извора загађења (нпр. депоније, индустријски објекти) самим тим се издвајају као зоне повећаног ризика. Резултати указују да не постоји универзални модел акумулације који би важио за све врсте и локације, већ да се акумулација полутаната одвија кроз комплексну интеракцију између особина биљне врсте, услова у земљишту и типа агротехничког третмана.

6. Закључци

На основу резултата добијених у овом истраживању могу се извести следећи закључци:

- *Земљиште:*

Пољопривредно земљиште са локалитета Грачаница које се налази у близини несанираног јаловишта рудника Кишница имало је највиши садржај тешких метала, при чему су концентрације Pb, Cd и Ni прекорачиле максимално дозвољене вредности прве истраживачке године. Високе вредности олова забележене су друге истраживачке године у земљишту локалитета Липљан који је после Грачанице најближе јаловишту рудника Кишница, што несумњиво издаја јаловиште као значајан извор загађења околног земљишта, подземних вода, али и ваздуха. У земљишту свих осталих испитиваних локалитета, регистровано је присуство тешких метала, што указује на веће, или мање загађење животне средине.

- *Мониторинг:*

Сви испитивани локалитети могу се окарактерисати као веома оптерећени тешким металима, јер су вредности акумулираног Cd у чак 99% испитиваних узорака биљака прикупљених током двогодишњег мониторинга, биле изнад дозвољених максималних концентрација ($\text{МДК} < 0,3 \mu\text{g/g}$ суве биљне масе). Екстремно високе концентрације акумулираног Pb у појединим тест-биљкама, регистроване су на локалитетима градских насеља Косовске Митровице и Грачанице. Коренасто поврће акумулирало је највеће количине метала у јестивим деловима (корен, ризом, кртола), потом следе лиснато и воћно поврће (са јестивим меснатим плодовима), док су најмање вредности метала забележене у семенима (плодовима) житарица.

- *Пластеник:*

- Акумулација Pb у ткиву испитиваних биљака значајно је била смањена са додатком вештачког NPK-ђубрива у земљишни супстрат. Локалитет у околини насеља Грачанице издвојио се по изузетно штетном утицају на загађење оловом, што је делимично и у појединачним случајевима сигнификантно, ублажио додатак NPK-ђубрива.

- Садржај Cd у ткиву надземних делова испитиваних биљних врста био је висок, у већини случајева преко МДК, независно од земљишног третмана / подтретмана, што је индикација изузетне хемијске контаминације испитиваних локалитета.

- Највеће вредности Cd, чак три пута веће од максимално дозвољених, измерене су на третману локалитета Липљан, у биљкама ротквице ($0,98\mu\text{g/g}$), зелене салате ($0,94\mu\text{g/g}$) и целера ($0,85\mu\text{g/g}$) које су биле гајене на подтретману без додатка NPK.
- Додатак макронутријената N, P и K у земљишни супстрат није утицао на промену у акумулацији Cd.
- Зелена салата, целер и ротквица су биљне врсте које су се показале као изутни акумулатори Cd, јер су без обзира на варијабилност између третмана-локалитета, имале просечно највеће концентрације овог полутанта у ткиву.
- Акумулација Ni је у свим испитиваним биљкама била сигнификантно већа прве истраживачке године у односу на другу. Изузетно високе и штетне вредности акумулираног никла ($51,09\mu\text{g/g}$) измерене су у листовима зелене салате узгајане на земљишном третману локалитета насеља Племетине.

- *Стакленик:*

- Највећи садржај Pb у листовима першуна, који је вишеструко превазилазио МДК од $3,0\mu\text{g/g}$ суве масе, регистрован је на третману конвенционалне производње ($18,29\mu\text{g/g}$). Корен целера је у оба третмана акумулирао више Pb у односу на листове, а највећа просечна измерена вредност била је 3 пута већа од МДК у третману органског начина гајења ($9,79\mu\text{g/g}$). Анализа дистрибуције Pb у биљкама целера показује да је најмања, а уједно и једина, просечна вредност која је била испод границе максимално дозвољених концентрација за Pb, забележена у листовима целера ($2,34\mu\text{g/g}$) који је гајен по стандардима конвенционалне биљне производње, што значи да гајење биљака по стандардима органске производње није довело до смањења садржаја Pb у њиховим органима.
- Акумулација Cd у корену и листовима све три испитиване биљне врсте (шаргарепе, першуна и целера), које су гајене на оба третмана, прелазиле су МДК од $0,3\mu\text{g/g}$, што јасно указује да гајење поврћа по стандардима органске производње такође носи ризик контаминације различитог порекла.
- Акумулације Pb и Cd у корену биљака шаргарепе гајених на оба начина, била је слична, тако да се може закључити да примена органског начина гајења биљака није имала ефекта на нутритивни квалитет овог поврћа.
- Примена органских ђубрива (органска биљна производња) знатно је смањила акумулацију Ni у корену и листовима биљака целера. Слично је било и када су биљке першуна у питању, јер је органско узгајање и примена органског ђубрива

условило значајно мању акумулацију Ni.

- Регистрована је транслокација Pb из корена у листове шаргарепе, што је посебно било изражено на конвенционалном третману гајења, али је исти тренд утврђен и у органској производњи, те су листови акумулирали више Pb него корен. Корен целера у оба третмана акумулирао више Pb у односу на листове.

- Индекси биоконцентрације метала (MBCI) за биљне врсте гајене у два независна огледа у пластеничким условима, указују да се по највећем утицају на акумулацију тешких метала издвојио локалитет депоније пепела ТЕ Косово Б, јер су биљне врсте са овог локалитета имале највеће вредности овог показатеља ($MBCI \geq 1$).

- *Индекси загађења:*

Добијене вредности акумулације тешких метала, Pb, Cd и Ni у биљкама које су узгајане и коришћене у исхрани становништва територије Косова и Метохије, биле су варијабилне зависно од биљне врсте, али је утицај квалитета земљишта (загађења) / локалитета гајења био изузетно изражен.

- Највеће вредности коефицијената здравственог ризика (HQ) за одрасле и децу које су израчунате за биљке узорковане у мониторингу 2018. године регистроване су у плодовима крушке, јабуке, корену шаргарепе и семенима кукуруза са локалитета Грачанице и Липљана, при чему су констатоване веће вредности за децу у односу на одрасле.

- Вредности индекса неканцерогене опасности за децу и одрасле у оквиру мониторинга 2018 године су биле $HI < 1$, што је генерално посматрано, задовољавајући резултат. Вредности које су веће ($HI > 1$) забележене су у плодовима крушке за децу са локалитета Грачанице и Липљана, што указује на потенцијални здравствени ризик код деце конзумацијом овог воћа. У мониторингу 2022. године, HQ вредности показују да је једино корен цвекле узоркован са локалитета Косовске Митровице, имао вредност изнад дозвољене границе. Такође, високе вредности HQ-Pb и HQ-Cd за дечију популацију израчунате су у листовима першуна, корену шаргарепе и цвекле узоркованих са локалитета града Косовске Митровице.

- Израчунати HQ на основу добијених резултата у двогодишњем огледу у пластенику указују на вредности $HQ-Pb > 1$ у корену ротквице и листовима зелене салате, тако

да се може рећи да конзумација ових врста поврћа није безбедна. Највеће вредности HQ-Pb забележене су за биљке гајене на третману локалитета Грачаница.

- Коефицијенти здравственог ризика за испитиване метале код деце и одраслих, су мање од 1 ($HQ < 1$) код свих биљних врста гајених у пластенику 2022 године. Израчунати индекси неканцерогене опасности (HI) за гајено поврће у пластенику 2022. године, указују да су све вредности у оквиру првог подтретмана гајења $HI < 1$; земљишни третман који се издвојио по већим вредностима HI, али опет, испод граничне вредности 1, је третман који одговара локалитету Грачанице за све испитиване биљне врсте. Једино одступање тј. веће вредности индекса неканцерогене опасности ($HI > 1$) забележене су за дечију популацију у случају конзумације ротквице гајене на земљишном третману који одговара локалитету Липљан.

- Ниже вредности HQ израчунате су за органски гајено поврће, изузетак је HQ-Pb: све врсте су имале веће вредности HQ израчунате за корен у условима органске производње. Израчуната вредност HQ-Cd у корену першуна такође је била повећана.

- На основу индекса неканцерогене опасности код биљака гајених органским и конвенционалним начином производње, утврђено је да су вредности $HI < 1$ израчунате у листовима свих гајених биљака. Супротно томе, у корену свих анализираних повртарских врста које су гајене органском производњом забележене су вредности изнад граничне $HI > 1$, што указује на потенцијални здравствени ризик.

- *РСА анализа*

На основу РСА анализе утврђено је да зелена салата и першун показују већи афинитет за акумулацију Pb и Ni, док, међу ратарским врстама посебно су се издвојиле раж и грахорица као врсте које се одликују високом степеном акумулације тешких метала и високим степеном толеранције на стресне услове.

- Разлике у позиционирању локалитета на РСА дијаграмима указују на значајан утицај агроеколошких услова и степена загађености земљишта на акумулацију полутаната у биљном ткиву. Посебно се истичу локалитети Косовска Митровица и Грачаница као локације са вишим нивоима контаминације, што се поклапа са резултатима добијеним хемијским анализама. Наведене локације се одликују малом удаљеношћу од извора загађења.

Резултати овог истраживања говоре у прилог томе да је локално становништво које гаји поврће, воће и житарице у близини извора загађења изложено дуготрајној акумулацији тешких метала, кадмијума и олова, кроз конзумирање хране биљног порекла. Добијени резултати у овој докторској тези представљају добру полазну тачку за праћење стања здравствене исправности хране која је у најчешћој употреби код локалног становништва Косова и Метохије, а све у циљу унапређењу ратарске и повртарске производње биљака и добијања квалитетних производа са позитивним ефектима на здравље, пре свега, локалне људске популације.

7. *Літєратура*

- Abbadi, J. (2017). Evaluation of Mechanisms of Phosphorus Use Efficiency in Traditional Wheat Cultivars for Sustainable Cropping. *Journal of Food Security*, 5(6), 197–211. <https://doi.org/10.12691/jfs-5-6-1>
- Abd El-Mageed, N. (2011). Hepatoprotective effect of feeding celery leaves mixed with chicory leaves and barley grains to hypercholesterolemic rats. *Pharmacognosy Magazine*, 7(26), 151. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.80675>
- Abdel-Aal, E.-S. M., Sosulski, F. W., Youssef, M. M., & Shehata, A. A. Y. (1993). Selected nutritional, physical and sensory characteristics of pan and flat breads prepared from composite flours containing fababean. *Plant Foods for Human Nutrition*, 44(3), 227–239. <https://doi.org/10.1007/BF01088317>
- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentasti, E., Sarzanini, C., & Petrella, F. (2002). Heavy metals in agricultural soils from Piedmont, Italy. Distribution, speciation and chemometric data treatment. *Chemosphere*, 49(6), 545–557. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00352-1](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00352-1)
- Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant Activity of Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 6182–6187. <https://doi.org/10.1021/jf0205099>
- Adom, K. K., Sorrells, M. E., & Liu, R. H. (2003). Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Wheat Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26), 7825–7834. <https://doi.org/10.1021/jf030404l>
- Agarwal, S., & Rao, A. V. (2000). Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal = Journal de l'Association Medicale Canadienne*, 163(6), 739–744. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11022591>
- Ahmad, K., Wajid, K., Khan, Z. I., Ugulu, I., Memoona, H., Sana, M., Nawaz, K., Malik, I. S., Bashir, H., & Sher, M. (2019). Evaluation of Potential Toxic Metals Accumulation in Wheat Irrigated with Wastewater. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 102(6), 822–828. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02605-1>
- Ahmad, M. S. A., & Ashraf, M. (2012). Essential Roles and Hazardous Effects of Nickel in Plants. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 214, 125–167. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0668-6_6
- Ahmad, T., Cawood, M., Iqbal, Q., Ariño, A., Batool, A., Tariq, R. M. S., Azam, M., & Akhtar, S. (2019). Phytochemicals in *Daucus carota* and Their Health Benefits—Review Article. *Foods*, 8(9), 424. <https://doi.org/10.3390/foods8090424>
- Ajebli, M., & Eddouks, M. (2019). Antihypertensive activity of *Petroselinum crispum* through

- inhibition of vascular calcium channels in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 242, 112039. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112039>
- Al-Asmari, A., Athar, M. T., & Kadasah, S. (2017). An updated phytopharmacological review on medicinal plant of arab region: *Apium graveolens* Linn. *Pharmacognosy Reviews*, 11(21), 13. https://doi.org/10.4103/phrev.phrev_35_16
- Ali, B., Gill, R. A., Yang, S., Gill, M. B., Farooq, M. A., Liu, D., Daud, M. K., Ali, S., & Zhou, W. (2015). Regulation of Cadmium-Induced Proteomic and Metabolic Changes by 5-Aminolevulinic Acid in Leaves of *Brassica napus* L. *PLOS ONE*, 10(4), e0123328. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123328>
- Aliahmadi, M., Amiri, F., Bahrami, L. S., Hosseini, A. F., Abiri, B., & Vafa, M. (2021). Effects of raw red beetroot consumption on metabolic markers and cognitive function in type 2 diabetes patients. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 20(1), 673–682. <https://doi.org/10.1007/s40200-021-00798-z>
- Alloway, B. J. (1990). Heavy Metal in Soils. *John Wiley and Sons, New York, NY, USANY, USA*.
- Alloway, B. J. (Ed.). (2013). *Heavy Metals in Soils* (Vol. 22). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>
- Alok, S., Jain, S. K., Verma, A., Kumar, M., & Sabharwal, M. (2013). Pathophysiology of kidney, gallbladder and urinary stones treatment with herbal and allopathic medicine: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 3(6), 496–504. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(13\)60107-3](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(13)60107-3)
- Alsafran, M., Usman, K., Rizwan, M., Ahmed, T., & Al Jabri, H. (2021). The Carcinogenic and Non-Carcinogenic Health Risks of Metal(oid)s Bioaccumulation in Leafy Vegetables: A Consumption Advisory. *Frontiers in Environmental Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.742269>
- Amari, T., Ghnaya, T., & Abdelly, C. (2017). Nickel, cadmium and lead phytotoxicity and potential of halophytic plants in heavy metal extraction. *South African Journal of Botany*, 111, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.03.011>
- Amari, T., Ghnaya, T., Debez, A., Taamali, M., Ben Youssef, N., Lucchini, G., Sacchi, G. A., & Abdelly, C. (2014). Comparative Ni tolerance and accumulation potentials between *Mesembryanthemum crystallinum* (halophyte) and *Brassica juncea*: Metal accumulation, nutrient status and photosynthetic activity. *Journal of Plant Physiology*, 171(17), 1634–1644. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.06.020>
- Ambika Asati, M. P. and K. N. (2016). Effect of Heavy Metals on Plants: An Overview.

- Amir Hossein Khoshgoftarmanesh, Rainer Schulin, Rufus L. Chaney, Bahareh Daneshbakhsh, M. A. (2010). Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, 30. <https://doi.org/10.1051/agro/2009017ff.ffhal-00886520f>
- Anderson, J. W., Hanna, T. J., Peng, X., & Kryscio, R. J. (2000). Whole Grain Foods and Heart Disease Risk. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(sup3), 291S-299S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718963>
- Andersson, R., Fransson, G., Tietjen, M., & Åman, P. (2009). Content and Molecular-Weight Distribution of Dietary Fiber Components in Whole-Grain Rye Flour and Bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 2004–2008. <https://doi.org/10.1021/jf801280f>
- Anjum, N. A., Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., Thangavel, P., Roychoudhury, A., Gill, S. S., Rodrigo, M. A. M., Adam, V., Fujita, M., Kizek, R., Duarte, A. C., Pereira, E., & Ahmad, I. (2015). Jacks of metal/metalloid chelation trade in plants—an overview. *Frontiers in Plant Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00192>
- Ankit, Saha, L., Kumar, V., Tiwari, J., Sweta, Rawat, S., Singh, J., & Baudh, K. (2021). Electronic waste and their leachates impact on human health and environment: Global ecological threat and management. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 102049. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102049>
- Anwar, S., Nawaz, M. F., Gul, S., Rizwan, M., Ali, S., & Kareem, A. (2016). Uptake and distribution of minerals and heavy metals in commonly grown leafy vegetable species irrigated with sewage water. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(9), 541. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5560-4>
- Aponte, H., Meli, P., Butler, B., Paolini, J., Matus, F., Merino, C., Cornejo, P., & Kuzyakov, Y. (2020). Meta-analysis of heavy metal effects on soil enzyme activities. *Science of The Total Environment*, 737, 139744. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139744>
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013). Quinoa. In *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries* (pp. 409–438). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.409>
- Arnold, A., Sajitz-Hermstein, M., & Nikoloski, Z. (2015). Effects of varying nitrogen sources on amino acid synthesis costs in *Arabidopsis thaliana* under different light and carbon-source conditions. *PLoS ONE*, 10(2), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116536>
- Arora, M., Kiran, B., Rani, S., Rani, A., Kaur, B., & Mittal, N. (2008). Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. *Food Chemistry*,

- 111(4), 811–815. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.049>
- Arscott, S. A., & Tanumihardjo, S. A. (2010). Carrots of Many Colors Provide Basic Nutrition and Bioavailable Phytochemicals Acting as a Functional Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(2), 223–239. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00103.x>
- Arsenov, D., Nikolic, N., Borisev, M., Zupunski, M., & Pajevic, S. (2016). Heavy metal contamination of vegetables from green markets in Novi Sad. *Zbornik Matice Srpske Za Prirodne Nauke*, 131, 99–108. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN1631099A>
- Arsenov, D., Župunski, M., Pajević, S., Borišev, M., Nikolić, N., & Mimica-Dukić, N. (2021). Health assessment of medicinal herbs, celery and parsley related to cadmium soil pollution-potentially toxic elements (PTEs) accumulation, tolerance capacity and antioxidative response. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(8), 2927–2943. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00805-x>
- Aydinalp, C.; Marinova, S. (2009). The effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plant (*Medicago sativa*). *Bulg. J. Agric. Sci.*, 15, 347–350.
- Babarykin, D., Smirnova, G., Pundinsh, I., Vasiljeva, S., Krumina, G., & Agejchenko, V. (2019). Red Beet (<i>Beta vulgaris</i>) Impact on Human Health. *Journal of Biosciences and Medicines*, 07(03), 61–79. <https://doi.org/10.4236/jbm.2019.73007>
- Babincev, L. M. (2018). *ARTICLE Paper Original Scientific Agricultural Land Of Rural Areas And Way Of Removing Heavy Metals*. 8(10), 81–87. <https://doi.org/10.9790/9622-0810058187>
- Baenas, N., Piegholdt, S., Schloesser, A., Moreno, D., García-Viguera, C., Rimbach, G., & Wagner, A. (2016). Metabolic Activity of Radish Sprouts Derived Isothiocyanates in *Drosophila melanogaster*. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(2), 251. <https://doi.org/10.3390/ijms17020251>
- Baião, D. dos S., Silva, D. V. T. da, Aguila, E. M. Del, & Paschoalin, V. M. F. (2017). Nutritional, Bioactive and Physicochemical Characteristics of Different Beetroot Formulations. In *Food Additives*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69301>
- Balabanova, B., Stafilov, T., & Bačeva, K. (2015). Application of principal component analysis in the assessment of essential and toxic metals in vegetable and soil from polluted and referent areas. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(3), 536–544.
- Barański, M., Średnicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G. B., Benbrook, C., Biavati, B., Markellou, E., Giotis, C., Gromadzka-Ostrowska, J., Rembiałkowska, E., Skwarło-Sońta, K., Tahvonen, R., Janovská, D., Niggli, U., Nicot,

- P., & Leifert, C. (2014). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, 112(5), 794–811. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001366>
- Barman, M., Datta, S. P., Rattan, R. K., & Meena, M. C. (2015). Chemical fractions and bioavailability of nickel in alluvial soils. *Plant, Soil and Environment*, 61(1), 17–22. <https://doi.org/10.17221/613/2014-PSE>
- Bashir, A. S., Faragai, I. A., Yalwa, L. M., Kayode, K. K., Chiromawa, I. M., Mikailu, A., Abubakar, T. R., Shitu, I. G., Muhammad, A., Iya, S. G. D., & Yusuf, Y. Y. (2024). Assessment and quantification of heavy metals in cultivated soils in Kafin Hausa Jigawa State Nigeria using Nigerian research reactor-1. *Environmental Quality Management*, 33(4), 411–425. <https://doi.org/10.1002/tqem.22096>
- Basith, S., Cui, M., Hong, S., & Choi, S. (2016). Harnessing the Therapeutic Potential of Capsaicin and Its Analogues in Pain and Other Diseases. *Molecules*, 21(8), 966. <https://doi.org/10.3390/molecules21080966>
- Batiha, G. E.-S., Alqahtani, A., Ojo, O. A., Shaheen, H. M., Wasef, L., Elzeiny, M., Ismail, M., Shalaby, M., Murata, T., Zaragoza-Bastida, A., Rivero-Perez, N., Magdy Beshbishy, A., Kasozi, K. I., Jeandet, P., & Hetta, H. F. (2020). Biological Properties, Bioactive Constituents, and Pharmacokinetics of Some Capsicum spp. and Capsaicinoids. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15), 5179. <https://doi.org/10.3390/ijms21155179>
- Beevi, S. S., Mangamoori, L. N., Dhand, V., & Ramakrishna, D. S. (2009). Isothiocyanate Profile and Selective Antibacterial Activity of Root, Stem, and Leaf Extracts Derived from *Raphanus sativus* L. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6(1), 129–136. <https://doi.org/10.1089/fpd.2008.0166>
- Benavides, B. J., Drohan, P. J., Spargo, J. T., Maximova, S. N., Gultinan, M. J., & Miller, D. A. (2021). Cadmium phytoextraction by *Helianthus annuus* (sunflower), *Brassica napus* cv Wichita (rapeseed), and *Chrysopogon zizanioides* (vetiver). *Chemosphere*, 265, 129086. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129086>
- Bernard, A. (2008). Cadmium & its adverse effects on human health. *The Indian Journal of Medical Research*, 128(4), 557–564. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19106447>
- Bet, C. D., do Prado Cordoba, L., Ribeiro, L. S., & Schnitzler, E. (2016). Common Vetch (*Vicia sativa*) as a New Starch Source: Its Thermal, Rheological and Structural Properties After Acid Hydrolysis. *Food Biophysics*, 11(3), 275–282. <https://doi.org/10.1007/s11483-016->

- Bhaduri, A. M., & Fulekar, M. H. (2012). Antioxidant enzyme responses of plants to heavy metal stress. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11(1), 55–69. <https://doi.org/10.1007/s11157-011-9251-x>
- Bhalerao, S. A., Sharma, A. S., & Poojari, A. C. (2015). Toxicity of Nickel in Plants. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 3(2), 345–355. www.ijpab.com
- Bhowmik, D., Kumar, K. P. S., Paswan, S., & Srivastava, S. (2012). Tomato-A Natural Medicine and Its Health Benefits. *Phytojournal*, 1(1), 33–43.
- Bogdanova Popov, B., Karapetkovska Hristova, V., Ahmad, M. A., & Petrovska, M. (2014). Monitoring of heavy metals and trace elements contamination in the soil and vegetables and air pollution in the Republic of Macedonia. *International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering*, 3(1), 205–214.
- Bonilla Ocampo, D., Paipilla, A., Marín, E., Vargas-Molina, S., Petro, J., & Pérez-Idárraga, A. (2018). Dietary Nitrate from Beetroot Juice for Hypertension: A Systematic Review. *Biomolecules*, 8(4), 134. <https://doi.org/10.3390/biom8040134>
- Boominathan, R., & Doran, P. M. (2003). Organic acid complexation, heavy metal distribution and the effect of ATPase inhibition in hairy roots of hyperaccumulator plant species. *Journal of Biotechnology*, 101(2), 131–146. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(02\)00320-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(02)00320-6)
- Borguini, R. G., & Ferraz Da Silva Torres, E. A. (2009). Tomatoes and Tomato Products as Dietary Sources of Antioxidants. *Food Reviews International*, 25(4), 313–325. <https://doi.org/10.1080/87559120903155859>
- Borišev, M., Pajević, S., Nikolić, N., Krstić, B., Župunski, M., Kebert, M., Pilipović, A., Orlović, S. (2012). Response of *Salix alba* to heavy metals and diesel fuel contamination. *African Journal of Biotechnology*, 11(78), 14313–14319.
- Borišev, M. (2009). Potencijal klonova vrba (*Salix* spp.) u fitoekstrakciji teških metala. *Doktorska Disertacija, Prirodno-Matematički Fakultet, Univerzitet u Novom Sadu*, 188.
- Boyer, J., & Liu, R. H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3(1), 5. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-5>
- Brahem, M., Renard, C. M. G. C., Eder, S., Loonis, M., Ouni, R., Mars, M., & Le Bourvellec, C. (2017). Characterization and quantification of fruit phenolic compounds of European and Tunisian pear cultivars. *Food Research International*, 95, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.002>
- Brantsæter, A. L., Ydersbond, T. A., Hoppin, J. A., Haugen, M., & Meltzer, H. M. (2017).

- Organic Food in the Diet: Exposure and Health Implications. *Annual Review of Public Health*, 38(1), 295–313. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044437>
- Braun, H. J., Atlin, G., & Payne, T. (2010). Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. In *Climate change and crop production* (pp. 115–138). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845936334.0115>
- Brima, E. (2017). Toxic Elements in Different Medicinal Plants and the Impact on Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1209. <https://doi.org/10.3390/ijerph14101209>
- Brunet, J., Varrault, G., Zuily-Fodil, Y., & Repellin, A. (2009). Accumulation of lead in the roots of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) plants triggers systemic variation in gene expression in the shoots. *Chemosphere*, 77(8), 1113–1120. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.07.058>
- C.W. Smith, J. Betrán, E. C. A. R. (2004). Origin, History, Technology, and Production. *John Wiley, Hoboken, N.J.; [Chichester]*,. [https://doi.org/https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2006\)60\[200a:COHTAP\]2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1663/0013-0001(2006)60[200a:COHTAP]2.0.CO;2)
- Cadmium dietary exposure in the European population. (2012). *EFSA Journal*, 10(1), 2551. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2551>
- Can, Z., Dincer, B., Sahin, H., Baltas, N., Yildiz, O., & Kolayli, S. (2014). Polyphenol oxidase activity and antioxidant properties of Yomra apple (*Malus communis* L.) from Turkey. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 29(6), 829–835. <https://doi.org/10.3109/14756366.2013.858144>
- Caporale, A. G., & Violante, A. (2016). Chemical Processes Affecting the Mobility of Heavy Metals and Metalloids in Soil Environments. *Current Pollution Reports*, 2(1), 15–27. <https://doi.org/10.1007/s40726-015-0024-y>
- Cempel, M., & Nikel, G. (2006). Nickel: A review of its sources and environmental toxicology. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(3), 375–382.
- Chang, C. Y., Yu, H. Y., Chen, J. J., Li, F. B., Zhang, H. H., & Liu, C. P. (2014). Accumulation of heavy metals in leaf vegetables from agricultural soils and associated potential health risks in the Pearl River Delta, South China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(3), 1547–1560. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3472-0>
- Chaudhary, A. (1983). Maize in Pakistan. *Punjab Agri. Research Coordination Board Univ of Agri Faisalabad*.
- Chauhan, D. S., Deswal, D. P., Dahiya, O. S., & Punia, R. C. (2011). Change in storage enzymes activities in natural and accelerated aged seed of wheat (*Triticum aestivum*). *The*

Indian Journal of Agricultural Sciences, 81, 11.

- Chauhan, E.S.; Aishwaya, J. (2018). Nutraceuticals Potential of *Petroselinum Crispum*: A Review. *Journal of Complementary Medicine & Alternative Healthcare*, 7(2), 1–6. <https://doi.org/10.19080/jcmah.2018.07.555707>
- Chauhan, G., & Chauhan, U. (2014). Human health risk assessment of heavy metals via dietary intake of vegetables grown in wastewater. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(9), 1–9.
- Chen, C., Chaudhary, A., & Mathys, A. (2021). Nutrient Adequacy of Global Food Production. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.739755>
- Chen, L., Zhu, Y., Hu, Z., Wu, S., & Jin, C. (2021). Beetroot as a functional food with huge health benefits: Antioxidant, antitumor, physical function, and chronic metabolomics activity. *Food Science and Nutrition*, 9(11), 6406–6420. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2577>
- Chen, Y. ., Lin, Q., Luo, Y. ., He, Y. ., Zhen, S. ., Yu, Y. ., Tian, G. ., & Wong, M. . (2003). The role of citric acid on the phytoremediation of heavy metal contaminated soil. *Chemosphere*, 50(6), 807–811. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00223-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00223-0)
- Cherfi, A., Cherfi, M., Maache-Rezzoug, Z., & Rezzoug, S.-A. (2016). Risk assessment of heavy metals via consumption of vegetables collected from different supermarkets in La Rochelle, France. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(3), 136. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5140-7>
- Chibuike, G. U., & Obiora, S. C. (2014). Heavy Metal Polluted Soils: Effect on Plants and Bioremediation Methods. *Applied and Environmental Soil Science*, 2014, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2014/752708>
- Cho, J.-Y., Lee, S.-H., Kim, E. H., Yun, H. R., Jeong, H. Y., Lee, Y. G., Kim, W.-S., & Moon, J.-H. (2015). Change in chemical constituents and free radical-scavenging activity during Pear (*Pyrus pyrifolia*) cultivar fruit development. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 79(2), 260–270. <https://doi.org/10.1080/09168451.2014.973362>
- Cho, S.-Y., Kim, H.-W., Lee, M.-K., Kim, H.-J., Kim, J.-B., Choe, J.-S., Lee, Y.-M., & Jang, H.-H. (2020). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities in Relation to the Flavonoids Composition of Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Antioxidants*, 9(10), 986. <https://doi.org/10.3390/antiox9100986>
- Chowdhury, N., & Rasid, M. M. (2021). Evaluation of brick kiln operation impact on soil microbial biomass and enzyme activity. *Soil Science Annual*, 72(1), 1–16. <https://doi.org/10.37501/soilsa/132232>
- Chu, J., Zhu, F., Chen, X., Liang, H., Wang, R., Wang, X., & Huang, X. (2018). Effects of

- cadmium on photosynthesis of *Schima superba* young plant detected by chlorophyll fluorescence. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 10679–10687. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1294-x>
- Clarke, B. O., & Smith, S. R. (2011). Review of ‘emerging’ organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. *Environment International*, 37(1), 226–247. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004>
- Clemens, S. (2006). Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. *Biochimie*, 88(11), 1707–1719. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2006.07.003>
- Čoga, L., & Slunjski, S. (2018). *Dijagnostika tla u ishrani bilja : priručnik za uzorkovanje i analitiku tla*. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:925835>
- Corso, D. (2012). Heavy metal toxicity in plants. *Plants and Heavy Metals*, 1–25.
- Ćujić, M., Dragović, S., Đorđević, M., Dragović, R., & Gajić, B. (2016). Environmental assessment of heavy metals around the largest coal fired power plant in Serbia. *CATENA*, 139, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.12.001>
- D’Mello, J. P. (2003). Contaminants and toxins. *Food Safety*, CABI Publishing, Cambridge, 191–215.
- Dalias, P., & Neocleous, D. (2017). Comparative Analysis of the Nitrogen Effect of Common Agricultural Practices and Rotation Systems in a Rainfed Mediterranean Environment. *Plants*, 6(4), 61. <https://doi.org/10.3390/plants6040061>
- Das, C., Singh, S., Bhakta, S., Mishra, P., & Biswas, G. (2022). Bio-modified magnetic nanoparticles with *Terminalia arjuna* bark extract for the removal of methylene blue and lead (II) from simulated wastewater. *Chemosphere*, 291, 132673. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132673>
- Davidova, S., Milushev, V., & Satchanska, G. (2024). The Mechanisms of Cadmium Toxicity in Living Organisms. *Toxics*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/toxics12120875>
- de Burbure, C., Buchet, J.-P., Leroyer, A., Nisse, C., Haguenoer, J.-M., Mutti, A., Smerhovský, Z., Cikrt, M., Trzcinka-Ochocka, M., Razińska, G., Jakubowski, M., & Bernard, A. (2006). Renal and Neurologic Effects of Cadmium, Lead, Mercury, and Arsenic in Children: Evidence of Early Effects and Multiple Interactions at Environmental Exposure Levels. *Environmental Health Perspectives*, 114(4), 584–590. <https://doi.org/10.1289/ehp.8202>
- Demaku, S., Kastrati, G., & Halili, J. (2022). Assessment of Contamination With Heavy Metals in the Environment. Water, Sediment and Soil Around Kosovo Power Plants.

- Environment Protection Engineering*, 48(2), 15–27. <https://doi.org/10.37190/epe220202>
- Demirezen, D., & Aksoy, A. (2006). Heavy metal levels in vegetables in Turkey are within safe limits for Cu, Zn, Ni and exceeded for Cd and Pb. *Journal of Food Quality*, 29(3), 252–265. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2006.00072.x>
- Demirkaya, M., Dietz, K. J., & Sivritepe, H. O. (2010). Changes in antioxidant enzymes during ageing of onion seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1), 49–52.
- Dias, M. C., Monteiro, C., Moutinho-Pereira, J., Correia, C., Gonçalves, B., & Santos, C. (2013). Cadmium toxicity affects photosynthesis and plant growth at different levels. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(4), 1281–1289. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1167-8>
- Dietert, R. R., Lee, J.-E., Hussain, I., & Piepenbrink, M. (2004). Developmental immunotoxicology of lead. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 198(2), 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2003.08.020>
- Dobričević, N., Šić Žlabur, J., Voća, S., Plištić, S., Galić, A., Delić, A., & Fabek Uher, S. (2019). Bioactive compounds content and nutritional potential of different parsley parts (*Petroselinum crispum* Mill.). *Journal of Central European Agriculture*, 20(3), 900–910. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.3.2417>
- Dragović, S., Čujić, M., Slavković-Beškoski, L., Gajić, B., Bajat, B., Kilibarda, M., & Onjia, A. (2013). Trace element distribution in surface soils from a coal burning power production area: A case study from the largest power plant site in Serbia. *CATENA*, 104, 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.12.004>
- Drankhan, K., Carter, J., Madl, R., Klopfenstein, C., Padula, F., Lu, Y., Warren, T., Schmitz, N., & Takemoto, D. J. (2003). Antitumor Activity of Wheats With High Orthophenolic Content. *Nutrition and Cancer*, 47(2), 1 88–194. https://doi.org/10.1207/s15327914nc4702_12
- Dudek-Adamska, D., Lech, T., Konopka, T., & Kościelniak, P. (2021). Nickel Content in Human Internal Organs. *Biological Trace Element Research*, 199(6), 2138–2144. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02347-w>
- Dupont, J., White, P. J., Carpenter, M. P., Schaefer, E. J., Meydani, S. N., Elson, C. E., Woods, M., & Gorbach, S. L. (1990). Food uses and health effects of corn oil. *Journal of the American College of Nutrition*, 9(5), 438–470. <https://doi.org/10.1080/07315724.1990.10720403>
- Durumin Iya, S. F., Mohammed, M. I., & Koki, I. B. (2025). Assessment of heavy metal concentration in vegetables grown around Jakara Reservoir, Kano State Nigeria. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*, 10(4c), 149–157.

<https://doi.org/10.4314/dujopas.v10i4c.14>

- Dyduch J., J. K. (n.d.). Yielding of some parsley (*Petroselinum sativum* L. ssp. *crispum*) cultivars. *Acta Sci. Pol., Hort. Cult.*, 3(1), 145–151.
- Eid, E. M., Alrumman, S. A., Galal, T. M., & El-Bebany, A. F. (2019). Regression models for monitoring trace metal accumulations by Faba sativa Bernh. plants grown in soils amended with different rates of sewage sludge. *Scientific Reports*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41807-9>
- El-Sappah, A. H., Zhu, Y., Huang, Q., Chen, B., Soaud, S. A., Abd Elhamid, M. A., Yan, K., Li, J., & El-Tarabily, K. A. (2024). Plants' molecular behavior to heavy metals: from criticality to toxicity. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1423625>
- El-Tahlawy, Y. A., & Ali, O. A. M. (2021). Bioremediation of Heavy Metals Using the Symbiosis Between Leguminous Plants and Genetically Engineered Rhizobia. In *Approaches to the Remediation of Inorganic Pollutants* (pp. 303–322). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6221-1_15
- El-Zaeddi, H., Martínez-Tomé, J., Calín-Sánchez, Á., Burló, F., & Carbonell-Barrachina, Á. (2016). Volatile Composition of Essential Oils from Different Aromatic Herbs Grown in Mediterranean Regions of Spain. *Foods*, 5(2), 41. <https://doi.org/10.3390/foods5020041>
- Estrela, J. M., Mena, S., Obrador, E., Benlloch, M., Castellano, G., Salvador, R., & Dellinger, R. W. (2017). Polyphenolic Phytochemicals in Cancer Prevention and Therapy: Bioavailability versus Bioefficacy. *Journal of Medicinal Chemistry*, 60(23), 9413–9436. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.6b01026>
- Ettler, V., Kříbek, B., Majer, V., Knésl, I., & Mihaljevič, M. (2012). Differences in the bioaccessibility of metals/metalloids in soils from mining and smelting areas (Copperbelt, Zambia). *Journal of Geochemical Exploration*, 113, 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2011.08.001>
- Eun, J.-B., & , Ji-Hyun Eo, B.-D. L. (2012). Functional compounds and biological activity of asian pear. *Food Sci Ind*, 45(1), 60–69.
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action*. Rome: FAO. Assessed on 23/6/2022.
- Farzaei, M. H., Abbasabadi, Z., Ardekani, M. R. S., Rahimi, R., & Farzaei, F. (2013). Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 33(6), 815–826. [https://doi.org/10.1016/S0254-6272\(14\)60018-2](https://doi.org/10.1016/S0254-6272(14)60018-2)

- Féraud, J., & Deschamps, Y. (2009). *French scientific cooperation 2007-2008 on the Trepča lead- zinc-silver mine and the gold potential of Novo Brdo/Artana tailings (Kosovo)*. 99.
- Filipović-Trajković, R., Ilić, Z. S., Šunić, L., & Andjelković, S. (2012). The potential of different plant species for heavy metals accumulation and distribution. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(1), 959–964.
- Filipović, A., Vujević, I., Ivanković, S., Ćorić, R., Jurković, D., & Vasilj, V. (2016). The effect of soil selenium fertilization tretman on the content of some ions (Cd, Fe, Zn and Se) and yield of two corn hybrids. *Radovi Šumarskog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 21(1), 179–190. <https://doi.org/10.54652/rsf.2016.v1.i1.294>
- Flora, S. J. S. (2014). Metals. In *Biomarkers in Toxicology* (pp. 485–519). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404630-6.00029-4>
- Frank, T., Stintzing, F. C., Carle, R., Bitsch, I., Quaas, D., Straß, G., Bitsch, R., & Netzel, M. (2005). Urinary pharmacokinetics of betalains following consumption of red beet juice in healthy humans. *Pharmacological Research*, 52(4), 290–297. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2005.04.005>
- Gajdos, É., Lévai, L., Veres, S., & Kovács, B. (2012). Effects of Biofertilizers on Maize and Sunflower Seedlings under Cadmium Stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(1–2), 272–279. <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.638591>
- Galal, T. M. (2016). Health hazards and heavy metals accumulation by summer squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivated in contaminated soils. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(7), 434. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5448-3>
- Gamba, M., Raguindin, P. F., Asllanaj, E., Merlo, F., Glisic, M., Minder, B., Bussler, W., Metzger, B., Kern, H., & Muka, T. (2021). Bioactive compounds and nutritional composition of Swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. cicla and flavescens): a systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(20), 3465–3480. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1799326>
- Gan, Y., Wang, L., Yang, G., Dai, J., Wang, R., & Wang, W. (2017). Multiple factors impact the contents of heavy metals in vegetables in high natural background area of China. *Chemosphere*, 184, 1388–1395. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.072>
- Gao, Z.-J., Han, X.-H., & Xiao, X.-G. (2009). Purification and characterisation of polyphenol oxidase from red Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies cicla) leaves. *Food Chemistry*, 117(2), 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.013>
- Garvin, D. F., Welch, R. M., & Finley, J. W. (2006). Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. *Journal of the*

- Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2213–2220. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2601>
- Gawel-Beben, K., Rybczynska, K., Bujak, T., Karas, M., Jakubczyk, A., & Nizioł-Lukaszewska, Z. (2016). Impact of solvent type on some selected biological properties of parsley *Petroselinum crispum* (Mill) leaf extracts. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc/Food Science Technology Quality*, 104(1), 142–154. <https://doi.org/10.15193/zntj/2016/104/108>
- Gebeyehu, H. R., & Bayissa, L. D. (2020). Levels of heavy metals in soil and vegetables and associated health risks in Mojo area, Ethiopia. *PLoS ONE*, 15(1), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227883>
- Gennari, L., Felletti, M., Blasa, M., Angelino, D., Celeghini, C., Corallini, A., & Ninfali, P. (2011). Total extract of Beta Vulgaris var. Cicla seeds versus its purified phenolic components: antioxidant activities and antiproliferative effects against colon cancer cells. *Phytochemical Analysis*, 22(3), 272–279. <https://doi.org/10.1002/pca.1276>
- Georgiev, V. G., Weber, J., Kneschke, E.-M., Denev, P. N., Bley, T., & Pavlov, A. I. (2010). Antioxidant Activity and Phenolic Content of Betalain Extracts from Intact Plants and Hairy Root Cultures of the Red Beetroot Beta vulgaris cv. Detroit Dark Red. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(2), 105–111. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0156-6>
- Gericke, S., and Kurmies, B. (1952). “Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung mit Ammonium, Vanadat, Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse” [The colorimetric determination of phosphoric acid with ammonium vanadate, molybdate and their application in plant analysis]. *Zeitschrift Für Pflanzenernährung, Düngung Und Bodenkunde*, 59, 235–247.
- Gezginci-Oktayoglu, S., Sacan, O., Bolkent, S., Ipci, Y., Kabasakal, L., Sener, G., & Yanardag, R. (2014). Chard (Beta vulgaris L. var. cicla) extract ameliorates hyperglycemia by increasing GLUT2 through Akt2 and antioxidant defense in the liver of rats. *Acta Histochemica*, 116(1), 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2013.04.016>
- Ghosh, M., & Singh, S. P. (2005). A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. *Environmental Pollution*, 133(2), 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.05.015>
- Gill, S. S., Khan, N. A., & Tuteja, N. (2012). Cadmium at high dose perturbs growth, photosynthesis and nitrogen metabolism while at low dose it up regulates sulfur assimilation and antioxidant machinery in garden cress (Lepidium sativum L.). *Plant Science*, 182, 112–120. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.04.018>
- Gillette, B. (2008). Nickel named, «allergen of the year», ACDS adds to list of substances

- warranting more attention. *Dermatology Times* 4, 5–16.
- Gjorgieva Ackova, D. (2018). Heavy metals and their general toxicity for plants. *Plant Science Today*, 5(1), 14–18. <https://doi.org/10.14719/pst.2018.5.1.355>
- Głodowska J. and Krawczyk, M. (2017). Heavy metals concentration in conventionally and organically grown vegetables. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 9(4), 497–503. <https://doi.org/10.3920/QAS2017.1089>
- Goyeneche, R., Roura, S., Ponce, A., Vega-Gálvez, A., Quispe-Fuentes, I., Uribe, E., & Di Scala, K. (2015). Chemical characterization and antioxidant capacity of red radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and roots. *Journal of Functional Foods*, 16, 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.049>
- Grant, C. A., Monreal, M. A., Irvine, R. B., Mohr, R. M., McLaren, D. L., & Khakbazan, M. (2010). Preceding crop and phosphorus fertilization affect cadmium and zinc concentration of flaxseed under conventional and reduced tillage. *Plant and Soil*, 333(1–2), 337–350. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0349-7>
- Grlić, L. (1990). *Enciklopedija samoniklog jestivog bilja*.
- Gulan, L., Milenkovic, B., Zeremski, T., Milic, G., & Vuckovic, B. (2017). Persistent organic pollutants, heavy metals and radioactivity in the urban soil of Priština City, Kosovo and Metohija. *Chemosphere*, 171, 415–426. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.064>
- Gupta, N., Yadav, K. K., Kumar, V., Cabral-Pinto, M. M. S., Alam, M., Kumar, S., & Prasad, S. (2021). Appraisal of contamination of heavy metals and health risk in agricultural soil of Jhansi city, India. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 88, 103740. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2021.103740>
- Gupta, N., Yadav, K. K., Kumar, V., Prasad, S., Cabral-Pinto, M. M. S., Jeon, B.-H., Kumar, S., Abdellattif, M. H., & Alsukaibia, A. K. D. (2022). Investigation of Heavy Metal Accumulation in Vegetables and Health Risk to Humans From Their Consumption. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.791052>
- Gupta, P., Kim, B., Kim, S., & Srivastava, S. K. (2014). Molecular targets of isothiocyanates in cancer: Recent advances. *Molecular Nutrition & Food Research*, 58(8), 1685–1707. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201300684>
- Gutsch, A., Keunen, E., Guerriero, G., Renaut, J., Cuypers, A., Hausman, J. -F., & Sergeant, K. (2018). Long-term cadmium exposure influences the abundance of proteins that impact the cell wall structure in *Medicago sativa* stems. *Plant Biology*, 20(6), 1023–1035. <https://doi.org/10.1111/plb.12865>
- Hadjivassiliou, M. (2003). Gluten ataxia in perspective: epidemiology, genetic susceptibility

- and clinical characteristics. *Brain*, 126(3), 685–691.
<https://doi.org/10.1093/brain/awg050>
- Hardani, A., Afzalzadeh, M. R., Amirzargar, A., Mansouri, E., & Meamar, Z. (2015). Effects of aqueous extract of celery (*Apium graveolens* L.) leaves on spermatogenesis in healthy male rats. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 5(2), 113–119.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25949952>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4418060>
- Harmanescu, M., Alda, L. M., Bordean, D. M., Gogoasa, I., & Gergen, I. (2011). Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area; a case study: Banat County, Romania. *Chemistry Central Journal*, 5(1), 64.
<https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-64>
- Harrison, N. (2001). Inorganic Contaminants in Food: Metals and Metalloids. In: Watson, D, Ed., *Food Chemical Safety: Contaminants, Vol. 1, Chapter 7*, CRC Press, Florida., 1.
- He, S., He, Z., Yang, X., & Baligar, V. C. (2012). *Mechanisms of Nickel Uptake and Hyperaccumulation by Plants and Implications for Soil Remediation* (pp. 117–189).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394278-4.00003-9>
- He, X., & Liu, R. H. (2008). Phytochemicals of Apple Peels: Isolation, Structure Elucidation, and Their Antiproliferative and Antioxidant Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), 9905–9910. <https://doi.org/10.1021/jf8015255>
- Hedayati, N., Bemani Naeini, M., Mohammadinejad, A., & Mohajeri, S. A. (2019). Beneficial effects of celery (*Apium graveolens*) on metabolic syndrome: A review of the existing evidences. *Phytotherapy Research*, 33(12), 3040–3053. <https://doi.org/10.1002/ptr.6492>
- Hedfi, A., Mahmoudi, E., Boufahja, F., Beyrem, H., & Aïssa, P. (2007). Effects of Increasing Levels of Nickel Contamination on Structure of Offshore Nematode Communities in Experimental Microcosms. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79(3), 345–349. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9261-0>
- Helios-Rybicka, E., & Wójcik, R. (2012). Competitive sorption/desorption of Zn, Cd, Pb, Ni, Cu, and Cr by clay-bearing mining wastes. *Applied Clay Science*, 65–66, 6–13.
<https://doi.org/10.1016/j.clay.2012.06.006>
- Hossain, M. A., Hasanuzzaman, M., & Fujita, M. (2010). Up-regulation of antioxidant and glyoxalase systems by exogenous glycinebetaine and proline in mung bean confer tolerance to cadmium stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 16(3), 259–272. <https://doi.org/10.1007/s12298-010-0028-4>
- Hossain, M. A., Piyatida, P., da Silva, J. A. T., & Fujita, M. (2012). Molecular Mechanism of

- Heavy Metal Toxicity and Tolerance in Plants: Central Role of Glutathione in Detoxification of Reactive Oxygen Species and Methylglyoxal and in Heavy Metal Chelation. *Journal of Botany*, 2012, 1–37. <https://doi.org/10.1155/2012/872875>
- Hsiao, C.-L., Wu, K.-H., & Wan, K.-S. (2011). Effects of environmental lead exposure on T-helper cell-specific cytokines in children. *Journal of Immunotoxicology*, 8(4), 284–287. <https://doi.org/10.3109/1547691X.2011.592162>
- Huang, Y. F., Gao, X. L., Nan, Z. B., & Zhang, Z. X. (2017). Potential value of the common vetch (*Vicia sativa* L.) as an animal feedstuff: a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(5), 807–823. <https://doi.org/10.1111/jpn.12617>
- Hung, H.-C., Joshipura, K. J., Jiang, R., Hu, F. B., Hunter, D., Smith-Warner, S. A., Colditz, G. A., Rosner, B., Spiegelman, D., & Willett, W. C. (2004). Fruit and Vegetable Intake and Risk of Major Chronic Disease. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*, 96(21), 1577–1584. <https://doi.org/10.1093/jnci/djh296>
- Hyder, O., Chung, M., Cosgrove, D., Herman, J. M., Li, Z., Firoozmand, A., Gurakar, A., Koteish, A., & Pawlik, T. M. (2013). Cadmium Exposure and Liver Disease among US Adults. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, 17(7), 1265–1273. <https://doi.org/10.1007/s11605-013-2210-9>
- Ihedioha, J. N., Okoye, C. O. B., & Onyechi, U. A. (2014). Health risk assessment of zinc, chromium, and nickel from cow meat consumption in an urban Nigerian population. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 20(4), 281–288. <https://doi.org/10.1179/2049396714Y.0000000075>
- Ilić, S. Z., Mirecki, N., Trajković, R., Kapoulas, N., Milenković, L., & Šunić, L. (2015). Effect of Pb on germination of different seed and his translocation in bean seed tissues during sprouting. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(2A), 670–675.
- Ishibashi, Y., Yamamoto, K., Tawaratsumida, T., Yuasa, T., & Iwaya-Inoue, M. (2008). Hydrogen peroxide scavenging regulates germination ability during wheat (*Triticum aestivum* L.) seed maturation. *Plant Signaling & Behavior*, 3(3), 183–188. <https://doi.org/10.4161/psb.3.3.5540>
- Jacobs, D. R., Slavin, J., & Marquart, L. (1995). Whole grain intake and cancer: A review of the literature. *Nutrition and Cancer*, 24(3), 221–229. <https://doi.org/10.1080/01635589509514411>
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60–72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>

- Jakovljevic, V., Raskovic, A., Popovic, M., & Sabo, J. (2002). The effect of celery and parsley juices on pharmacodynamic activity of drugs involving cytochrome P450 in their metabolism. *European Journal of Drug Metabolism and Pharmacokinetics*, 27(3), 153–156. <https://doi.org/10.1007/BF03190450>
- Jamal, S.N., Iqbal, M.Z. and Athar, M. (2006). Effect of aluminum and chromium on the growth and germination of mesquite (*Prosopis juliflora* (Swartz.) DC). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 3, 173–176.
- James-Martin G, Williams G, Stonehouse W, O’Callaghan N, N. M. (2015). Health and nutritional properties of pears (*Pyrus*): *Food and Nutrition Flagship*, 104.
- Jang, H.-H., Lee, J., Lee, S.-H., & Lee, Y.-M. (2020). Effects of *Capsicum annuum* supplementation on the components of metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 20912. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77983-2>
- Jankiewicz, B., & Adamczyk, D. (2010). Assessing Heavy Metal Content in Soils Surrounding a Power Plant. *Polish J. of Environ. Stud.*, 19(4), 849–853.
- Jeong, S. Il, Lee, S., Choi, B. K., Jung, K. Y., Kim, K. J., Keum, K. S., & Choo, Y. K. (2005). Methylisogerminol isolated from radish roots stimulates small bowel motility via activation of acetylcholinergic receptors. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 57(12), 1653–1659. <https://doi.org/10.1211/jpp.57.12.0016>
- Jiang, J., Xu, R., Jiang, T., & Li, Z. (2012). Immobilization of Cu(II), Pb(II) and Cd(II) by the addition of rice straw derived biochar to a simulated polluted Ultisol. *Journal of Hazardous Materials*, 229–230, 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.05.086>
- Jiang, Q.-Y., Zhuo, F., Long, S.-H., Zhao, H.-D., Yang, D.-J., Ye, Z.-H., Li, S.-S., & Jing, Y.-X. (2016). Can arbuscular mycorrhizal fungi reduce Cd uptake and alleviate Cd toxicity of *Lonicera japonica* grown in Cd-added soils? *Scientific Reports*, 6(1), 21805. <https://doi.org/10.1038/srep21805>
- Jiang, R., Hodgson, J. M., Mas, E., Croft, K. D., & Ward, N. C. (2016). Chlorogenic acid improves ex vivo vessel function and protects endothelial cells against HOCl-induced oxidative damage, via increased production of nitric oxide and induction of Hmox-1. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 27, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2015.08.017>
- Jiang, Y., & Wang, T. (2005). Phytosterols in cereal by-products. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 82(6), 439–444. <https://doi.org/10.1007/s11746-005-1090-5>
- Jomová, K., Vollmannová, K., Hegedúsová, A., Morovič, M. (2004). Genotype variability in

- the relationship to heavy metals intake. *Chemické Listy*, 98, 708.
- Jones, K. C. (1991). Contaminant trends in soils and crops. *Environmental Pollution*, 69(4), 311–325. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(91\)90119-H](https://doi.org/10.1016/0269-7491(91)90119-H)
- Jonsson, K., Andersson, R., Bach Knudsen, K. E., Hallmans, G., Hanhineva, K., Katina, K., Kolehmainen, M., Kyrø, C., Langton, M., Nordlund, E., Lærke, H. N., Olsen, A., Poutanen, K., Tjønneland, A., & Landberg, R. (2018). Rye and health - Where do we stand and where do we go? *Trends in Food Science & Technology*, 79, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.018>
- Jug, D., Birkás, M., Jug, I., Vukadinović, V., & Stipešević, B. (2014). *Agrotehnički aspekt biljne proizvodnje i sanacije tla nakon poplava*. 20–27.
- Jurišić, A. (2017). Količina fosfora u korijenu celera korjenša na tržištu grada Zagreba. *Diplomski Rad*. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:581554>
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (2001). Trace Elements in Soils and Plants. *3rd Edition*, CRC Press, Boca Raton, 403.
- Kabata-Pendias, A. (2004). Soil–plant transfer of trace elements—an environmental issue. *Geoderma*, 122(2–4), 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.004>
- Kabata-Pendias, A. (2010). *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10158>
- Kabata-Pendias, A., & Sadurski, W. (2004). Trace Elements and Compounds in Soil. In *Elements and Their Compounds in the Environment* (pp. 79–99). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527619634.ch5>
- Kamal-Eldin, A., Lærke, H. N., Knudsen, K.-E. B., Lampi, A.-M., Piironen, V., Adlercreutz, H., Katina, K., Poutanen, K., & Åman, P. (2009). Physical, microscopic and chemical characterisation of industrial rye and wheat brans from the Nordic countries. *Food & Nutrition Research*, 53(1), 1912. <https://doi.org/10.3402/fnr.v53i0.1912>
- Kanner, J., Harel, S., & Granit, R. (2001). Betalains A New Class of Dietary Cationized Antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5178–5185. <https://doi.org/10.1021/jf010456f>
- Karavoltzos, S., Sakellari, A., Dimopoulos, M., Dasenakis, M., & Scoullou, M. (2002). Cadmium content in foodstuffs from the Greek market. *Food Additives and Contaminants*, 19(10), 954–962. <https://doi.org/10.1080/02652030210136973>
- Kassambara, A., Mundt, F. (2020). *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. R package version 1.0.7. <https://doi.org/https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>

- Kastori, R. (1983). Uloga elemenata u ishrani biljaka. *Matica Srpska, Novi Sad*.
- Kastori, R., Putnik-Delić, M., & Maksimović, I. (2022). Functions of nickel in higher plants: A review. *Acta Agriculturae Serbica*, 27(53), 89–101. <https://doi.org/10.5937/aaser2253089k>
- Kastori., R (1997). Teški metali u životnoj sredini. *Naučni Institut Za Ratarstvo i Povrtarstvo. Feljton, Novi Sad*.
- Kasum, C. M., Jacobs, D. R., Nicodemus, K., & Folsom, A. R. (2002). Dietary risk factors for upper aerodigestive tract cancers. *International Journal of Cancer*, 99(2), 267–272. <https://doi.org/10.1002/ijc.10341>
- Kearney, P. M., Whelton, M., Reynolds, K., Muntner, P., Whelton, P. K., & He, J. (2005). Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *The Lancet*, 365(9455), 217–223. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)17741-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)17741-1)
- Khaliq, S., Iqbal, M., Yaseen, W., & Rasheed, R. (2021). The exogenous menadiol diacetate enhances growth and yield by reducing Pb uptake, translocation and its toxicity through tissue nutrients acquisition in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101666. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101666>
- Khan, A. A., Khan, H., Khan, K., Khan, S. A., Iqbal, S., Afnan, M., & Adnan, M. (2024). A study on health risk assessment of heavy metals through intake of agricultural food crops in district Mardan, Pakistan. *Journal of Population and Therapeutics and Clinical Pharmacology*. <https://doi.org/10.53555/jptcp.v31i2.4413>
- Khan, A., Khan, S., Khan, M. A., Qamar, Z., & Waqas, M. (2015). The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(18), 13772–13799. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4881-0>
- Khan, M. A., Khan, S., Khan, A., & Alam, M. (2017). Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments. *Science of The Total Environment*, 601–602, 1591–1605. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.030>
- Khan, N. A., Anjum, N. A., Nazar, R., & Iqbal, N. (2009). Increased activity of ATP-sulfurylase and increased contents of cysteine and glutathione reduce high cadmium-induced oxidative stress in mustard cultivar with high photosynthetic potential. *Russian Journal of Plant Physiology*, 56(5), 670–677. <https://doi.org/10.1134/S1021443709050136>
- Khattak, K. F. (2011). Nutrient composition, phenolic content and free radical scavenging activity of some uncommon vegetables of Pakistan. *Pak. J. Pharm. Sci*, 24, 277–283.

- Khoshgoftarmanesh, A. H., Schulin, R., Chaney, R. L., Daneshbakhsh, B., & Afyuni, M. (2009). Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. *Sustainable Agriculture*, 2, 219–249. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_13
- Kibinza, S., Bazin, J., Bailly, C., Farrant, J. M., Corbineau, F., & El-Maarouf-Bouteau, H. (2011). Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. *Plant Science*, 181(3), 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.06.003>
- Kim, M. J., Moon, Y., Kopsell, D. A., Park, S., Tou, J. C., & Waterland, N. L. (2016). Nutritional Value of Crisphead ‘Iceberg’ and Romaine Lettuces (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Agricultural Science*, 8(11), 1. <https://doi.org/10.5539/jas.v8n11p1>
- Kim, S., Woo, M., Kim, M., Noh, J. S., & Song, Y. O. (2017). Hot water extracts of pressure-roasted dried radish attenuates hepatic oxidative stress via Nrf2 up-regulation in mice fed high-fat diet. *Food Science and Biotechnology*, 26(4), 1063–1069. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0135-x>
- Koehler, P., & Wieser, H. (2013). Chemistry of Cereal Grains. In *Handbook on Sourdough Biotechnology* (pp. 11–45). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5425-0_2
- Kohli, S. K., Handa, N., Bali, S., Khanna, K., Arora, S., Sharma, A., & Bhardwaj, R. (2019). *Current Scenario of Pb Toxicity in Plants: Unraveling Plethora of Physiological Responses* (pp. 153–197). https://doi.org/10.1007/398_2019_25
- Koistinen, V. M., Mattila, O., Katina, K., Poutanen, K., Aura, A.-M., & Hanhineva, K. (2018). Metabolic profiling of sourdough fermented wheat and rye bread. *Scientific Reports*, 8(1), 5684. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24149-w>
- Kolniak-Ostek, J. (2016). Chemical composition and antioxidant capacity of different anatomical parts of pear (*Pyrus communis* L.). *Food Chemistry*, 203, 491–497. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.103>
- Kolniak-Ostek, J., Kłopotowska, D., Rutkowski, K. P., Skorupińska, A., & Kruczyńska, D. E. (2020). Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Pear (*Pyrus communis* L.) Fruits. *Molecules*, 25(19), 4444. <https://doi.org/10.3390/molecules25194444>
- Kooti, W., & Daraei, N. (2017). A Review of the Antioxidant Activity of Celery (*Apium graveolens* L.). *Journal of Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 22(4), 1029–1034. <https://doi.org/10.1177/2156587217717415>
- Kopsell, D. A., Armel, G. R., Mueller, T. C., Sams, C. E., Deyton, D. E., McElroy, J. S., & Kopsell, D. E. (2009). Increase in Nutritionally Important Sweet Corn Kernel Carotenoids following Mesotrione and Atrazine Applications. *Journal of Agricultural and Food*

- Chemistry*, 57(14), 6362–6368. <https://doi.org/10.1021/jf9013313>
- Korça, B., & Demaku, S. (2020). Assessment of Contamination with Heavy Metals in Environment: Water, STERILE, Sludge and Soil around Kishnica Landfill, Kosovo. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(1), 671–677. <https://doi.org/10.15244/pjoes/122448>
- Korça, B., Krasniqi, I., Demaku, S., Shehu, I., & Behrami, A. (2016). The impact of the TC “Kosova” in contamination with heavy metal, in the river Sitnicë, groundwater and soils of this area. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 40(1), 292–295.
- Kreydiyyeh, S. I., & Usta, J. (2002). Diuretic effect and mechanism of action of parsley. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(3), 353–357. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00408-1](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00408-1)
- Kugonič, N., & Grčman, H. (1999). The accumulation of cadmium, lead and zinc by different vegetables from Zasavje (Slovenia). *Phyton - Annales Rei Botanicae*, 39(3), 161–165.
- Kumar, A., Kumar, A., M.M.S., C.-P., Chaturvedi, A. K., Shabnam, A. A., Subrahmanyam, G., Mondal, R., Gupta, D. K., Malyan, S. K., Kumar, S. S., A. Khan, S., & Yadav, K. K. (2020). Lead Toxicity: Health Hazards, Influence on Food Chain, and Sustainable Remediation Approaches. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2179. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072179>
- Kumar, B., Smita, K., & Cumbal Flores, L. (2017). Plant mediated detoxification of mercury and lead. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S2335–S2342. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.08.010>
- Kumar, D., & Narayan Jhariya, A. (2013). Nutritional, Medicinal and Economical importance of Corn: A Mini Review. *Research Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2(7), 7–8. www.isca.in
- Kumar, M. and P. J. (2014). Toxic effect of lead nitrate [Pb(NO₃)₂] on the black gram seedlings (*Vigna mungo* (L.) Hepper). *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.*, 1(9), 209–2013.
- Lăcătușu, R.; Lăcătușu, A. R. (2008). Vegetable and fruits quality within heavy metals polluted areas in Romania. *Carpth. J. Earth Environ. Sci.*, 3, 115–119.
- Lechner, J. F., & Stoner, G. D. (2019). Red Beetroot and Betalains as Cancer Chemopreventative Agents. *Molecules*, 24(8), 1602. <https://doi.org/10.3390/molecules24081602>
- Leconte, S., Rousselle, C., Bodin, L., Clinard, F., & Carne, G. (2021). Refinement of health-based guidance values for cadmium in the French population based on modelling.

- Toxicology Letters*, 340, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.12.021>
- Leduc, D.L. and Terry, N. (2005). Phytoremediation of toxic trace elements in soil and water. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 32(11–12), 514–520.
- Lee, H., Isse, T., Kawamoto, T., Woo, H., Kim, A. K., Park, J. Y., & Yang, M. (2012). Effects and Action Mechanisms of Korean Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Shingo) on Alcohol Detoxification. *Phytotherapy Research*, 26(11), 1753–1758. <https://doi.org/10.1002/ptr.4630>
- Li, B., Wang, Y., Jiang, Y., Li, G., Cui, J., Wang, Y., Zhang, H., Wang, S., Xu, S., & Wang, R. (2016). The accumulation and health risk of heavy metals in vegetables around a zinc smelter in northeastern China. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(24), 25114–25126. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7342-5>
- Li, W., Khan, M. A., Yamaguchi, S., & Kamiya, Y. (2005). Effects of heavy metals on seed germination and early seedling growth of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Growth Regulation*, 46(1), 45–50. <https://doi.org/10.1007/s10725-005-6324-2>
- Li, X., Li, Z., Lin, C.-J., Bi, X., Liu, J., Feng, X., Zhang, H., Chen, J., & Wu, T. (2018). Health risks of heavy metal exposure through vegetable consumption near a large-scale Pb/Zn smelter in central China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.080>
- Li, Y., Wang, H., Zhang, Y., & Martin, C. (2018). Can the world’s favorite fruit, tomato, provide an effective biosynthetic chassis for high-value metabolites? *Plant Cell Reports*, 37(10), 1443–1450. <https://doi.org/10.1007/s00299-018-2283-8>
- Li, Y., Wang, Y., Gou, X., Su, Y., & Wang, G. (2006). Risk assessment of heavy metals in soils and vegetables around non-ferrous metals mining and smelting sites, Baiyin, China. *Journal of Environmental Sciences*, 18(6), 1124–1134. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(06\)60050-8](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(06)60050-8)
- Liang, G., Gong, W., Li, B., Zuo, J., Pan, L., & Liu, X. (2019). Analysis of Heavy Metals in Foodstuffs and an Assessment of the Health Risks to the General Public via Consumption in Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 909. <https://doi.org/10.3390/ijerph16060909>
- Liu, R. H. (2013). Dietary Bioactive Compounds and Their Health Implications. *Journal of Food Science*, 78(s1). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12101>
- Liu, S., Stampfer, M. J., Hu, F. B., Giovannucci, E., Rimm, E., Manson, J. E., Hennekens, C. H., & Willett, W. C. (1999). Whole-grain consumption and risk of coronary heart disease: results from the Nurses’ Health Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(3),

- 412–419. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.3.412>
- Liu, S., Willett, W. C., Manson, J. E., Hu, F. B., Rosner, B., & Colditz, G. (2003). Relation between changes in intakes of dietary fiber and grain products and changes in weight and development of obesity among middle-aged women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(5), 920–927. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.5.920>
- Liu, T., Marlier, M. E., DeFries, R. S., Westervelt, D. M., Xia, K. R., Fiore, A. M., Mickley, L. J., Cusworth, D. H., & Milly, G. (2018). Seasonal impact of regional outdoor biomass burning on air pollution in three Indian cities: Delhi, Bengaluru, and Pune. *Atmospheric Environment*, 172, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.10.024>
- Liu, Z., Alseekh, S., Brotman, Y., Zheng, Y., Fei, Z., Tieman, D. M., Giovannoni, J. J., Fernie, A. R., & Klee, H. J. (2016). Identification of a *Solanum pennellii* Chromosome 4 Fruit Flavor and Nutritional Quality-Associated Metabolite QTL. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01671>
- López-Bucio, J., Nieto-Jacobo, M. F., Ramírez-Rodríguez, V., & Herrera-Estrella, L. (2000). Organic acid metabolism in plants: from adaptive physiology to transgenic varieties for cultivation in extreme soils. *Plant Science*, 160(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00347-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00347-2)
- Lopez-Martinez, L. X., Oliart-Ros, R. M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C.-H., Parkin, K. L., & Garcia, H. S. (2009). Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT - Food Science and Technology*, 42(6), 1187–1192. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.10.010>
- López-Román, M. I., Castaño-Herrero, C., De la Rosa, L., & Ramírez-Parra, E. (2025). Optimizing Nitrogen Fixation in *Vicia sativa*: The Role of Host Genetic Diversity. *Agronomy*, 15(6), 1479. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061479>
- Luna-Vital, D., Li, Q., West, L., West, M., & Gonzalez de Mejia, E. (2017). Anthocyanin condensed forms do not affect color or chemical stability of purple corn pericarp extracts stored under different pHs. *Food Chemistry*, 232, 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.169>
- Lysenko, E. A., Klaus, A. A., Pshybytko, N. L., & Kusnetsov, V. V. (2015). Cadmium accumulation in chloroplasts and its impact on chloroplastic processes in barley and maize. *Photosynthesis Research*, 125(1–2), 291–303. <https://doi.org/10.1007/s11120-014-0047-z>
- M., Y. (2018). Detoxification of Pears. In Daily consumption of Korean pears for health. *Edited by Pear Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science: Rural*

Development Administration, 55–67.

- Ma, J. F. (2000). Role of Organic Acids in Detoxification of Aluminum in Higher Plants. *Plant and Cell Physiology*, 41(4), 383–390. <https://doi.org/10.1093/pcp/41.4.383>
- Mahmood, S., Hussain, A., Saeed, Z., & Athar, M. (2005). Germination and seedling growth of corn (*Zea mays* L.) under varying levels of copper and zinc. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 2(3), 269–274. <https://doi.org/10.1007/BF03325886>
- Mahmood, S., Hussain, S., & Malik, F. (2014). Critique of medicinal conspicuousness of Parsley(*Petroselinum crispum*): a culinary herb of Mediterranean region. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 27(1), 193–202. <https://doi.org/24374449>
- Majid, N. M., Islam, M. M., & Enanee, N. (2012). Heavy metal uptake and translocation by Semuloh (*Fagopyrum dibotrys*) from sawdust sludge contaminated soil. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(6), 912–923.
- Maksimović, I., Pajević, S. (2002). Praktikum iz fiziologije biljaka. *Verzal*, Novi Sad, 225.
- Maksimović, M., Gudelj Rakić, J. M., Vlajinac, H. D., Vasiljević, N. D., Nikić, M. I., & Marinković, J. M. (2016). Comparison of different anthropometric measures in the adult population in Serbia as indicators of obesity: Data from the National Health Survey 2013. *Public Health Nutrition*, 19(12), 2246–2255. <https://doi.org/10.1017/S1368980016000161>
- Manea, D. N., Ienciu, A. A., Ștef, R., Șmuleac, I. L., Gergen, I. I., & Nica, D. V. (2020). Health Risk Assessment of Dietary Heavy Metals Intake from Fruits and Vegetables Grown in Selected Old Mining Areas—A Case Study: The Banat Area of Southern Carpathians. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 5172. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145172>
- Marković, M., Cupać, S., Đurović, R., Milinović, J., & Kljajić, P. (2010). Assessment of Heavy Metal and Pesticide Levels in Soil and Plant Products from Agricultural Area of Belgrade, Serbia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 58(2), 341–351. <https://doi.org/10.1007/s00244-009-9359-y>
- Martí, R., Roselló, S., & Cebolla-Cornejo, J. (2016). Tomato as a Source of Carotenoids and Polyphenols Targeted to Cancer Prevention. *Cancers*, 8(6), 58. <https://doi.org/10.3390/cancers8060058>
- Martorell, I., Perelló, G., Martí-Cid, R., Llobet, J. M., Castell, V., & Domingo, J. L. (2011). Human Exposure to Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead from Foods in Catalonia, Spain: Temporal Trend. *Biological Trace Element Research*, 142(3), 309–322.

<https://doi.org/10.1007/s12011-010-8787-x>

Mastilović, J. S., Kevrešan, , Žarko S., Janić-Hajnal, E. P., Novaković, A. R., & Radusin, T. I. (2010). Occurrence and risk management of main toxic elements in food production chain. *Food and Feed Research*, 1, 13–22.

Mawari, G., Kumar, N., Sarkar, S., Daga, M. K., Singh, M. M., Joshi, T. K., & Khan, N. A. (2022). Heavy Metal Accumulation in Fruits and Vegetables and Human Health Risk Assessment: Findings From Maharashtra, India. *Environmental Health Insights*, 16. <https://doi.org/10.1177/11786302221119151>

McIlveen, W. D., & Negusanti, J. J. (1994). Nickel in the terrestrial environment. *Science of The Total Environment*, 148(2–3), 109–138. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90390-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90390-5)

Medina-Lozano, I., Bertolín, J. R., & Díaz, A. (2021). Nutritional value of commercial and traditional lettuce (*Lactuca sativa* L.) and wild relatives: Vitamin C and anthocyanin content. *Food Chemistry*, 359, 129864. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129864>

Melanson, K. J., Angelopoulos, T. J., Nguyen, V. T., Martini, M., Zukley, L., Lowndes, J., Dube, T. J., Fiutem, J. J., Yount, B. W., & Rippe, J. M. (2006). Consumption of Whole-Grain Cereals during Weight Loss: Effects on Dietary Quality, Dietary Fiber, Magnesium, Vitamin B-6, and Obesity. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(9), 1380–1388. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.06.003>

Mellen, P. B., Walsh, T. F., & Herrington, D. M. (2008). Whole grain intake and cardiovascular disease: A meta-analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 18(4), 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.12.008>

Mencherini, T., Cau, A., Bianco, G., Loggia, R. Della, Aquino, R. P., & Autore, G. (2007). An extract of *Apium graveolens* var. dulce leaves: structure of the major constituent, apiin, and its anti-inflammatory properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 59(6), 891–897. <https://doi.org/10.1211/jpp.59.6.0016>

Meyer, K. A., Kushi, L. H., Jacobs, D. R., Slavin, J., Sellers, T. A., & Folsom, A. R. (2000). Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(4), 921–930. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.4.921>

Micic, R., Mitic, S., Arsic, B., Jokic, A., Mitic, M., Kostic, D., Pavlovic, A., Cekerevac, M., Nikolic-Bujanovic, L., & Spalevic, Z. (2015). Statistical characteristics of selected elements in vegetables from Kosovo. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(6), 389. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4606-3>

Ministry of Health of the Republic of Serbia & Institute of Public

- Health of Serbia 'Dr Milan Jovanović Batut' (2013) National Health Survey 2013 – Key findings. <http://www.batut.org.rs/download/publikacije/2013SerbiaHealthSurvey.pdf>
- Ministry of Health of the Republic of Serbia & Institute of Public Health of Serbia 'Dr Milan Jovanović Batut' (2014) National Health Survey 2014 – Key findings. <https://www.batut.org.rs/download/publikacije/pub2014.pdf>
- Milošević, M., Vujakovic, M. and Karagic, D. (2010). Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika.*, 42(1), 103–118.
- Milton-Laskibar, I., Martínez, J. A., & Portillo, M. P. (2021). Current Knowledge on Beetroot Bioactive Compounds: Role of Nitrate and Betalains in Health and Disease. *Foods*, 10(6), 1314. <https://doi.org/10.3390/foods10061314>
- Mirecki, N., Agič, R., Šunić, L., Milenković, L., & Ilić, Z. S. (2015). Transfer Factor As Indicator. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(11c), 4212. <https://www.researchgate.net/publication/285589331>
- Mirmiran, P., Houshialsadat, Z., Gaeini, Z., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2020). Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. *Nutrition & Metabolism*, 17(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s12986-019-0421-0>
- Mitra, S., Chakraborty, A. J., Tareq, A. M., Emran, T. Bin, Nainu, F., Khusro, A., Idris, A. M., Khandaker, M. U., Osman, H., Alhumaydhi, F. A., & Simal-Gandara, J. (2022). Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University - Science*, 34(3), 101865. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865>
- Mohamed, I., Ahamadou, B., Li, M., Gong, C., Cai, P., Liang, W., & Huang, Q. (2010). Fractionation of copper and cadmium and their binding with soil organic matter in a contaminated soil amended with organic materials. *Journal of Soils and Sediments*, 10(6), 973–982. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0199-1>
- Mohammadi, M. J., Yari, A. R., Saghaadeh, M., Sobhanardakani, S., Geravandi, S., Afkar, A., Salehi, S. Z., Valipour, A., Biglari, H., Hosseini, S. A., Rastegarimehr, B., Vosoughi, M., & Omid Khaniabadi, Y. (2018). A health risk assessment of heavy metals in people consuming Sohan in Qom, Iran. *Toxin Reviews*, 37(4), 278–286. <https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1362655>
- Mohammed Abdul, K. S., Jayasinghe, S. S., Chandana, E. P. S., Jayasumana, C., & De Silva, P. M. C. S. (2015). Arsenic and human health effects: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 40(3), 828–846. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.09.016>
- Mohd Hassan, N., Yusof, N. A., Yahaya, A. F., Mohd Rozali, N. N., & Othman, R. (2019).

- Carotenoids of Capsicum Fruits: Pigment Profile and Health-Promoting Functional Attributes. *Antioxidants*, 8(10), 469. <https://doi.org/10.3390/antiox8100469>
- Mootoosamy, A., & Fawzi Mahomoodally, M. (2014). Ethnomedicinal application of native remedies used against diabetes and related complications in Mauritius. *Journal of Ethnopharmacology*, 151(1), 413–444. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.10.069>
- Morgado, M., de Oliveira, G. V., Vasconcellos, J., Monteiro, M. L., Conte-Junior, C., Pierucci, A. P. T. R., & Alvares, T. S. (2016). Development of a beetroot-based nutritional gel containing high content of bioaccessible dietary nitrate and antioxidants. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 67(2), 153–160. <https://doi.org/10.3109/09637486.2016.1147531>
- Moros, E. E., Darnoko, D., Cheryan, M., Perkins, E. G., & Jerrell, J. (2002). Analysis of Xanthophylls in Corn by HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 5787–5790. <https://doi.org/10.1021/jf020109l>
- Mourouti, N., Kontogianni, M. D., Papavagelis, C., Psaltopoulou, T., Kapetanstrataki, M. G., Plytzanopoulou, P., Vassilakou, T., Malamos, N., Linos, A., & Panagiotakos, D. B. (2016). Whole Grain Consumption and Breast Cancer: A Case-Control Study in Women. *Journal of the American College of Nutrition*, 35(2), 143–149. <https://doi.org/10.1080/07315724.2014.963899>
- Muir, J. G., Yeow, E. G., Keogh, J., Pizzey, C., Bird, A. R., Sharpe, K., O’Dea, K., & Macrae, F. A. (2004). Combining wheat bran with resistant starch has more beneficial effects on fecal indexes than does wheat bran alone. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(6), 1020–1028. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.6.1020>
- Mzoughi, Z., Chahdoura, H., Chakroun, Y., Cámara, M., Fernández-Ruiz, V., Morales, P., Mosbah, H., Flamini, G., Snoussi, M., & Majdoub, H. (2019). Wild edible Swiss chard leaves (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*): Nutritional, phytochemical composition and biological activities. *Food Research International*, 119, 612–621. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.039>
- Na, J., Hwang, H.-J., Shin, M.-S., Kang, M., Lee, J., Bang, G., Kim, Y. J., Hwang, Y.-J., Hwang, K.-A., & Park, Y. H. (2021). Extract of radish (*R. Sativus* Linn) promotes anti-atherosclerotic effect using urine metabolomics in ApoE^{-/-} mice. *Journal of Functional Foods*, 78, 104368. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104368>
- Nair, A., DeGheselle, O., Smeets, K., Van Kerkhove, E., & Cuypers, A. (2013). Cadmium-Induced Pathologies: Where Is the Oxidative Balance Lost (or Not)? *International Journal of Molecular Sciences*, 14(3), 6116–6143. <https://doi.org/10.3390/ijms14036116>

- Nakamura, Y., Nakamura, K., Asai, Y., Wada, T., Tanaka, K., Matsuo, T., Okamoto, S., Meijer, J., Kitamura, Y., Nishikawa, A., Park, E. Y., Sato, K., & Ohtsuki, K. (2008). Comparison of the Glucosinolate–Myrosinase Systems among Daikon (*Raphanus sativus*, Japanese White Radish) Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(8), 2702–2707. <https://doi.org/10.1021/jf7035774>
- Navarro-León, E., Oviedo-Silva, J., Ruiz, J. M., & Blasco, B. (2019). Possible role of HMA4a TILLING mutants of *Brassica rapa* in cadmium phytoremediation programs. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180, 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.04.081>
- Naveed, M., Hejazi, V., Abbas, M., Kamboh, A. A., Khan, G. J., Shumzaid, M., Ahmad, F., Babazadeh, D., FangFang, X., Modarresi-Ghazani, F., WenHua, L., & XiaoHui, Z. (2018). Chlorogenic acid (CGA): A pharmacological review and call for further research. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 97, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.10.064>
- Naz, A., Chowdhury, A., Chandra, R., & Mishra, B. K. (2020). Potential human health hazard due to bioavailable heavy metal exposure via consumption of plants with ethnobotanical usage at the largest chromite mine of India. *Environmental Geochemistry and Health*, 42(12), 4213–4231. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00603-5>
- Needleman, H. (2004). Lead Poisoning. *Annual Review of Medicine*, 55(1), 209–222. <https://doi.org/10.1146/annurev.med.55.091902.103653>
- Nešić, M., Trajković, R., Tošić, S., Marković, M. (2005). Influence of air pollution on enzym catalase activity in herb's tissues in environ mental of Piro. *8th Symposium on the Flora of Southeastern Serbia and Neighboring Regions, Nis. Book of Abstract.*, 98.
- Newbigging, A. M., Yan, X., & Le, X. C. (2015). Cadmium in soybeans and the relevance to human exposure. *Journal of Environmental Sciences*, 37, 157–162. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.09.001>
- Ng, C. C., Rahman, M. M., Boyce, A. N., & Abas, M. R. (2016). Heavy metals phyto-assessment in commonly grown vegetables: water spinach (*I. aquatica*) and okra (*A. esculentus*). *SpringerPlus*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2125-5>
- Nguyen, V., Riley, S., Nagel, S., Fisk, I., & Searle, I. R. (2020). Common Vetch: A Drought Tolerant, High Protein Neglected Leguminous Crop With Potential as a Sustainable Food Source. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00818>
- Niaz, A., Sial, R. A., Iqbal, M. M., Naz, T., Ghafoor, A., & Murtaza, G. (2015). Growth, tissue concentration and bioaccumulation of cadmium by different mungbean cultivars in a

- hydroponic study. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 52(4), 931–936.
- Nicolle, C., Simon, G., Rock, E., Amouroux, P., & Rémésy, C. (2004). Genetic Variability Influences Carotenoid, Vitamin, Phenolic, and Mineral Content in White, Yellow, Purple, Orange, and Dark-orange Carrot Cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(4), 523–529. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.4.523>
- Nikolic, N., Borisev, M., Pajevic, S., Arsenov, D., & Zupunski, M. (2014). Comparative assessment of mineral elements and heavy metals accumulation in vegetable species. *Food and Feed Research*, 41(2), 115–123. <https://doi.org/10.5937/FFR1402115N>
- Nikolic, N., Borisev, M., Pajevic, S., Arsenov, D., Zupunski, M., Orlovic, S., & Pilipovic, A. (2015). Photosynthetic response and tolerance of three willow species to cadmium exposure in hydroponic culture. *Archives of Biological Sciences*, 67(4), 1411–1420. <https://doi.org/10.2298/ABS150421120N>
- Ninfali, P., & Angelino, D. (2013). Nutritional and functional potential of Beta vulgaris cicla and rubra. *Fitoterapia*, 89, 188–199. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2013.06.004>
- Noureddine, B., Mostafa, E., & Mandal, S. C. (2022). Ethnobotanical, pharmacological, phytochemical, and clinical investigations on Moroccan medicinal plants traditionally used for the management of renal dysfunctions. *Journal of Ethnopharmacology*, 292, 115178. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115178>
- Osae, R., Nukpezah, D., Darko, D. A., Koranteng, S. S., & Mensah, A. (2023). Accumulation of heavy metals and human health risk assessment of vegetable consumption from a farm within the Korle lagoon catchment. *Heliyon*, 9(5), e16005. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16005>
- Osaili, T. M., Al Jamali, A. F., Makhadmeh, I. M., Taha, M., & Jarrar, S. K. (2016). Heavy metals in vegetables sold in the local market in Jordan. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 9(3), 223–229. <https://doi.org/10.1080/19393210.2016.1181675>
- Osmolovskaya, N., Dung, V. V., & Kuchaeva, L. (2018). The role of organic acids in heavy metal tolerance in plants. *Biological Communications*, 63(1), 9–16. <https://doi.org/10.21638/spbu03.2018.103>
- Oztay, F., Sacan, O., Kayalar, O., Bolkent, S., Ipci, Y., Kabasakal, L., Sener, G., & Yanardag, R. (2015). Chard (Beta vulgaris var. cicla) extract improved hyperglycemia-induced oxidative stress and surfactant-associated protein alterations in rat lungs. *Pharmaceutical Biology*, 53(11), 1639–1646. <https://doi.org/10.3109/13880209.2014.997252>
- Öztürk, A., Demirsoy, L., Demirsoy, H., Asan, A., & Gül, O. (2015). Phenolic Compounds and Chemical Characteristics of Pears (Pyrus Communis L.). *International Journal of Food*

- Properties*, 18(3), 536–546. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.835821>
- Page, V., & Feller, U. (2005). Selective Transport of Zinc, Manganese, Nickel, Cobalt and Cadmium in the Root System and Transfer to the Leaves in Young Wheat Plants. *Annals of Botany*, 96(3), 425–434. <https://doi.org/10.1093/aob/mci189>
- Page, V., Weisskopf, L., & Feller, U. (2006). Heavy metals in white lupin: uptake, root-to-shoot transfer and redistribution within the plant. *New Phytologist*, 171(2), 329–341. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01756.x>
- Pajević, S., Nikolić, N., & Borišev, M., K. B. (2012). Three year monitoring of pollutant (heavy metal) and nitrate accumulation in vegetable plant species at green open markets in Novi Sad. *ENVIROSCIENCENS 2012 -The Book of Abstracts, Project Resumes for Environmental Protection of City of Novi Sad, Hrana i Zdravlje*, 20–21.
- Pajević S., Nikolić, N., Borišev, M., Župunski, M. (2014). Osnovi fiziologije biljaka. Praktikum za studente ekologije. *Prirodno-Matematički Fakultet Novi Sad (Ed.), Stojkov Novi Sad*, s. 162., 162.
- Pajević, S., Arsenov, D., Nikolić, N., Borišev, M., Orčić, D., Župunski, M., & Mimica-Dukić, N. (2018). Heavy metal accumulation in vegetable species and health risk assessment in Serbia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6743-y>
- Pajević, S., Borišev, M., Nikolić, N., Arsenov, D. D., Orlović, S., & Župunski, M. (2016). Phytoextraction of Heavy Metals by Fast-Growing Trees: A Review In: Ansari, A., Gill, S., Gill, R., Lanza, G., Newman, L. (eds). In *Phytoremediation* (pp. 29–64). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40148-5_2
- Panchal, P., Miller, A. J., & Giri, J. (2021). Organic acids: versatile stress-response roles in plants. *Journal of Experimental Botany*, 72(11), 4038–4052. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab019>
- Panchal, S. K., Bliss, E., & Brown, L. (2018). Capsaicin in Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 10(5), 630. <https://doi.org/10.3390/nu10050630>
- Pandey, D., Daverey, A., & Arunachalam, K. (2020). Biochar: Production, properties and emerging role as a support for enzyme immobilization. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120267. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120267>
- Pandhair, V., & Sekhon, B. S. (2006). Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Plants: An Overview. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 15(2), 71–78. <https://doi.org/10.1007/BF03321907>
- Panfili, G., Fratianni, A., & Irano, M. (2003). Normal Phase High-Performance Liquid

- Chromatography Method for the Determination of Tocopherols and Tocotrienols in Cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(14), 3940–3944. <https://doi.org/10.1021/jf030009v>
- Parida, L., & Patel, T. N. (2023). Systemic impact of heavy metals and their role in cancer development: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(6), 766. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11399-z>
- Parker, E. D., Liu, S., Van Horn, L., Tinker, L. F., Shikany, J. M., Eaton, C. B., & Margolis, K. L. (2013). The association of whole grain consumption with incident type 2 diabetes: the Women's Health Initiative Observational Study. *Annals of Epidemiology*, 23(6), 321–327. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2013.03.010>
- Parveen, Z., Khuhro, M. I., & Rafiq, N. (2003). Market Basket Survey for Lead, Cadmium, Copper, Chromium, Nickel, and Zinc in Fruits and Vegetables. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 71(6). <https://doi.org/10.1007/s00128-003-8640-4>
- Patocka, J., Bhardwaj, K., Klimova, B., Nepovimova, E., Wu, Q., Landi, M., Kuca, K., Valis, M., & Wu, W. (2020). *Malus domestica*: A Review on Nutritional Features, Chemical Composition, Traditional and Medicinal Value. *Plants*, 9(11), 1408. <https://doi.org/10.3390/plants9111408>
- Pem, D., & Jeewon, R. (2015). Fruit and Vegetable Intake: Benefits and Progress of Nutrition Education Interventions- Narrative Review Article. *Iranian Journal of Public Health*, 44(10), 1309–1321. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26576343>
- Pérez, F., Llorca, M., Köck-Schulmeyer, M., Škrbić, B., Oliveira, L. S., da Boit Martinello, K., Al-Dhabi, N. A., Antić, I., Farré, M., & Barceló, D. (2014). Assessment of perfluoroalkyl substances in food items at global scale. *Environmental Research*, 135, 181–189. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.08.004>
- Philp, R. B. (1995). Environmental hazards and human health. *CRC Press, Boca Raton*.
- Pipoyan, D., Beglaryan, M., Sireyan, L., & Merendino, N. (2019). Exposure assessment of potentially toxic trace elements via consumption of fruits and vegetables grown under the impact of Alaverdi's mining complex. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(4), 819–834. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1452604>
- Pocasap, P., Weerapreeyakul, N., & Barusrux, S. (2013). Cancer preventive effect of Thai rat-tailed radish (*Raphanus sativus* L. var. *caudatus* Alef). *Journal of Functional Foods*, 5(3), 1372–1381. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.05.005>
- Popovic, B. D., Rajicic, V., Popovic, V., Buric, M., Filipovic, V., Gantner, V., Lakic, Z., & Bozovic, D. (2022). Economically significant production of *Secale cereale* L. as

- functional foods. *The Journal "Agriculture and Forestry,"* 68(3).
<https://doi.org/10.17707/AgricultForest.68.3.11>
- Prasad, S., Yadav, K. K., Kumar, S., Gupta, N., Cabral-Pinto, M. M. S., Rezanian, S., Radwan, N., & Alam, J. (2021). Chromium contamination and effect on environmental health and its remediation: A sustainable approaches. *Journal of Environmental Management*, 285, 112174. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112174>
- Prasad, M. N. V. (Ed.). (2004). *Heavy Metal Stress in Plants*. Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-07743-6>
- Prodanovic, O., Prodanovic, R., Bogdanovic, J., Mitrovic, A., Milosavic, N., & Radotic, K. (2007). Antioxidative enzymes during germination of two lines of Serbian spruce [*Picea omorika* (Panc.) Purkyně]. *Archives of Biological Sciences*, 59(3), 209–216.
<https://doi.org/10.2298/ABS0703209P>
- Quarterman, J. (1973). Factors which influence the amount and availability of trace elements in human food plants. *Qualitas Plantarum*, 23, 171–190.
- Que, F., Hou, X.-L., Wang, G.-L., Xu, Z.-S., Tan, G.-F., Li, T., Wang, Y.-H., Khadr, A., & Xiong, A.-S. (2019). Advances in research on the carrot, an important root vegetable in the Apiaceae family. *Horticulture Research*, 6(1), 69. <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0150-6>
- Radwan, M. A., & Salama, A. K. (2006). Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology*, 44(8), 1273–1278.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.02.004>
- Rafiq, M. T., Aziz, R., Yang, X., Xiao, W., Rafiq, M. K., Ali, B., & Li, T. (2014). Cadmium phytoavailability to rice (*Oryza sativa* L.) grown in representative Chinese soils. A model to improve soil environmental quality guidelines for food safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 103, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.10.016>
- Rahimzadeh, M. R., Rahimzadeh, M. R., Kazemi, S., & Moghadamnia, A. A. (2017). Cadmium toxicity and treatment: An update. *Caspian Journal of Internal Medicine*, 8(3), 135–145.
<https://doi.org/10.22088/cjim.8.3.135>
- Rai, P. K. (2018). *Phytoremediation of Emerging Contaminants in Wetlands*. CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781351067430>
- Raiola, A., Rigano, M. M., Calafiore, R., Frusciante, L., & Barone, A. (2014). Enhancing the Health-Promoting Effects of Tomato Fruit for Biofortified Food. *Mediators of Inflammation*, 2014, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2014/139873>
- Rakhmawati, R., Anggarwulan, E., & Retnaningtyas, E. (2008). Potency of Lobak Leaves

- (*Raphanus sativus* L. var. *hortensis* Back) as Anticancer and Antimicrobial Candidates. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 10(3). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d100310>
- Rani, A., Kumar, A., Lal, A., & Pant, M. (2014). Cellular mechanisms of cadmium-induced toxicity: a review. *International Journal of Environmental Health Research*, 24(4), 378–399. <https://doi.org/10.1080/09603123.2013.835032>
- Rattan, S., Zhou, C., Chiang, C., Mahalingam, S., Brehm, E., & Flaws, J. A. (2017). Exposure to endocrine disruptors during adulthood: consequences for female fertility. *Journal of Endocrinology*, 233(3), R109–R129. <https://doi.org/10.1530/JOE-17-0023>
- Reddy, B. S., Hirose, Y., Cohen, L. A., Simi, B., Cooma, I., & Rao, C. V. (2000). Preventive potential of wheat bran fractions against experimental colon carcinogenesis: implications for human colon cancer prevention. *Cancer Research*, 60(17), 4792–4797. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10987288>
- Rengel, Z. (1999). Heavy Metals as Essential Nutrients. In *Heavy Metal Stress in Plants* (pp. 231–251). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-07745-0_11
- Rodehutsord, M., Rückert, C., Maurer, H. P., Schenkel, H., Schipprack, W., Bach Knudsen, K. E., Schollenberger, M., Laux, M., Eklund, M., Siegert, W., & Mosenthin, R. (2016). Variation in chemical composition and physical characteristics of cereal grains from different genotypes. *Archives of Animal Nutrition*, 70(2), 87–107. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2015.1133111>
- Roleira, F. M. F., Tavares-da-Silva, E. J., Varela, C. L., Costa, S. C., Silva, T., Garrido, J., & Borges, F. (2015). Plant derived and dietary phenolic antioxidants: Anticancer properties. *Food Chemistry*, 183, 235–258. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.039>
- Rouf Shah, T., Prasad, K., & Kumar, P. (2016). Maize-A potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1166995>
- Rousseau, M.-C., Parent, M.-E., Nadon, L., Latreille, B., & Siemiatycki, J. (2007). Occupational Exposure to Lead Compounds and Risk of Cancer among Men: A Population-based Case-Control Study. *American Journal of Epidemiology*, 166(9), 1005–1014. <https://doi.org/10.1093/aje/kwm183>
- RT, F. (2003). Improving the nutritional quality of plants. In: *Vasil IK (Ed) Plant Biotechnology and beyond*. Kluwer, 61–67.
- Sakhare KS, Sawate AR, Kshirsagar RB, Taur AT. (2019). Studies on physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Int J Chem Stud*, 7(2):283-258.

- Santos, J., Herrero, M., Mendiola, J. A., Oliva-Teles, M. T., Ibáñez, E., Delerue-Matos, C., & Oliveira, M. B. P. P. (2014). Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.019>
- Šarkanj, B., Kipčić, D., Vasić-Rački, Đ., Delaš, F., Galić, K., Katalenić, M., Dimitrov, N., & Klapac, T. (2010). *Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani*.
- Sarwar, N., Saifullah, Malhi, S. S., Zia, M. H., Naeem, A., Bibi, S., & Farid, G. (2010). Role of mineral nutrition in minimizing cadmium accumulation by plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(6), 925–937. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3916>
- Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkerei, C., Weber, F., & Kowarik, I. (2012). How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*, 165, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.02.019>
- Savic, J. (2022). The assessment of cadmium and lead in organic and conventional root and tuber vegetables from the Serbian market. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, 67(2), 153–160. <https://doi.org/10.2298/JAS2202153S>
- Schatzkin, A., Mouw, T., Park, Y., Subar, A. F., Kipnis, V., Hollenbeck, A., Leitzmann, M. F., & Thompson, F. E. (2007). Dietary fiber and whole-grain consumption in relation to colorectal cancer in the NIH-AARP Diet and Health Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(5), 1353–1360. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.5.1353>
- Scott, C. E., & Eldridge, A. L. (2005). Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(6), 551–559. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.04.001>
- Seregin IV, Kozhevnikova AD, Kazyumina EM, I. N. T. and D. in M. R. R. J. P. P. 2003; 50(5): 711–717. (2003). Nickel Toxicity and Distribution in Maize Roots. *Russ. J Plant. Physiol.*, 50(5), 711–717.
- Shafiq, M., M. Z. I. and M. A. (2008). Effect of lead and cadmium on germination and seedling growth of *Leucaena leucocephala*. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.*, 2(12), 61–66.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 325, 36–58. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.11.063>
- Sharma, A., & Dhiman, A. (2013). Nickel and Cadmium Toxicity in Plants. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation*, 2(2), 20–24. <https://doi.org/10.7897/2277->

- Sharma, P., & Dubey, R. S. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1), 35–52. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000100004>
- Shewry, P. R. (2007). Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science*, 46(3), 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.06.006>
- Shewry, P. R. (2009). The HEALTHGRAIN programme opens new opportunities for improving wheat for nutrition and health. *Nutrition Bulletin*, 34(2), 225–231. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2009.01747.x>
- Shi, G. R., Cai, Q. S., Liu, Q. Q., & Wu, L. (2009). Salicylic acid-mediated alleviation of cadmium toxicity in hemp plants in relation to cadmium uptake, photosynthesis, and antioxidant enzymes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31(5), 969–977. <https://doi.org/10.1007/s11738-009-0312-5>
- Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H. J., Duveiller, E., Reynolds, M., & Muricho, G. (2013). Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, 5(3), 291–317. <https://doi.org/10.1007/s12571-013-0263-y>
- Shukla, S., Chatterji, S., Mehta, S., Rai, P. K., Singh, R. K., Yadav, D. K., & Watal, G. (2011). Antidiabetic effect of Raphanus sativus root juice. *Pharmaceutical Biology*, 49(1), 32–37. <https://doi.org/10.3109/13880209.2010.493178>
- Siddiq, A., & Younus, I. (2018). The Radish, Raphanus sativus L. Var. caudatus reduces anxiety-like behavior in mice. *Metabolic Brain Disease*, 33(4), 1255–1260. <https://doi.org/10.1007/s11011-018-0240-4>
- Silber, A., Bar-Yosef, B., Suryano, S., & Levkovitch, I. (2012). Zinc adsorption by perlite: Effects of pH, ionic strength, temperature, and pre-use as growth substrate. *Geoderma*, 170, 159–167. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.11.028>
- Simmonds DH. (1989). Inherent Quality Factors in Wheat. Wheat and Wheat Quality in Australia. *Australia Wheat Board, Melbourne*, 31–61.
- Simonsen, L. O., Brown, A. M., Harbak, H., Kristensen, B. I., & Bennekou, P. (2011). Cobalt uptake and binding in human red blood cells. *Blood Cells, Molecules, and Diseases*, 46(4), 266–276. <https://doi.org/10.1016/j.bcmd.2011.02.009>
- Singh, A., & Handa, S. S. (1995). Hepatoprotective activity of Apium graveolens and Hygrophila auriculata against paracetamol and thioacetamide intoxication in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 49(3), 119–126. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(95\)01291-5](https://doi.org/10.1016/0378-8741(95)01291-5)
- Singh, A., Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. M. (2010). Health risk assessment of

- heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. *Food and Chemical Toxicology*, 48(2), 611–619. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.11.041>
- Smiljić, M., Jakšić, T., Živić, N., Papović, O., Vasić, P., Marković, M., Stankov-Jovanović, V., Ilić, M., Stamenković, S. (2018). Aktivnost enzima katalaze i sadržaj organskih kiselina kod hajdučke trave (*Achillea millefolium*) sa sanirane deponije „Žitkovac“ Rudarsko metalurško hemijskog kombinata „Trepča“. “XXIII Savetovanje o Biotehnologiji”, Čačak, 9 - 10. Mart, Zbornik Radova, 352–357
- Soliman, H. A., Eltablawy, N. A., & Hamed, M. S. (2015). The ameliorative effect of *Petroselinum crispum* (parsley) on some diabetes complications. ~ 92 ~ *Journal of Medicinal Plants Studies*, 3(4), 92–100.
- Souza, V. L., Almeida, A. A. F., Hora, B. T., Gesteira, A. S., & Cascardo, J. C. M. (2008). Preliminary analysis of expressed sequences of genes in *Genipa americana* L. plant roots exposed to cadmium in nutrient solution. *Genetics and Molecular Research*, 7(4), 1282–1288. <https://doi.org/10.4238/vol7-4gmr516>
- Spengler, R. N. (2019). Origins of the Apple: The Role of Megafaunal Mutualism in the Domestication of *Malus* and Rosaceous Trees. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00617>
- St-Onge, M.-P., & Travers, A. (2016). Fatty Acids in Corn Oil. In *Handbook of Lipids in Human Function* (pp. 131–140). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-036-8.00006-8>
- Stanković-Popić, M., Trajković, R., & Andjelković, S. (2018). " Germination of seeds of vegetable cultures of peppers (*Capsicum annuum* L.) and tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) and growing of young plants on the mine dumps substrate from Kišnica Mine and Kosovo B thermal power plant. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 21(3), 266–279.
- Stankovic-Popic, M., Trajkovic, R., Sunic, L., & Ilic, Z. S. (2020). Bioindicative operation of pollutants from mine tailings in the kisnica mine and fly ash from the thermal power plant obilic on vegetable plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(4 A), 2615–2625.
- Steenland, K., & Boffetta, P. (2000). Lead and cancer in humans: Where are we now? *American Journal of Industrial Medicine*, 38(3), 295–299. [https://doi.org/10.1002/1097-0274\(200009\)38:3<295::AID-AJIM8>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1097-0274(200009)38:3<295::AID-AJIM8>3.0.CO;2-L)
- Takaya, Y., Kondo, Y., Furukawa, T., & Niwa, M. (2003). Antioxidant Constituents of Radish Sprout (*Kaiware-daikon*), *Raphanus sativus* L. *Journal of Agricultural and Food*

- Chemistry*, 51(27), 8061–8066. <https://doi.org/10.1021/jf0346206>
- Tan, M. L., & Hamid, S. B. S. (2021). Beetroot as a Potential Functional Food for Cancer Chemoprevention, a Narrative Review. *Journal of Cancer Prevention*, 26(1), 1–17. <https://doi.org/10.15430/JCP.2021.26.1.1>
- Tangahu, B. V., Sheikh Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, 2011(1). <https://doi.org/10.1155/2011/939161>
- Taylor, C., Golding, J., & Emond, A. (2015). Adverse effects of maternal lead levels on birth outcomes in the <scp>ALSPAC</scp> study: a prospective birth cohort study. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 122(3), 322–328. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.12756>
- Tepanosyan, G., Sahakyan, L., Maghakyan, N., & Saghatelian, A. (2020). Combination of compositional data analysis and machine learning approaches to identify sources and geochemical associations of potentially toxic elements in soil and assess the associated human health risk in a mining city. *Environmental Pollution*, 261, 114210. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114210>
- Thomaidis, N. S., Bakeas, E. B., & Siskos, P. A. (2003). Characterization of lead, cadmium, arsenic and nickel in PM_{2.5} particles in the Athens atmosphere, Greece. *Chemosphere*, 52(6), 959–966. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00295-9](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00295-9)
- Tighe, P., Duthie, G., Vaughan, N., Brittenden, J., Simpson, W. G., Duthie, S., Mutch, W., Wahle, K., Horgan, G., & Thies, F. (2010). Effect of increased consumption of whole-grain foods on blood pressure and other cardiovascular risk markers in healthy middle-aged persons: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 92(4), 733–740. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29417>
- Tiwari, V. and Singh, N., 2019. (2019). Organoleptic properties and the utilization of carrot and beetroot. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 1619–1621.
- Tóth, G., Hermann, T., Da Silva, M. R., & Montanarella, L. (2016). Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*, 88, 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.017>
- Toukan, N., Kulnik, S. T., Lewko, A., & ElShaer, A. (2022). Therapeutic applications of capsaicin in humans to target conditions of the respiratory system: A scoping review. *Respiratory Medicine*, 194, 106772. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2022.106772>
- Trajković, R., Bogdanović-Dušanović, G., Babović-Dorđević, M. and Jakšić, T. (2005). The

- content of organic acids in the leaf, tree and root of the vegetable plants originated from Kosovska Mitrovica. *Ecolst '05, Ekološka Isti Na/Ecological Truth, Bor. Book of Procced.*, 293–297.
- Trajković, R., M. K. and L. Š. (2006). Seed germination and growth of pepper plants in the presence of waste water of the river Toplice. *Ecolst '06, Ecological Truth, Soko Banja*, 291–293.
- Trajkovic, R., & Stankovic-Popic, Milica, A. S. (2018). Germination of Seeds and Growth of Young Cropson the Mine Dump Soil of Kišnica and Its Surrounding Area. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 2(3), 196–206. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2018.151.6>
- Trajkovic., R. (1995). Uticaj zagađivača vazduha na neke biohemijske i fiziološke parametre kod biljaka u industrijskim zonama Kosovske Mitrovice i Obilića. *Doktorska Disertacija, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Prištini*.
- Tricot, A. (1999). Le cadmium. *Encyclopaedia Universalis, France*.
- Tuetun, B., Choochote, W., Kanjanapothi, D., Rattanachanpichai, E., Chaithong, U., Chaiwong, P., Jitpakdi, A., Tippawangkosol, P., Riyong, D., & Pitasawat, B. (2005). Repellent properties of celery, *Apium graveolens* L., compared with commercial repellents, against mosquitoes under laboratory and field conditions. *Tropical Medicine & International Health*, 10(11), 1190–1198. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2005.01500.x>
- Ur Rahman, S., Qin, A., Zain, M., Mushtaq, Z., Mehmood, F., Riaz, L., Naveed, S., Ansari, M. J., Saeed, M., Ahmad, I., & Shehzad, M. (2024). Pb uptake, accumulation, and translocation in plants: Plant physiological, biochemical, and molecular response: A review. *Heliyon*, 10(6), e27724. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27724>
- US-EPA. (2010). EPA Progress Report 2010. *U S Environmental Protection Agency*, 1–79. www.epa.gov/research
- US-EPA. (2013). Use of Amendments for In Situ Remediation at Superfund Sediment Sites. *Office of Superfund Remediation and Technology Information, April*, 61.
- US Environmental Protection Agency. (1989).
- USDA. 2017. *National nutritional database for standard references*. (n.d.).
- Usero, J., González-Regalado, E., & Gracia, I. (1997). Trace metals in the bivalve molluscs *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* from the Atlantic Coast of Southern Spain. *Environment International*, 23(3), 291–298. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(97\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(97)00030-5)

- Vagnoni, G., Bortolotti, E., Checchi, S., Saieva, C., Berti, G., Doccioli, C., & Caini, S. (2024). Lead (Pb) in biological samples in association with cancer risk and mortality: A systematic literature review. *Cancer Epidemiology*, 92, 102630. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2024.102630>
- Varanasi, S., Henzel, L., Sharman, S., Batchelor, W., & Garnier, G. (2018). Producing nanofibres from carrots with a chemical-free process. *Carbohydrate Polymers*, 184, 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.056>
- Varshney, K., & Mishra, K. (2022). An Analysis of Health Benefits of Carrot. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management*, 211–214. <https://doi.org/10.55524/ijirem.2022.9.1.40>
- Vázquez, G., Santos, J., Freire, M. S., Antorrena, G., & González-Álvarez, J. (2012). Extraction of antioxidants from eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark. *Wood Science and Technology*, 46(1–3), 443–457. <https://doi.org/10.1007/s00226-011-0418-y>
- Verleyen, T., Forcades, M., Verhe, R., Dewettinck, K., Huyghebaert, A., & De Greyt, W. (2002). Analysis of free and esterified sterols in vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(2), 117–122. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0444-3>
- Viehweger, K. (2014). How plants cope with heavy metals. *Botanical Studies*, 55(1), 35. <https://doi.org/10.1186/1999-3110-55-35>
- Vieira Teixeira da Silva, D., dos Santos Baião, D., de Oliveira Silva, F., Alves, G., Perrone, D., Mere Del Aguila, E., & M. Flosi Paschoalin, V. (2019). Betanin, a Natural Food Additive: Stability, Bioavailability, Antioxidant and Preservative Ability Assessments. *Molecules*, 24(3), 458. <https://doi.org/10.3390/molecules24030458>
- Viuda-Martos, M., Sanchez-Zapata, E., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., Pérez-Álvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2014). Tomato and Tomato Byproducts. Human Health Benefits of Lycopene and Its Application to Meat Products: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(8), 1032–1049. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.623799>
- Vokk, R., Lõugas, T., Mets, K., & Kravets, M. (2011). Dill (*Anethum graveolens* L.) and parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) from Estonia: Seasonal differences in essential oil composition. *Agronomy Research*, 9(SPPL. ISS. 2), 515–520.
- Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011). Ishrana bilja. *Poljoprivredni Fakultet, Osijek*.
- Wang, L.-S., Sun, X.-D., Cao, Y., Wang, L., Li, F.-J., & Wang, Y.-F. (2010). Antioxidant and pro-oxidant properties of acylated pelargonidin derivatives extracted from red radish (*Raphanus sativus* var. *niger*, Brassicaceae). *Food and Chemical Toxicology*, 48(10), 2712–2718. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.045>

- Wang, L., Li, R., Yan, X., Liang, X., Sun, Y., & Xu, Y. (2020). Pivotal role for root cell wall polysaccharides in cultivar-dependent cadmium accumulation in *Brassica chinensis* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 194, 110369. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110369>
- Wang, Y., Su, H., Gu, Y., Song, X., & Zhao, J. (2017). Carcinogenicity of chromium and chemoprevention: a brief update. *OncoTargets and Therapy*, Volume 10, 4065–4079. <https://doi.org/10.2147/OTT.S139262>
- Wang, Z., Barrow, C. J., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2021). A Comparative Investigation on Phenolic Composition, Characterization and Antioxidant Potentials of Five Different Australian Grown Pear Varieties. *Antioxidants*, 10(2), 151. <https://doi.org/10.3390/antiox10020151>
- Webb, A. J., Patel, N., Loukogeorgakis, S., Okorie, M., Aboud, Z., Misra, S., Rashid, R., Miall, P., Deanfield, J., Benjamin, N., MacAllister, R., Hobbs, A. J., & Ahluwalia, A. (2008). Acute Blood Pressure Lowering, Vasoprotective, and Antiplatelet Properties of Dietary Nitrate via Bioconversion to Nitrite. *Hypertension*, 51(3), 784–790. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.107.103523>
- Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *ISRN Ecology*, 2011, 1–20. <https://doi.org/10.5402/2011/402647>
- Xi, P., & Liu, R. H. (2016). Whole food approach for type 2 diabetes prevention. *Molecular Nutrition & Food Research*, 60(8), 1819–1836. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201500963>
- Xiang, Y., Xu, X., Zhang, T., Wu, X., Fan, D., Hu, Y., Ding, J., Yang, X., Lou, J., Du, Q., Xu, J., & Xie, R. (2022). Beneficial effects of dietary capsaicin in gastrointestinal health and disease. *Experimental Cell Research*, 417(2), 113227. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2022.113227>
- Yadav, S. K. (2010). Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, 76(2), 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.10.007>
- Yang, L., Huang, B., Hu, W., Chen, Y., Mao, M., & Yao, L. (2014). The impact of greenhouse vegetable farming duration and soil types on phytoavailability of heavy metals and their health risk in eastern China. *Chemosphere*, 103, 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.11.047>
- Yang, X., Gil, M. I., Yang, Q., & Tomás-Barberán, F. A. (2022). Bioactive compounds in lettuce: Highlighting the benefits to human health and impacts of preharvest and

- postharvest practices. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 4–45. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12877>
- Yang, Y., Hassan, M. F., Ali, W., Zou, H., Liu, Z., & Ma, Y. (2025). Effects of Cadmium Pollution on Human Health: A Narrative Review. *Atmosphere*, 16(2), 225. <https://doi.org/10.3390/atmos16020225>
- Yargholi, B., Azimi, A. A., Baghvand, A., Liaghat, A. M., & Fardi, G. A. (2008). Investigation of cadmium absorption and accumulation in different parts of some vegetables. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 3(3), 357–364.
- Yuan, G., Wang, X., Guo, R., & Wang, Q. (2010). Effect of salt stress on phenolic compounds, glucosinolates, myrosinase and antioxidant activity in radish sprouts. *Food Chemistry*, 121(4), 1014–1019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.040>
- Yusuf, E., Tkacz, K., Turkiewicz, I. P., Wojdyło, A., & Nowicka, P. (2021). Analysis of chemical compounds' content in different varieties of carrots, including qualification and quantification of sugars, organic acids, minerals, and bioactive compounds by UPLC. *European Food Research and Technology*, 247(12), 3053–3062. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03857-0>
- Yusuf, M., Fariduddin, Q., Hayat, S., & Ahmad, A. (2011). Nickel: An overview of uptake, essentiality and toxicity in plants. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 86(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00128-010-0171-1>
- Zalups, R. K. (2000). Evidence for Basolateral Uptake of Cadmium in the Kidneys of Rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 164(1), 15–23. <https://doi.org/10.1006/taap.1999.8854>
- Zambelli, B., Uversky, V. N., & Ciurli, S. (2016). Nickel impact on human health: An intrinsic disorder perspective. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics*, 1864(12), 1714–1731. <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2016.09.008>
- Zamljen, T., Medic, A., Hudina, M., Veberic, R., & Slatnar, A. (2023). Biostimulative effect of amino acids on the enzymatic and metabolic response of two *Capsicum annuum* L. cultivars grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 309, 111713. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111713>
- Zhao, X., Zhang, C., Guigas, C., Ma, Y., Corrales, M., Tauscher, B., & Hu, X. (2009). Composition, antimicrobial activity, and antiproliferative capacity of anthocyanin extracts of purple corn (*Zea mays* L.) from China. *European Food Research and Technology*, 228(5), 759–765. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0987-7>
- Zhao, Y., Shi, L., Hu, C., & Sang, S. (2019). Wheat Bran for Colon Cancer Prevention: The

- Synergy between Phytochemical Alkylresorcinol C21 and Intestinal Microbial Metabolite Butyrate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(46), 12761–12769. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b05666>
- Zheng, N., Wang, Q., & Zheng, D. (2007). Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. *Science of The Total Environment*, 383(1–3), 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.05.002>
- Zhong, T., Xue, D., Zhao, L., & Zhang, X. (2018). Concentration of heavy metals in vegetables and potential health risk assessment in China. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(1), 313–322. <https://doi.org/10.1007/s10653-017-9909-6>
- Zhu, L.-H., Bao, T.-H., Deng, Y., Li, H., & Chen, L.-X. (2017). Constituents from *Apium graveolens* and their anti-inflammatory effects. *Journal of Asian Natural Products Research*, 19(11), 1079–1086. <https://doi.org/10.1080/10286020.2017.1381687>
- Zidorn, C., Jöhrer, K., Ganzera, M., Schubert, B., Sigmund, E. M., Mader, J., Greil, R., Ellmerer, E. P., & Stuppner, H. (2005). Polyacetylenes from the Apiaceae Vegetables Carrot, Celery, Fennel, Parsley, and Parsnip and Their Cytotoxic Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2518–2523. <https://doi.org/10.1021/jf048041s>
- Zwolak, A., Sarzyńska, M., Szpyrka, E., & Stawarczyk, K. (2019). Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230(7). <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4221-y>
- Костић, М. (2015). Биоиндикације деловања загађујућих материја из земљишта индустријске зоне рудника Кишнице и околине на васкуларне биљке у току морфогенезе. *Природно-математички факултет Универзитета у Приштини, Мастер Рад*.
- Мошева Л.В. (1982). Определение активности каталазые объектах. *Практикум По Физиологии Растений (Ред. Грелкова Н.Н.), Москва, СССР: Каос.*, 134.
- Плешков., П. Б. (1985). Практикум по биохеми и растений. *Москва, СССР: Изд Ателство „Колос“*.
- Службени гласник РС, 23/1994. (1994). *Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту*. 23.

8. Прилози

Прилог 1-Мониторинг-2018.

Табела 8.1. Акумулација олова (Pb), кадмијума (Cd) и никла (Ni) ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака узоркованих са различитих локалитета (One-way ANOVA-Мониторинг 2018.- по локалитету)

Локалитет	Б.врста	Ni $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$
Племетина	Шаргарепа	1.82 $\pm$ 0.276	1.14 $\pm$ 0.094	1.37 $\pm$ 0.115
	Парадајз	0.96 $\pm$ 0.702	0.59 $\pm$ 0.016	1.39 $\pm$ 0.316
	Паприка	1.57 $\pm$ 0.018	0.59 $\pm$ 0.021	1.04 $\pm$ 0.172
	Крушка	1.07 $\pm$ 0.010	0.55 $\pm$ 0.010	1.39 $\pm$ 0.455
	Јабuka	1.31 $\pm$ 0.017	0.80 $\pm$ 0.072	1.28 $\pm$ 0.037
	Кукуруз	0.85 $\pm$ 0.015	0.90 $\pm$ 0.173	1.14 $\pm$ 0.008
	ANOVA	***	***	ns
Грачаница	Шаргарепа	1.75 $\pm$ 0.033	1.06 $\pm$ 0.208	1.89 $\pm$ 0.048
	Парадајз	2.26 $\pm$ 0.044	0.74 $\pm$ 0.021	1.26 $\pm$ 0.017
	Паприка	3.00 $\pm$ 0.075	1.04 $\pm$ 0.127	1.28 $\pm$ 0.108
	Крушка	2.01 $\pm$ 0.043	0.83 $\pm$ 0.027	1.49 $\pm$ 0.005
	Јабuka	0.74 $\pm$ 0.002	0.82 $\pm$ 0.008	1.26 $\pm$ 0.042
	Кукуруз	0.97 $\pm$ 0.151	1.61 $\pm$ 0.352	1.21 $\pm$ 0.052
	ANOVA	***	*	***
Липљан	Шаргарепа	1.42 $\pm$ 0.506	1.66 $\pm$ 0.435	1.47 $\pm$ 0.175
	Парадајз	0.87 $\pm$ 0.045	0.77 $\pm$ 0.045	1.48 $\pm$ 0.189
	Паприка	1.73 $\pm$ 0.047	0.80 $\pm$ 0.012	1.20 $\pm$ 0.091
	Крушка	1.17 $\pm$ 0.018b	0.92 $\pm$ 0.161	1.36 $\pm$ 0.186
	Јабuka	0.64 $\pm$ 0.005	0.69 $\pm$ 0.056	1.14 $\pm$ 0.064
	Кукуруз	1.13 $\pm$ 0.039	0.86 $\pm$ 0.034	1.30 $\pm$ 0.013
	ANOVA	**	**	*

Вредности у табели представљају средњу вредност ($n=3$) и стандардну девијацију
Ниво значајности: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.2. Акумулација олова (Pb), кадмијума (Cd) и никла (Ni) ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака узоркованих са различитих локалитета (One-way ANOVA-Мониторинг 2018.- по биљној врсти)

Биљна врста	Локалитет	Ni $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$
Шаргарепа	Племетина	1.82 $\pm$ 0.276	1.14 $\pm$ 0.094	1.37 $\pm$ 0.115
	Грачаница	1.75 $\pm$ 0.033	1.06 $\pm$ 0.208	1.89 $\pm$ 0.048
	Липљан	1.42 $\pm$ 0.506	1.66 $\pm$ 0.435	1.47 $\pm$ 0.175
	ANOVA	ns	.	**
Парадајз	Племетина	0.96 $\pm$ 0.702	0.59 $\pm$ 0.016	1.39 $\pm$ 0.316
	Грачаница	2.26 $\pm$ 0.044	0.74 $\pm$ 0.021	1.26 $\pm$ 0.017
	Липљан	0.87 $\pm$ 0.045	0.77 $\pm$ 0.045	1.48 $\pm$ 0.189
	ANOVA	***	**	ns
Паприка	Племетина	1.57 $\pm$ 0.018	0.59 $\pm$ 0.021	1.04 $\pm$ 0.172
	Грачаница	3.00 $\pm$ 0.075	1.04 $\pm$ 0.127	1.28 $\pm$ 0.108
	Липљан	1.73 $\pm$ 0.047	0.80 $\pm$ 0.012	1.20 $\pm$ 0.091
	ANOVA	**	**	ns
Крушка	Племетина	1.07 $\pm$ 0.010	0.55 $\pm$ 0.010	1.39 $\pm$ 0.455

Јабука	<i>Грачаница</i>	2.01±0.043	0.83±0.027	1.49±0.005
	<i>Липљан</i>	1.17±0.018	0.92±0.161	1.36±0.186
	ANOVA	***	**	ns
	<i>Племетина</i>	1.31±0.017	0.80±0.072	1.28±0.037
	<i>Грачаница</i>	0.74±0.002	0.82±0.008	1.26±0.042
	<i>Липљан</i>	0.64±0.005	0.69±0.056	1.14±0.064
	ANOVA	***	.	*
	<i>Племетина</i>	0.85±0.015	0.90±0.173	1.14±0.008
	<i>Грачаница</i>	0.97±0.151	1.61±0.352	1.21±0.052
	<i>Липљан</i>	1.13±0.039	0.86±0.034	1.30±0.013
Кукуруз	ANOVA	*	.	**

Вредности у табели представљају средњу вредност (n=3) и стандардну девијацију
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.3. Акумулација олова (Pb), кадмијума (Cd) и никла (Ni) (µg/g суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака на различитим третманима-локалитетима (Мониторинг 2018.).

		<i>Ni µg/g</i>	<i>Cd µg/g</i>	<i>Pb µg/g</i>
Two-way ANOVA	Локалитет	***	**	.
	Б.врста	***	***	***
	Локалитет t x Б.врста	***	***	*

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Прилог 2-Мониторинг-2022.

Табела 8.4. Акумулација олова (Pb), кадмијума (Cd) и никла (Ni) (µg/g суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета на територији Косова и Метохије (One-way ANOVA-Мониторинг 2022-по биљној врсти)

<i>Биљна врста</i>	<i>Локалитет</i>	<i>Ni µg/g</i>	<i>Cd µg/g</i>	<i>Pb µg/g</i>
Шаргарепа	<i>Племетина</i>	1.93±0.10	1.15±0.33	1.91±0.27
	<i>Прилужје</i>	1.81±0.02	1.07±0.009	1.13±0.04
	<i>Грачаница</i>	1.34±0.04	0.82±0.14	1.47±0.04
	<i>Липљан</i>	2.5±0.03	0.60±0.14	1.66±0.04
	<i>К.Митровица</i>	2.14±0.06	1.77±0.07	25.23±2.68
	<i>З.Поток</i>	2.12±0.05	0.60±0.20	1.62±0.16
	<i>Лепосавић</i>	3.01±0.02	0.74±0.05	1.42±0.02
	ANOVA	***	***	***
Перишун	<i>Племетина</i>	8.14±0.28	0.85±0.05	1.16±0.08
	<i>Прилужје</i>	18.44±0.58	0.96±0.02	1.11±0.005
	<i>Грачаница</i>	12.19±0.30	0.91±0.09	3.80±0.08
	<i>Липљан</i>	6.98±0.07	0.38±0.02	1.60±0.012
	<i>К.Митровица</i>	3.12±0.07	3.50±0.03	43.05±1.96
	<i>З.Поток</i>	3.98±0.03	0.38±0.03	1.44±0.01
	<i>Лепосавић</i>	8.33±0.13	0.54±0.13	1.54±0.09
	ANOVA	***	***	***
Парадајз	<i>Племетина</i>	1.37±0.01	0.85±0.08	1.06±0.02
	<i>Прилужје</i>	4.12±0.03	0.99±0.09	1.05±0.02

Блитва	<i>Грачаница</i>	1.63±0.11	1.11±0.33	1.59±0.01
	<i>Липљан</i>	2.42±0.15	0.46±0.02	1.46±0.019
	<i>К.Митровица</i>	2.16±0.009	1.07±0.08	2.19±0.01
	<i>З.Поток</i>	2.53±0.004	0.46±0.09	1.30±0.03
	<i>Лепосавић</i>	2.52±0.01	0.48±0.05	1.23±0.006
	ANOVA	***	***	***
	<i>Племетина</i>	2.34±0.003	0.93±0.08	1.32±0.005
	<i>Прилуужје</i>	2.98±0.03	1.16±0.31	1.02±0.02
	<i>Грачаница</i>	3.97±0.71	0.75±0.26	10.51±0.10
	<i>Липљан</i>	3.72±0.28	0.22±0.06	2.37±0.03
	<i>К.Митровица</i>	3.78±0.03	1.05±0.37	1.75±0.04
	<i>З.Поток</i>	3.62±0.02	0.70±0.06	1.36±0.04
	<i>Лепосавић</i>	3.10±0.04	0.67±0.05	1.36±0.005
	ANOVA	***	**	***
Цвекла	<i>Племетина</i>	2.18±0.39	0.85±0.05	1.27±0.04
	<i>Прилуужје</i>	4.18±0.05	0.96±0.02	1.07±0.05
	<i>Грачаница</i>	4.03±0.05	0.91±0.09	1.80±0.08
	<i>Липљан</i>	5.12±1.20	0.38±0.02	2.01±0.09
	<i>К.Митровица</i>	2.64±0.016	5.84±0.04	68.58±0.25
	<i>З.Поток</i>	2.03±0.003	0.48±0.08	1.32±0.02
	<i>Лепосавић</i>	2.09±0.004	0.50±0.03	1.41±0.020
	ANOVA	***	***	***
	<i>Племетина</i>	1.82±0.04	0.88±0.05	1.26±0.10
	<i>Прилуужје</i>	6.00±0.27	0.88±0.09	1.12±0.04
	<i>Грачаница</i>	2.69±0.06	0.71±0.06	1.30±0.06
	<i>Липљан</i>	2.67±0.01	0.39±0.07	1.57±0.05
	<i>К.Митровица</i>	2.47±0.013	0.94±0.11	4.98±0.32
	<i>З.Поток</i>	2.19±0.014	0.35±0.01	1.25±0.004
	<i>Лепосавић</i>	3.73±0.20	0.65±0.23	1.32±0.008
Паприка	ANOVA	***	***	***
	<i>Племетина</i>	1.56±0.01	0.99±0.10	1.17±0.08
	<i>Прилуужје</i>	1.20±0.08	0.84±0.09	1.12±0.02
	<i>Грачаница</i>	2.45±0.13	0.73±0.18	1.65±0.22
	<i>Липљан</i>	2.49±0.02	0.34±0.05	1.51±0.02a
	<i>К.Митровица</i>	2.30±0.02	0.73±0.14	1.70±0.002
	<i>З.Поток</i>	2.17±0.011	0.43±0.07	1.29±0.03
	<i>Лепосавић</i>	2.31±0.002	0.99±0.26	1.56±0.53
	ANOVA	***	***	*
	<i>Племетина</i>	1.43±0.02	0.87±0.14	1.14±0.04
	<i>Прилуужје</i>	2.46±0.95	1.28±0.44	1.33±0.20
	<i>Грачаница</i>	2.75±0.18	0.51±0.13	1.62±0.07
	<i>Липљан</i>	2.76±0.07	0.33±0.09	1.61±0.11
	<i>К.Митровица</i>	2.37±0.07	0.46±0.04	1.97±0.11
Кукуруз	<i>З.Поток</i>	2.58±0.0115	0.77±0.29	1.32±0.03
	<i>Лепосавић</i>	2.61±0.14	0.50±0.17	0.99±0.06
	ANOVA	**	**	***

Вредности у табели представљају средњу вредност (n=3) и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '*' 0.1 '.' 'ns' 'није статистички значајно'.

Табела 8.5. Акумулација олова (Pb), кадмијума (Cd) и никла (Ni) ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака са различитих локалитета на територији Косова и Метохије (One-way ANOVA-Мониторинг 2022-по локалитету)

Локалитет	Б.Врста	Ni $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Pbi $\mu\text{g/g}$
Племетина	Шаргарепа	1.93±0.10	1.15±0.33	1.91±0.27
	Перишун	8.14±0.28	0.78±0.10	1.16±0.08
	Парадајз	1.37±0.01	0.85±0.08	1.06±0.02
	Блитва	2.34±0.003	0.93±0.08	1.32±0.005
	Цвекла	2.18±0.39	0.85±0.05	1.27±0.04
	Паприка	1.82±0.04	0.88±0.05	1.26±0.10
	Пшеница	1.56±0.01	0.99±0.10	1.17±0.08
	Кукуруз	1.43±0.02	0.87±0.14	1.14±0.04
	ANOVA	***	ns	***
Прилужје	Шаргарепа	1.81±0.02	1.07±0.009	1.13±0.04
	Перишун	18.44±0.58	0.67±0.01	1.11±0.005
	Парадајз	4.12±0.03	0.99±0.09	1.05±0.02
	Блитва	2.98±0.13	1.16±0.31	1.02±0.02
	Цвекла	4.18±0.05	0.96±0.02	1.07±0.05
	Паприка	6.00±0.27	0.88±0.09	1.12±0.04
	Пшеница	1.20±0.08	0.84±0.09	1.12±0.02
	Кукуруз	2.46±0.95	1.28±0.44	1.33±0.20
	ANOVA	***	.	**
Грачаница	Шаргарепа	1.34±0.04	0.82±0.14	1.47±0.04
	Перишун	12.19±0.30	0.82±0.08	3.80±0.08
	Парадајз	1.63±0.11	1.11±0.33	1.59±0.01
	Блитва	3.97±0.71	0.75±0.26	10.51±0.10
	Цвекла	4.03±0.05	0.91±0.09	1.80±0.08
	Паприка	2.69±0.06	0.71±0.06	1.30±0.06
	Пшеница	2.45±0.13	0.73±0.18	1.65±0.22
	Кукуруз	2.75±0.18	0.51±0.13	1.62±0.07
	ANOVA	***	.	***
Липљан	Шаргарепа	2.5±0.03	0.60±0.14	1.66±0.04
	Перишун	6.98±0.07	0.38±0.001	1.60±0.012
	Парадајз	2.42±0.15	0.46±0.02	1.46±0.019
	Блитва	3.72±0.28	0.22±0.06	2.37±0.03
	Цвекла	5.12±1.20	0.38±0.02	2.01±0.09
	Паприка	2.67±0.01	0.39±0.07	1.57±0.05
	Пшеница	2.49±0.02	0.34±0.05	1.51±0.02
	Кукуруз	2.76±0.07	0.33±0.09	1.61±0.11
	ANOVA	***	**	***
К.Митровица	Шаргарепа	2.14±0.06	1.77±0.07	25.23±2.68
	Перишун	3.12±0.07	3.50±0.03	43.05±1.96
	Парадајз	2.16±0.009	1.07±0.08	2.19±0.01
	Блитва	3.78±0.03	1.05±0.37	1.75±0.04
	Цвекла	2.64±0.016	5.84±0.04	68.58±0.25
	Паприка	2.47±0.013	0.94±0.11	4.98±0.32
	Пшеница	2.30±0.02	0.73±0.14	1.70±0.002
	Кукуруз	2.37±0.07	0.46±0.04	1.97±0.11

3. Поток	ANOVA	***	***	***
	Шаргарепа	2.12±0.05	0.60±0.20	1.62±0.16
	Перишун	3.98±0.03	0.38±0.03	1.44±0.01
	Парадајз	2.53±0.004	0.46±0.09	1.30±0.03
	Блитва	3.62±0.02	0.70±0.06	1.36±0.04
	Цвекла	2.03±0.003	0.48±0.08	1.32±0.02
	Паприка	2.19±0.014	0.35±0.01	1.25±0.004
	Пшеница	2.17±0.011	0.43±0.07	1.29±0.03
	Кукуруз	2.58±0.0115	0.77±0.29	1.32±0.03
Лепосавић	ANOVA	***	.	***
	Шаргарепа	3.01±0.02	0.74±0.05	1.42±0.02
	Перишун	8.33±0.13	0.54±0.13	1.54±0.09
	Парадајз	2.52±0.01	0.48±0.05	1.23±0.006
	Блитва	3.10±0.04	0.67±0.05	1.36±0.005
	Цвекла	2.09±0.004	0.50±0.03	1.41±0.020
	Паприка	3.73±0.20	0.65±0.23	1.32±0.008
	Пшеница	2.31±0.002	0.99±0.26	1.56±0.53
	Кукуруз	2.61±0.14	0.50±0.17	0.99±0.06
	ANOVA	***	*	*

Вредности у табели представљају средњу вредност (n=3) и стандардну девијацију
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.6. Акумулација олова (Pb), кадмијума (Cd) и никла (Ni) (µg/g суве масе) у јестивим деловима испитиваних биљака на различитим третманима-локалитетима (Мониторинг 2022)

		Ni µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
Two-way ANOVA	Локалитет	***	***	***
	Б.врста	***	***	***
	Локалитет x Б.врста	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Прилог 3-Пластеник 2022.

Табела 8.7. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака ротквице за сваки испитивани параметар-пластеник 2022

Ротквица	Третман	Проценат клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	Свежа маса(gr)	Сува маса(gr)	pH
ANOVA	Локалитет(Л)	**	*	ns	**	***	***	.
	Подтретман (П)	ns	***	ns	ns	***	***	.
	Л x П	***	**	***	.	**	**	ns
Ротквица	Третман	Каталаза(см3 O2/1gr/ 3')	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
ANOVA	Локалитет(Л)	.	ns	***	***	***	***	***
	Подтретман (П)	ns	*	***	***	***	**	***
	Л x П	ns	ns	.	***	***	ns	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.8 Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака зелене салате за сваки испитивани параметар-пластеник 2022

З.салата	Третман	Проценат клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	Свежа маса(gr)	Сува маса(gr)	pH
ANOVA	Локалитет(Л)	***	/	.	***	*	**	***
	Подтретман (П)	ns	/	***	**	***	***	***
	Л x П	*	/	**	***	ns	ns	***
З.салата	Третман	Каталаза(см3 O2/1gr/ 3')	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***	***	***	***
	Подтретман (П)	***	***	***	**	***	ns	***
	Л x П	***	***	.	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.9. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака ражи за сваки испитивани параметар-пластеник 2022

Раж	Третман	Проценат клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	Свежа маса(gr)	Сува маса(gr)	pH
ANOVA	Локалитет(Л)	*	**	ns	.	.	*	ns
	Подтретман (П)	**	***	ns	***	***	***	ns
	Л x П	**	***	***	Ns	ns	Ns	ns
Раж	Третман	Каталаза(см3 O2/1gr/ 3')	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***	**	*	***
	Подтретман (П)	ns	***	***	***	ns	Ns	ns
	Л x П	*	***	***	***	*	.	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.10. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака грахорице за сваки испитивани параметар-пластеник 2022

Грахорица	Третман	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	Свежа маса(gr)	Сува маса(gr)	pH
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	**	**	***	***	ns
	Подтретман (П)	***	***	***	***	***	***	ns
	Л x П	***	***	***	**	***	***	ns
Грахорица	Третман	Каталаза(см3 O2/1gr/ 3')	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
ANOVA	Локалитет(Л)	ns	***	***	***	***	**	***
	Подтретман (П)	ns	***	ns	**	**	**	***
	Л x П	ns	***	***	***	***	**	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.11. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака целера за сваки испитивани параметар-пластеник 2022

Целера	Третман	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	Свежа маса(gr)	Сува маса(gr)	pH
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***	**	***	***
	Подтретман (П)	**	***	***	***	***	***	ns
	Л x П	***	**	***	**	.	*	ns
Целера	Третман	Каталаза(см3 O2/1gr/ 3')	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***	***	***	***
	Подтретман (П)	ns	***	***	***	***	Ns	ns
	Л x П	ns	***	***	***	***	***	**

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.12. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака першуна за сваки испитивани параметар-пластеник 2022

Першун	Третман	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	Свежа маса(gr)	Сува маса(gr)	pH
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***	***	***	***
	Подтретман (П)	***	ns	***	***	***	***	***
	Л x П	**	***	***	***	**	*	***
Першун	Третман	Каталаза(см3 O2/1gr/ 3')	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***	***	***	***
	Подтретман (П)	***	***	***	***	***	***	**
	Л x П	***	***	***	***	***	**	***

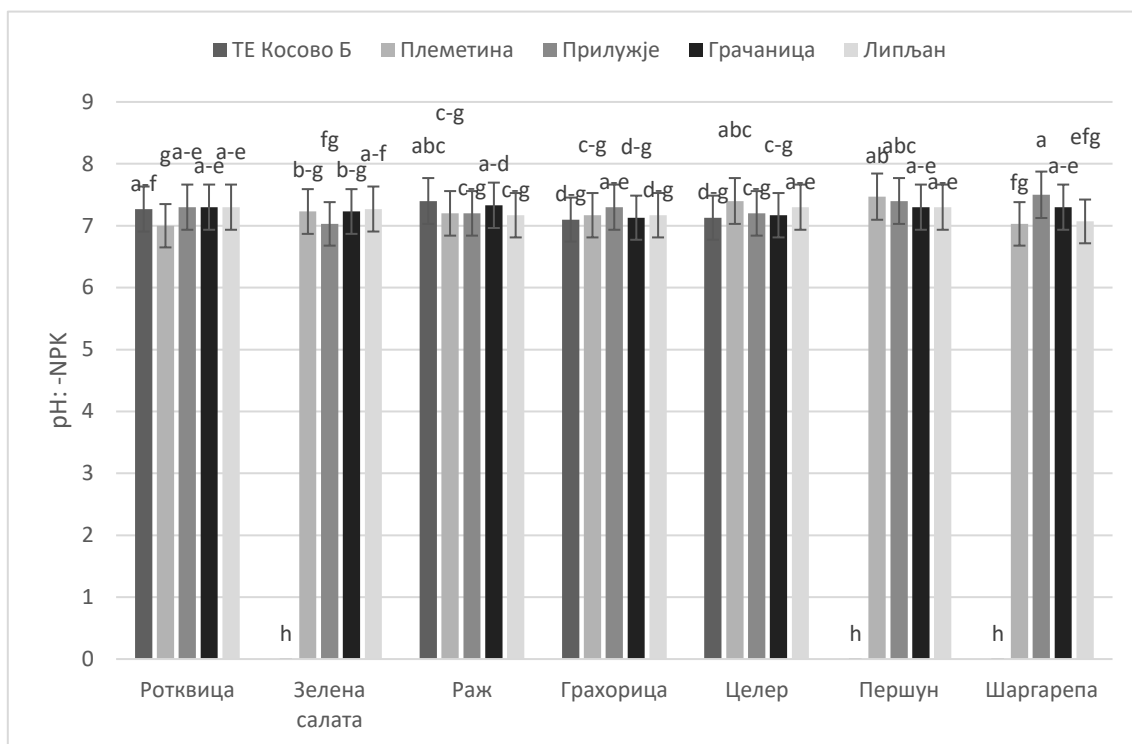
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.13. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака шаргарепе за сваки испитивани параметар-пластеник 2022

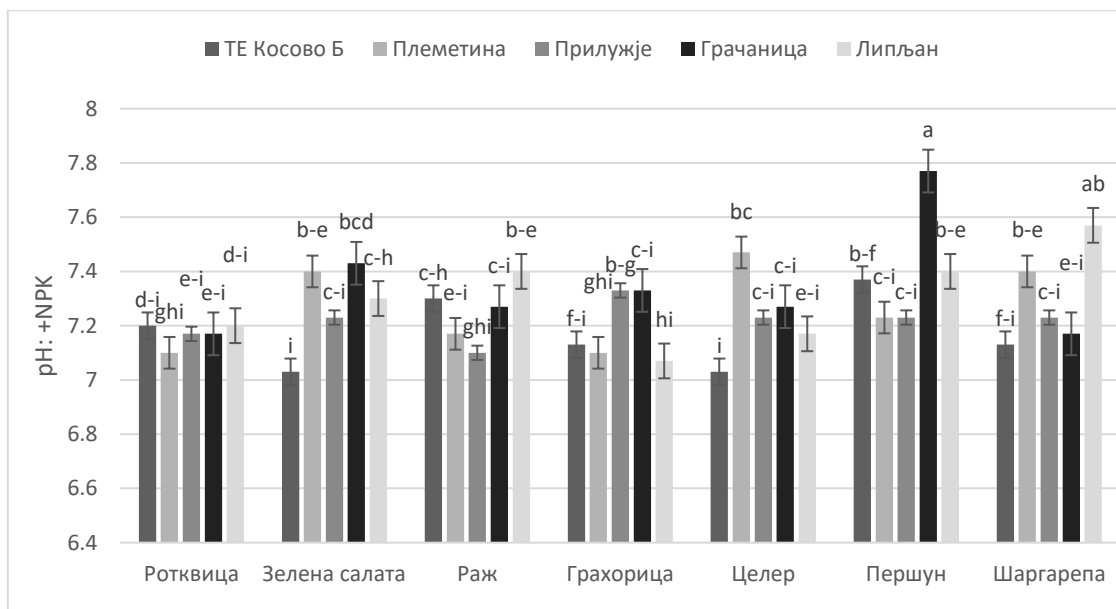
Шаргарепа	Третман	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	Свежа маса(gr)	Сува маса(gr)	pH
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***	***	***	***
	Подтретман (П)	***	***	***	ns	***	***	***
	Л x П	***	***	*	**	***	***	***
Шаргарепа	Третман	Каталаза(см3 O2/1gr/ 3')	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***	***	***	***
	Подтретман (П)	***	***	ns	***	**	Ns	***
	Л x П	***	***	ns	***	***	**	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

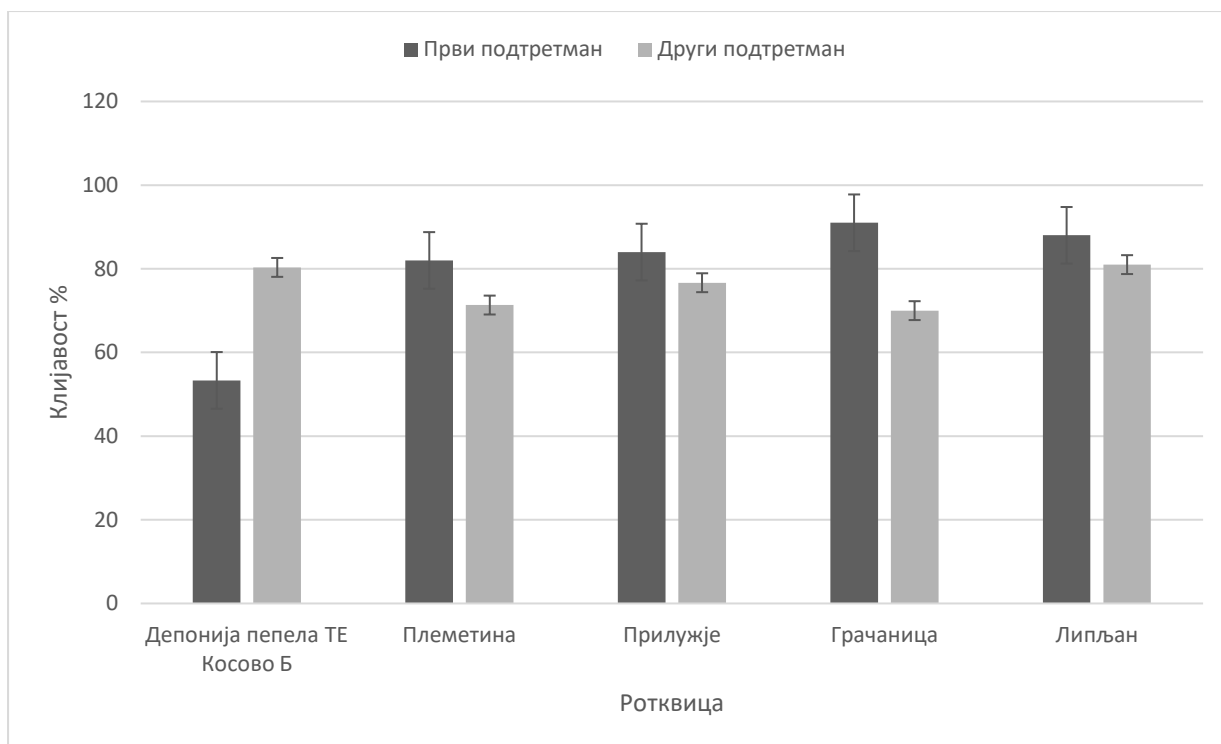
Слике свих испитиваних параметара у оквиру испитиваних биљних врста на различитим третманима-локалитетима (у оквири два различита подтретмана)-пластеник 2022 године.



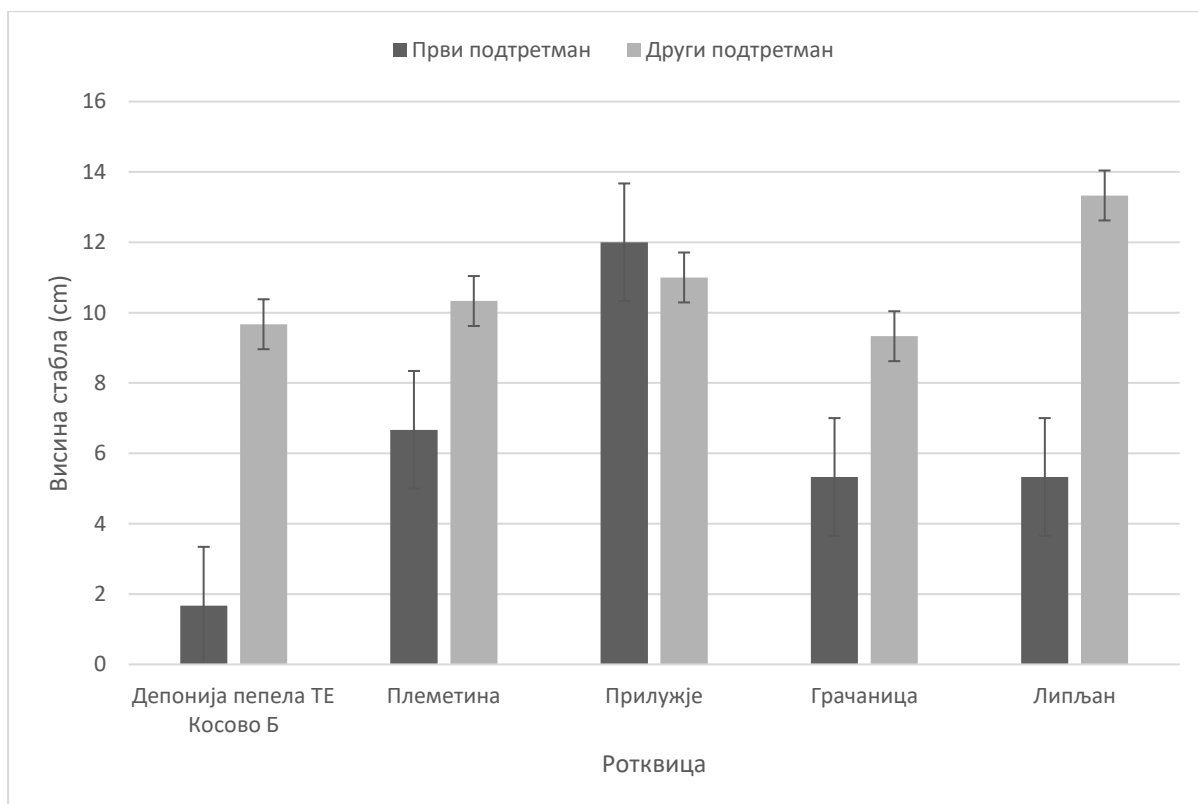
Слика 8.1. Интраћелијска рН вредност испитиваних делова биљака гајених на различитим земљишним третманима / локалитетима (подтретман: -NPK).



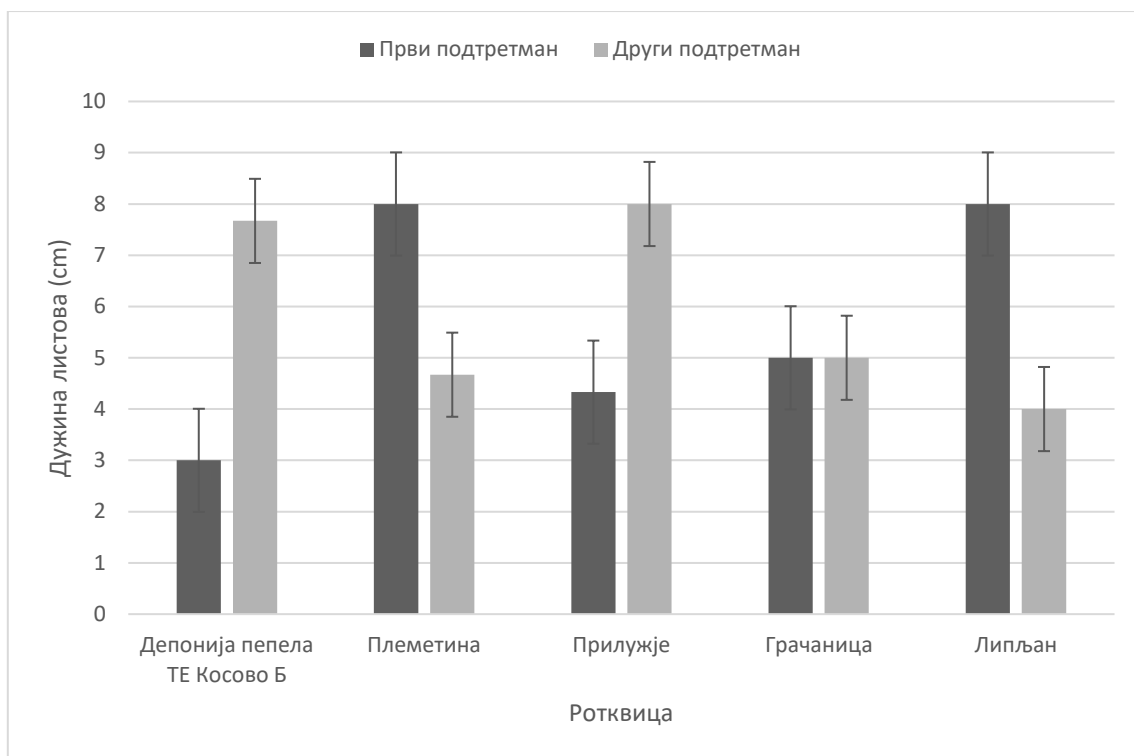
Слика 8.2. Интраћелијска рН вредност испитиваних делова биљака гајених на различитим земљишним третманима/ локалитетима (подтретман: +NPK).



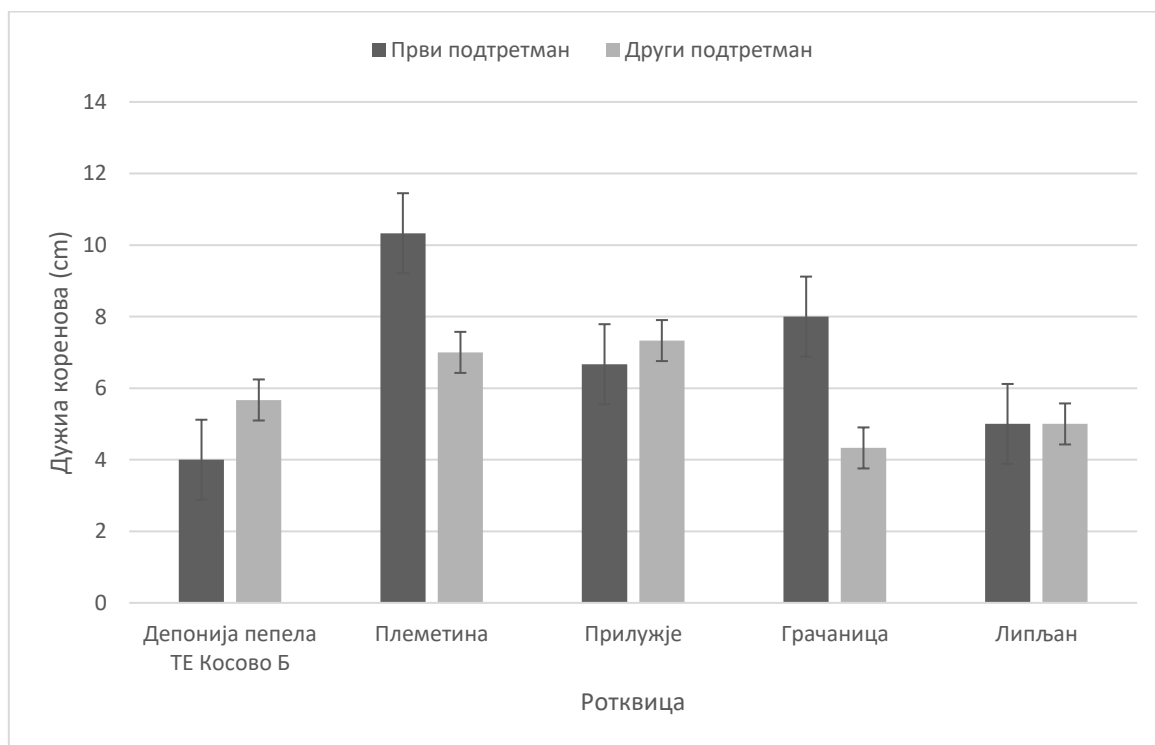
Слика 8.3. Процент клијавости (%) биљака ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



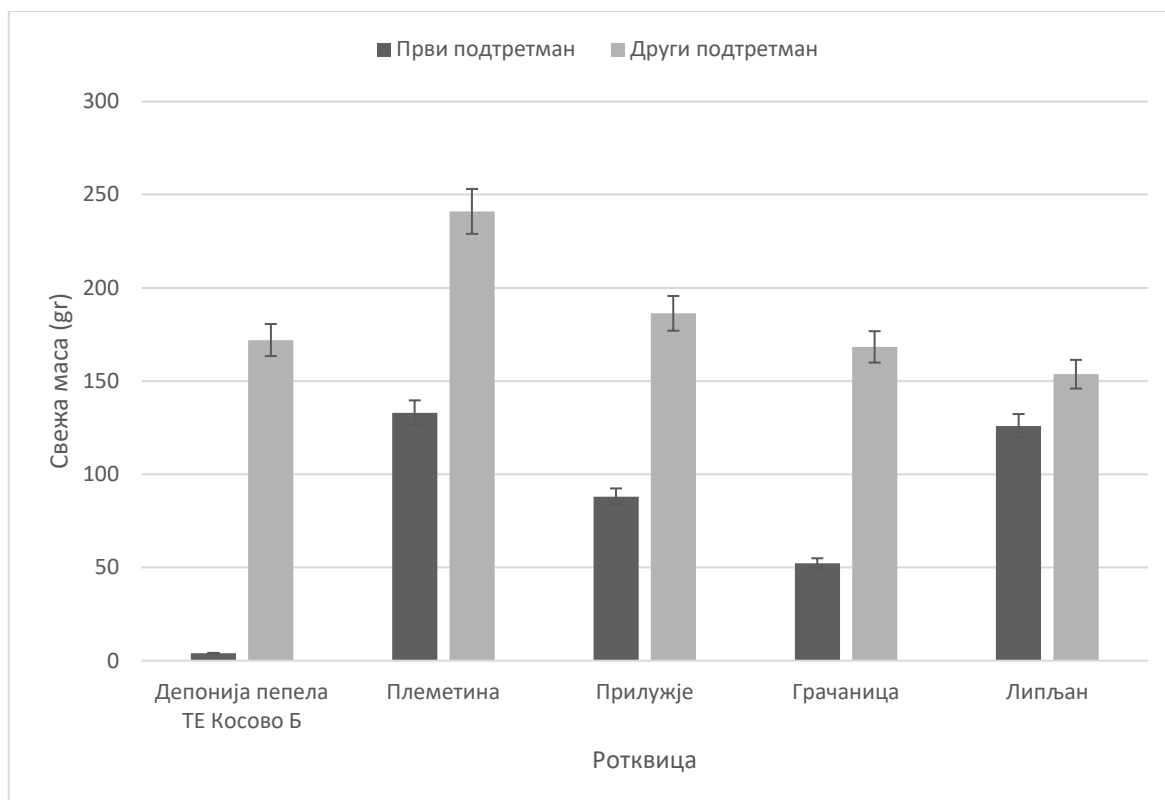
Слика 8.4. Дужина стабла (cm) биљака ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



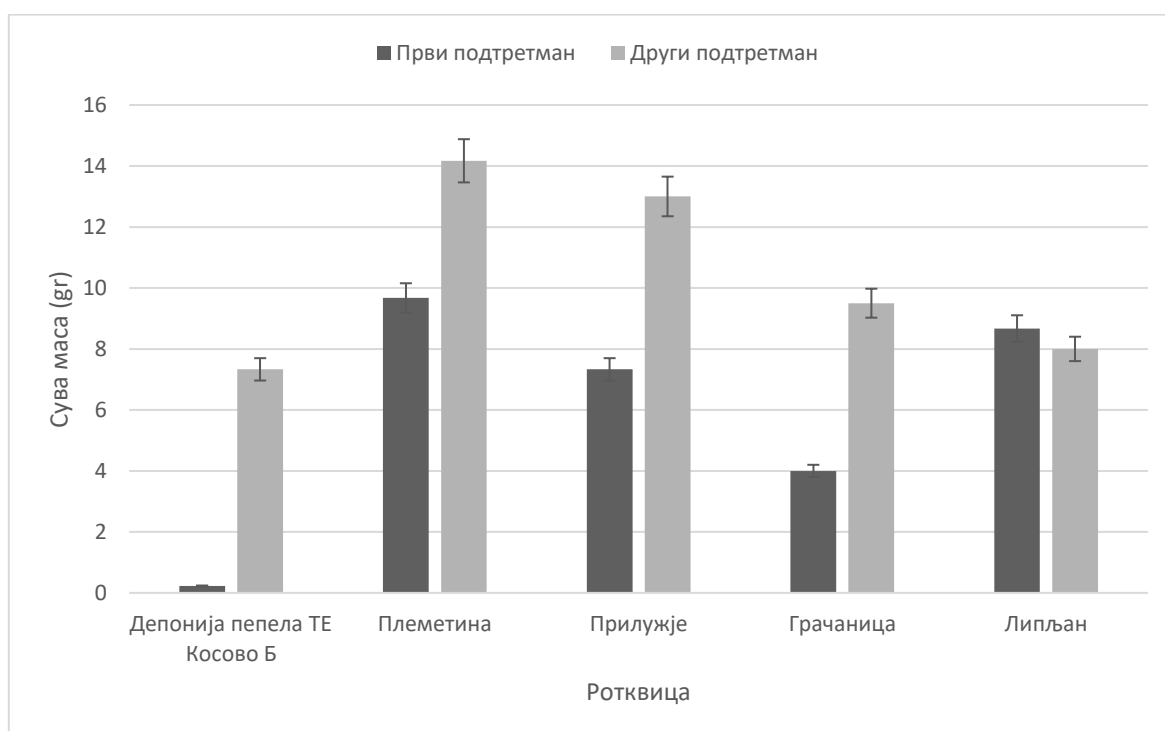
Слика 8.5. Дужина листова (cm) биљака ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (I подтретман: -NPK и II подтретман: +NPK)



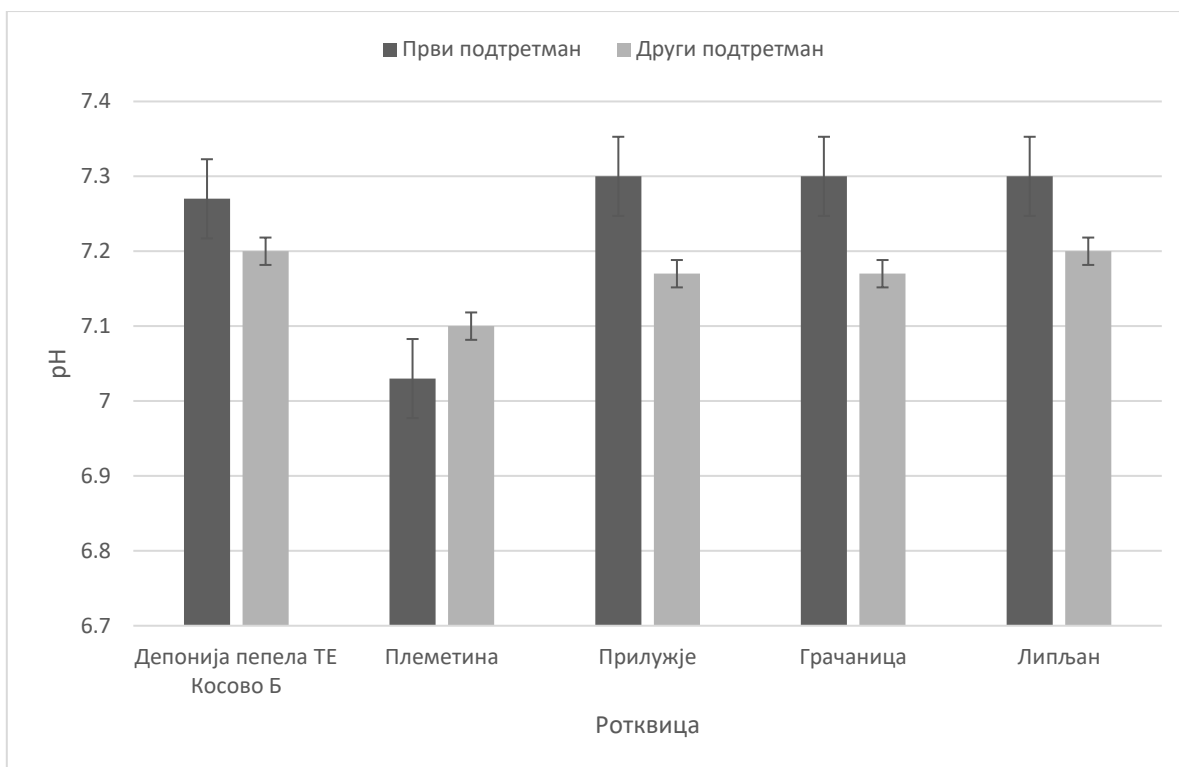
Слика 8.6. Дужина корена (cm) биљака ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



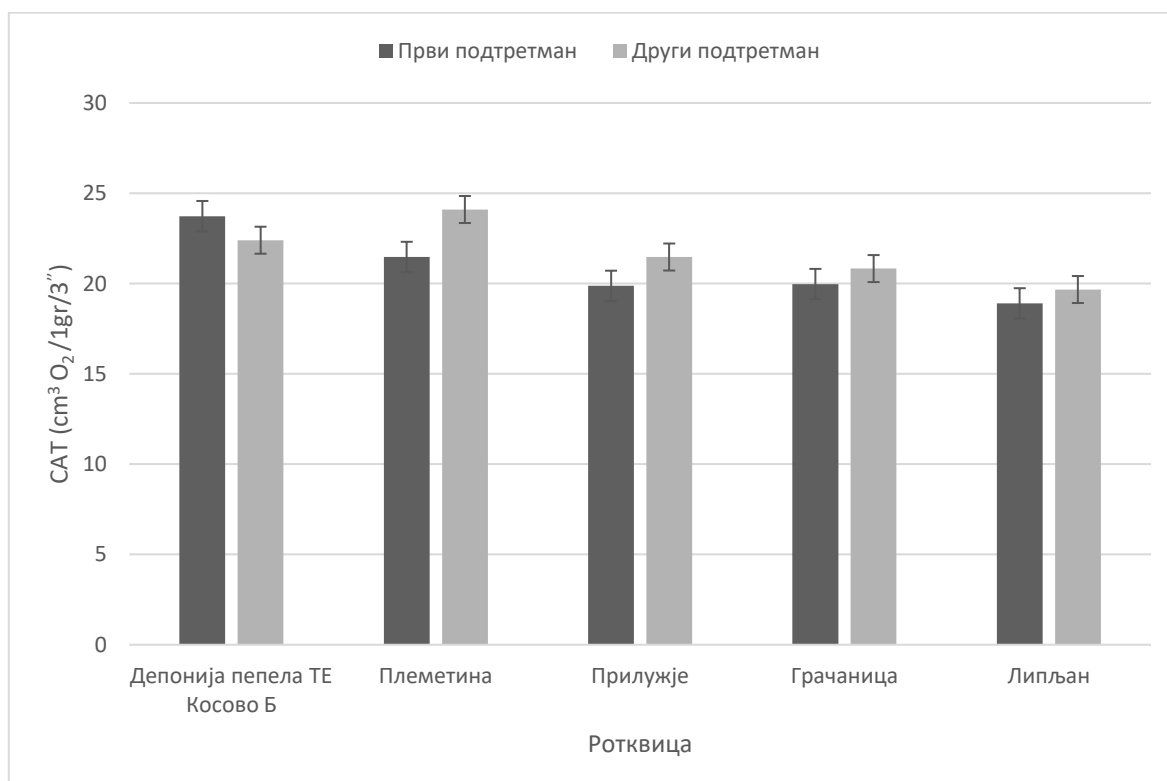
Слика 8.7. Свежа маса (gr) корена ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



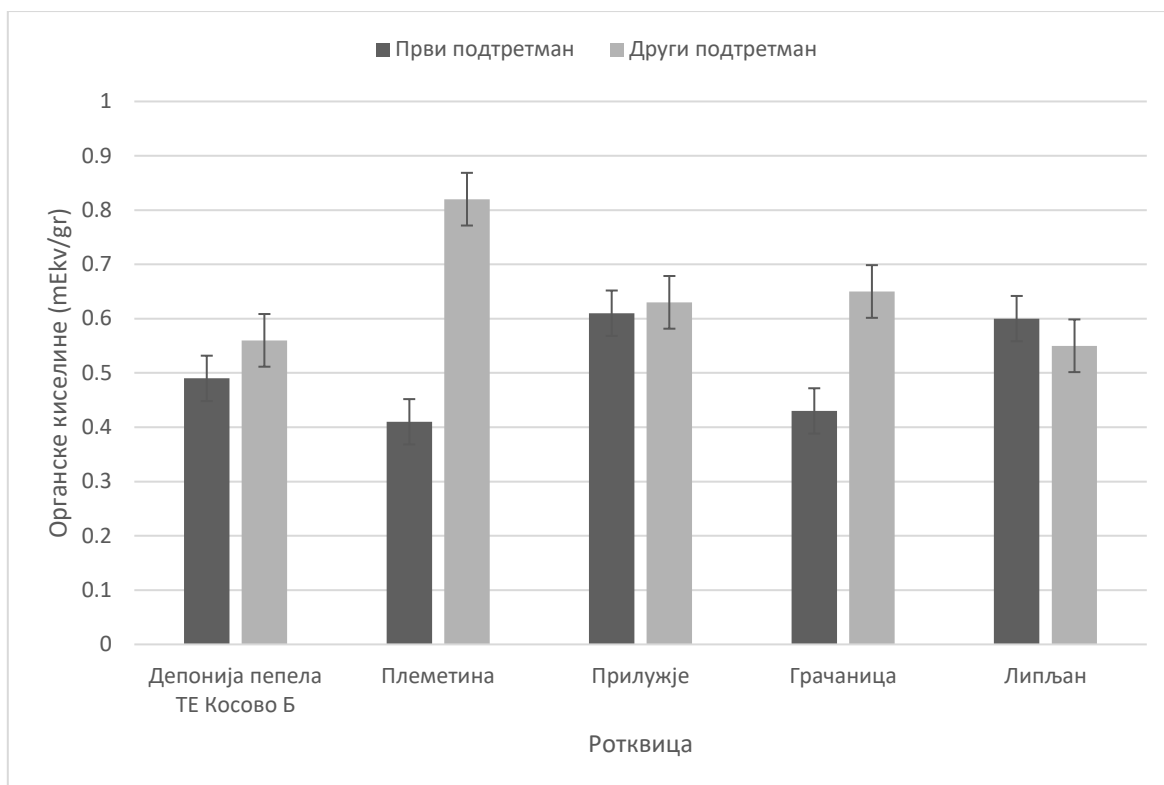
Слика 8.8. Сува маса (gr) корена ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



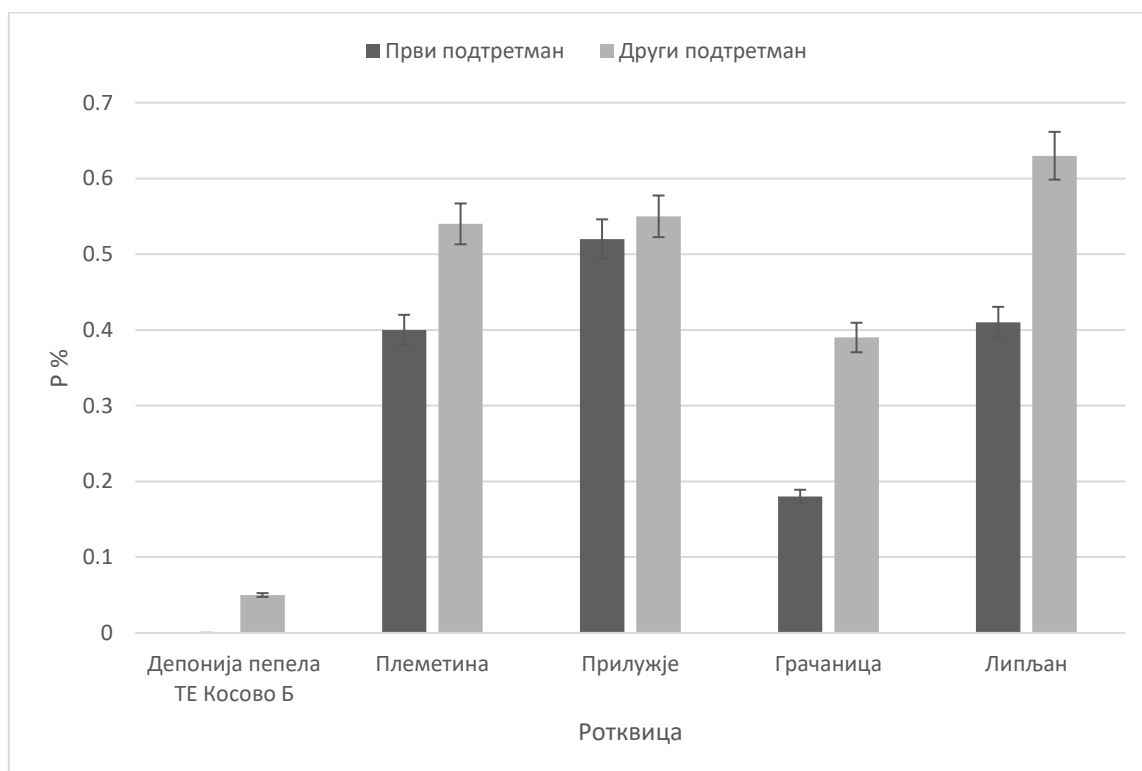
Слика 8.9. Интраћелијска рН вредност корена ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



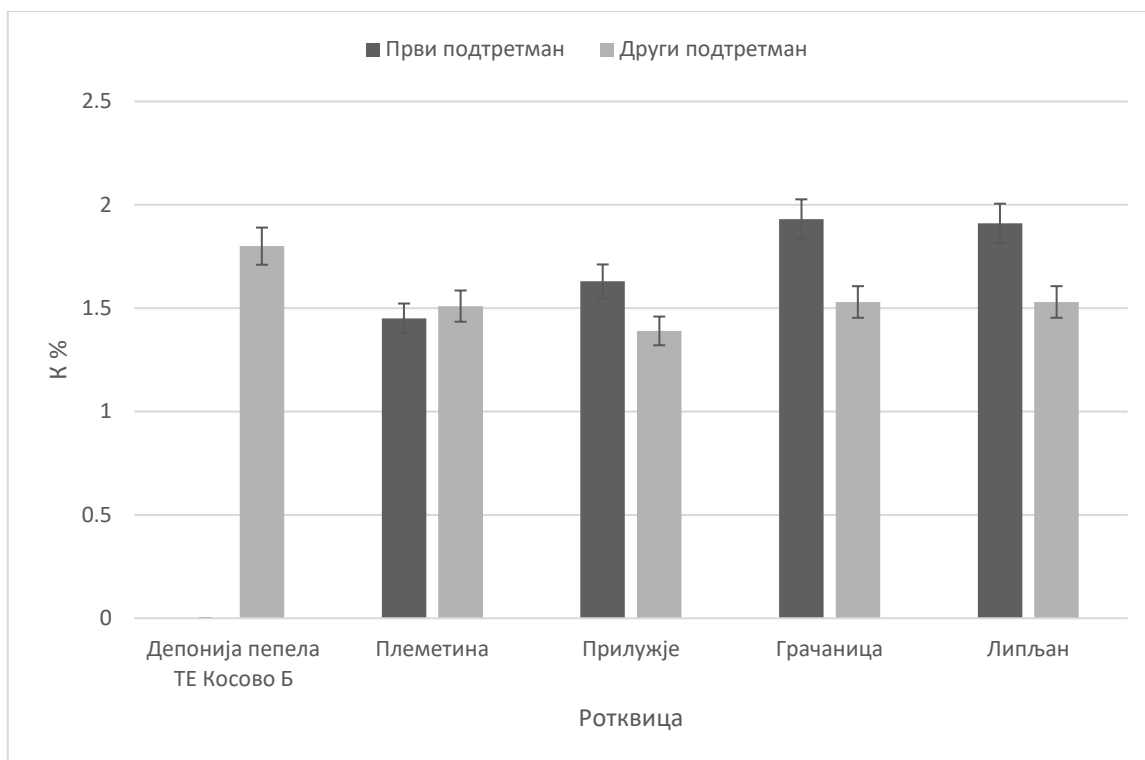
Слика 8.10. Активност ензима каталазе ($\text{cm}^3 \text{O}_2 / 1\text{gr} / 3''$ свеже биљне масе) корена ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



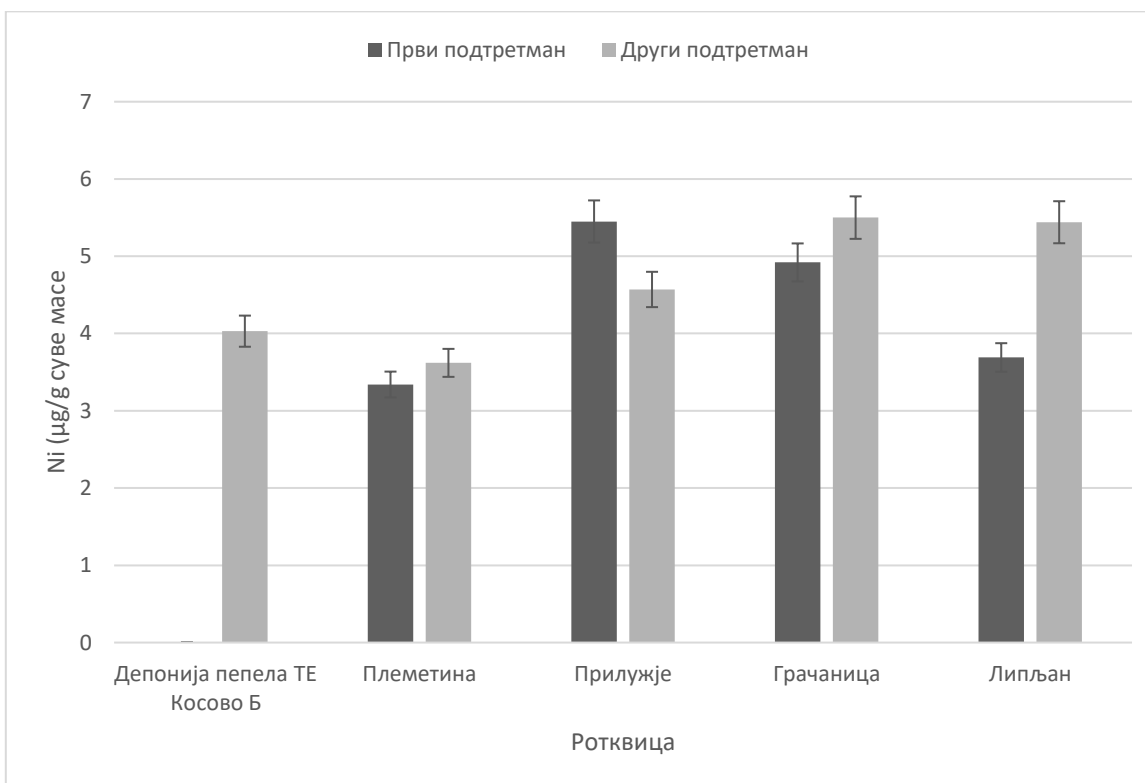
Слика 8.11. Укупан садржај органских киселина (mEqv/gr) корена ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



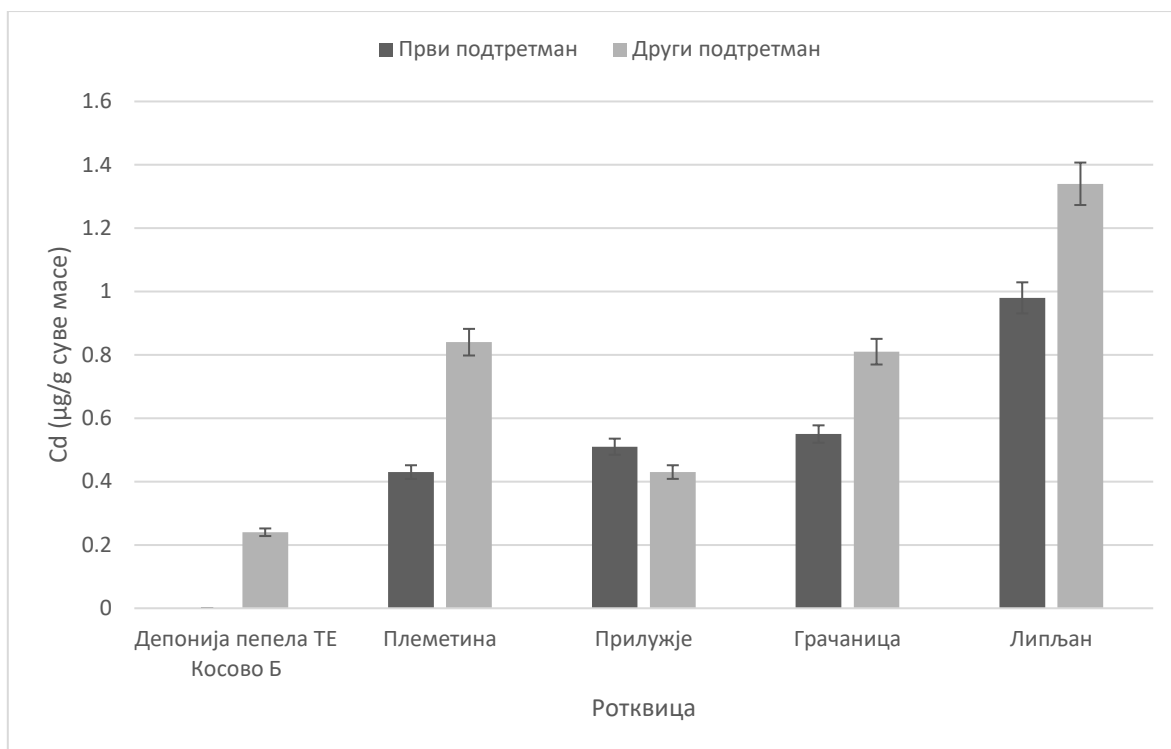
Слика 8.12. Садржај фосфора (%) корена ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



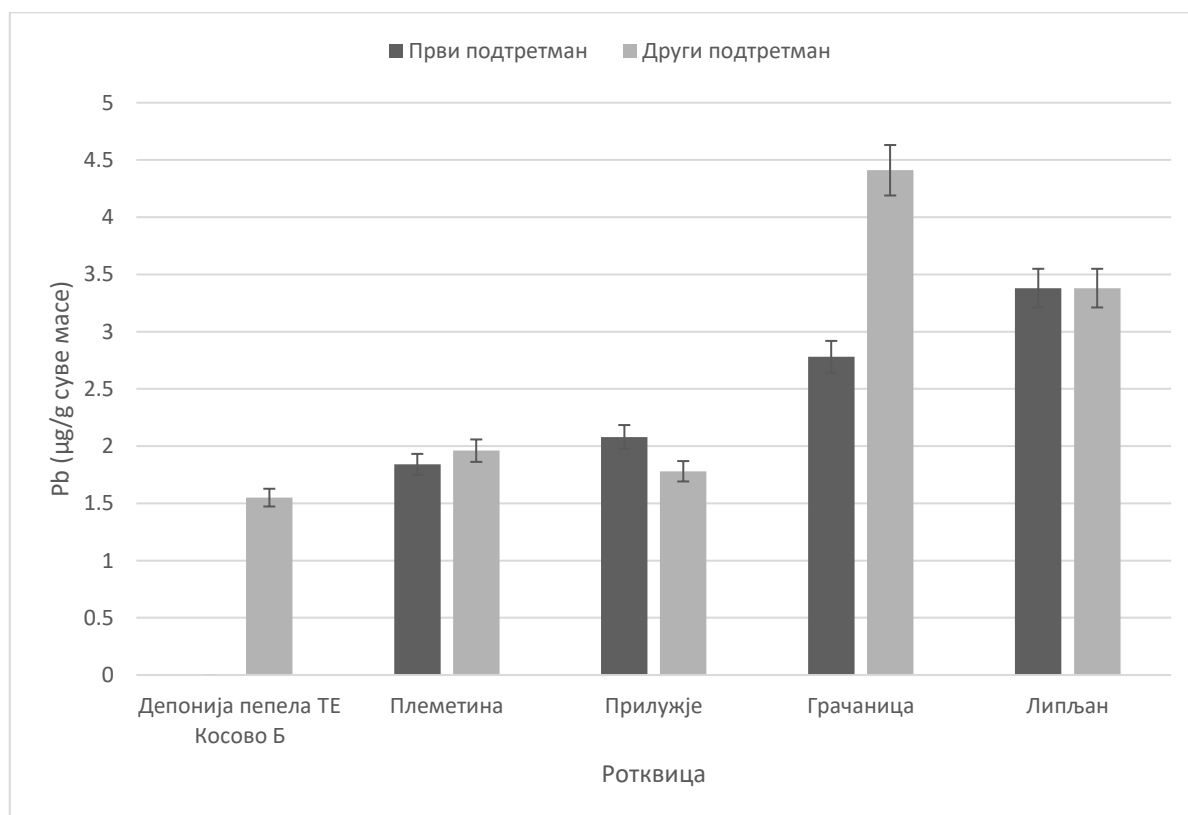
Слика 8.13. Садржај калијума (%) корена ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



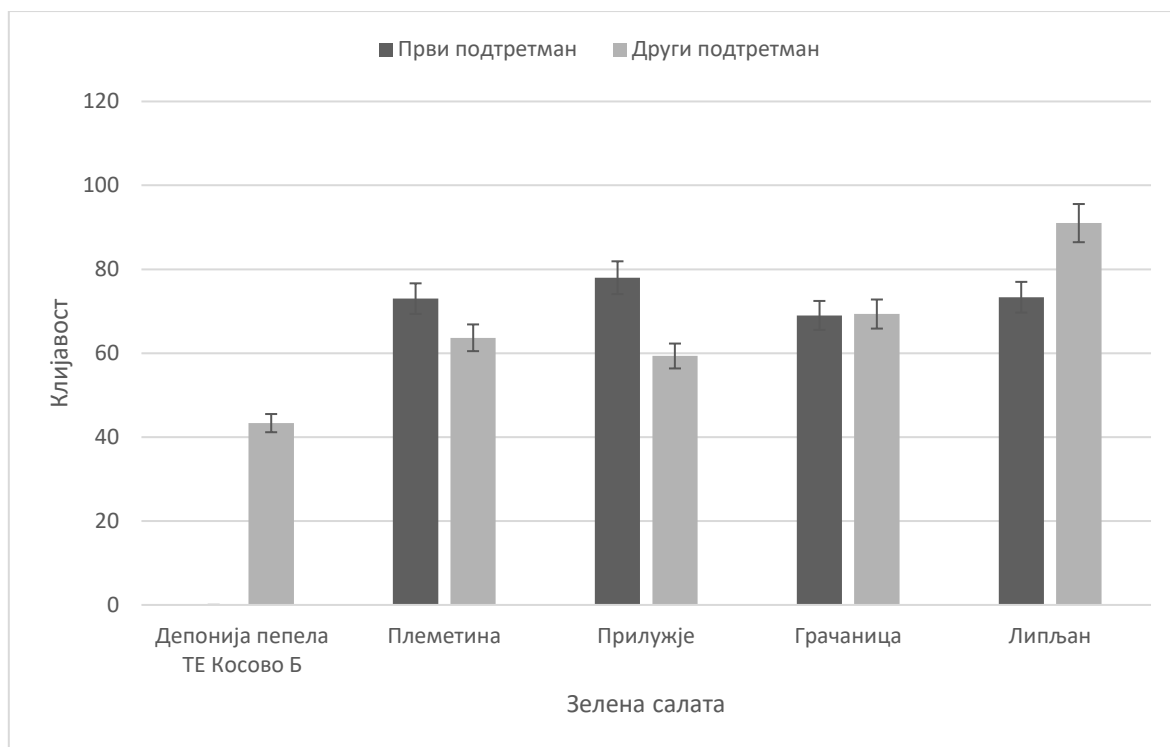
Слика 8.14. Акумулација никла (µg/g суве масе) у корену ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



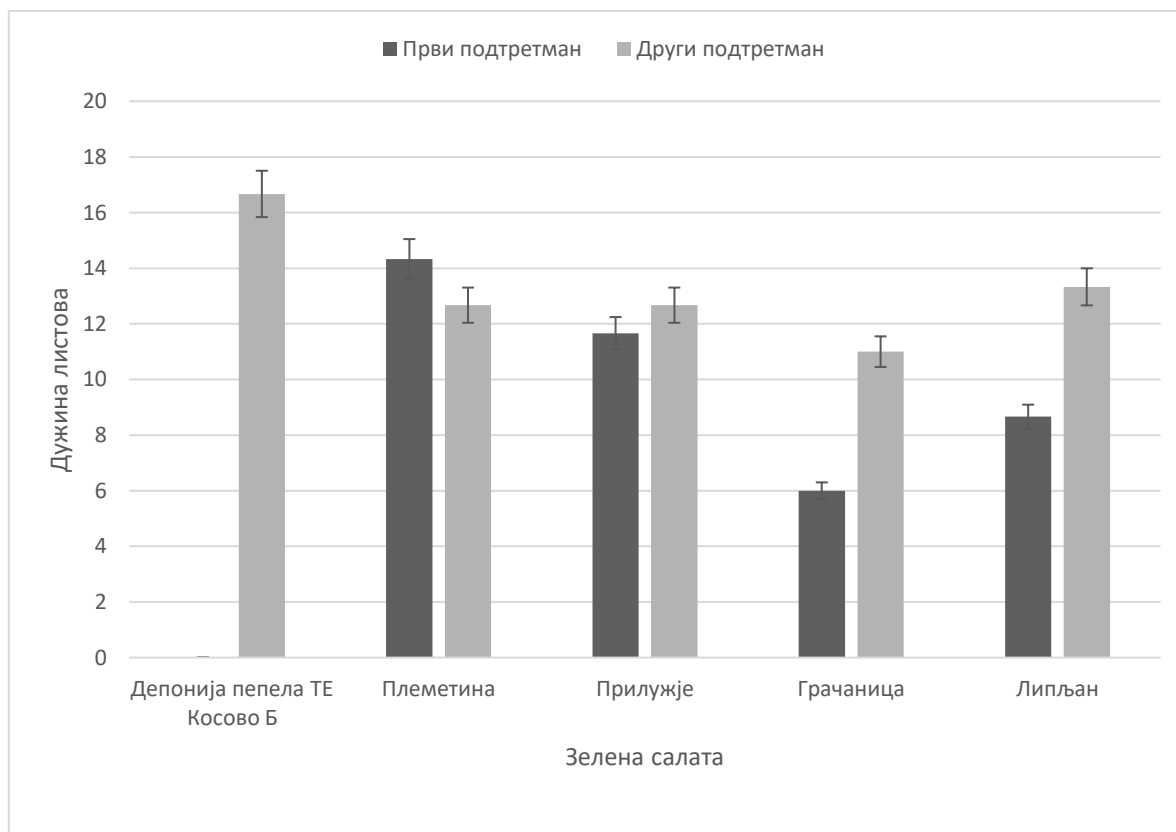
Слика 8.15. Акумулација кадмијума ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у корену ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



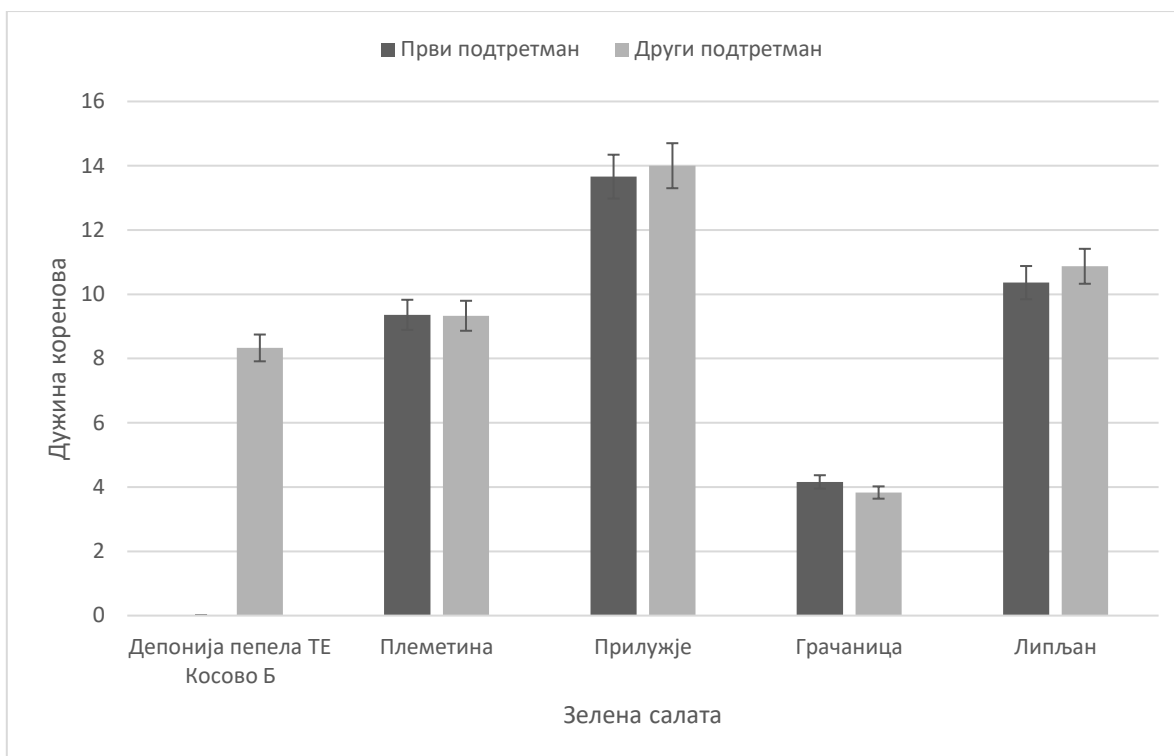
Слика 8.16. Акумулација олова ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у корену ротквице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



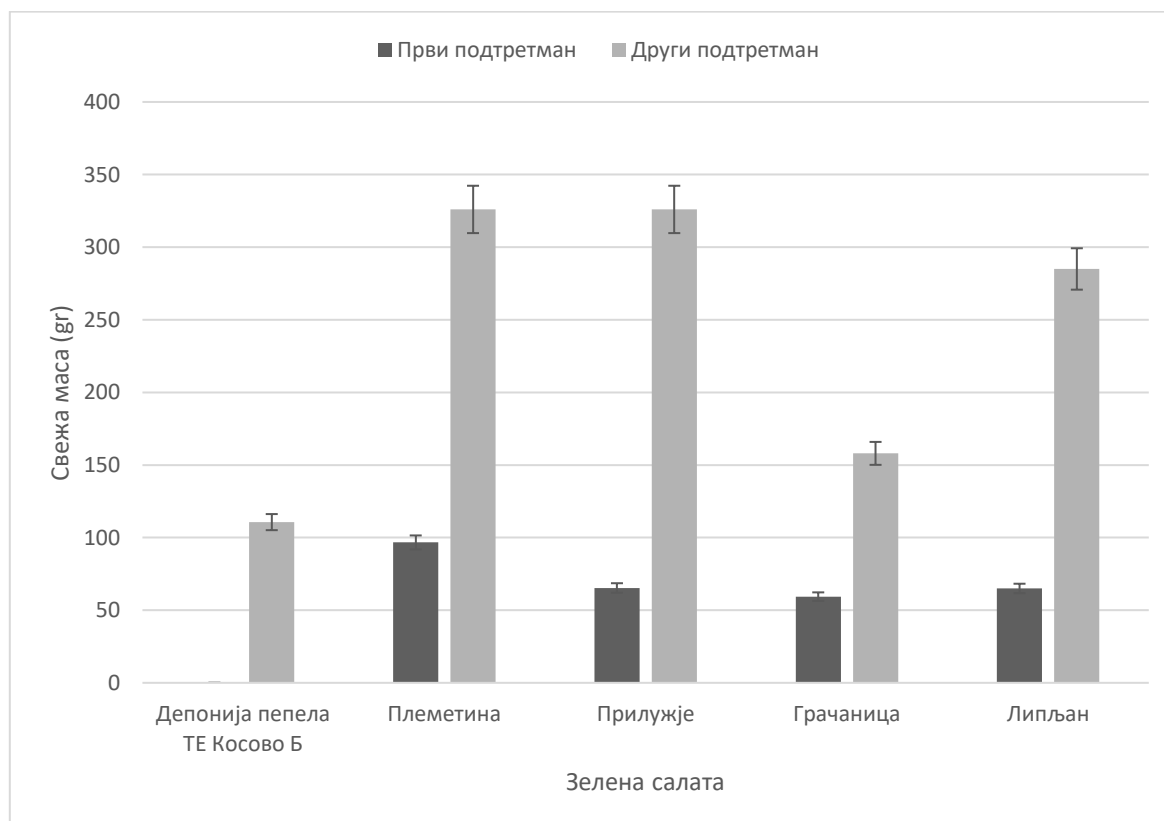
Слика 8.17. Клијавост (%) семена биљака зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



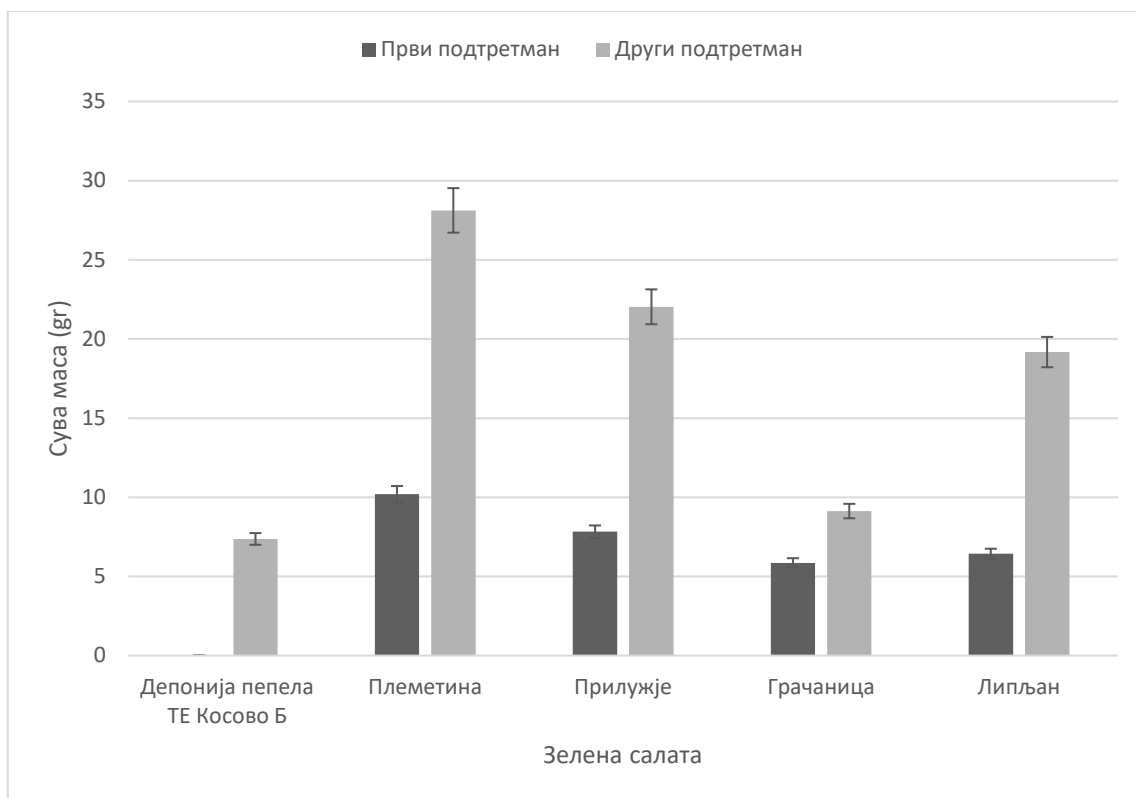
Слика 8.18. Дужина листова (cm) биљака зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



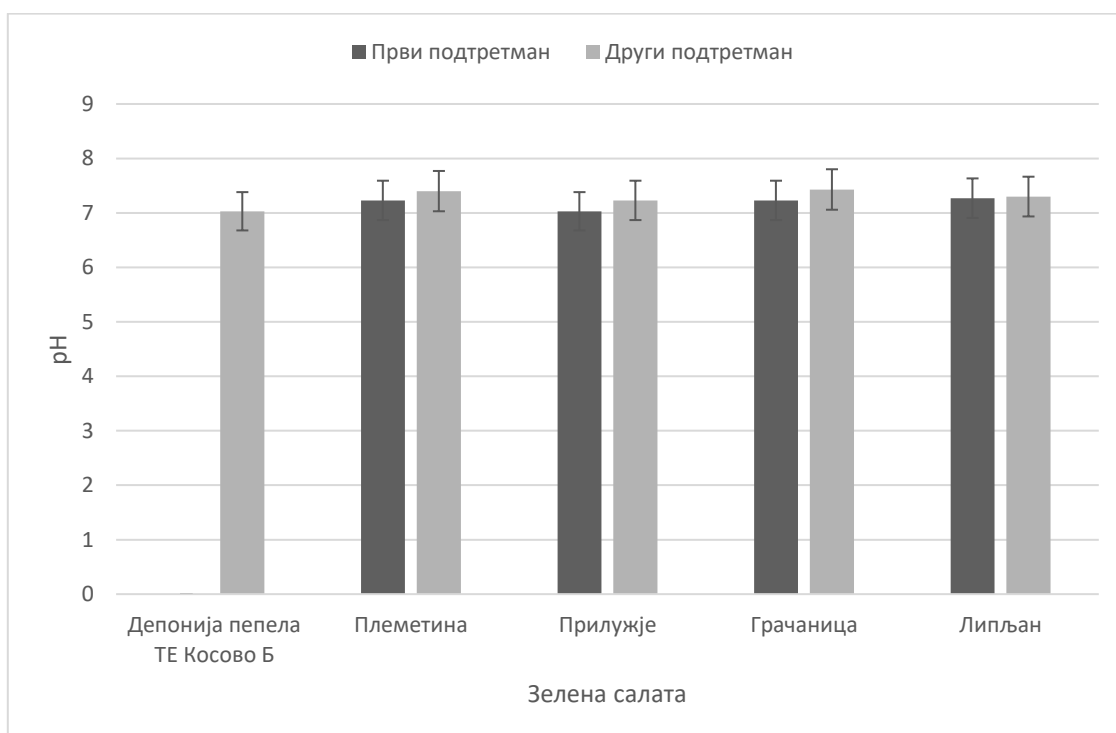
Слика 8.19. Дужина корена (cm) биљака зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



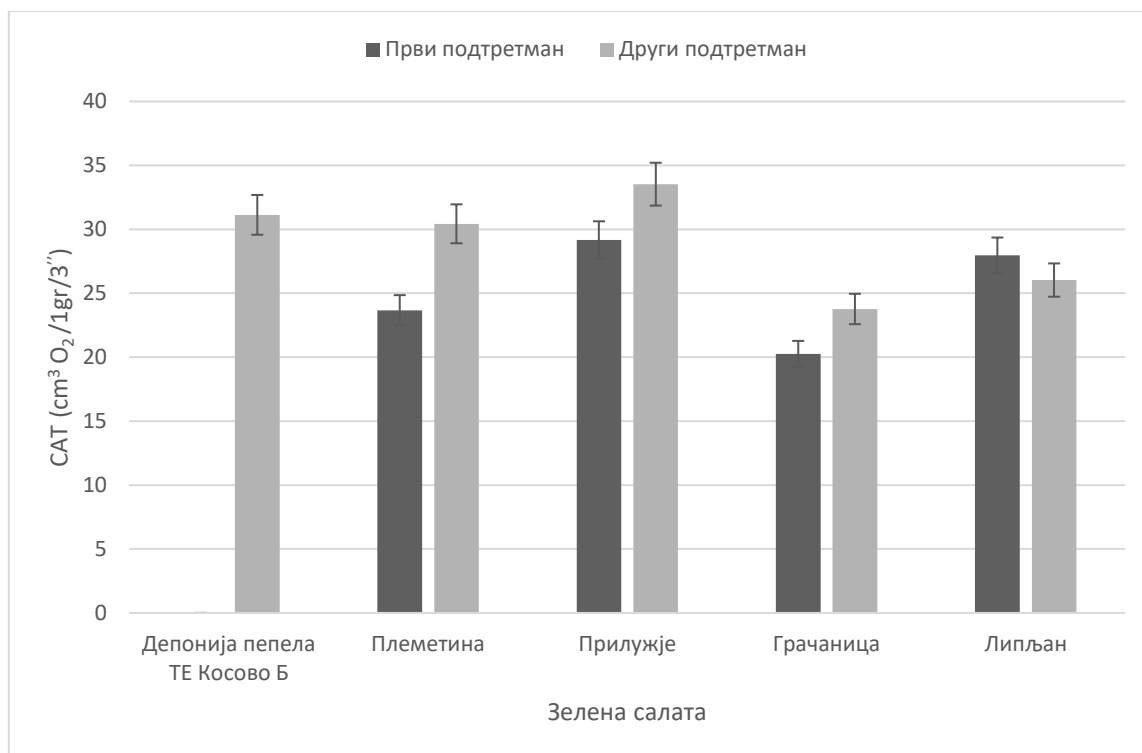
Слика 8.20. Свежа маса (gr) биљака зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



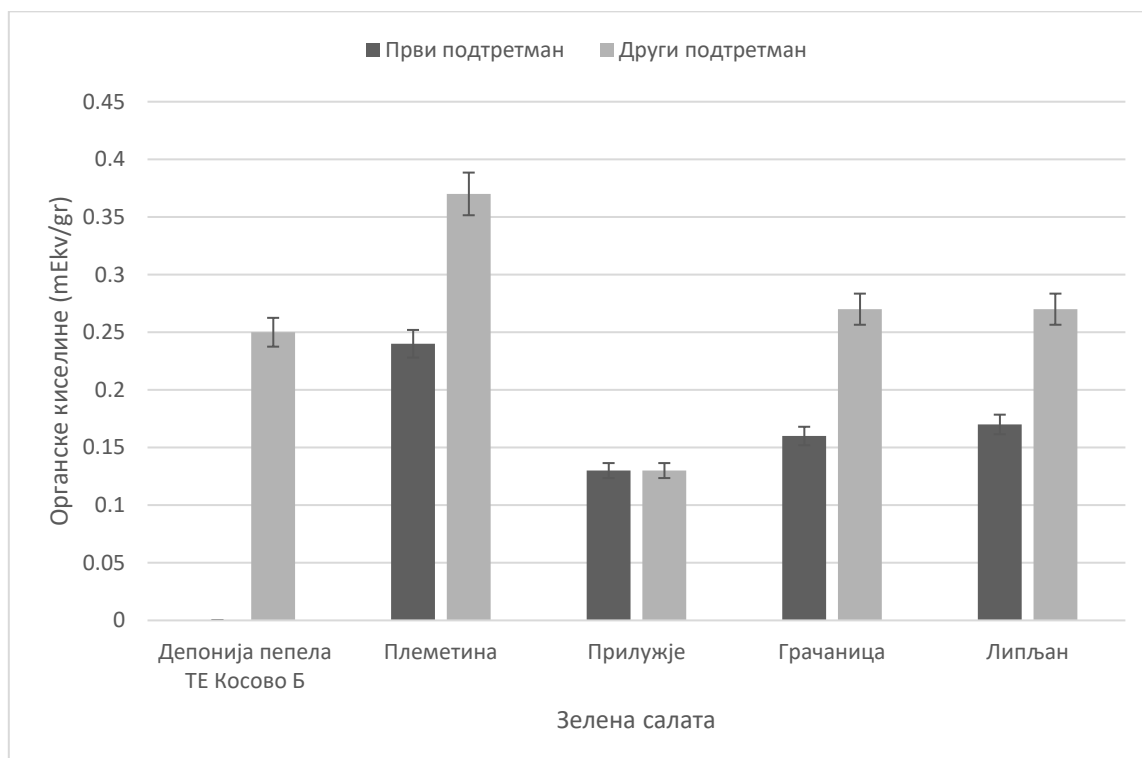
Слика 8.21. Сува маса (gr) биљака зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



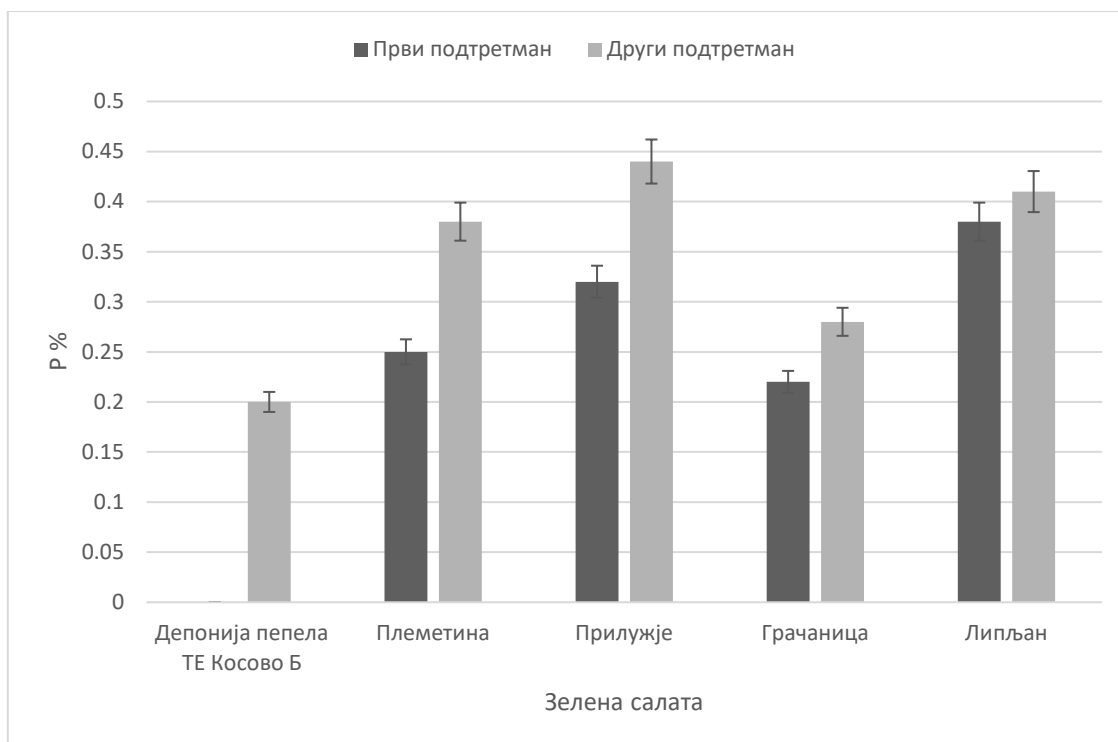
Слика 8.22. Интраћелијска pH вредност листова зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



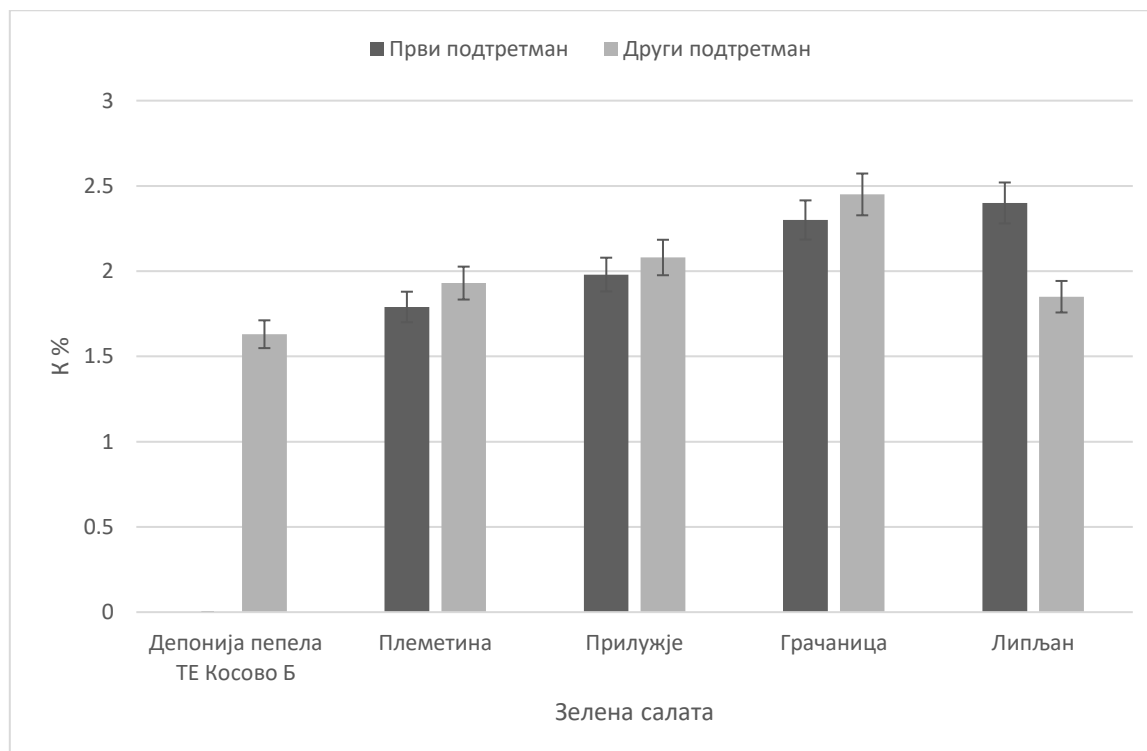
Слика 8.23. Активност ензима каталазе ($\text{cm}^3 \text{O}_2 / 1\text{gr} / 3''$) листова зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



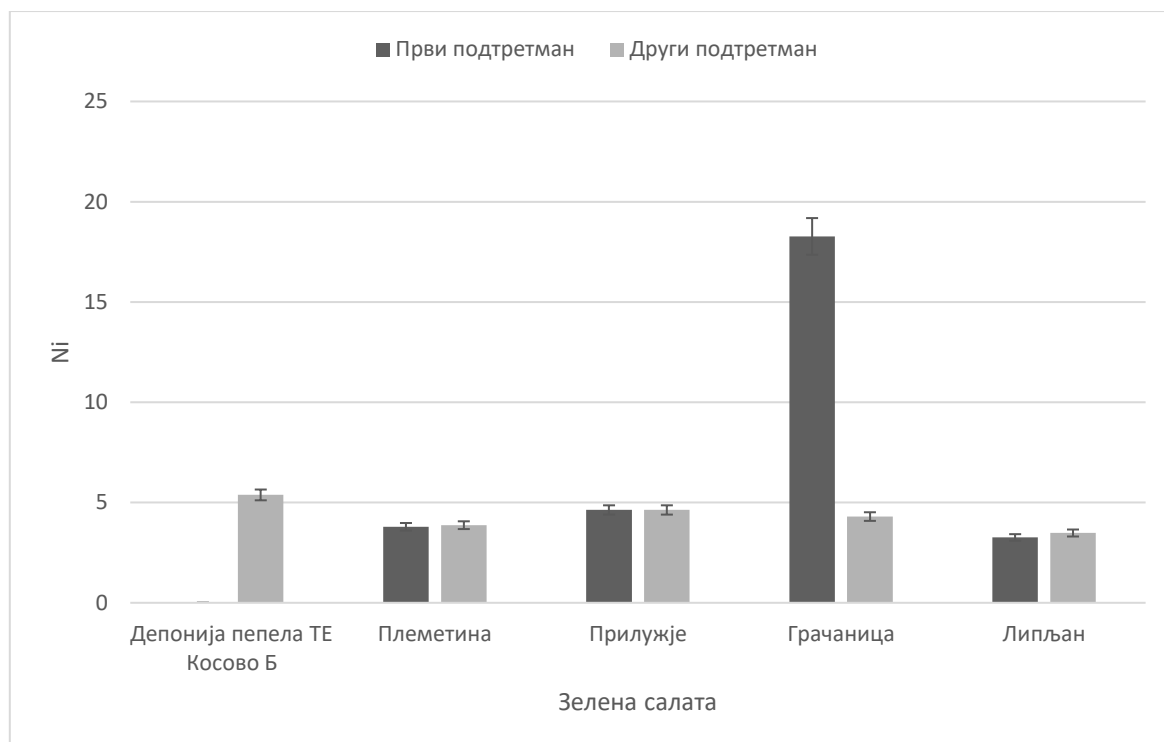
Слика 8.24. Укупан садржај органских киселина (mEqv/gr) листова зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (Подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



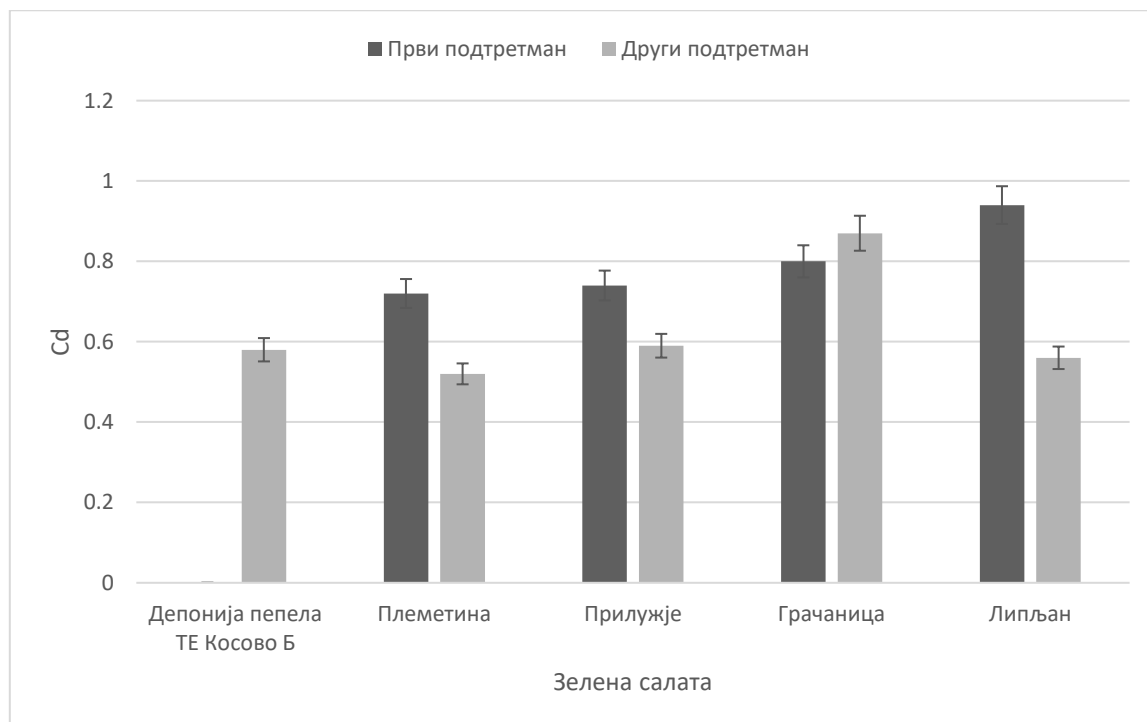
Слика 8.25. Садржај фосфора (%) у листовима зелене салата гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



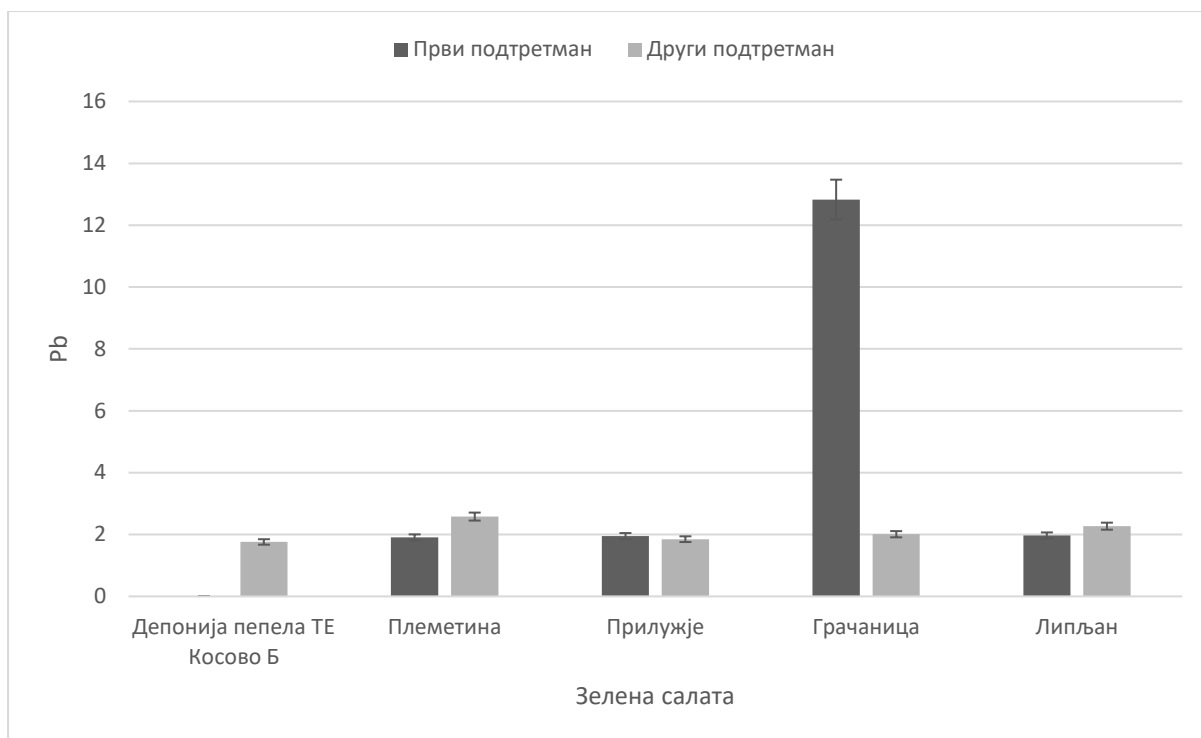
Слика 8.26. Садржај калијума (%) у листовима зелене салата гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



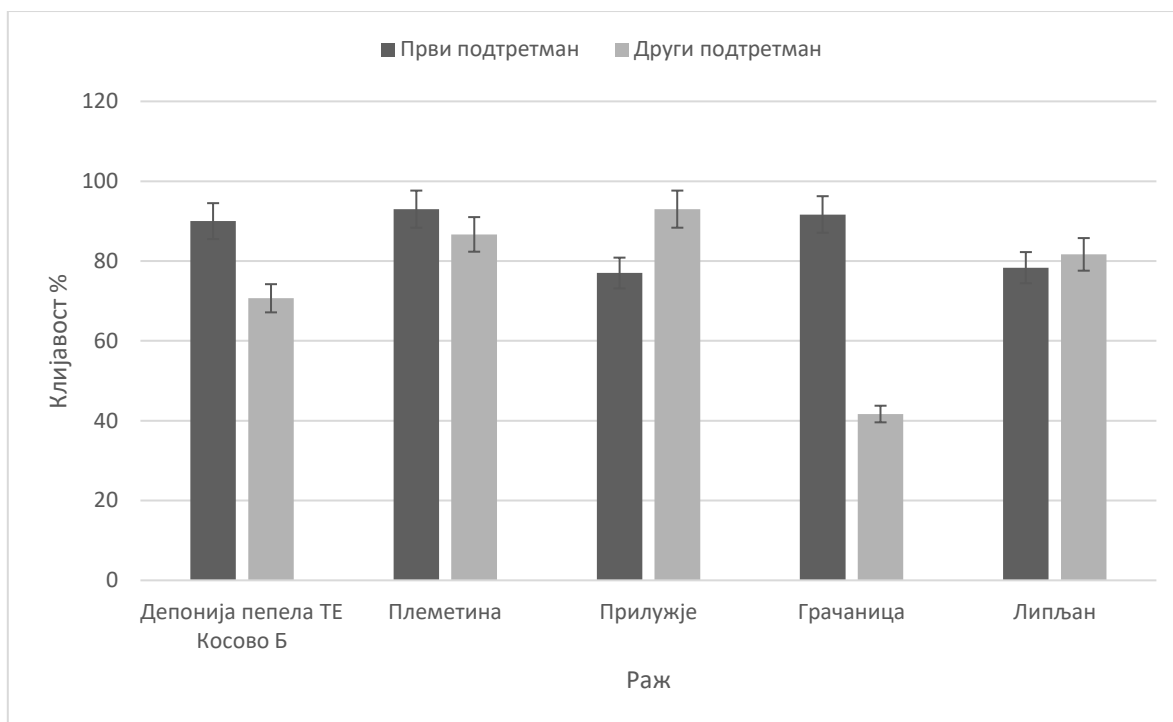
Слика 8.27. Акумулација никла ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у листовима зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



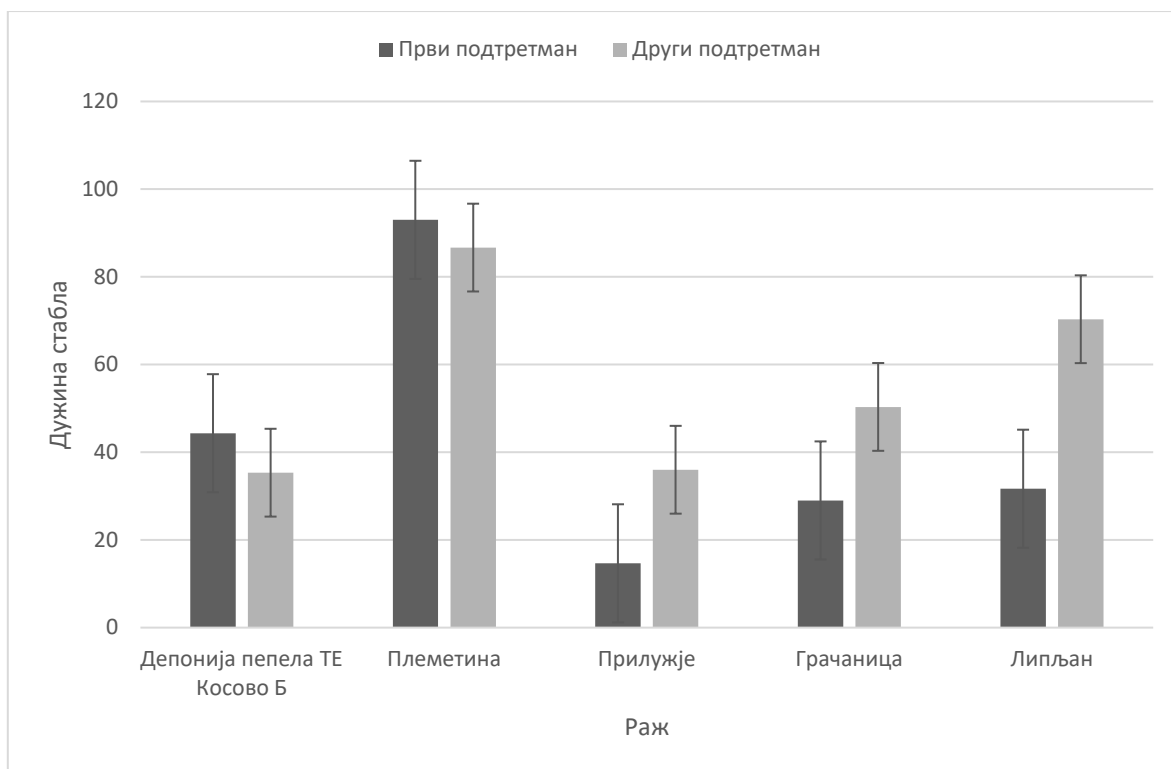
Слика 8.28. Акумулација кадмијума ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у листовима зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



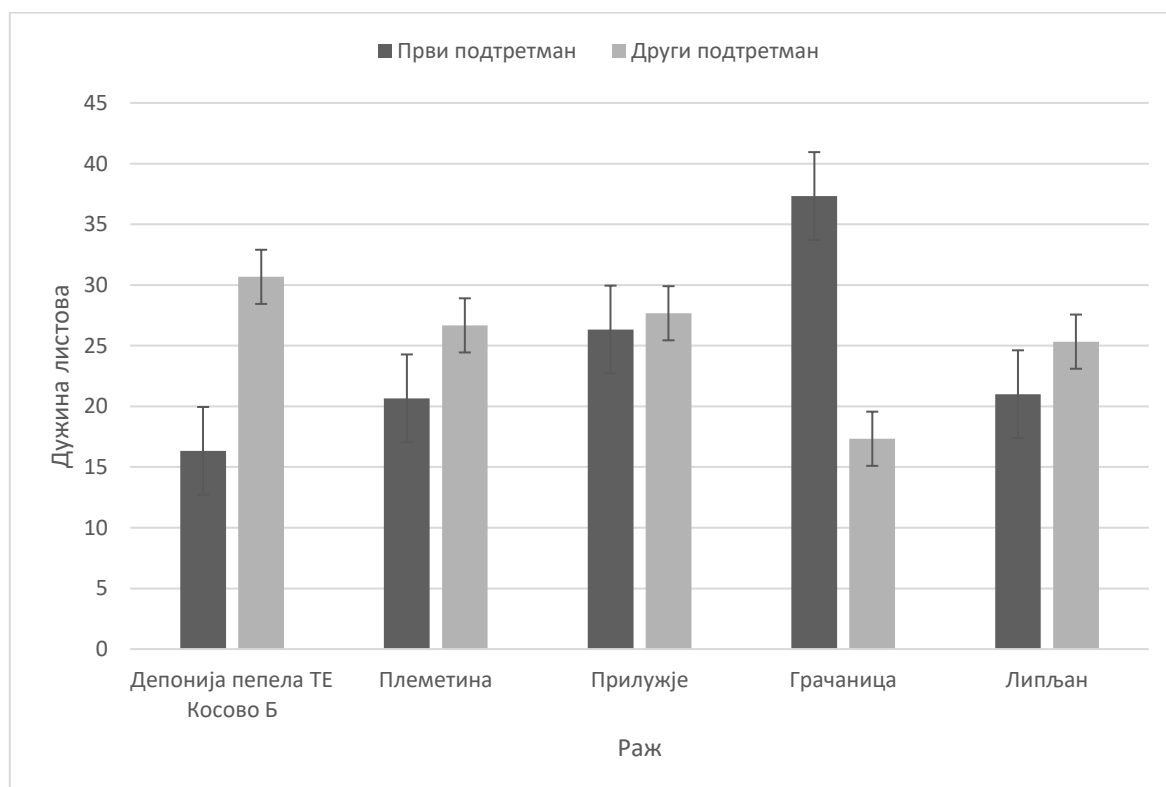
Слика 8.29. Акумулација олова ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у листовима зелене салате гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



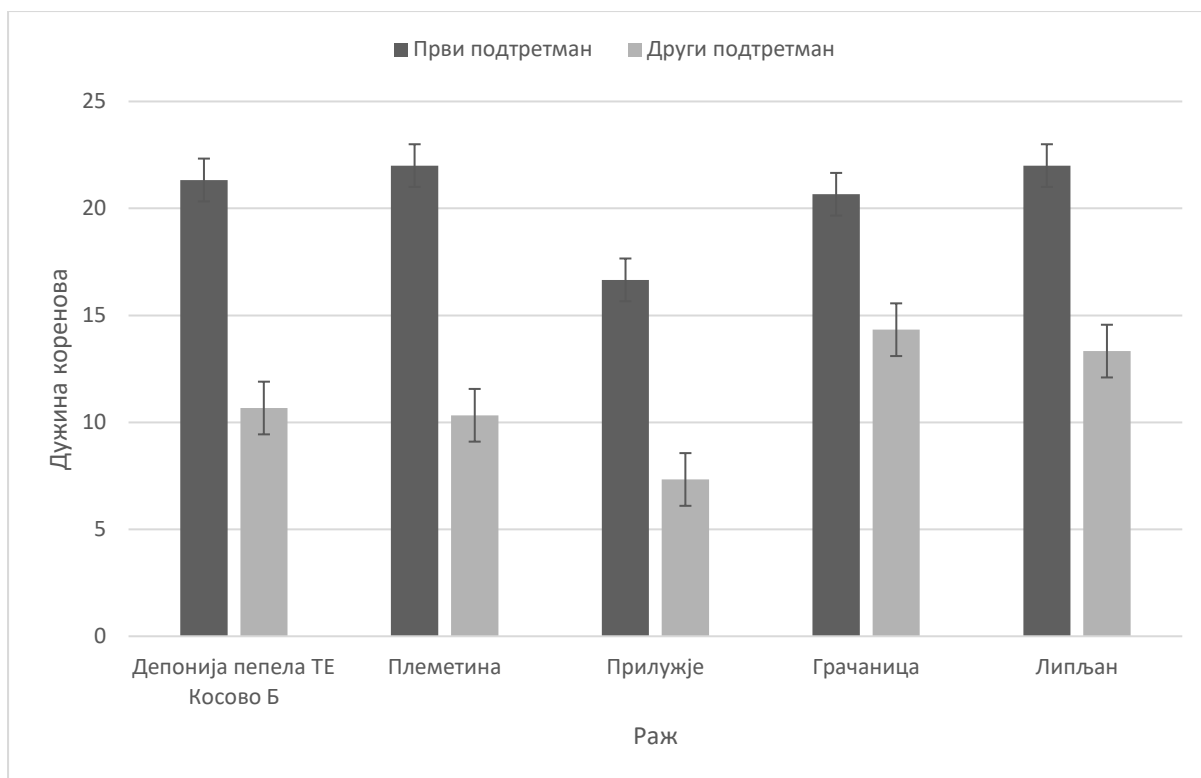
Слика 8.30. Проценат клијавости (%) биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



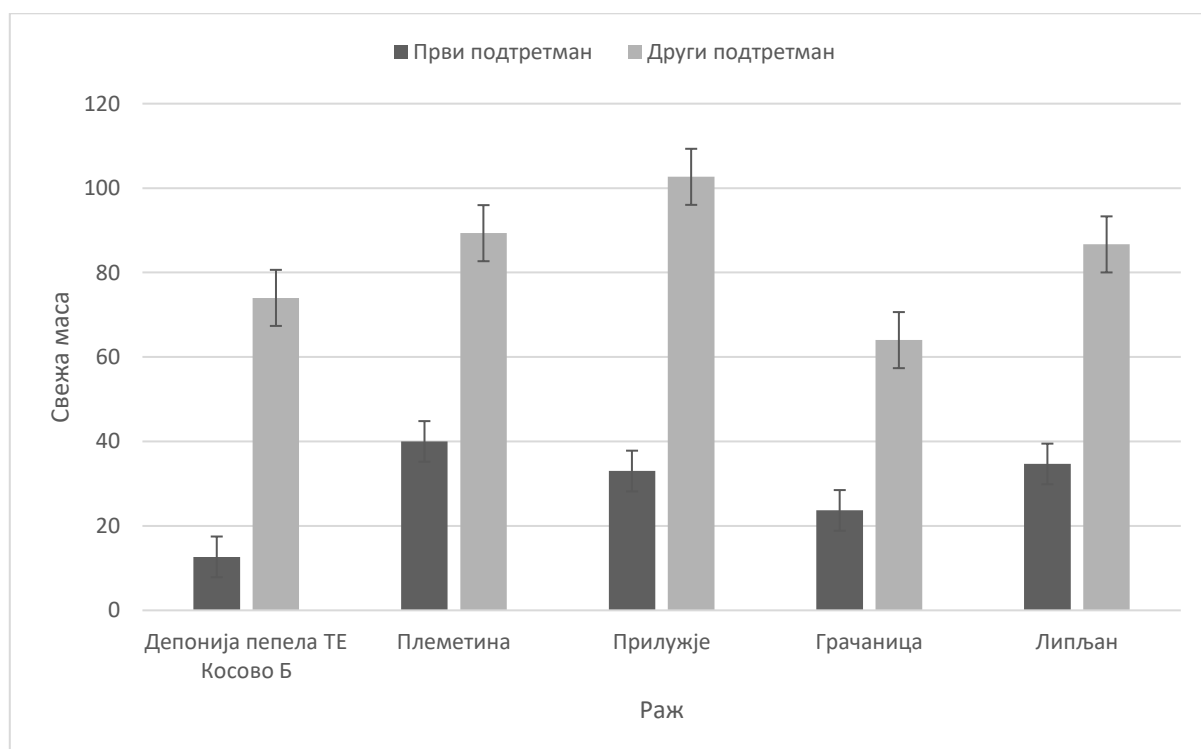
Слика 8.31. Дужина стабла (cm) биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



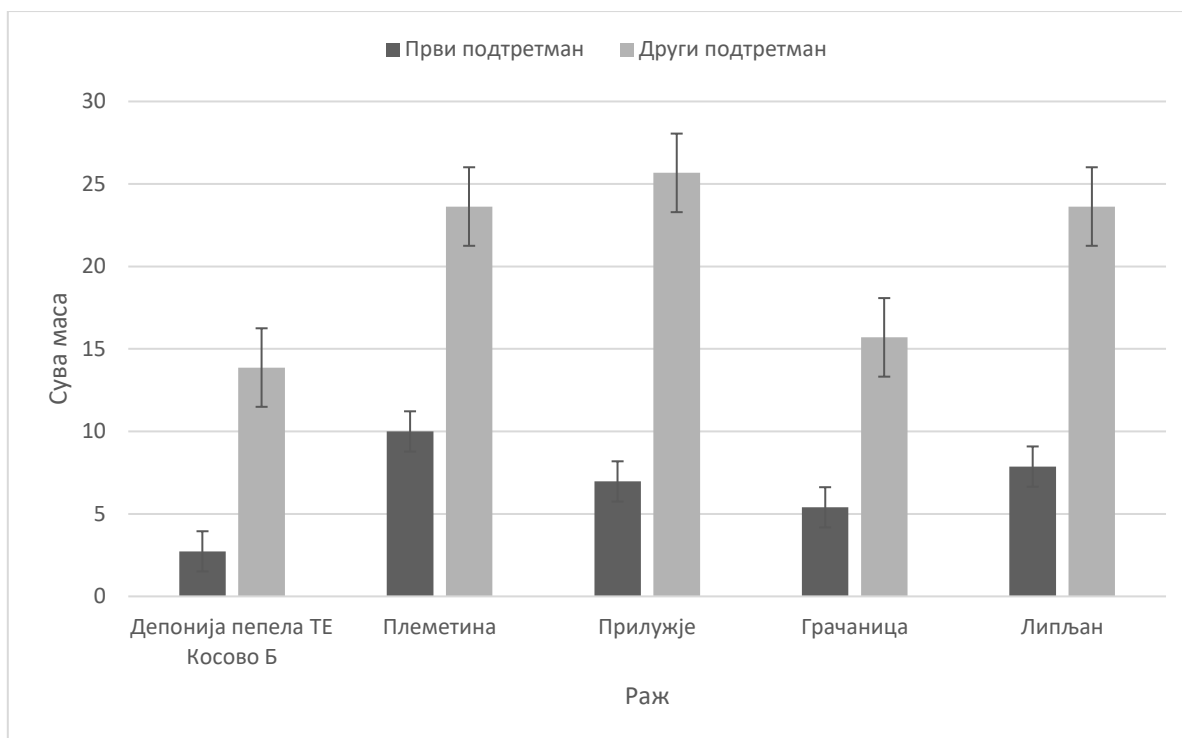
Слика 8.32. Дужина листова (cm) биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



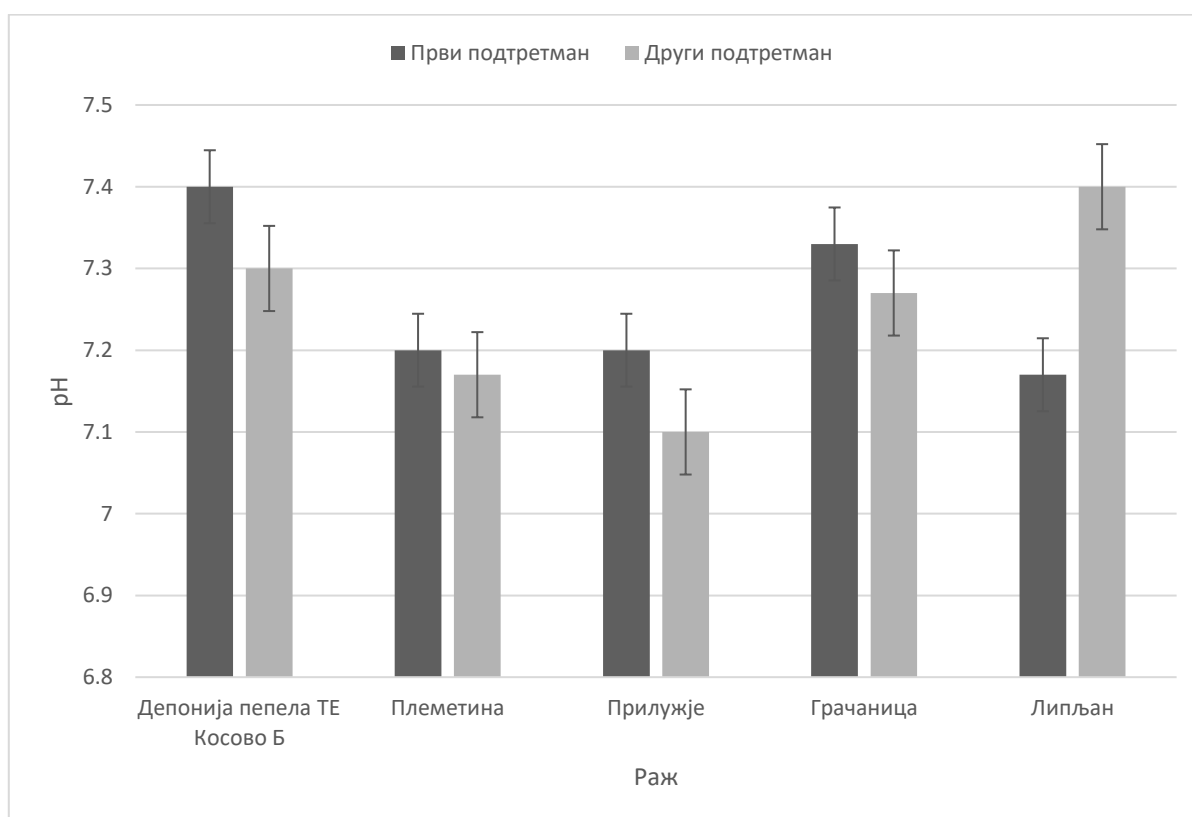
Слика 8.33. Дужина корена (cm) биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



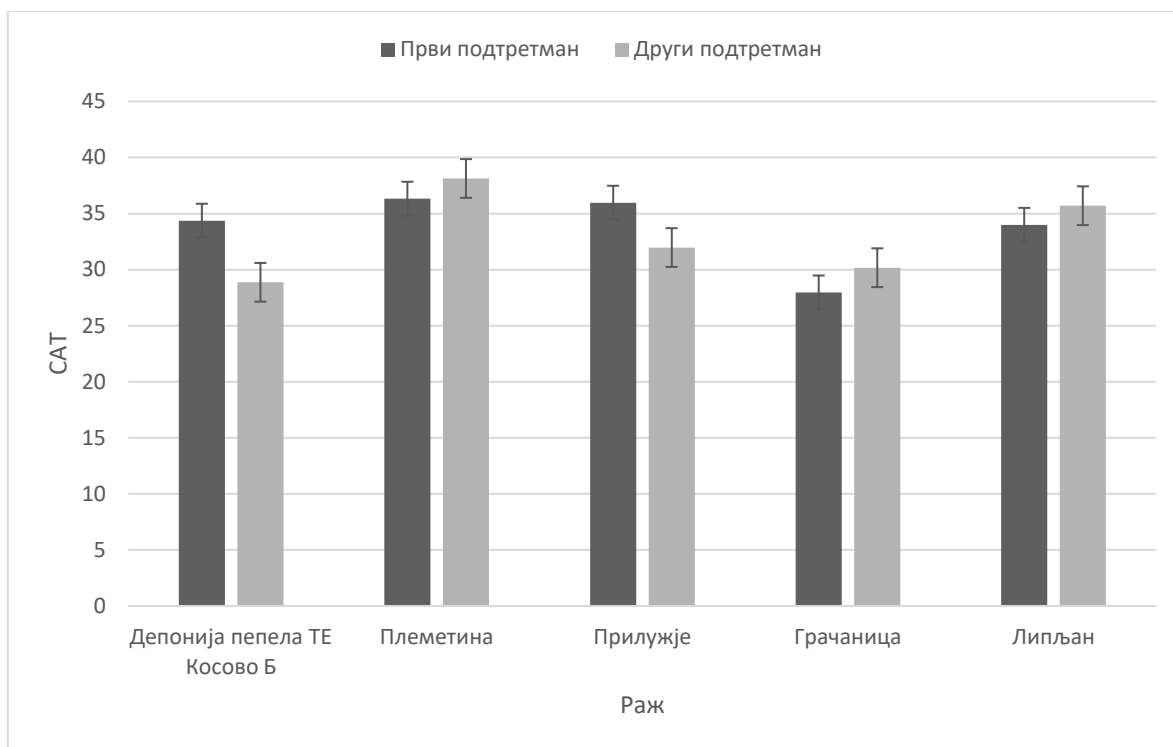
Слика 8.34. Свежа маса (g) надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



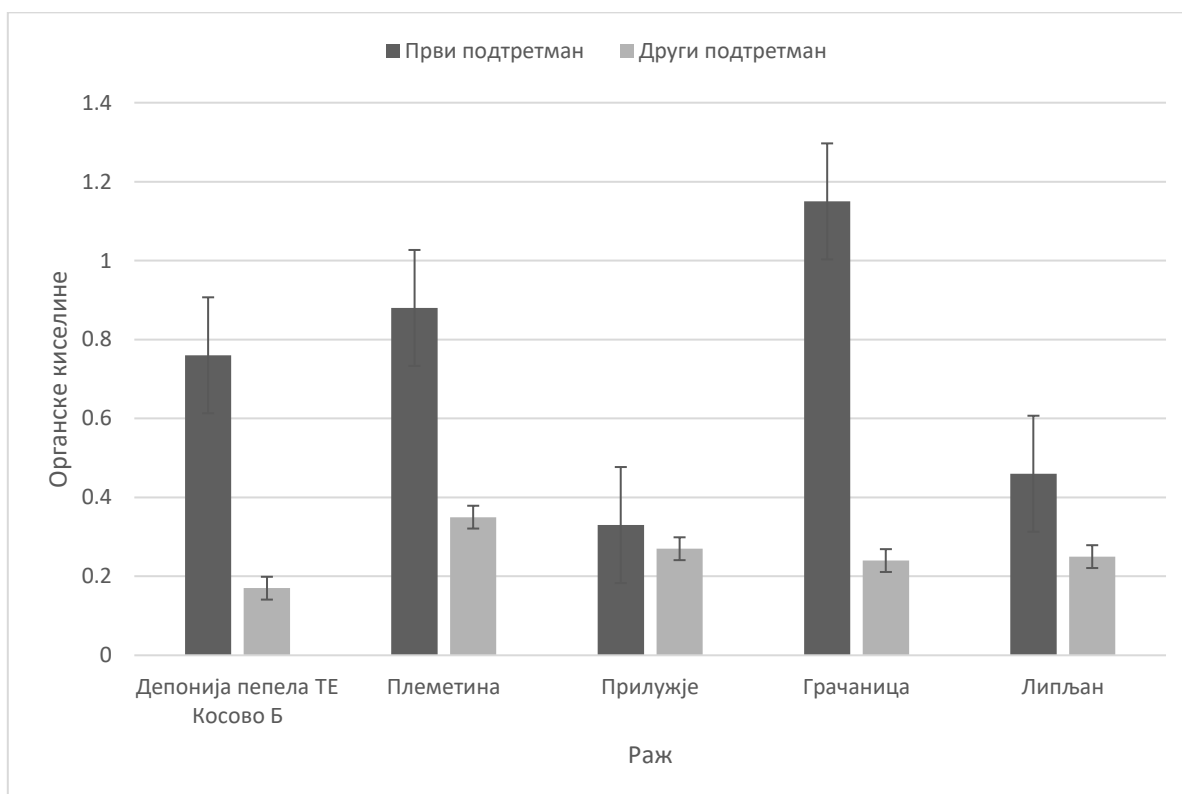
Слика 8.35. Сува маса (gr) надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



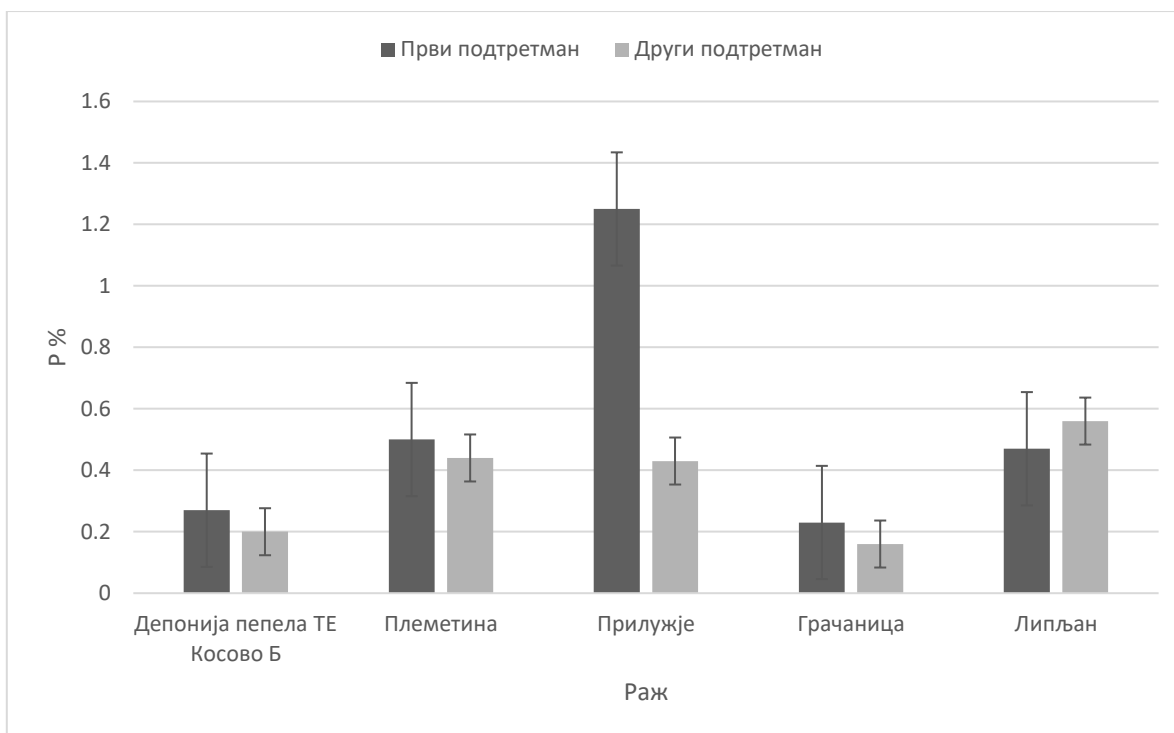
Слика 8.36. Интраћелијска рН вредност надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



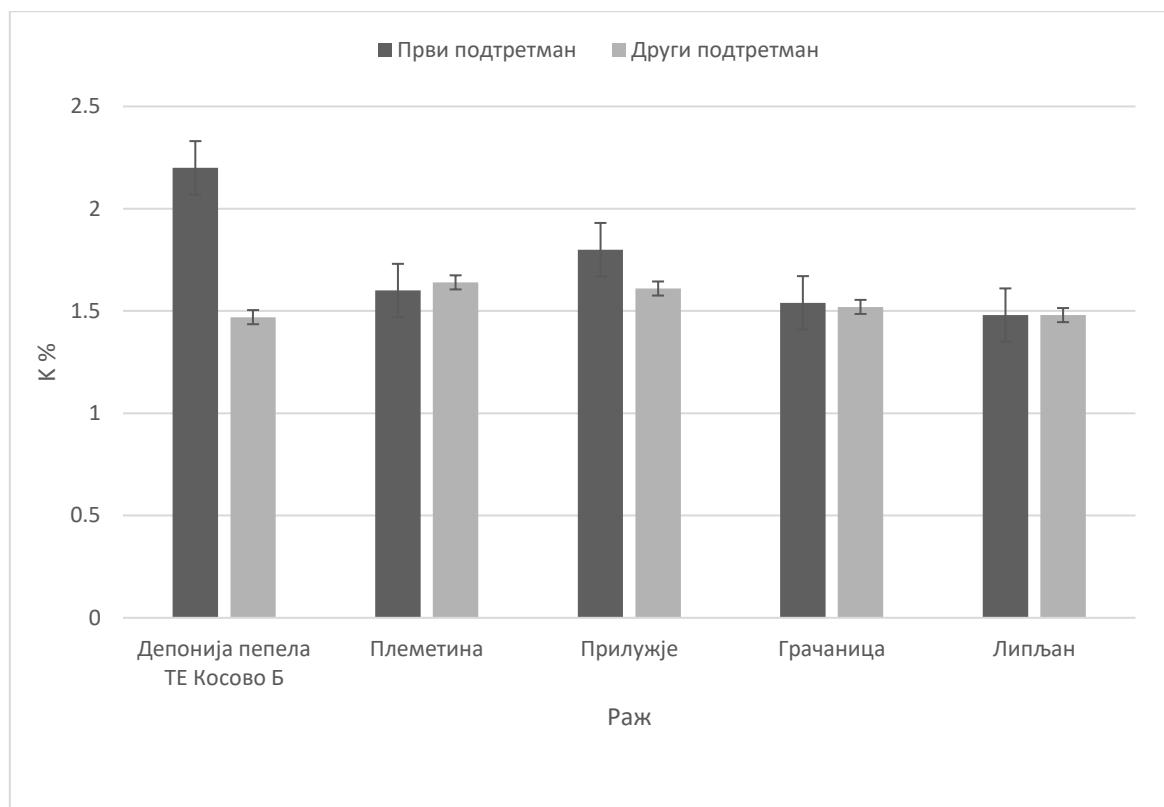
Слика 8.37. Активност ензима каталазе ($\text{cm}^3 \text{O}_2/\text{1gr}/3''$) надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



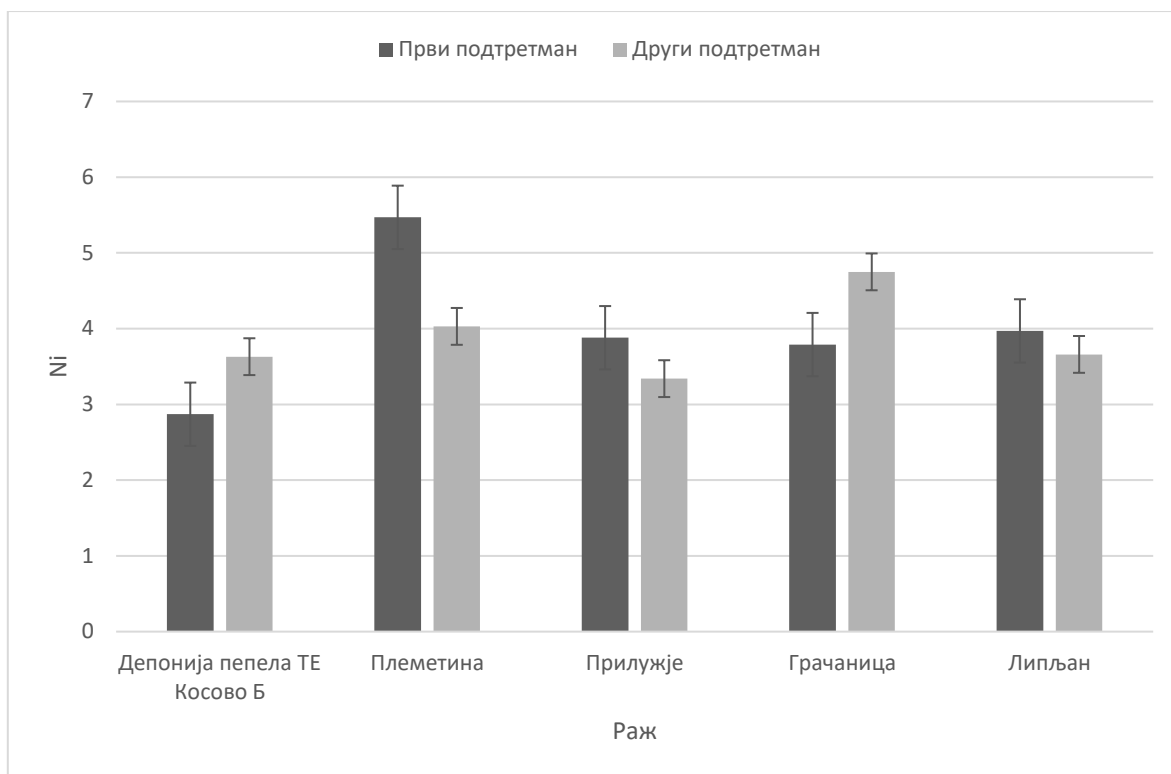
Слика 8.38. Укупан садржај органских киселина (mEqv/gr) надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



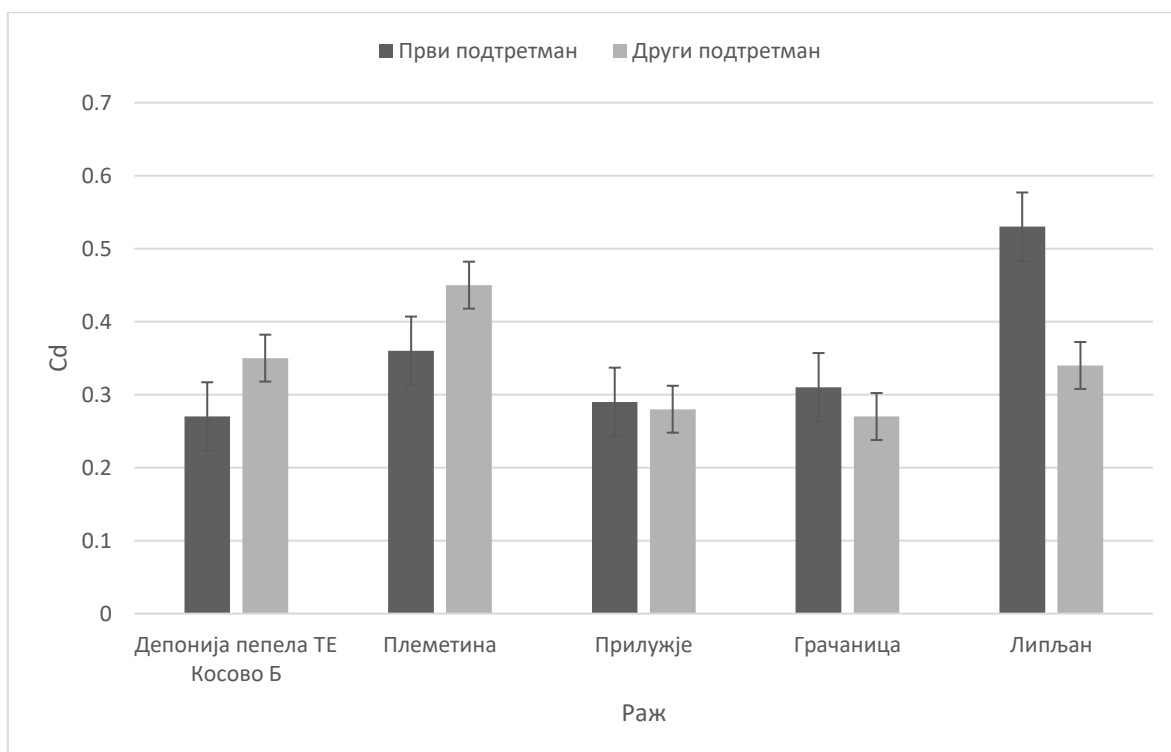
Слика 8.39. Садржај фосфора (%) надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



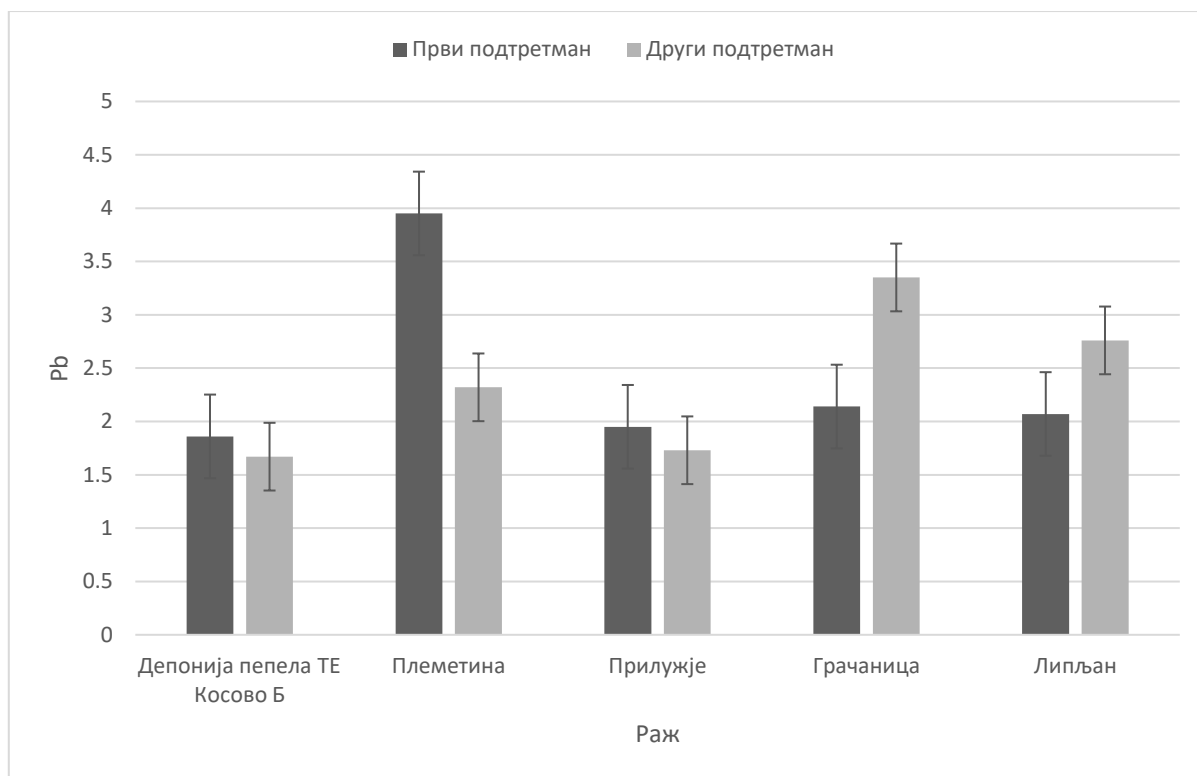
Слика 8.40. Садржај калијума (%) надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



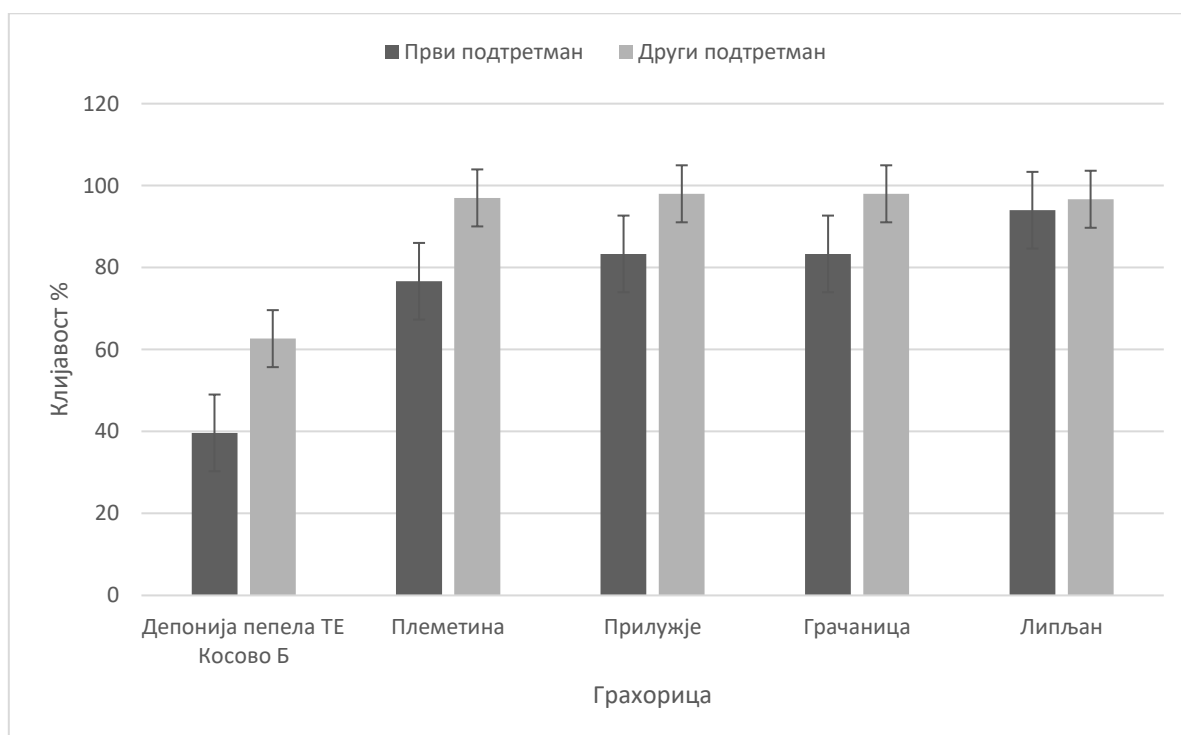
Слика 8.41. Акумулација никла ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



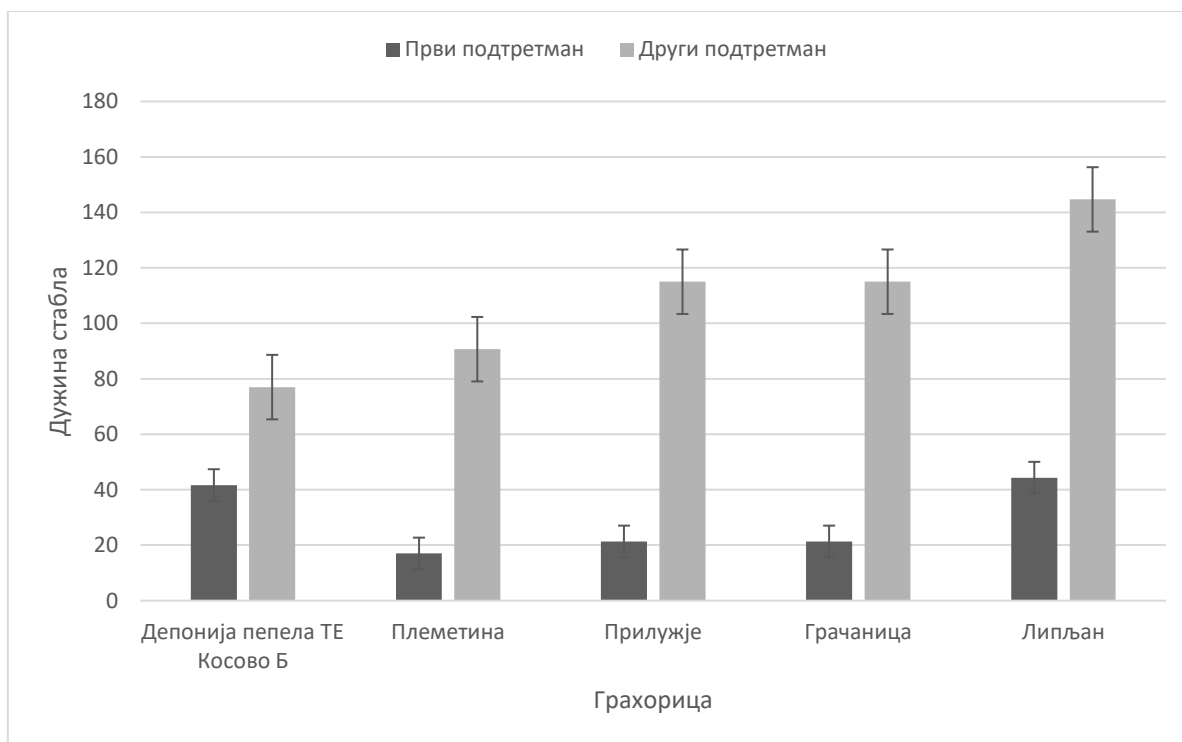
Слика 8.42. Акумулација кадмијума ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



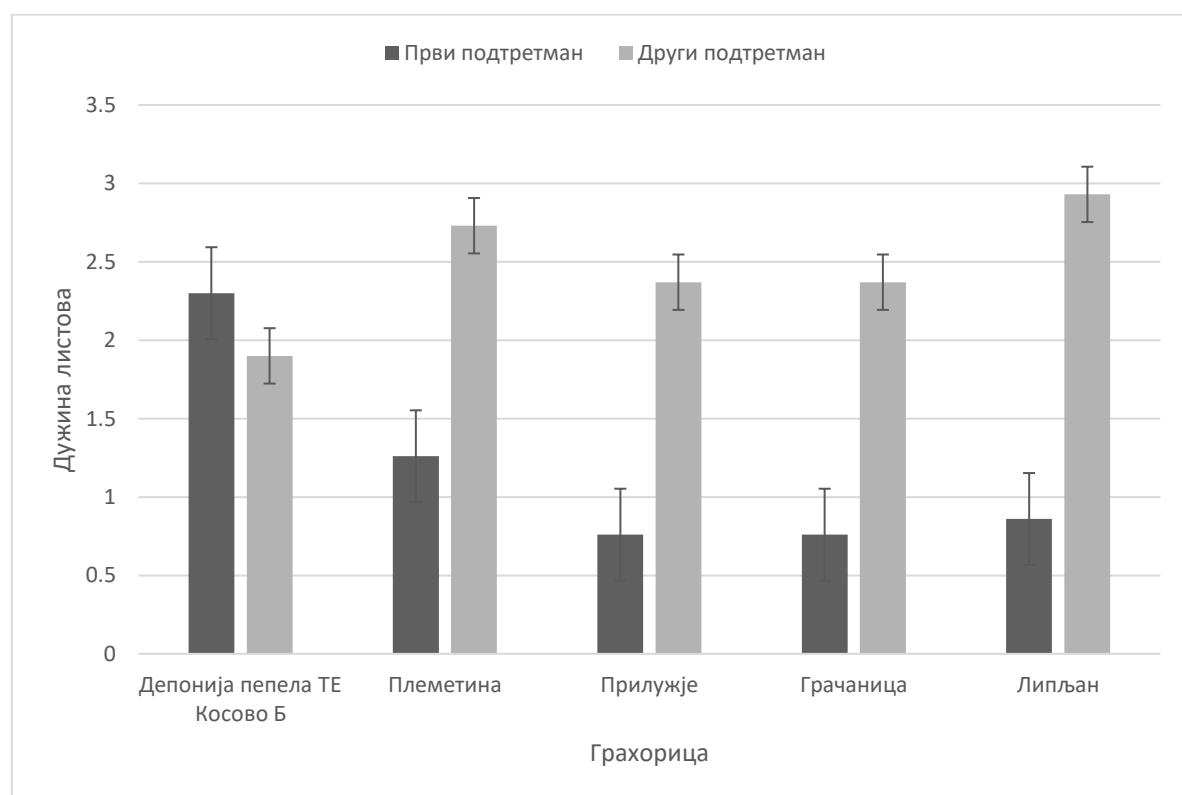
Слика 8.43. Акумулација олова ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака ражи гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



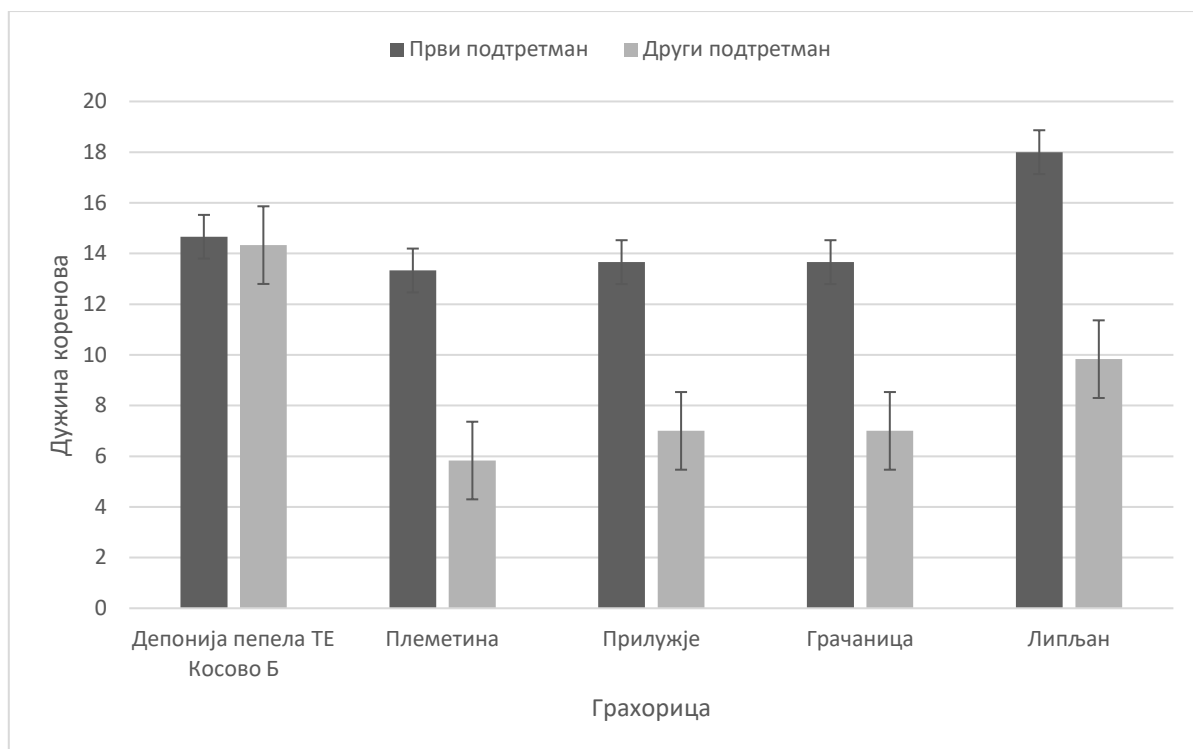
Слика 8.44. Проценат клијавости (%) биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



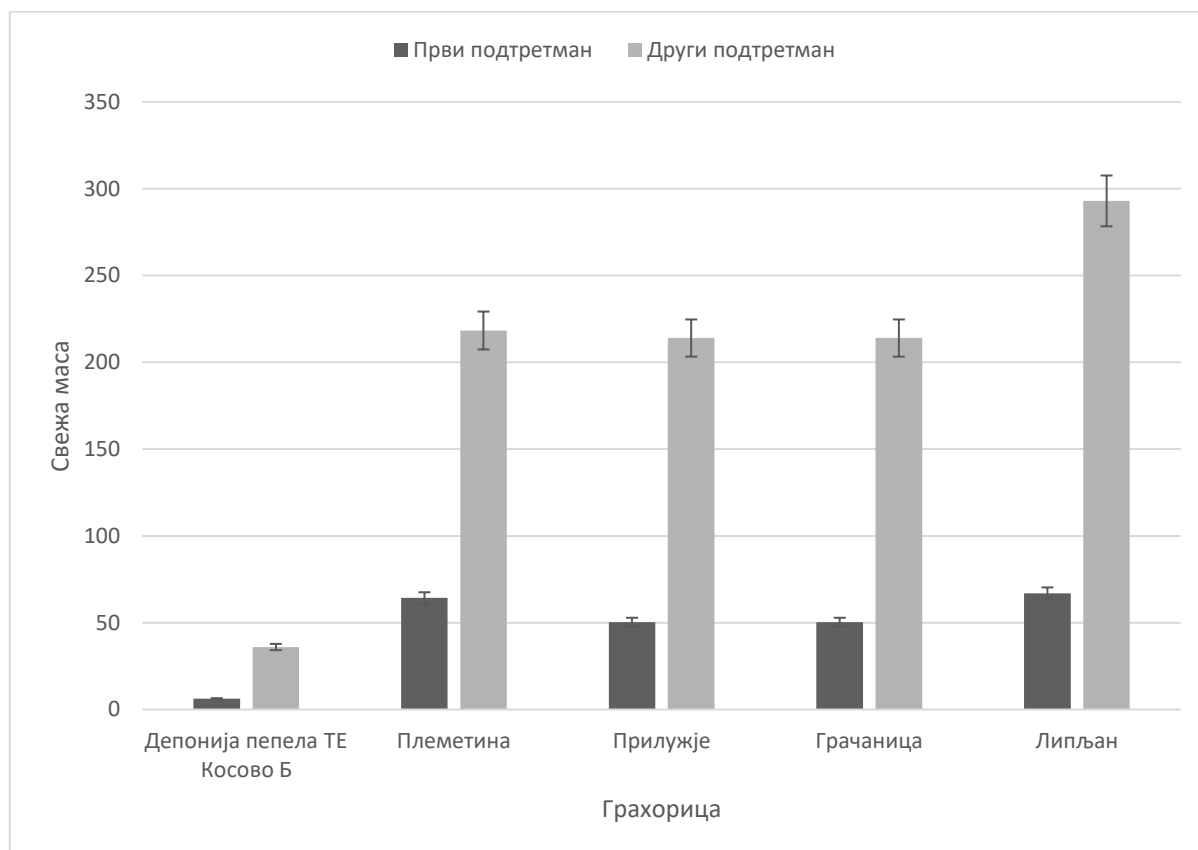
Слика 8.45. Дужина стабла (cm) биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



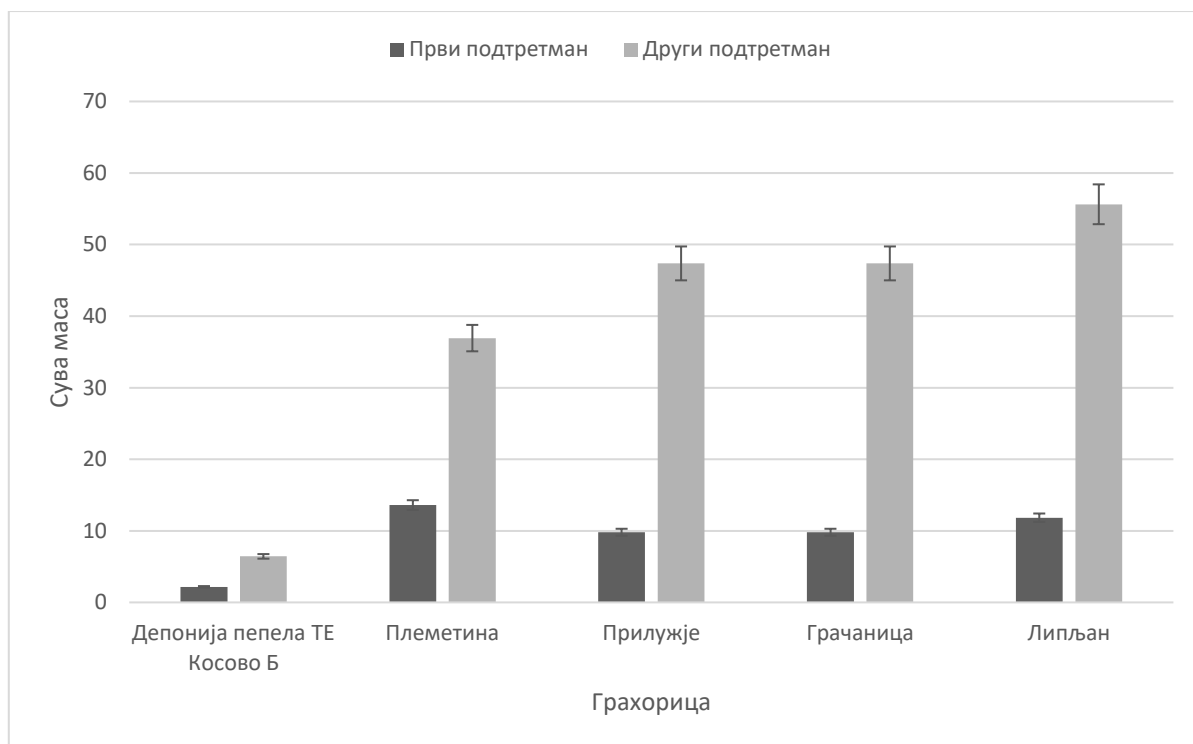
Слика 8.46. Дужина листова (cm) биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



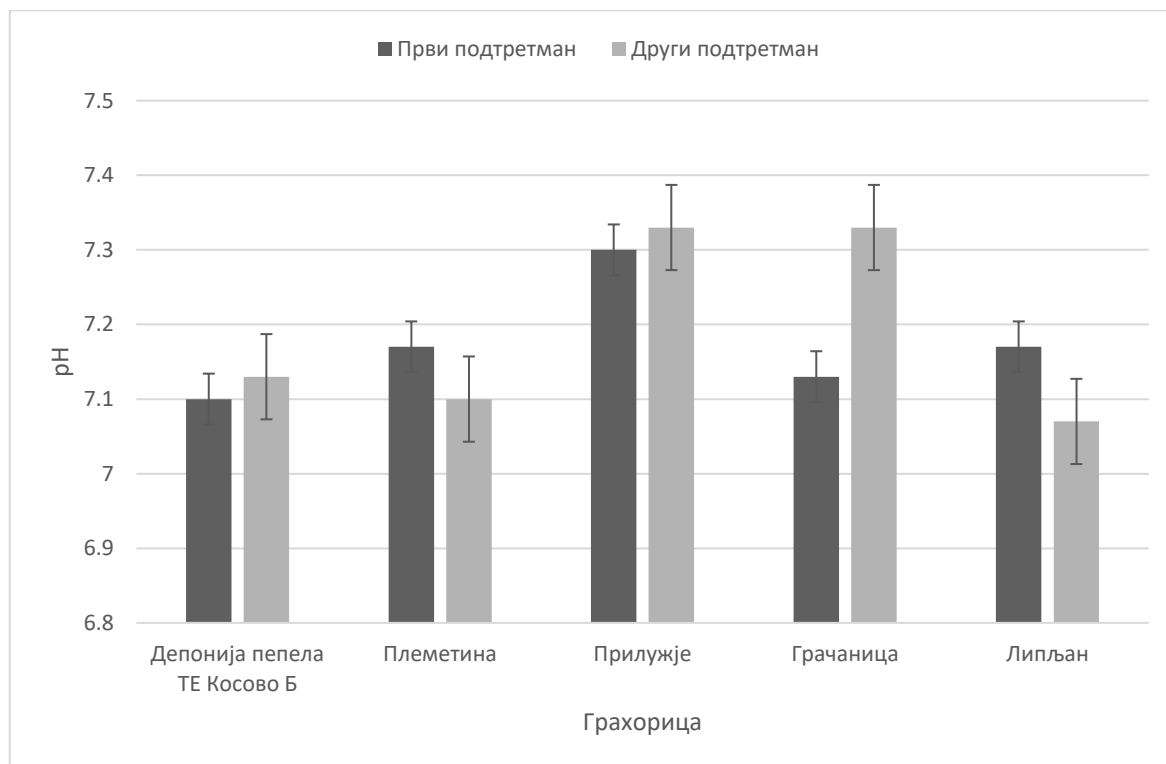
Слика 8.47. Дужина корена (cm) биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



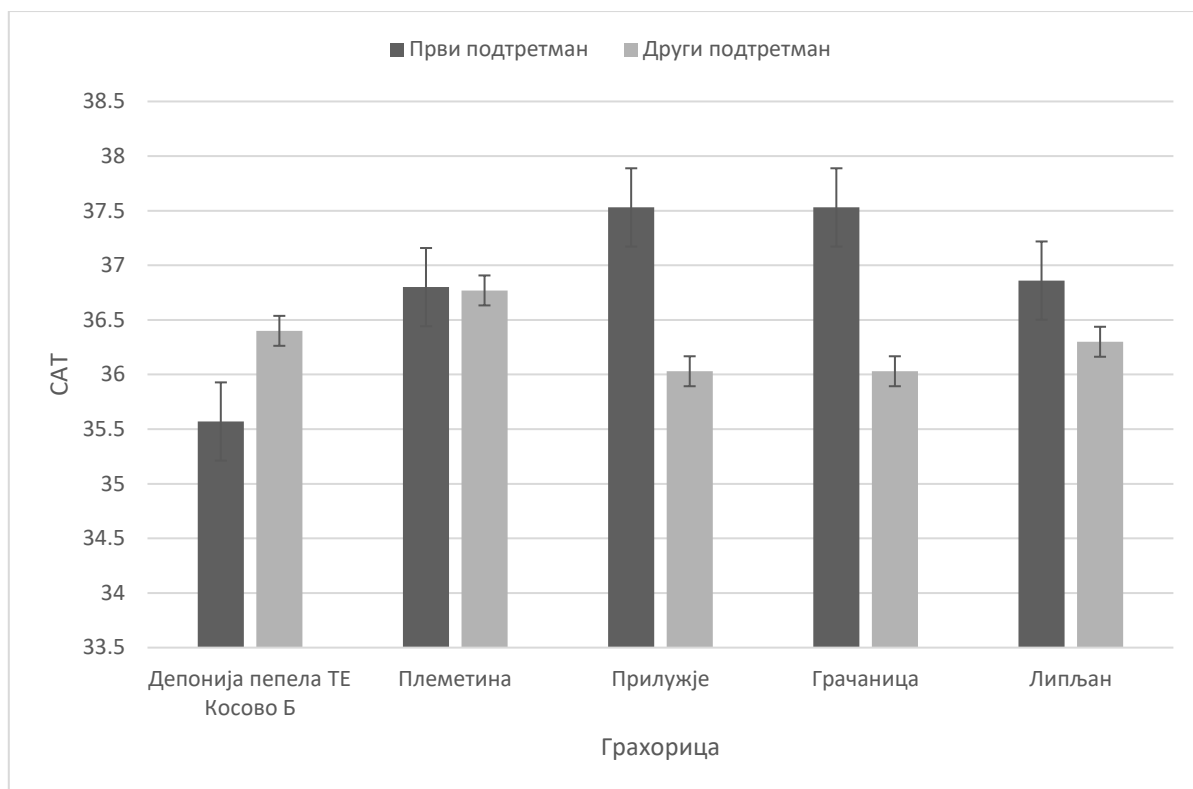
Слика 8.48. Свежа маса (g) надземног дела биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



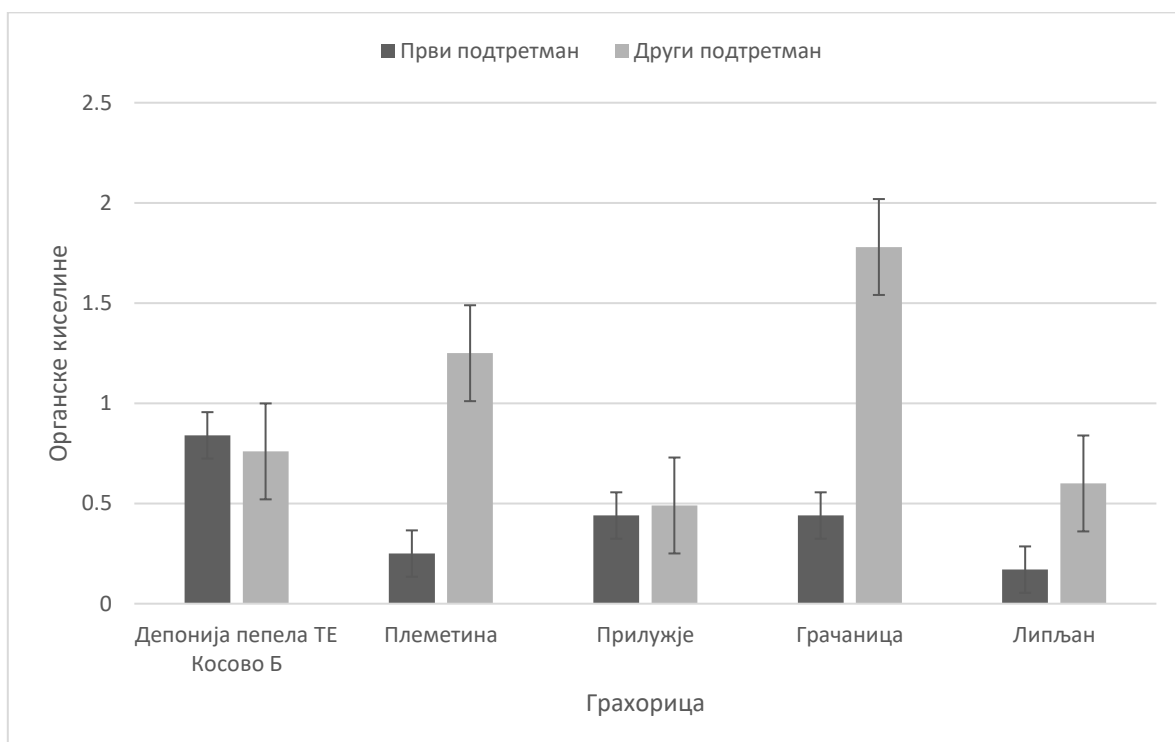
Слика 8.49. Сува маса (gr) надземног дела биљака граховице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



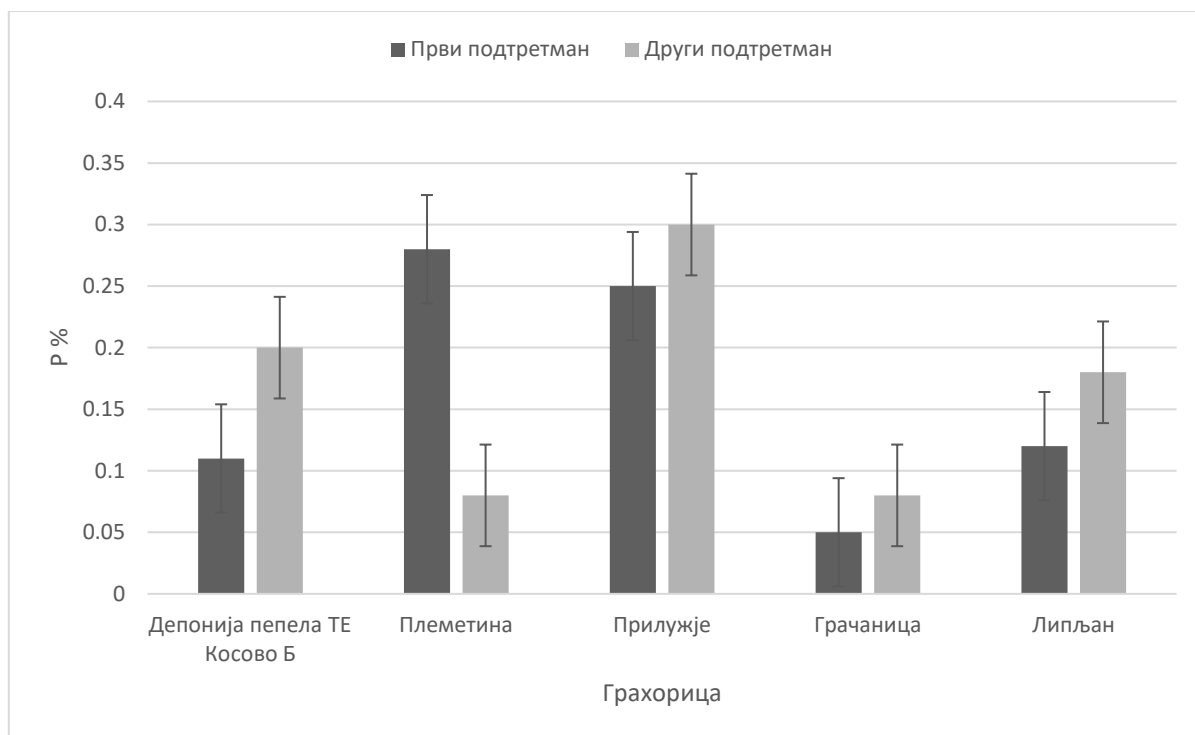
Слика 8.50. Интраћелијска pH вредност надземног дела биљака граховице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



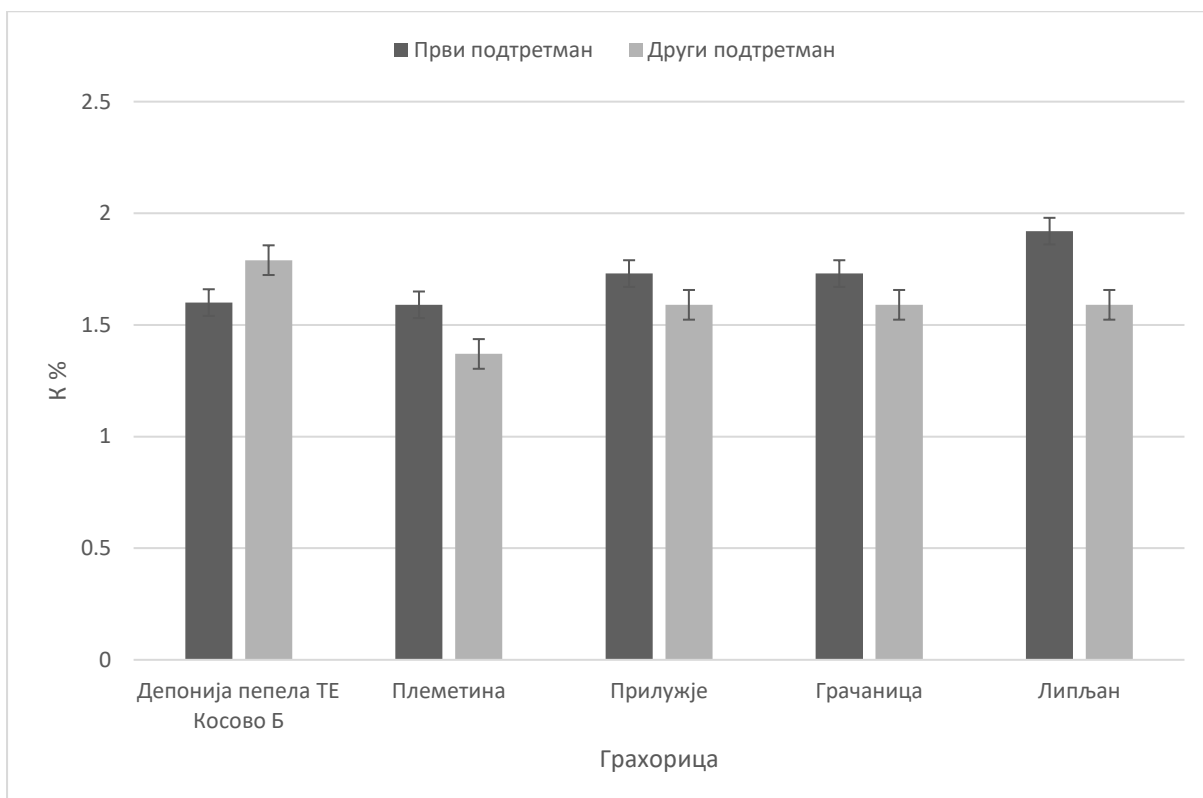
Слика 8.51. Активност ензима каталазе ($\text{cm}^3 \text{O}_2 / 1\text{gr} / 3''$) надземног дела биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



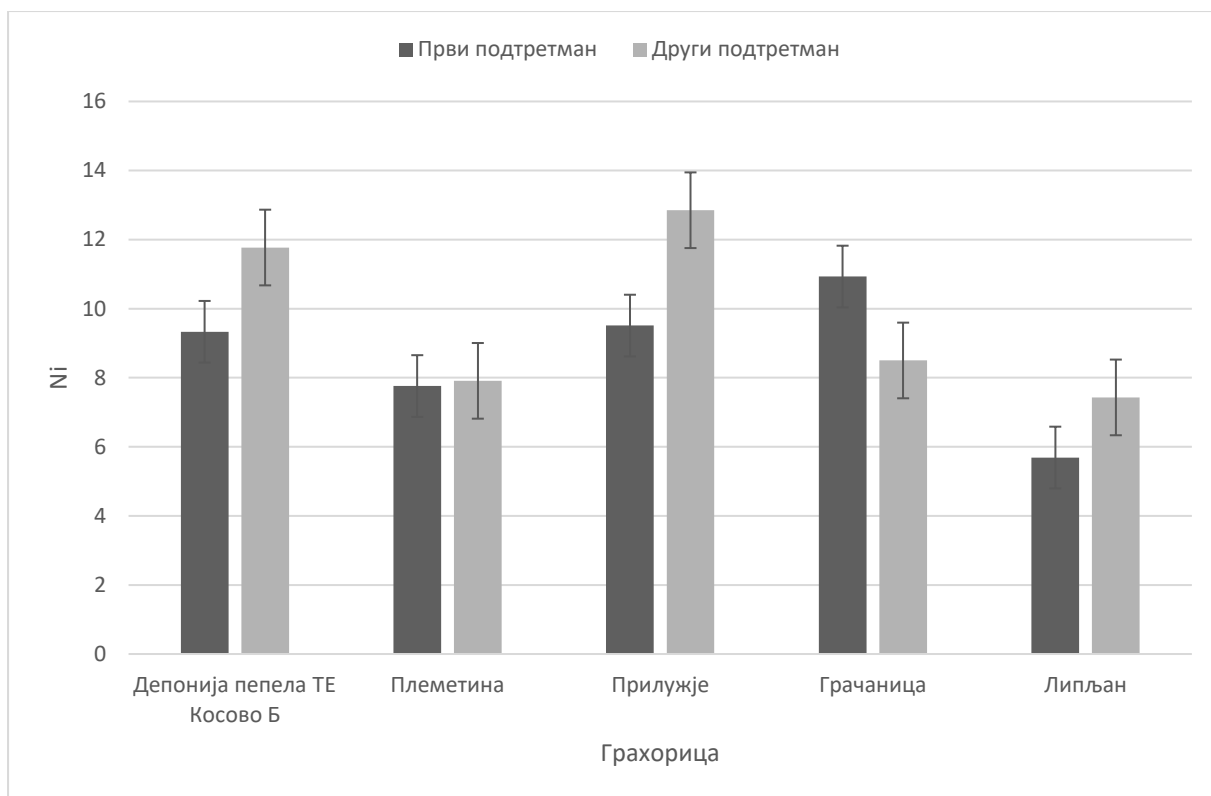
Слика 8.52. Укупан садржај органских киселина (mEqv/gr) надземног дела биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



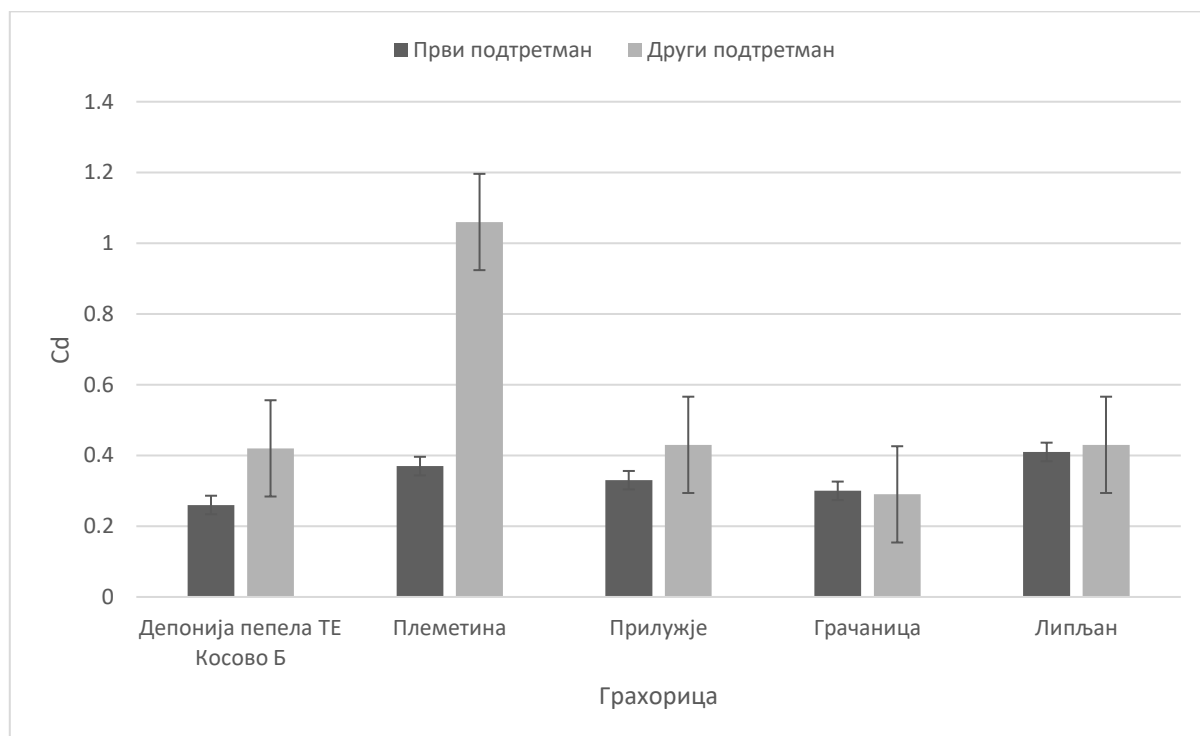
Слика 8.53. Садржај фосфора (gr) надземног дела биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



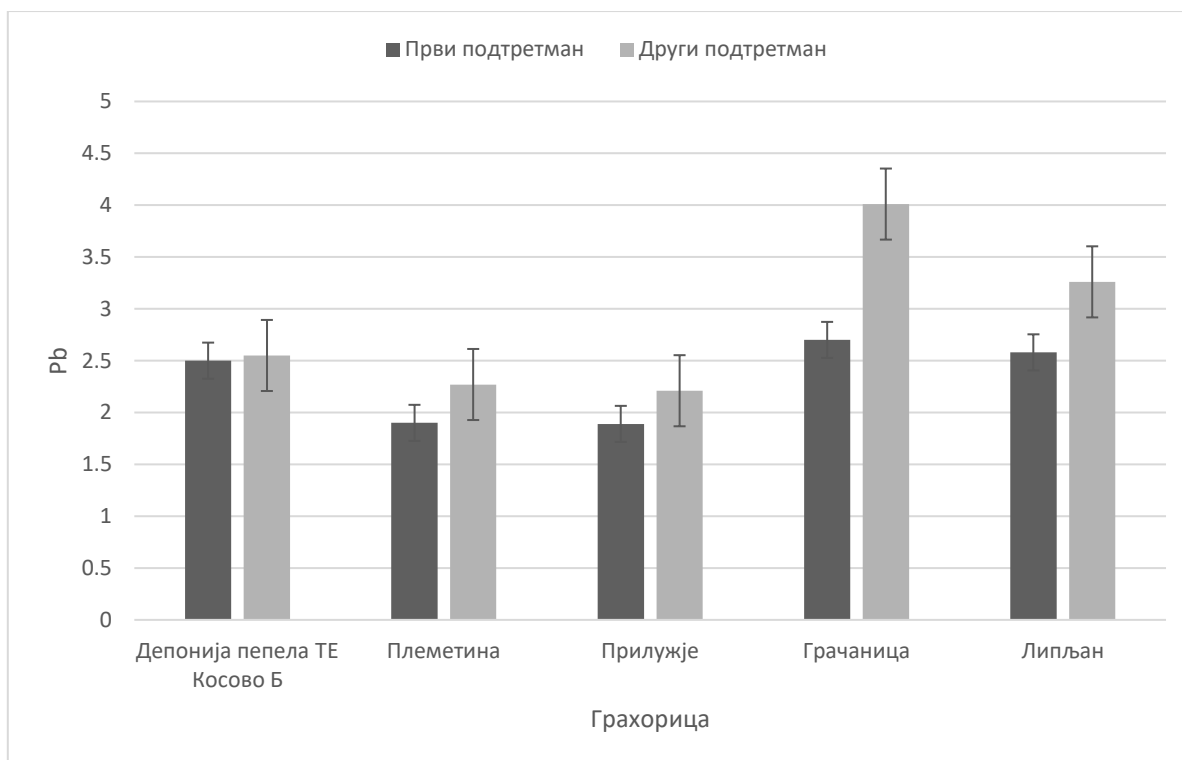
Слика 8.54. Садржај калијума (gr) надземног дела биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



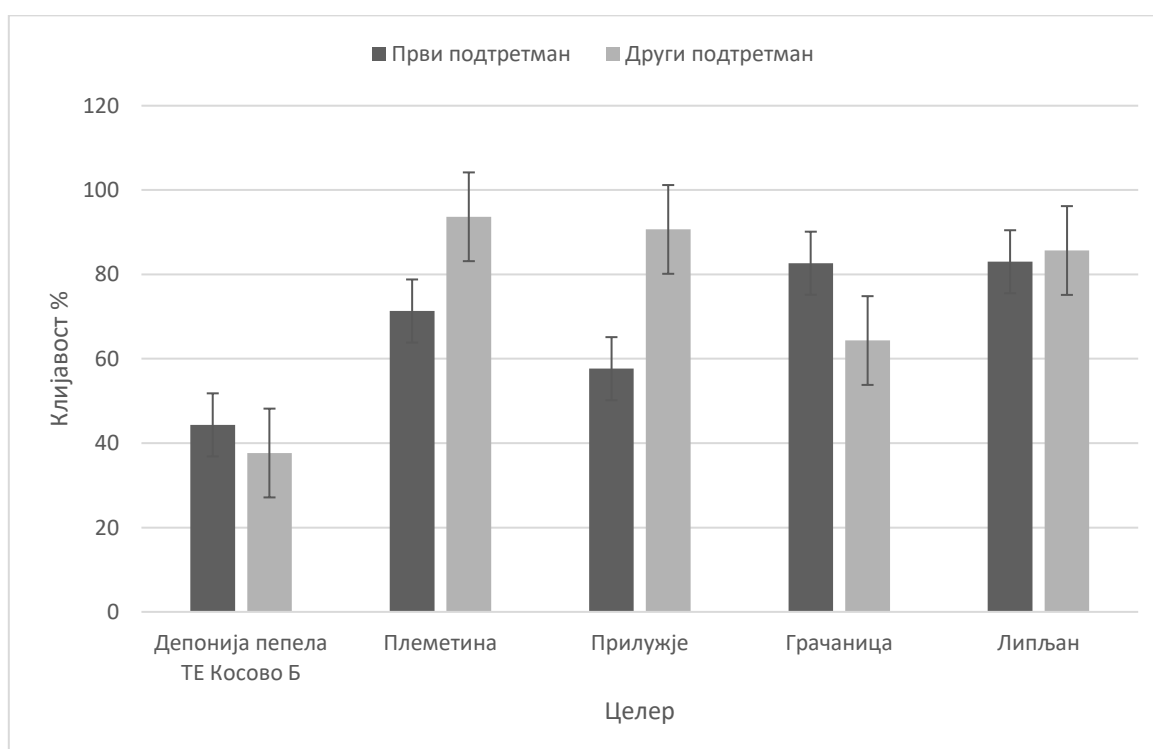
Слика 8.55. Акумулација никла ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



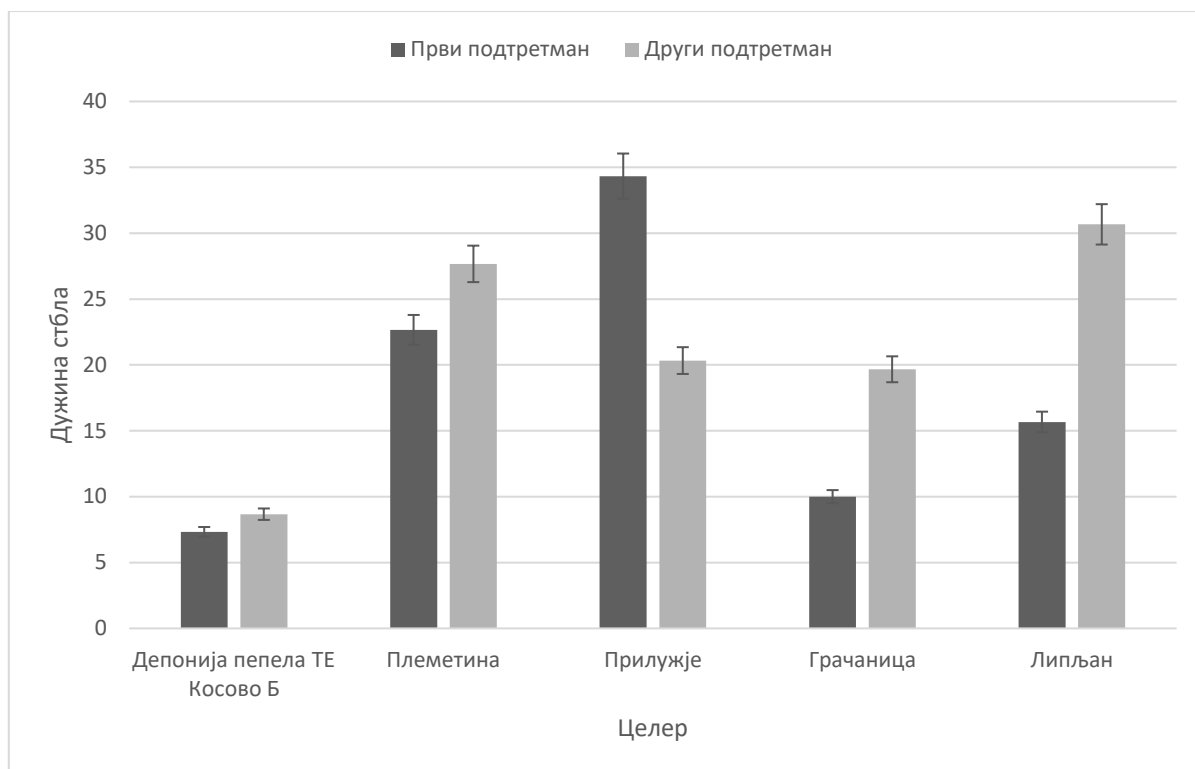
Слика 8.56. Акумулација кадмијума ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака грахорице кадмијума гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



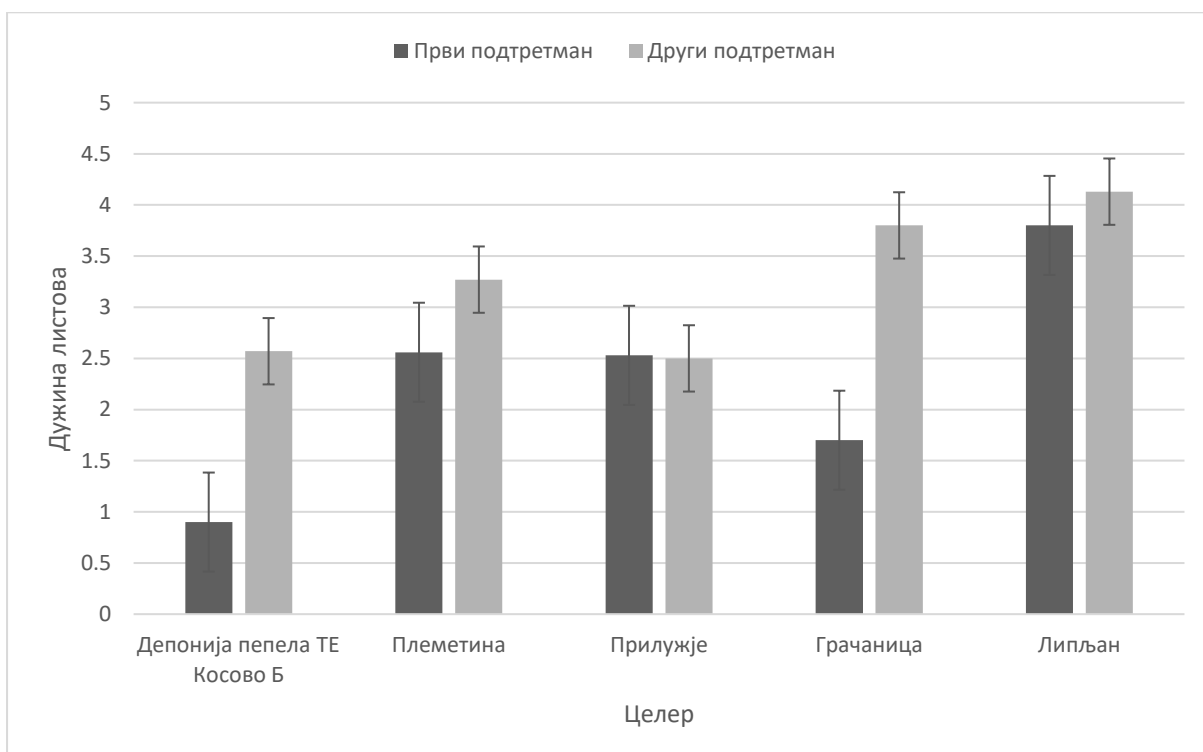
Слика 8.57. Акумулација олова ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака грахорице гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман +NPK)



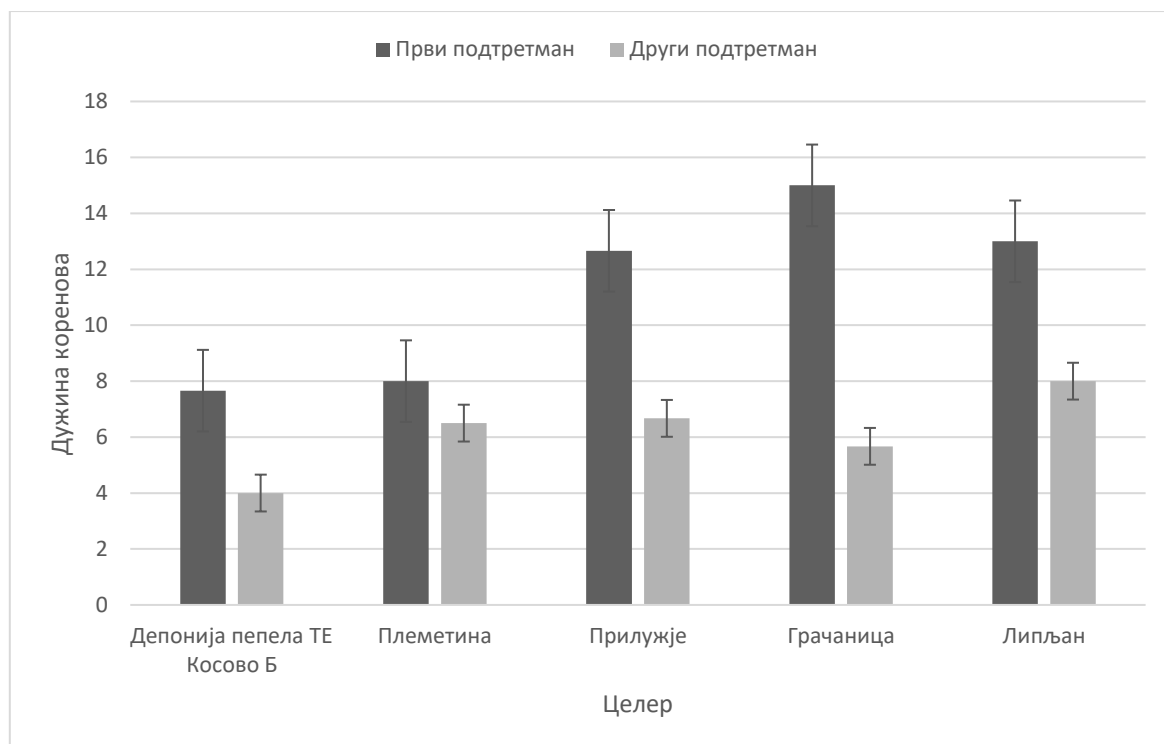
Слика 8.58. Процент клијавости (%) биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



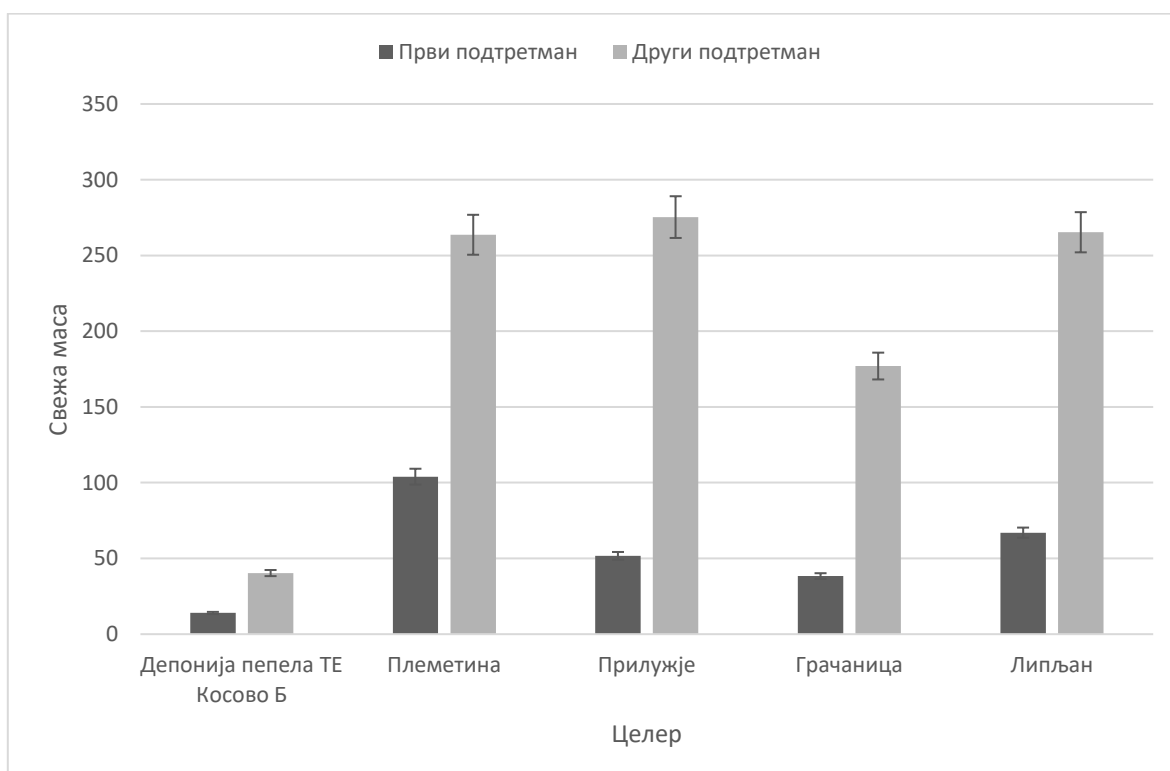
Слика 8.59. Дужина стабла (cm) биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



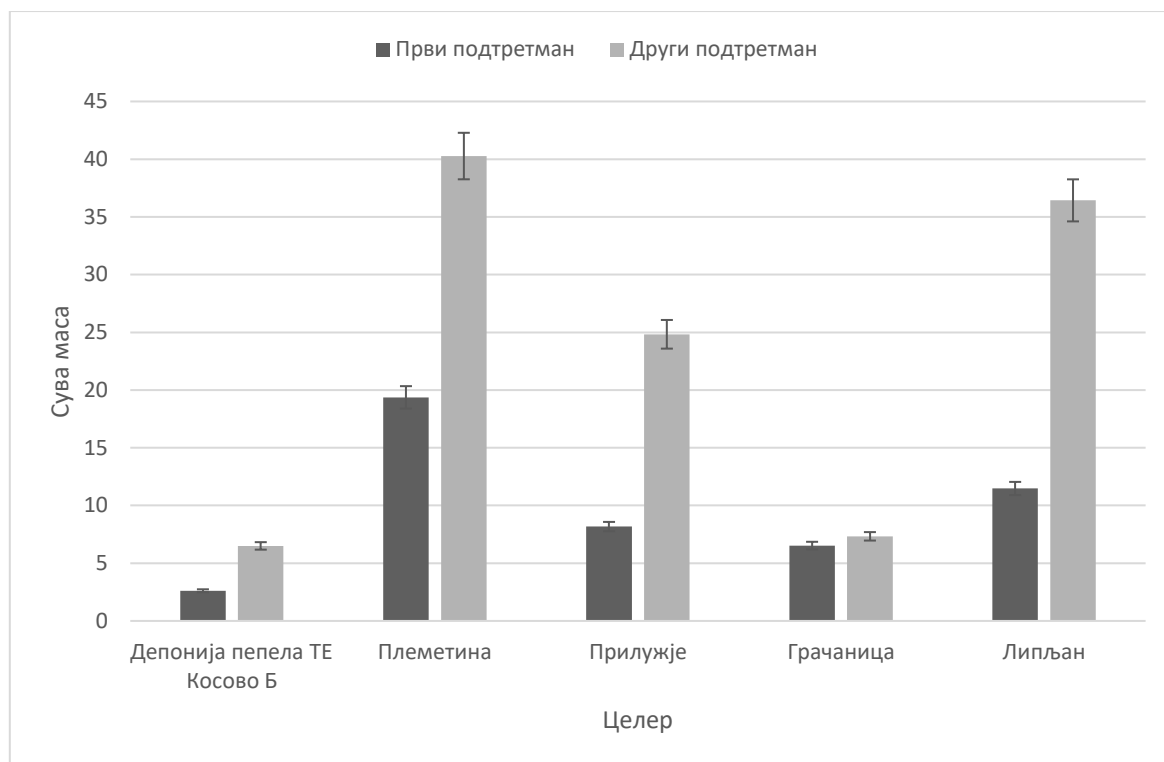
Слика 8.60. Дужина листовата (cm) биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



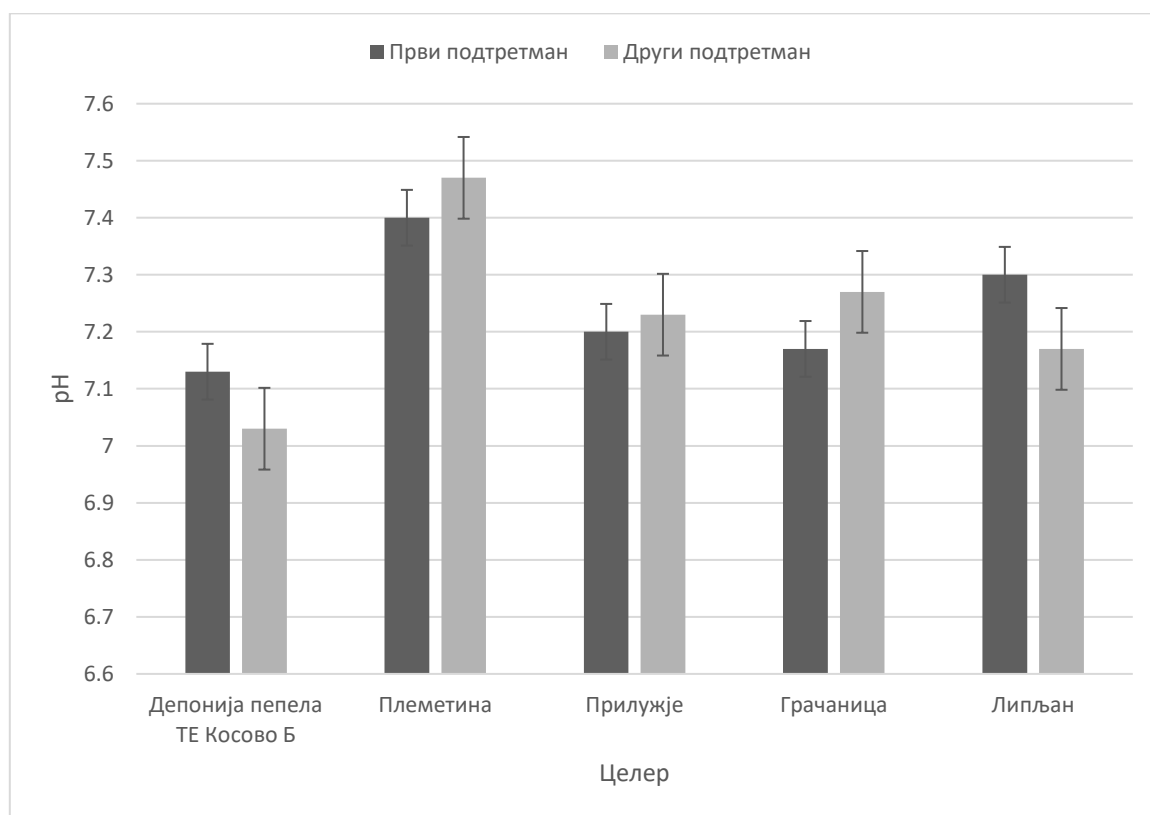
Слика 8.61. Дужина коренова (cm) биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



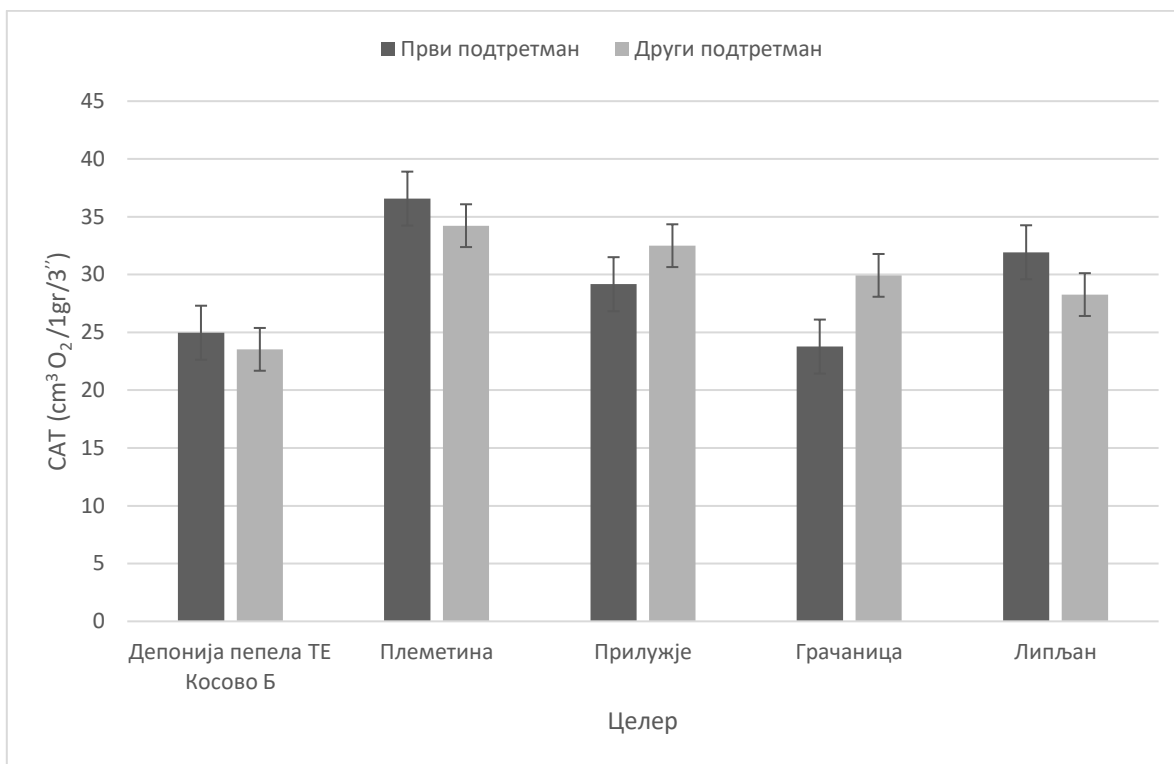
Слика 8.62. Свежа маса (g) надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



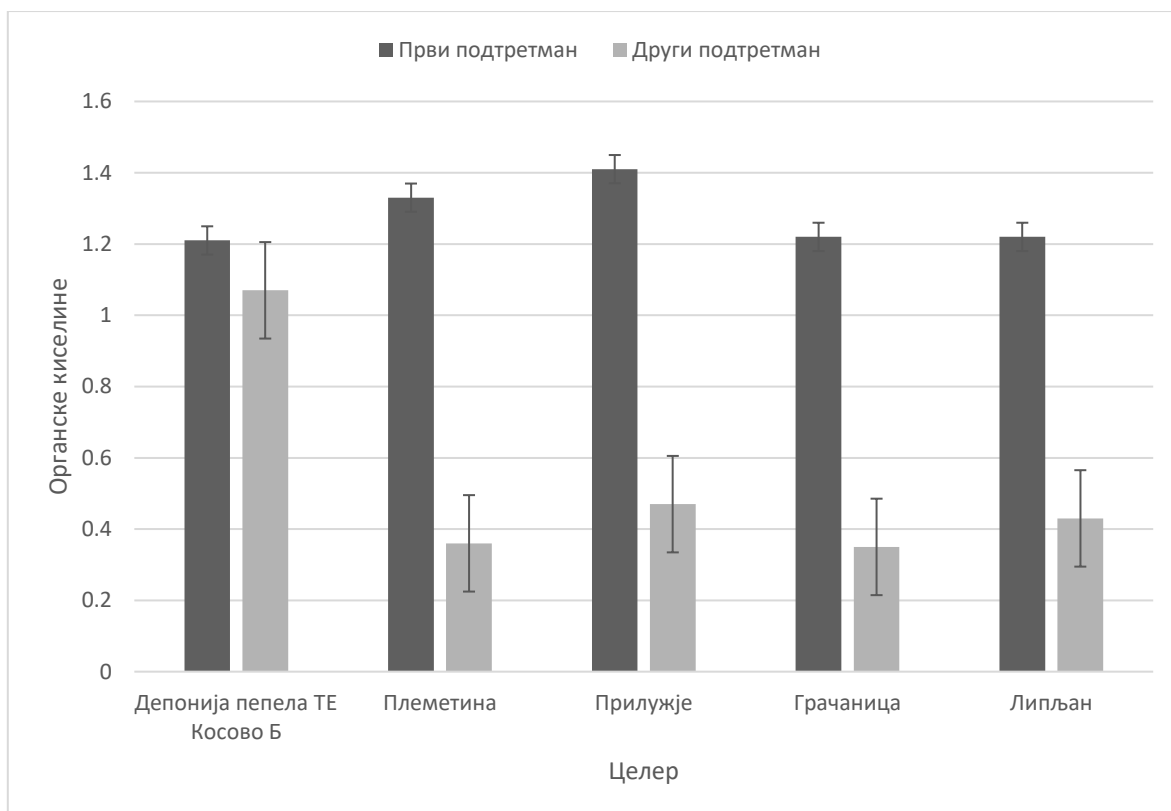
Слика 8.63. Сува маса (gr) надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



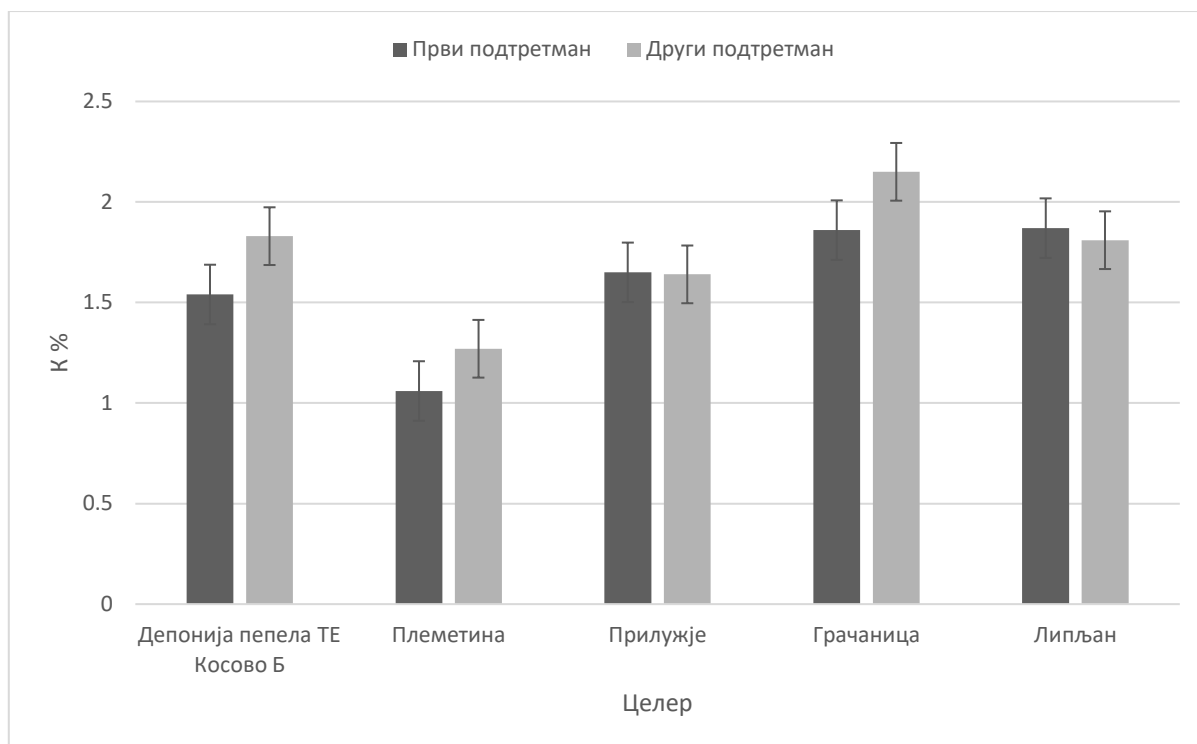
Слика 8.64. Интраћелијска рН вредност надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



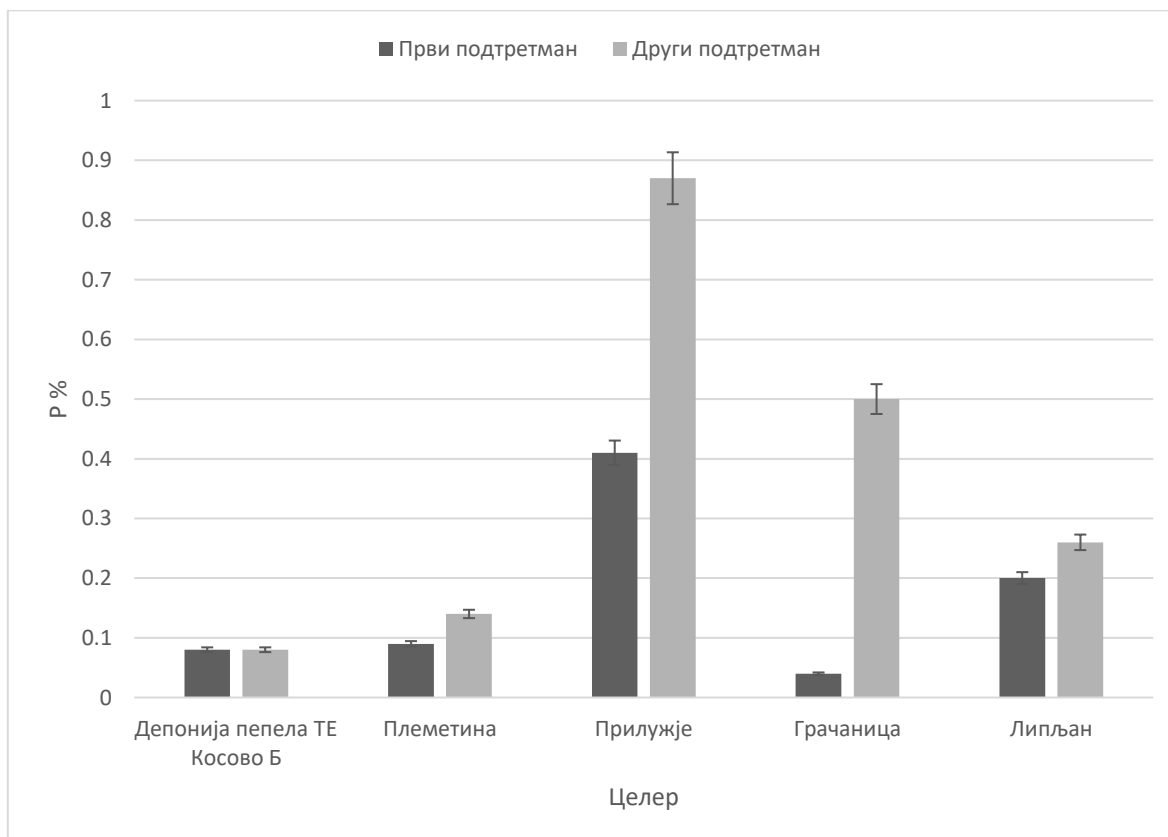
Слика 8.65. Активност ензима каталазе ($\text{cm}^3 \text{O}_2/\text{1gr}/3''$) надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



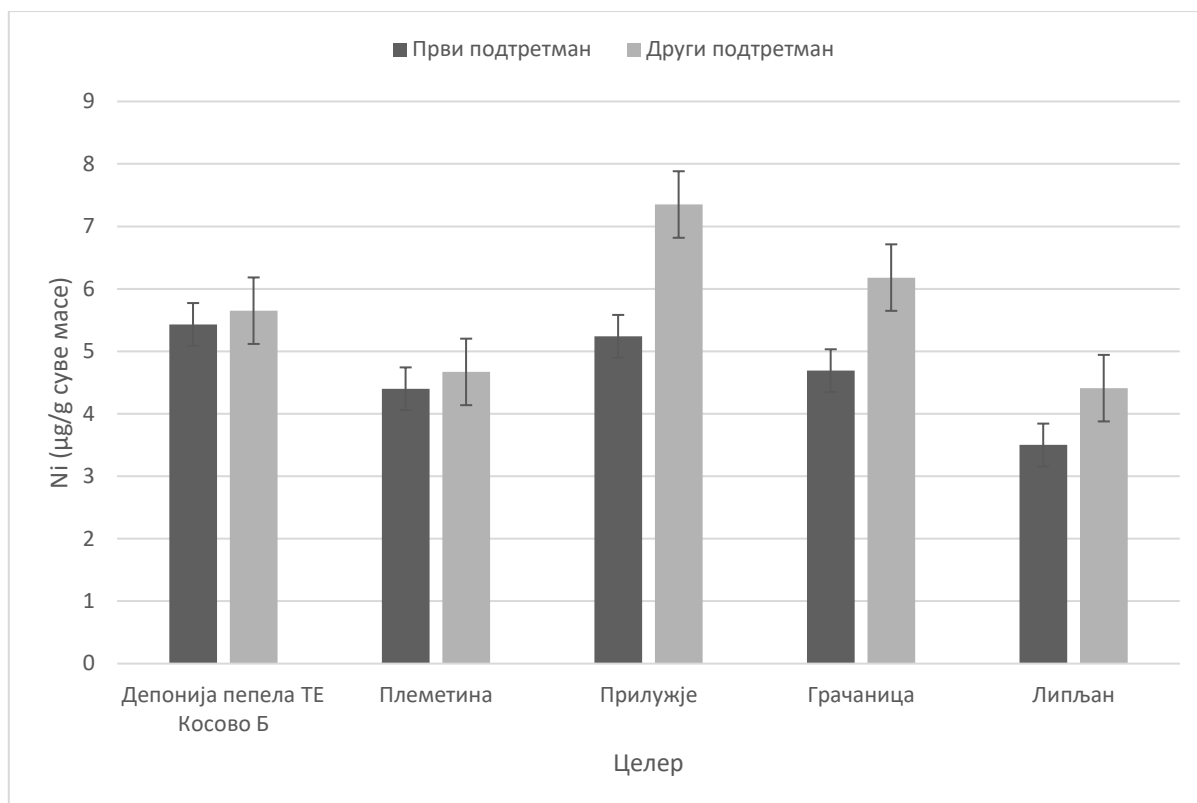
Слика 8.66. Укупан садржај органских киселина (mEqv/gr) надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



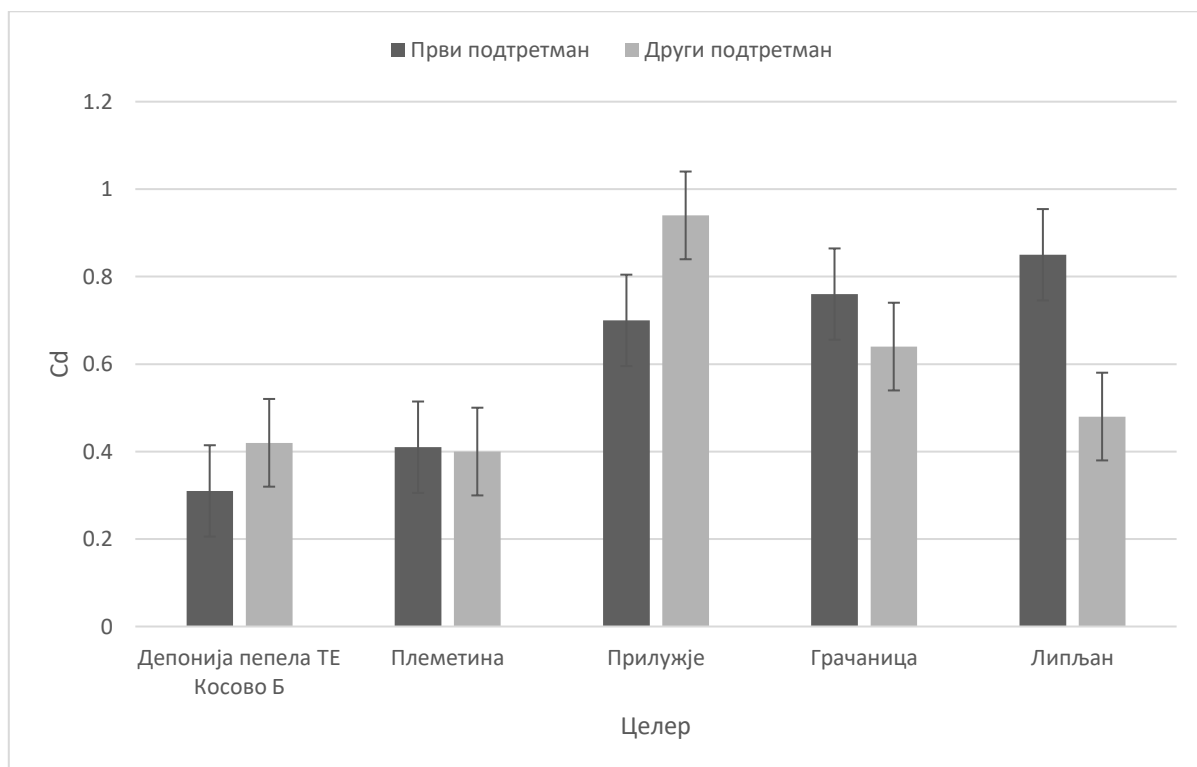
Слика 8.67. Садржај калијума (%) надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



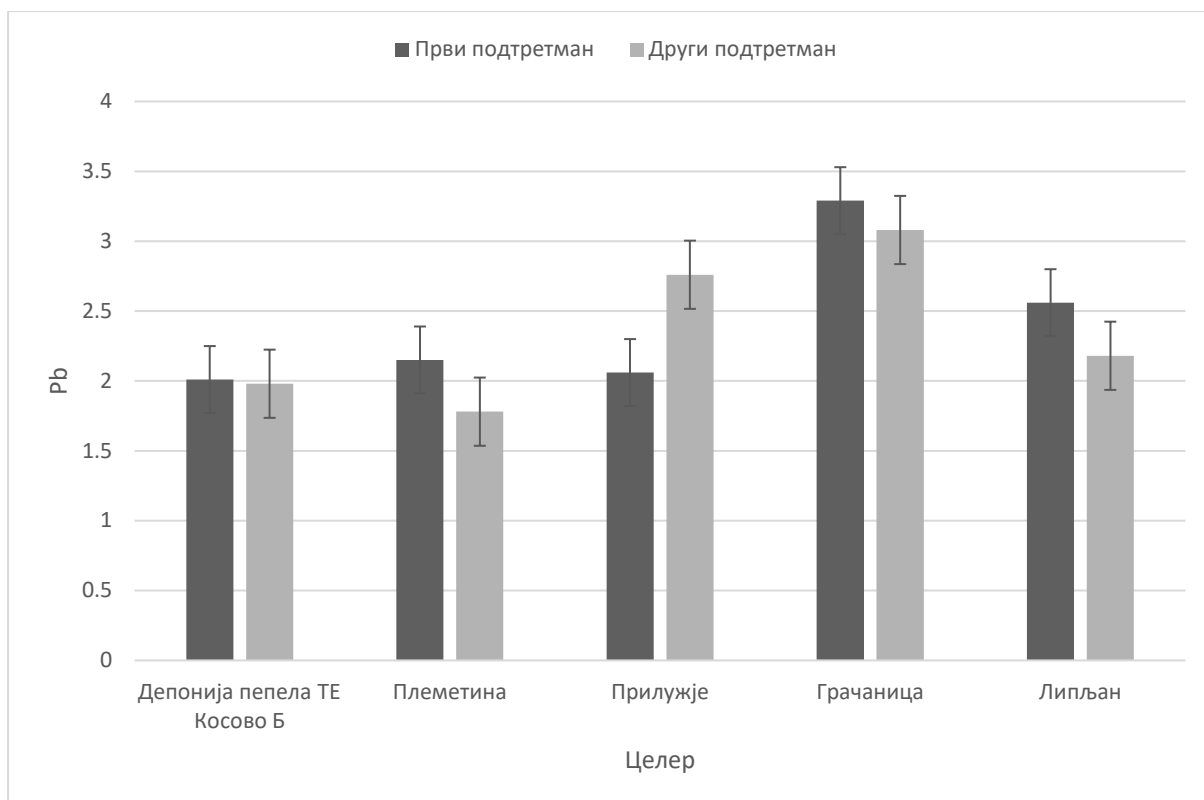
Слика 8.68. Садржај фосфора (%) надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



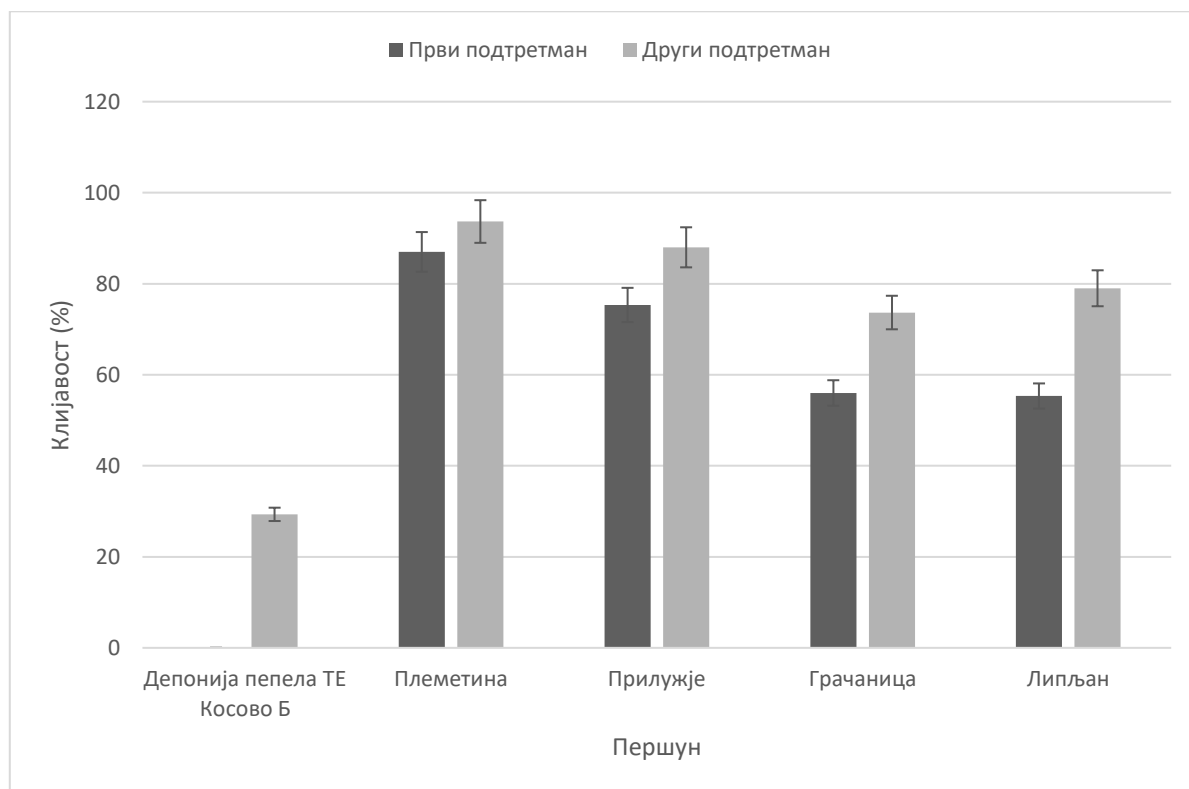
Слика 8.69. Акумулација никла ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



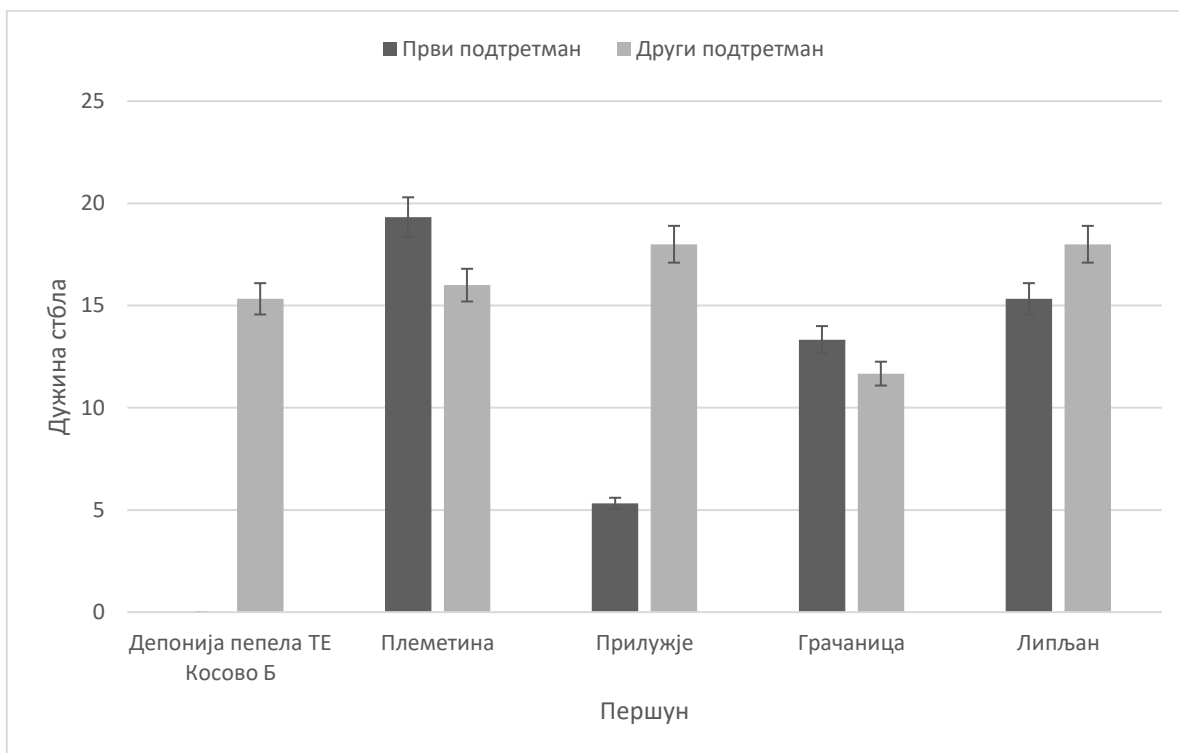
Слика 8.70. Акумулација кадмијума ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



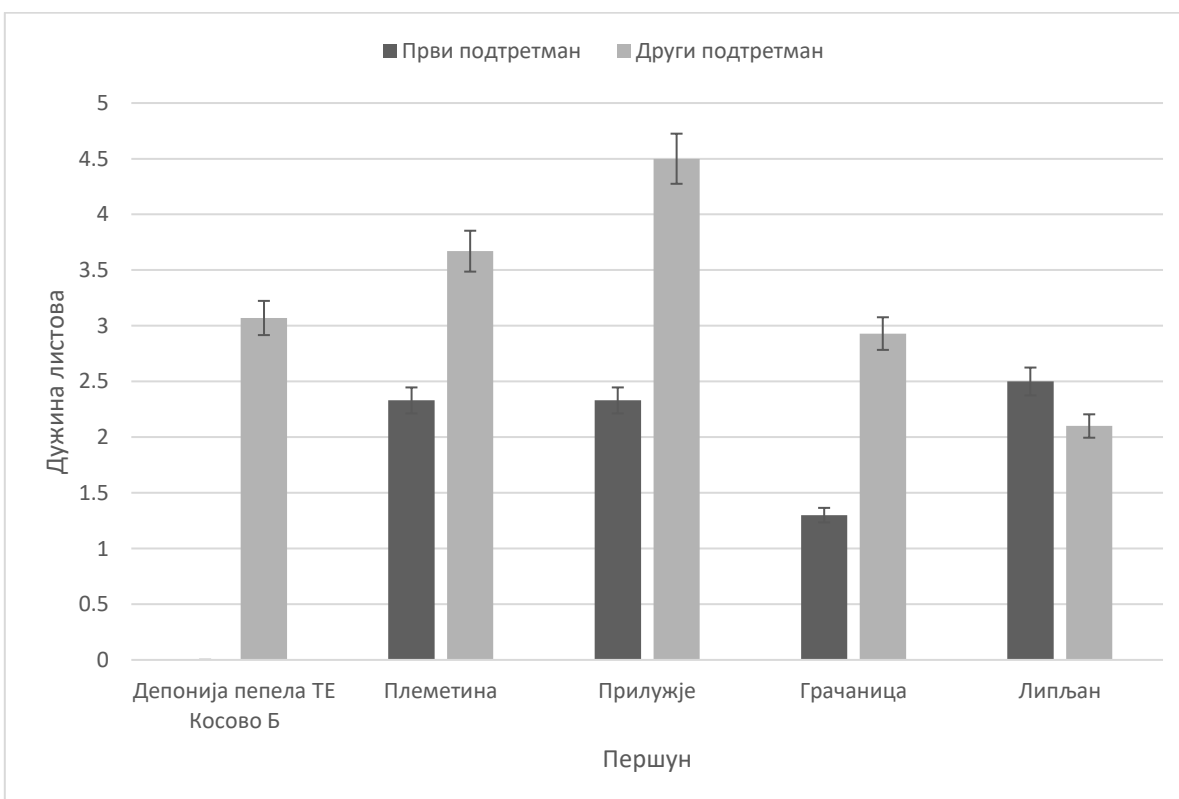
Слика 8.71. Акумулација олова ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака целера гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



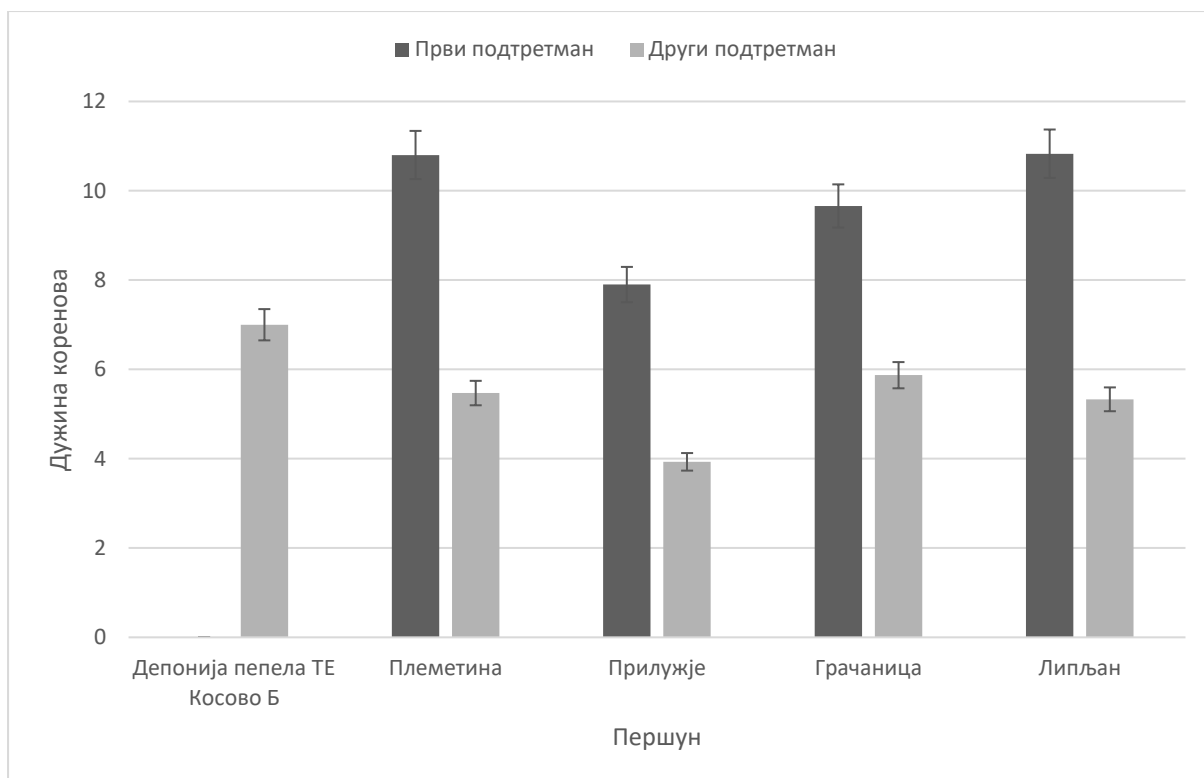
Слика 8.72. Проценат клијавости (%) биљака перишуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



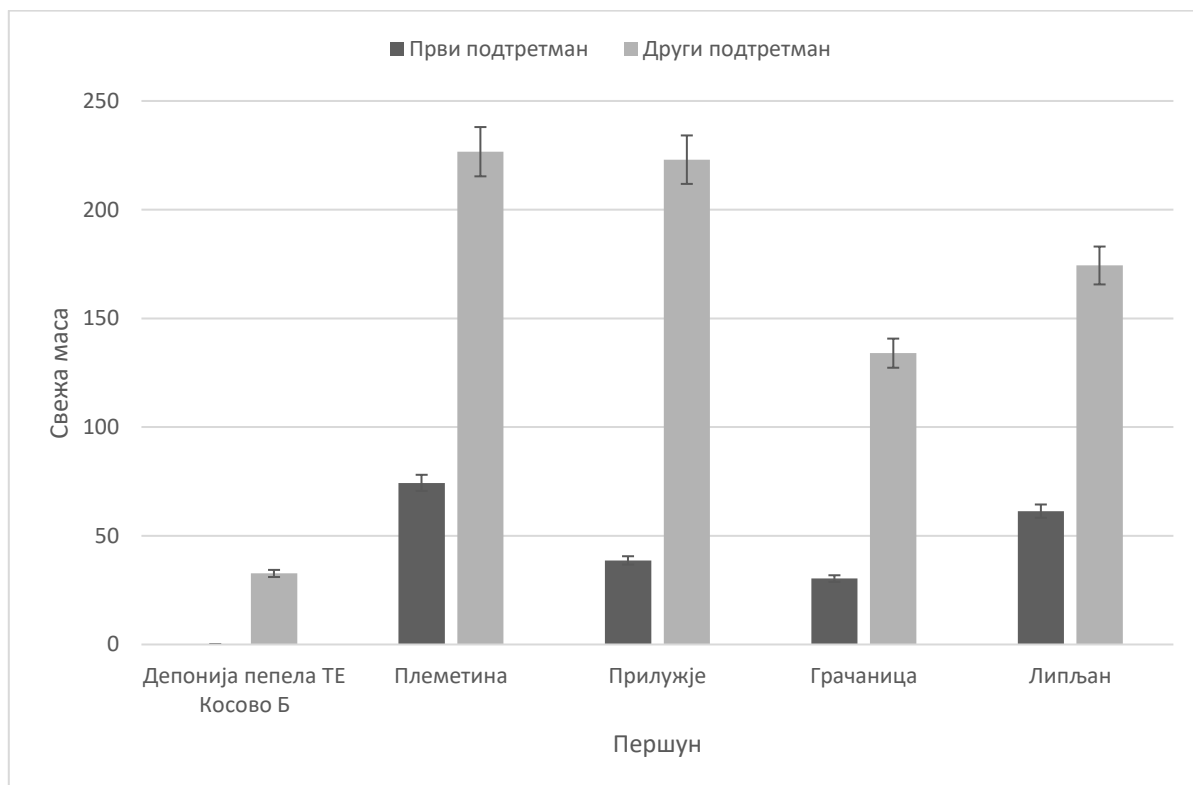
Слика 8.73. Дужина стабла (cm) биљака першуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



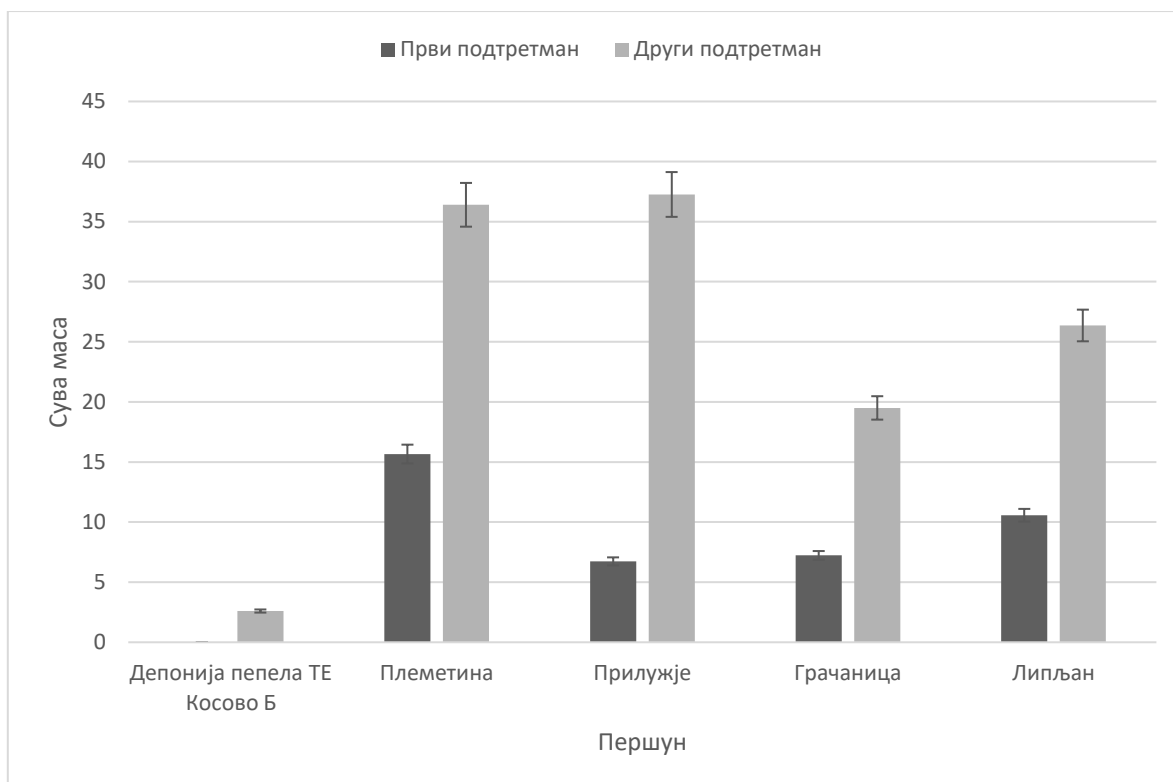
Слика 8.74. Дужина листова (cm) биљака першуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



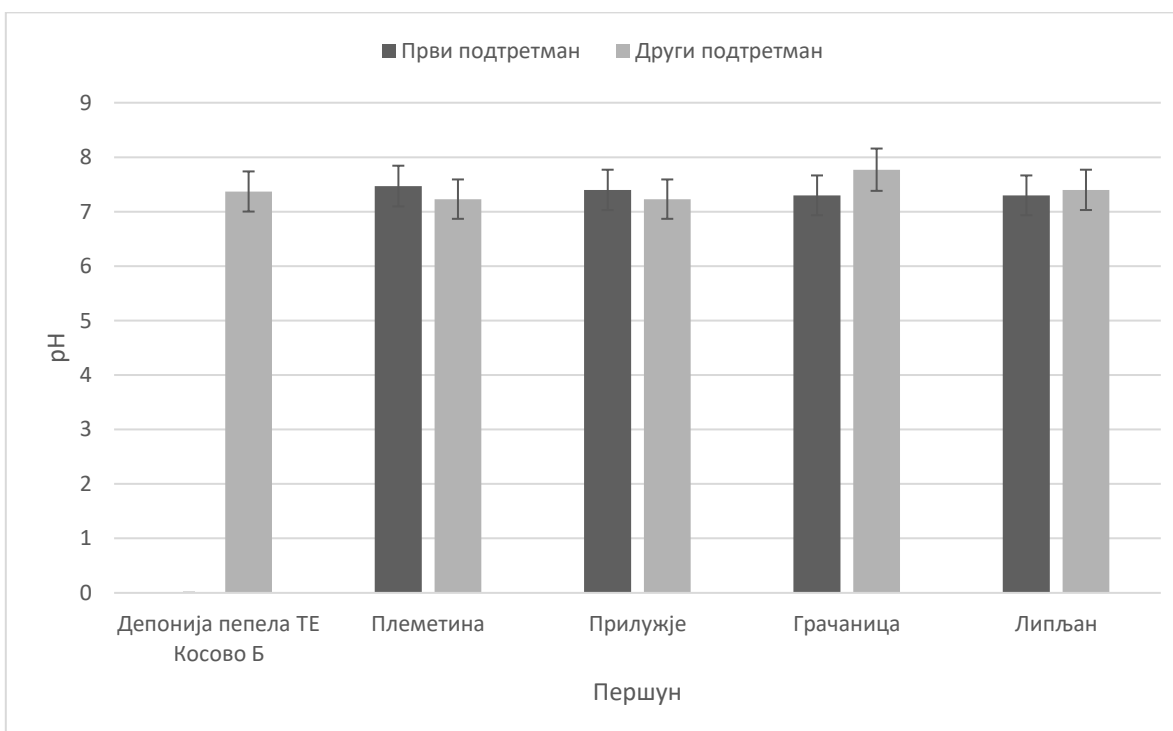
Слика 8.75. Дужина коренаа (cm) биљака перишуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



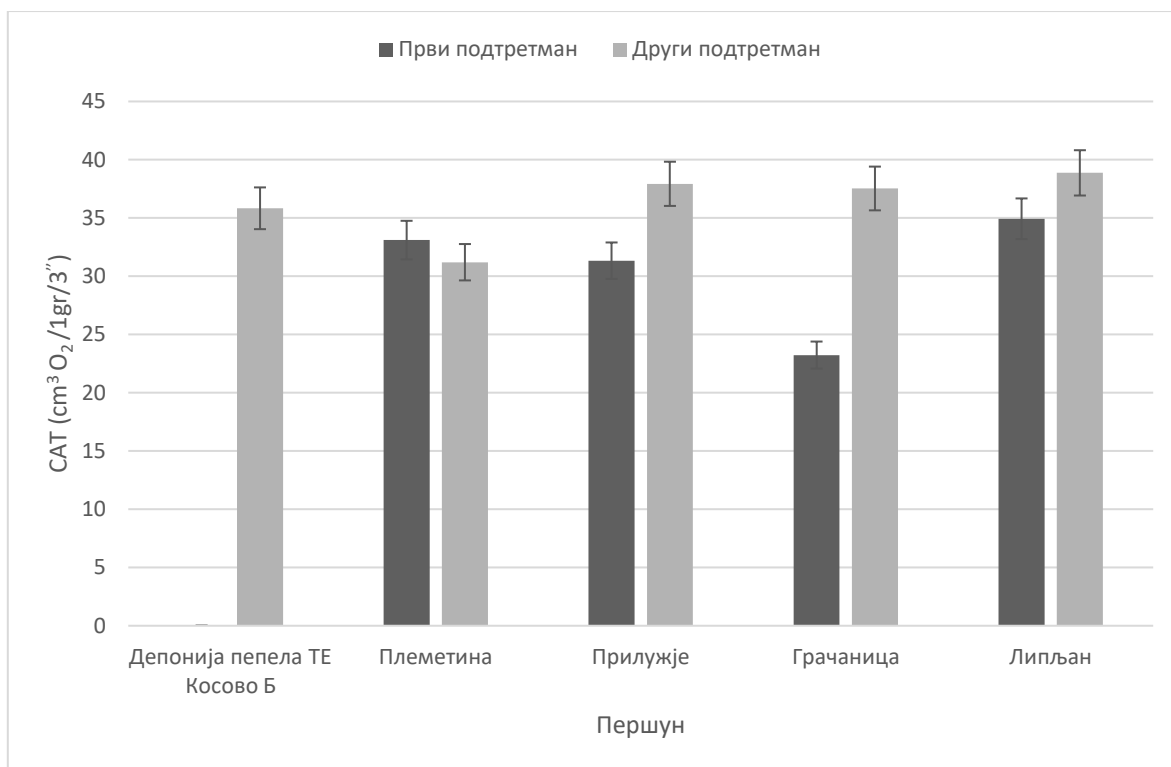
Слика 8.76. Свежа маса (g) надземног дела биљака перишуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



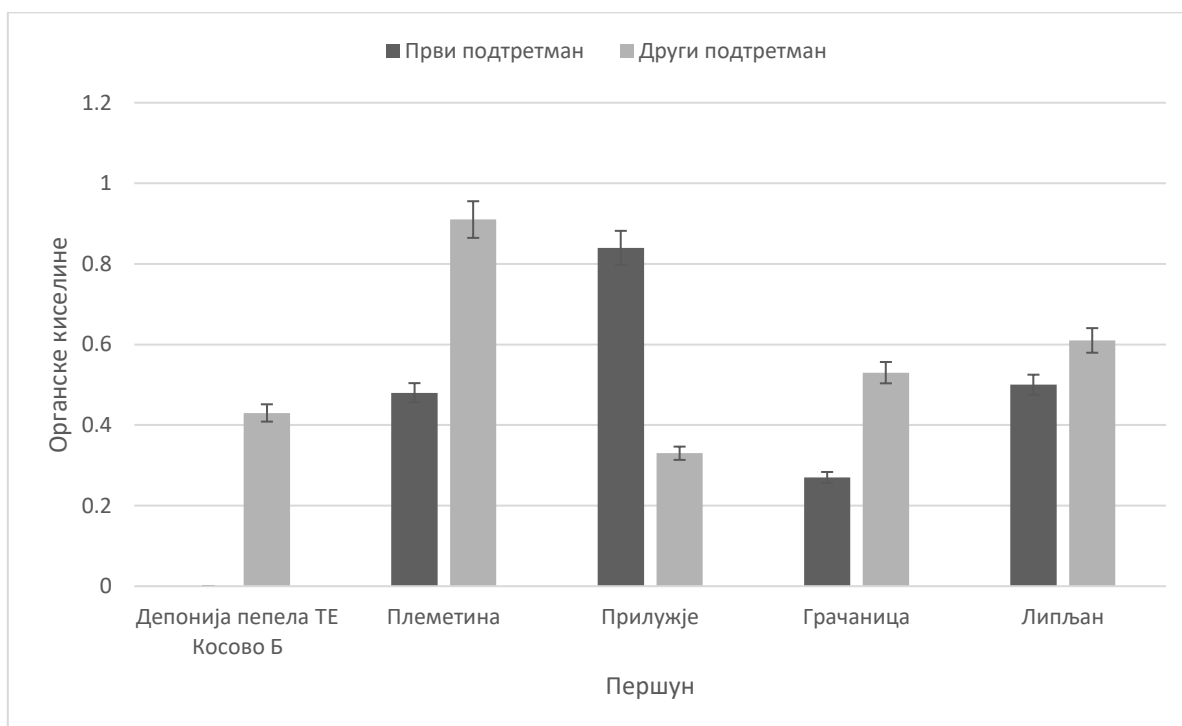
Слика 8.77. Сува маса (gr) надземног дела биљака першуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



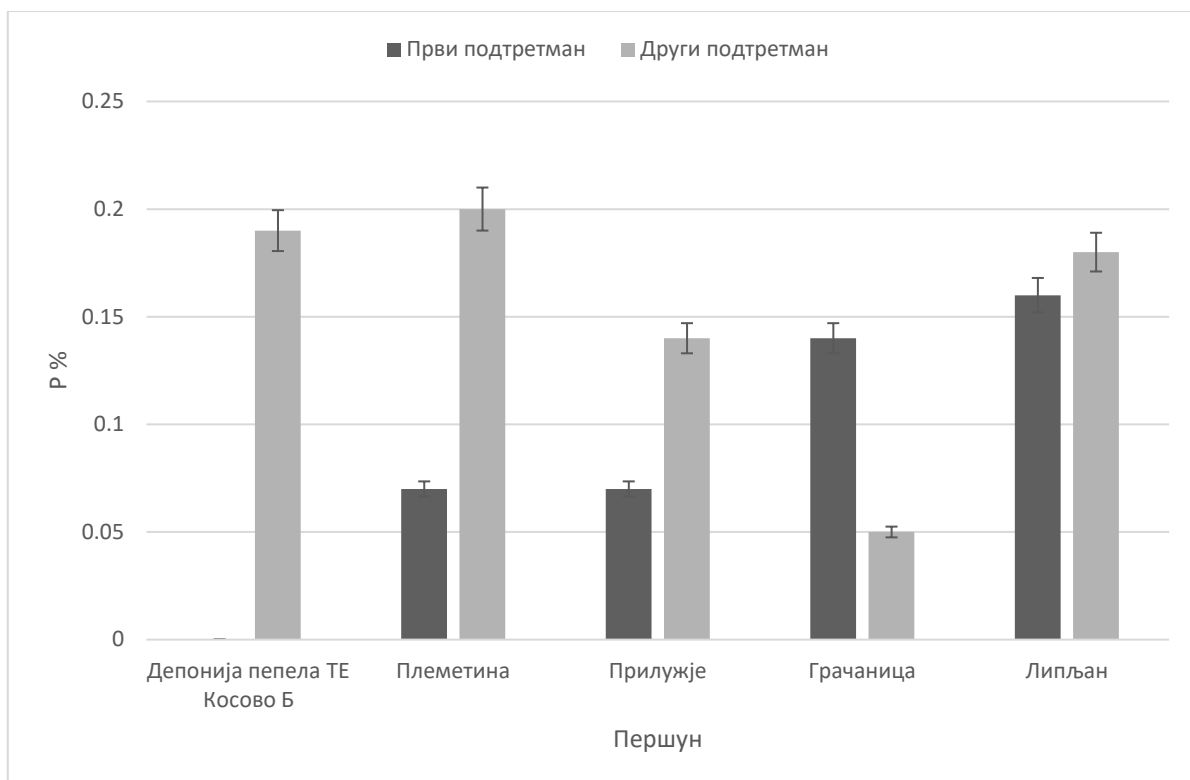
Слика 8.78. Интраћелијска рН вредност надземног дела биљака першуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: - NPK и подтретман: +NPK)



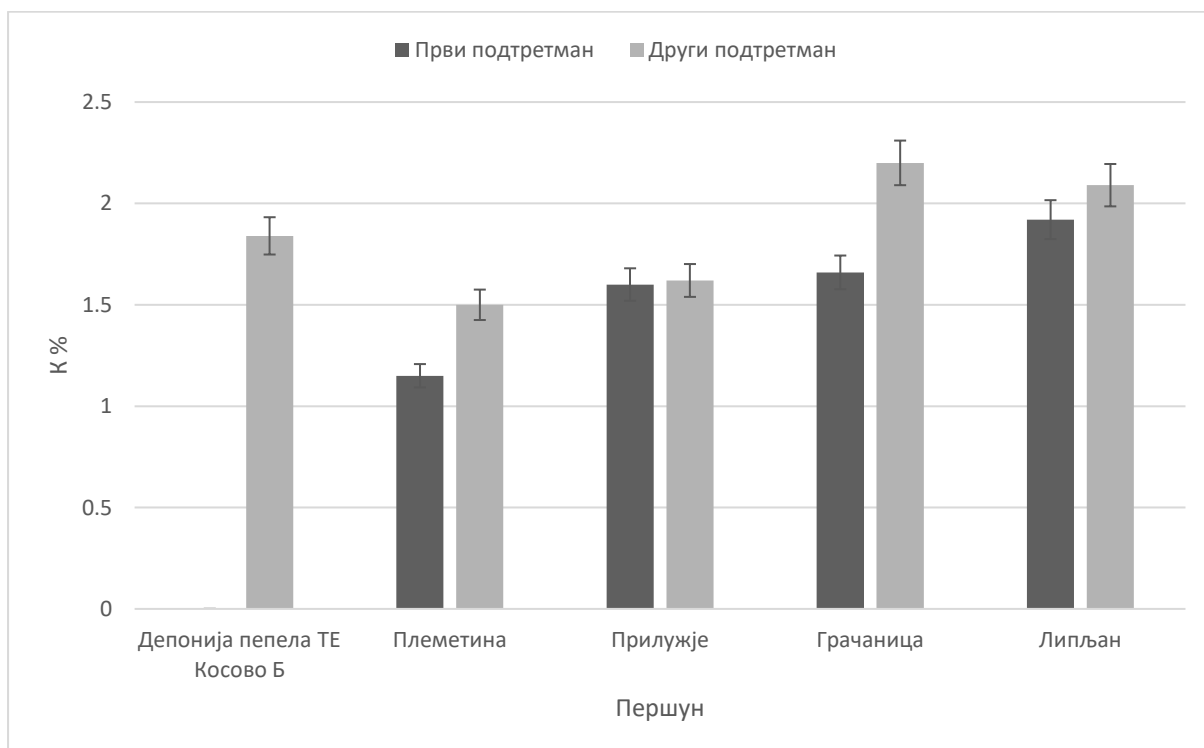
Слика 8.79. Активност ензима каталазе ($\text{cm}^3 \text{O}_2/\text{1gr}/3''$) надземног дела биљака першунa гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: - NPK и подтретман: +NPK)



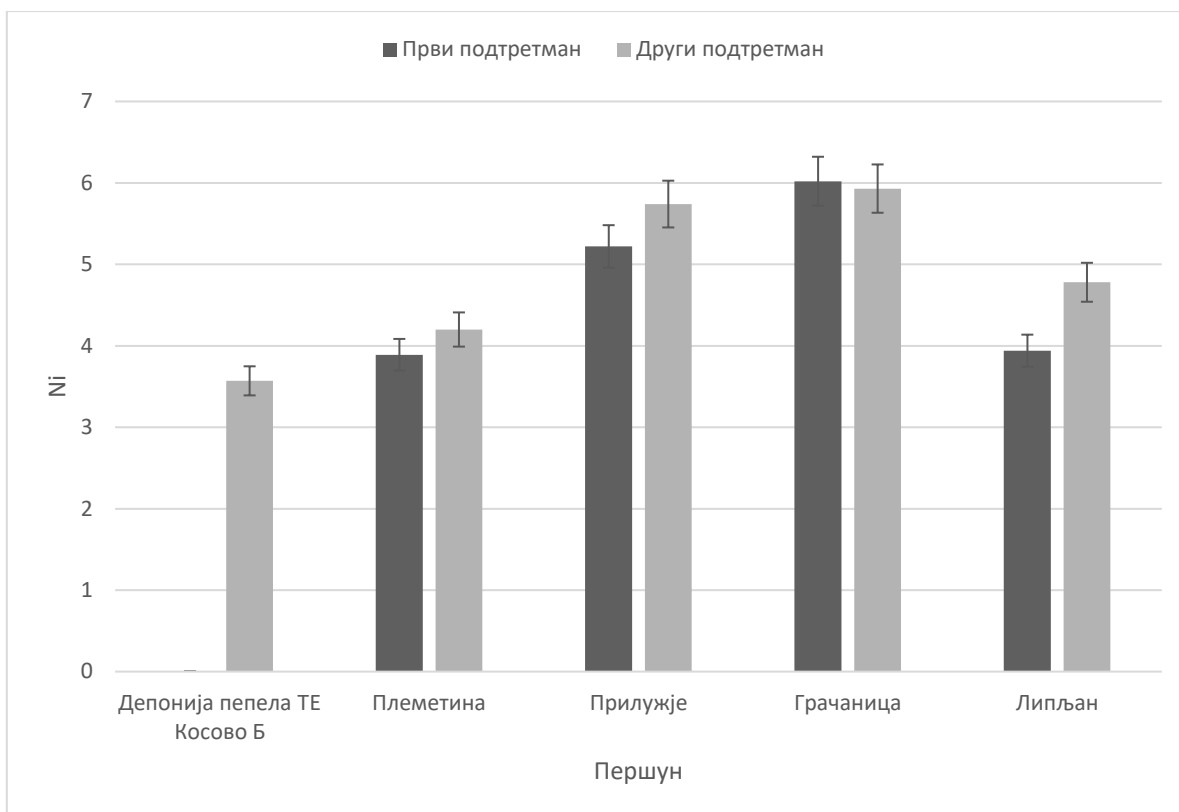
Слика 8.80. Укупан садржај органских киселина (mEqv/gr) надземног дела биљака першунa гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: - NPK и подтретман: +NPK)



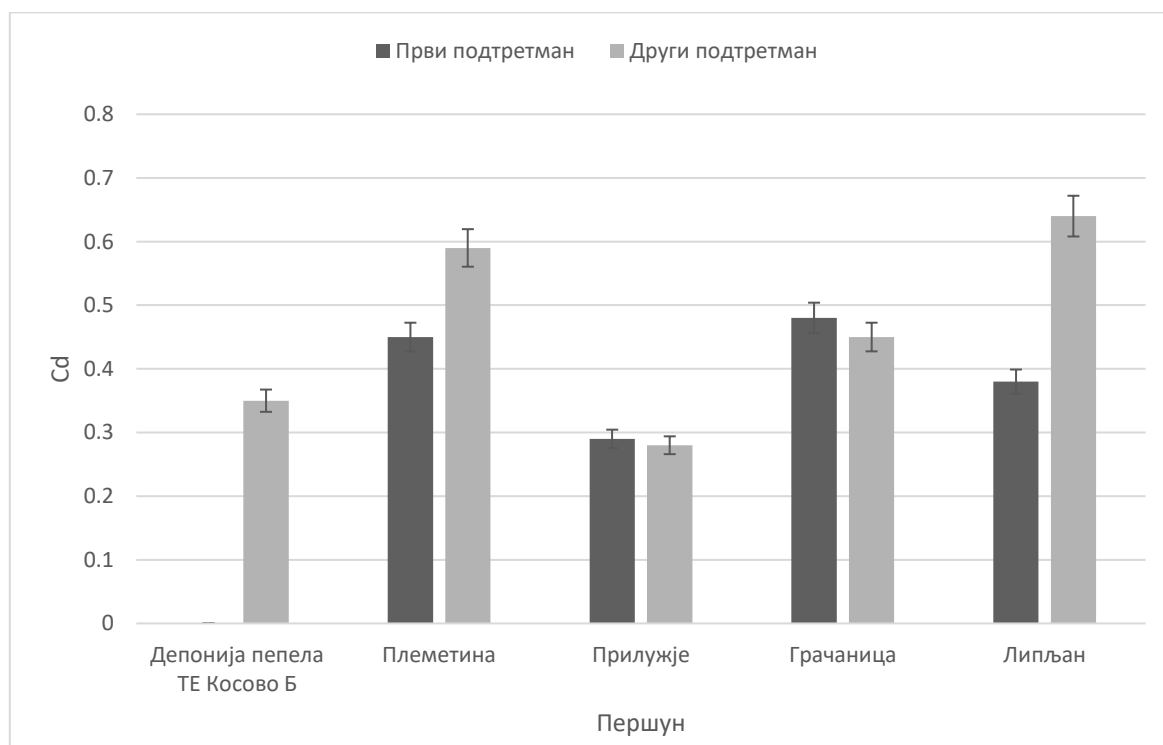
Слика 8.81. Садржај фосфора (%) надземног дела биљака першунa гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



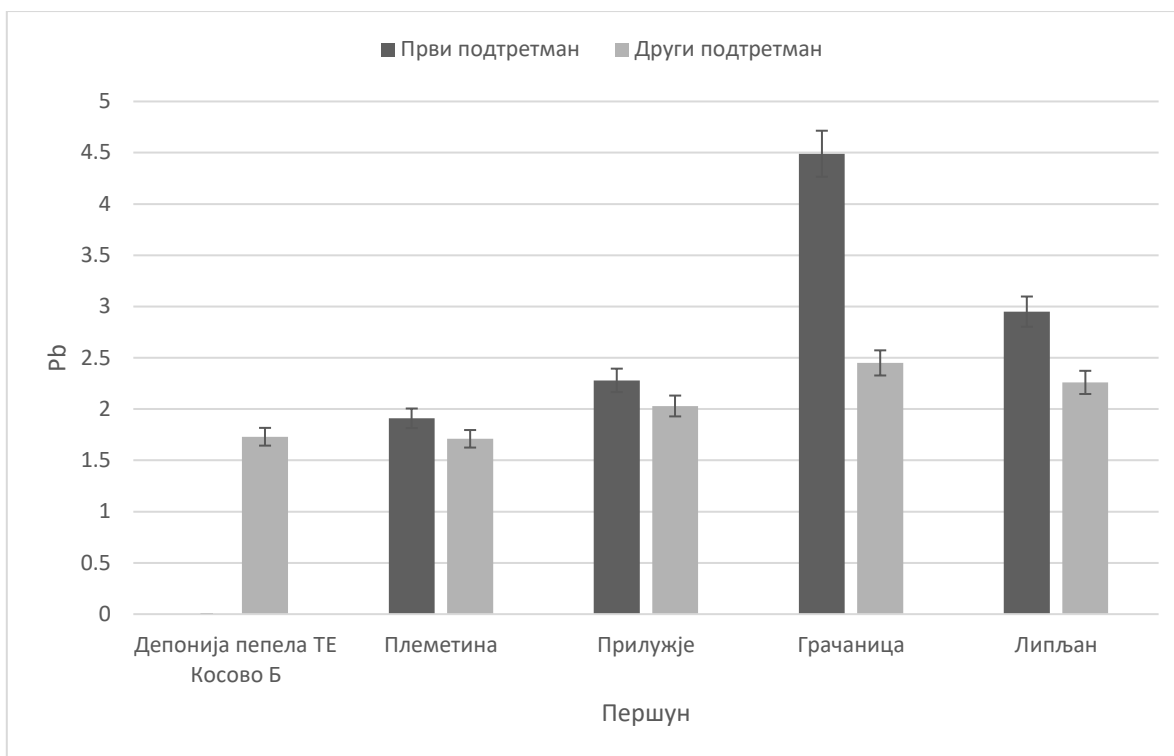
Слика 8.82. Садржај калијума (%) надземног дела биљака першунa гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



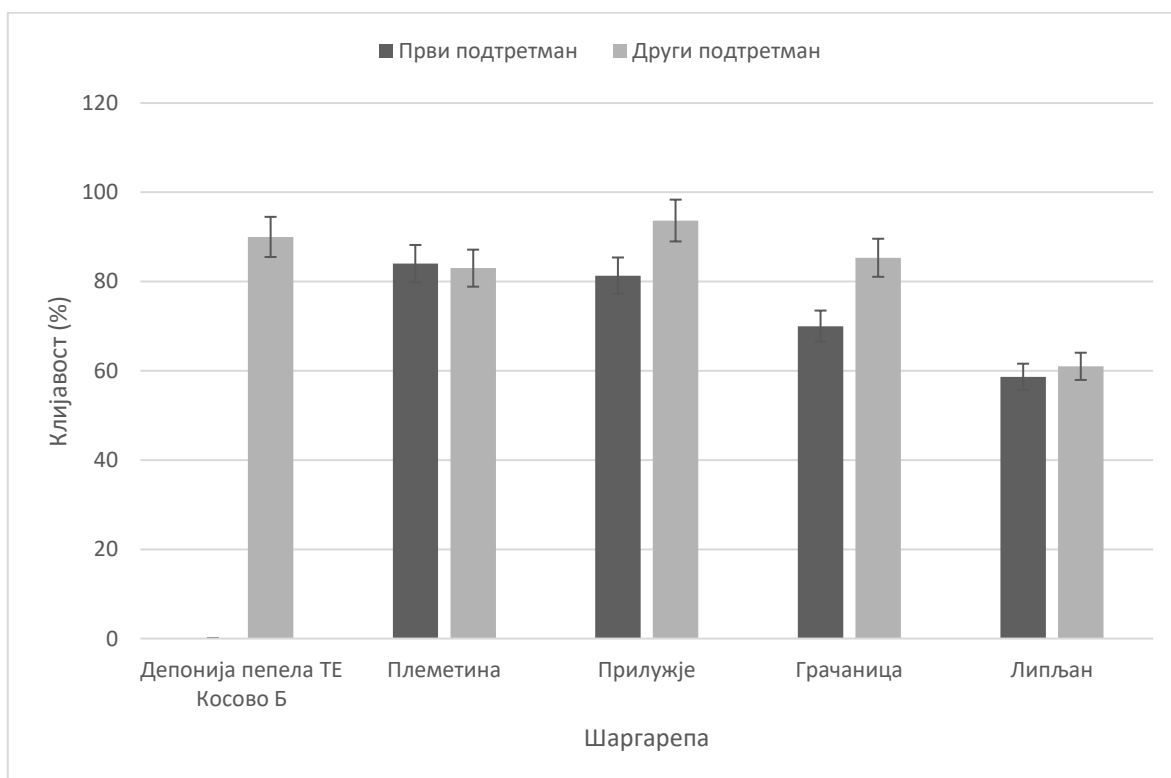
Слика 8.83. Акумулација никла ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака першуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



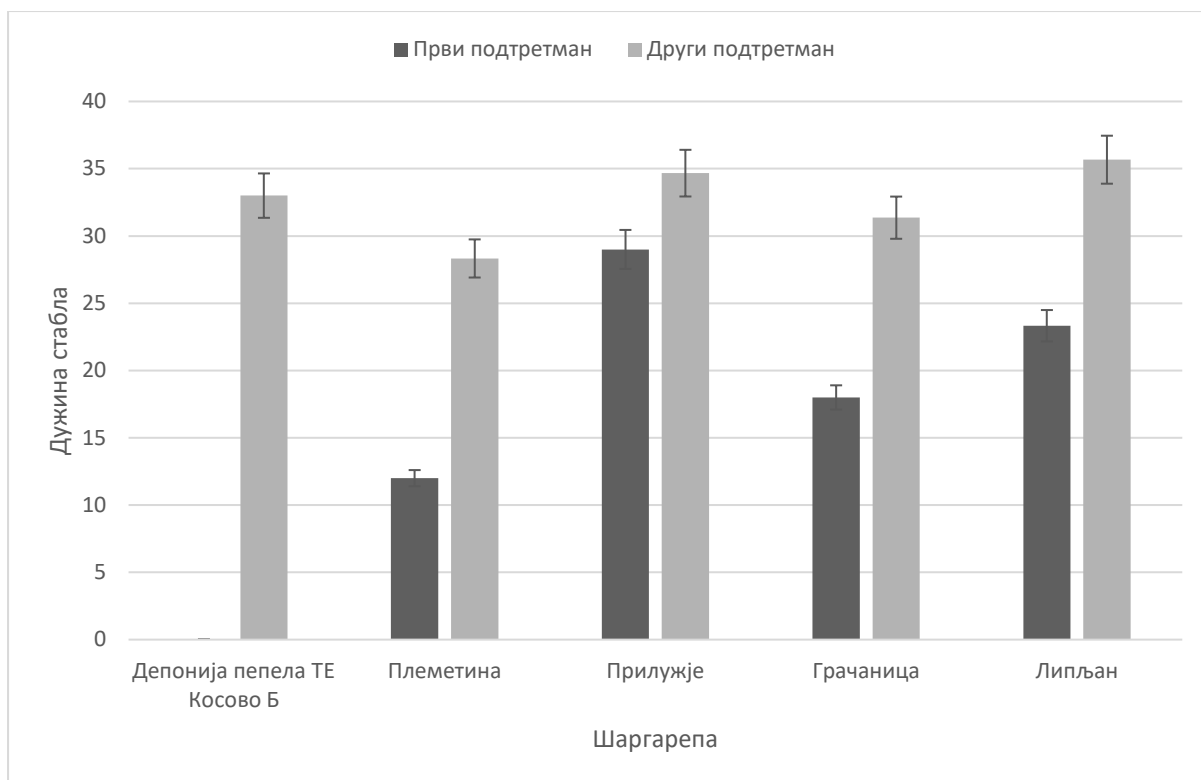
Слика 8.84. Акумулација кадмијума ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака першуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



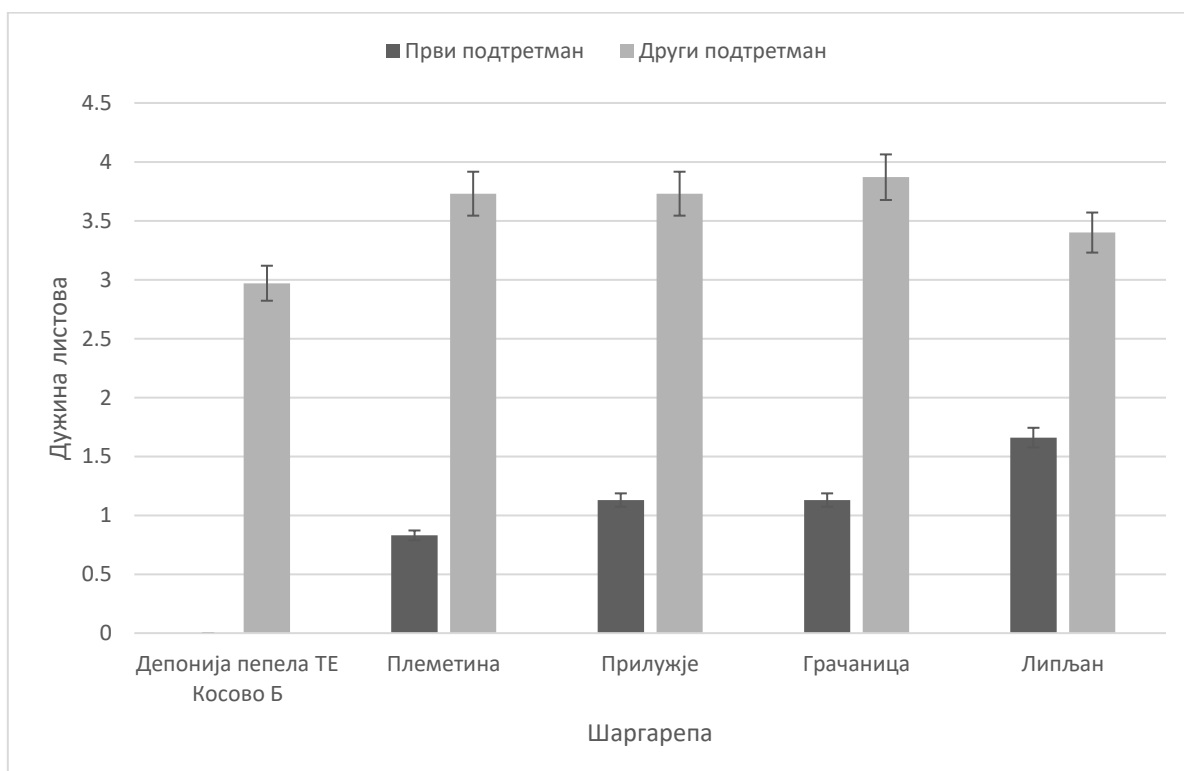
Слика 8.85. Акумулација олова ($\mu\text{g/g}$ суве масе) надземног дела биљака перишуна гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



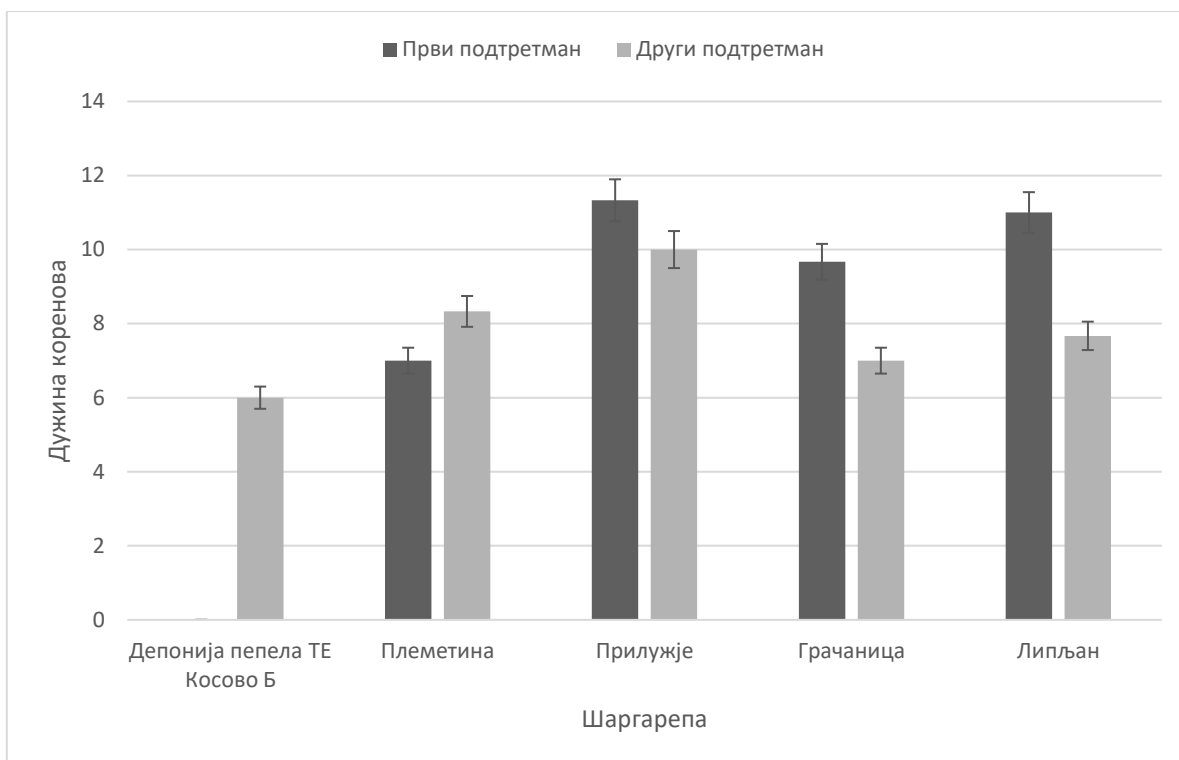
Слика 8.86. Проценат клијавости (%) биљака шаргарепе гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



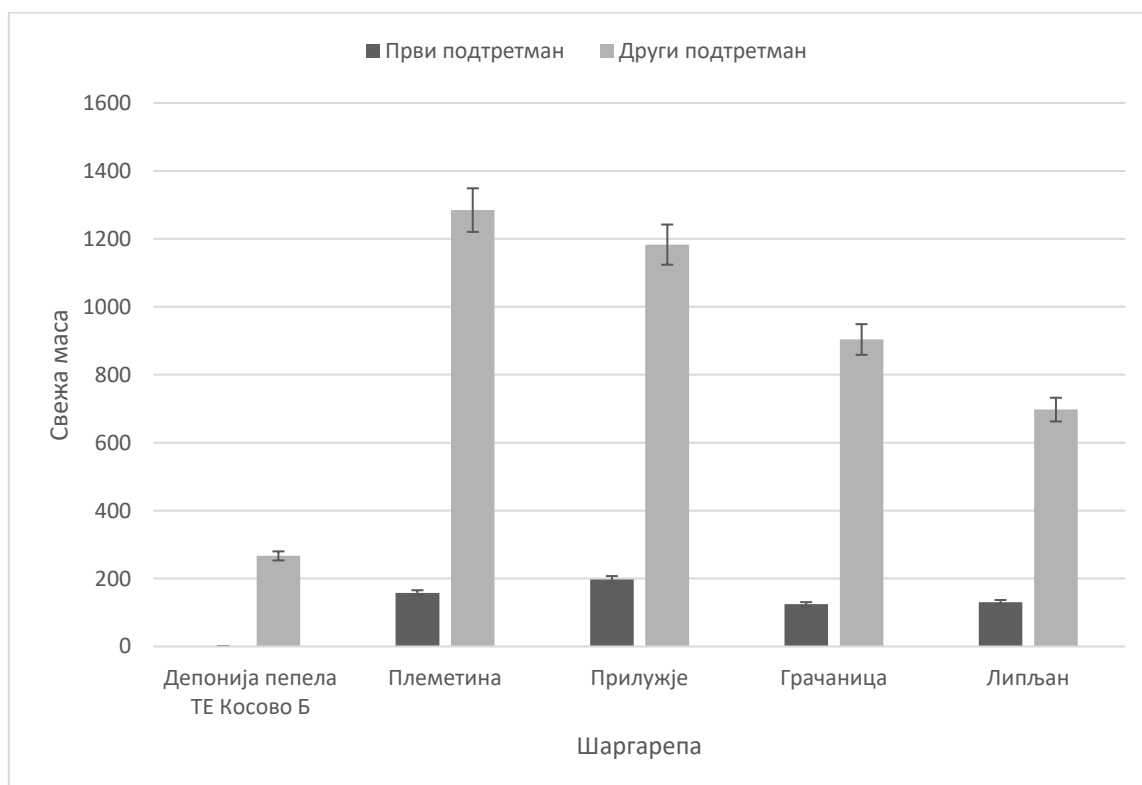
Слика 8.87. Дужина стабла (cm) биљака шаргарепе гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



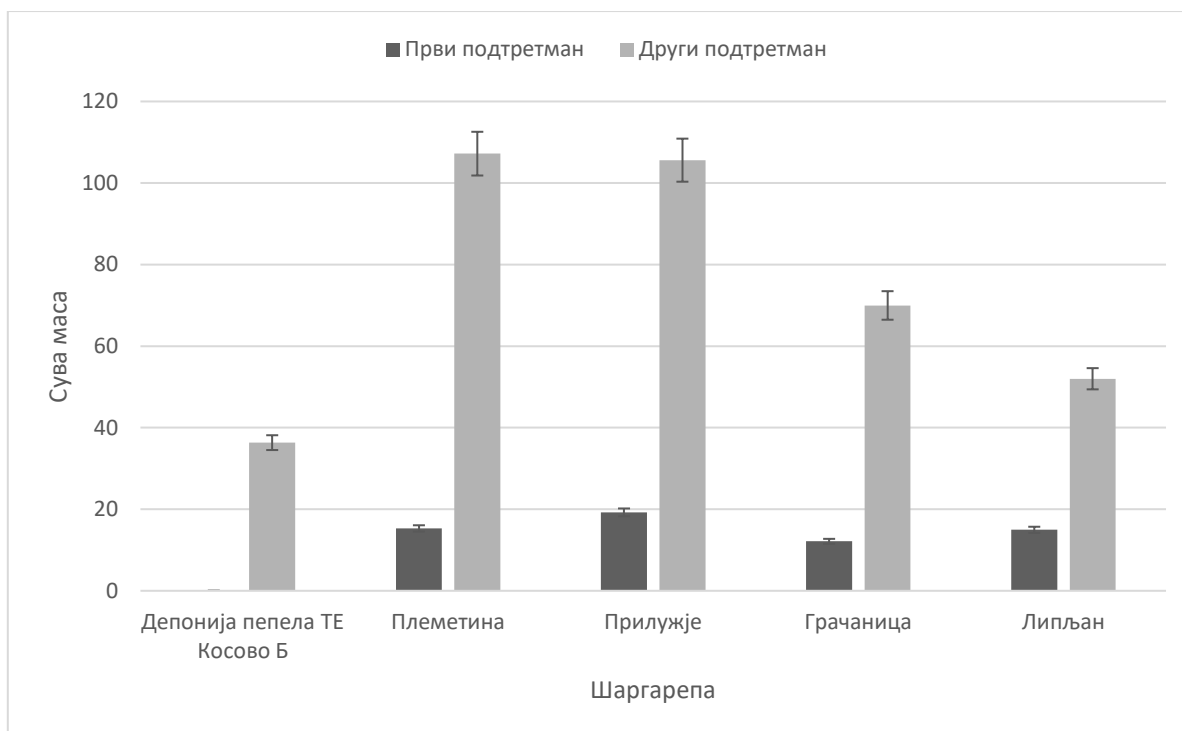
Слика 8.89. Дужина листова (cm) биљака шаргарепе гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



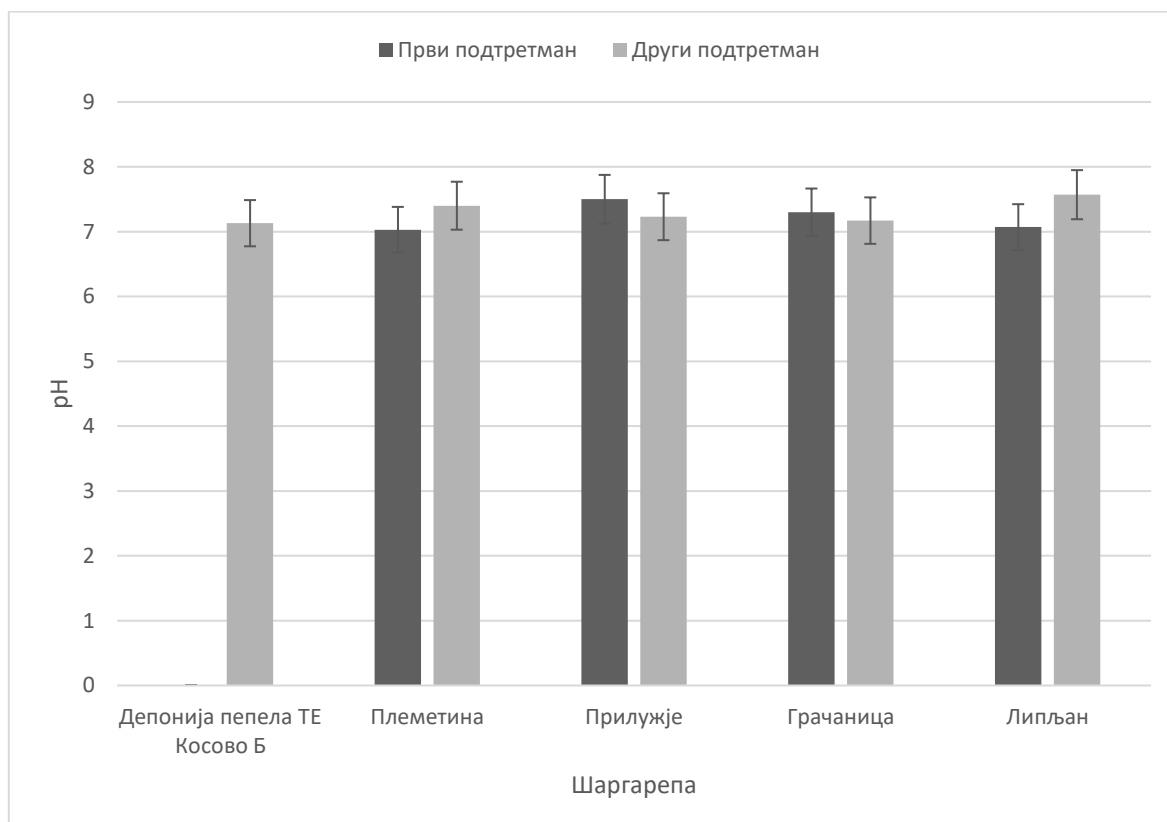
Слика.8. 90. Дужина корена (cm) биљака шаргарепа гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



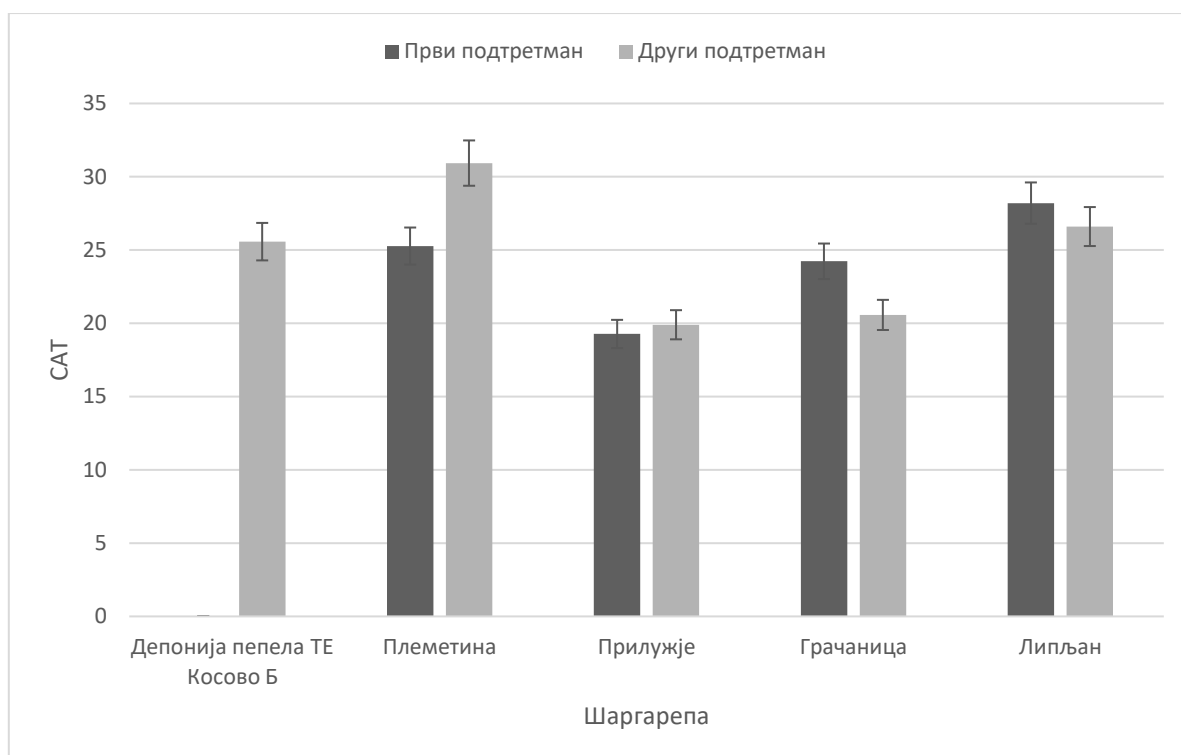
Слика 8.91. Свежа маса (gr) корена шаргарепа гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (I подтретман: - NPK и подтретман: +NPK)



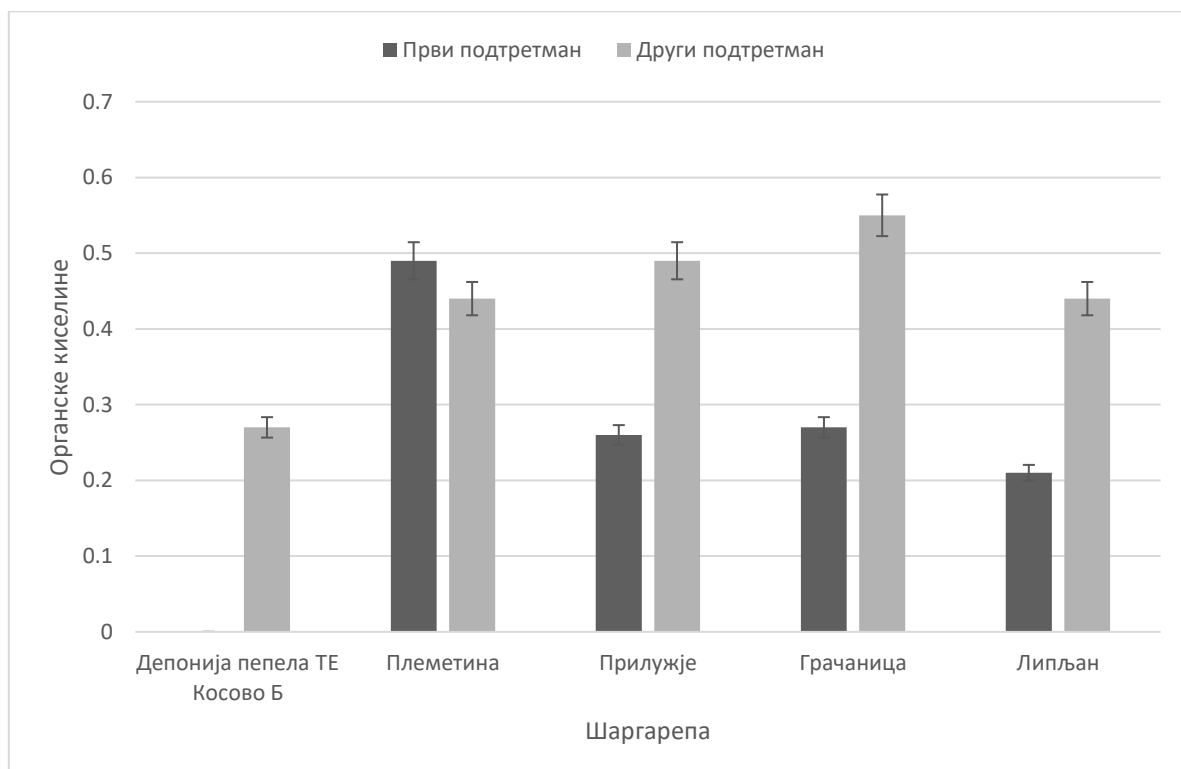
Слика 8.92. Сува маса (gr) корена шаргареке гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



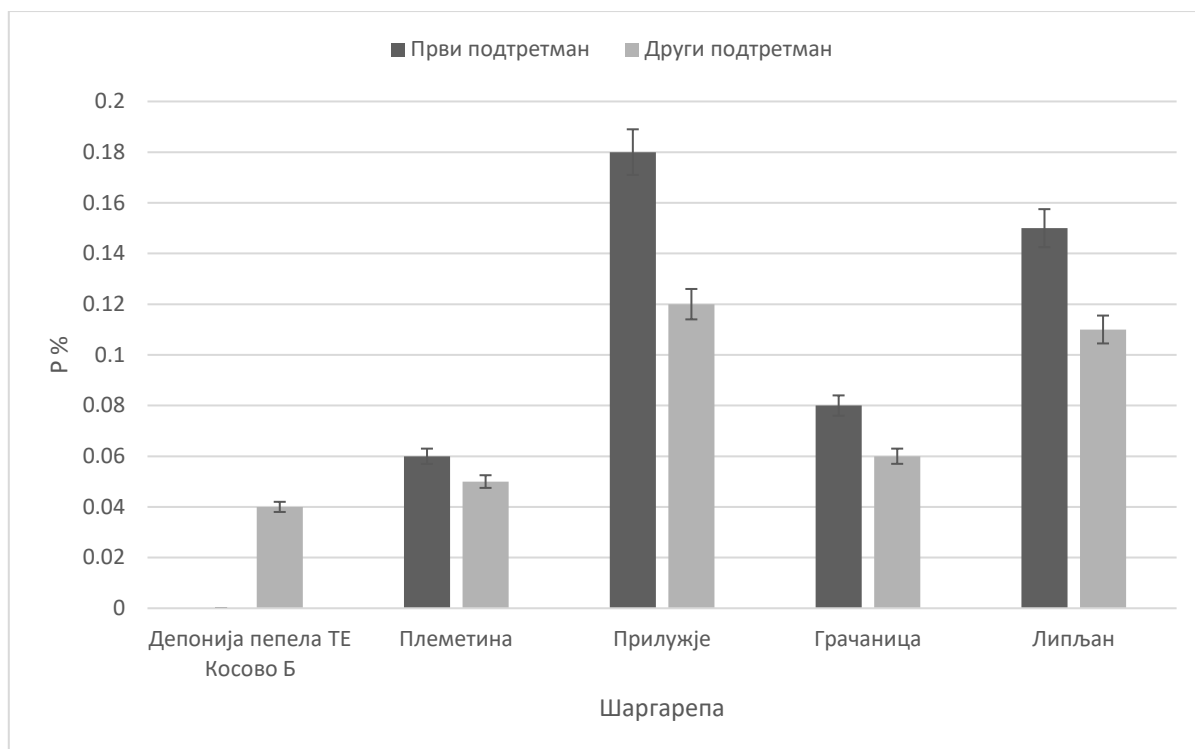
Слика 8.93. Интраћелијска рН вредност корена шаргареке гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



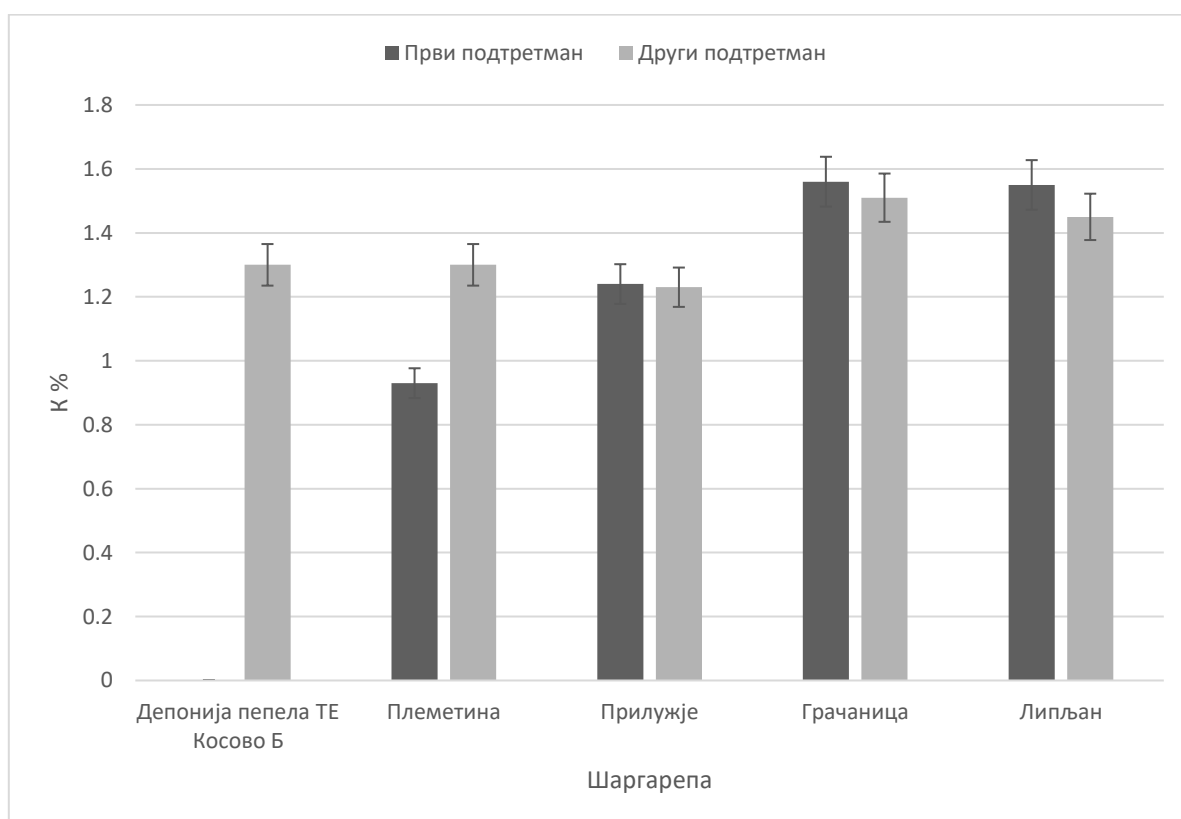
Слика 8.94. Активност ензима каталазе ($\text{cm}^3 \text{O}_2 / 1\text{gr} / 3''$) у корену шаргарепе гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



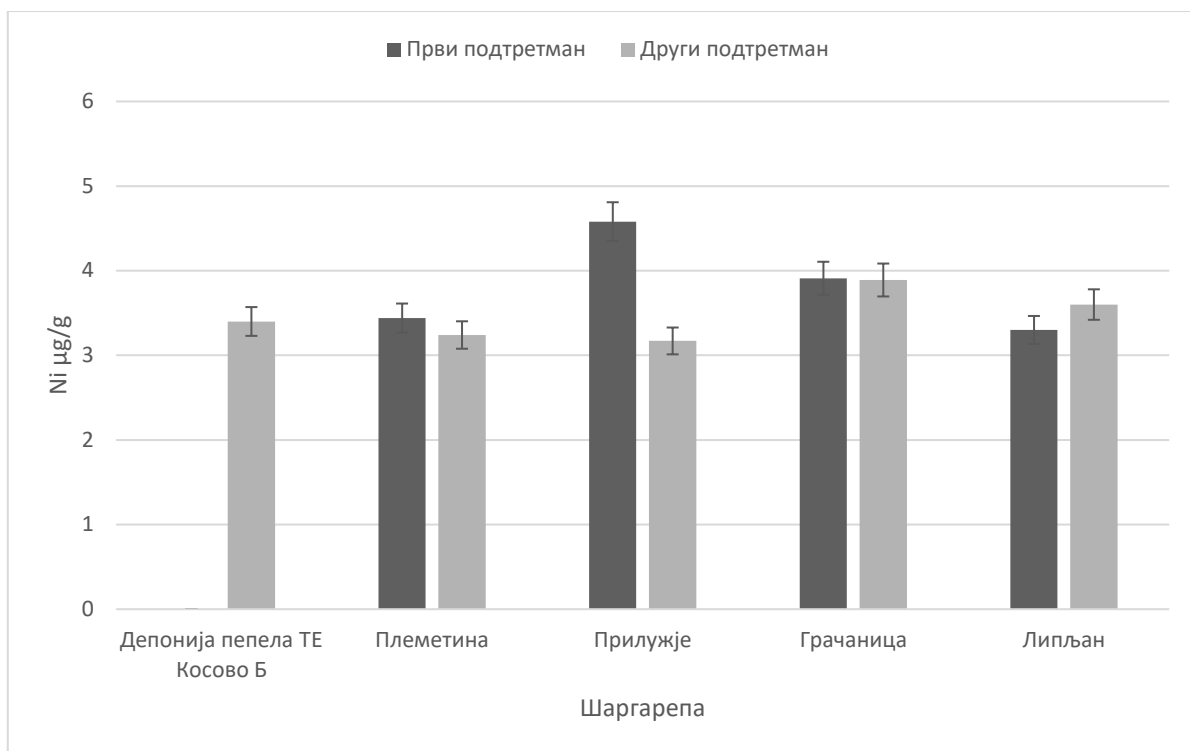
Слика 8.95. Укупан садржај органских киселина (mEqv/gr) у корену шаргарепе гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



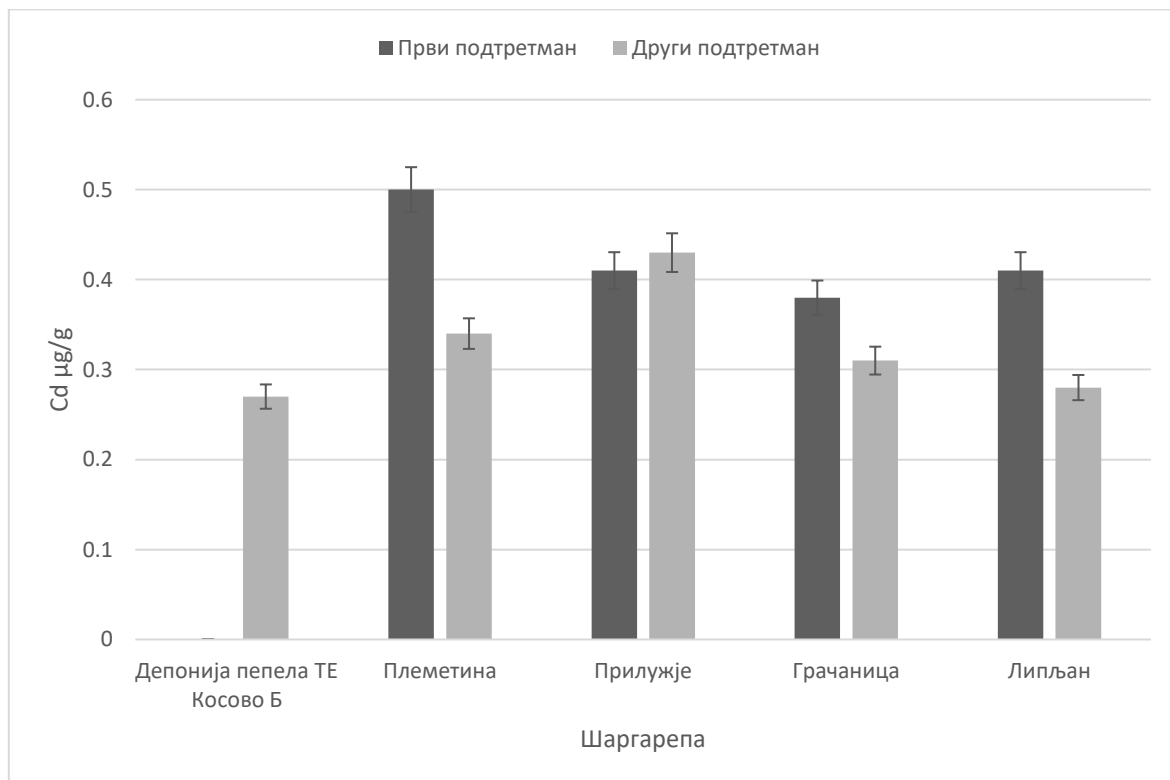
Слика 8.96. Садржај фосфора (%) у корену шаргарепе гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



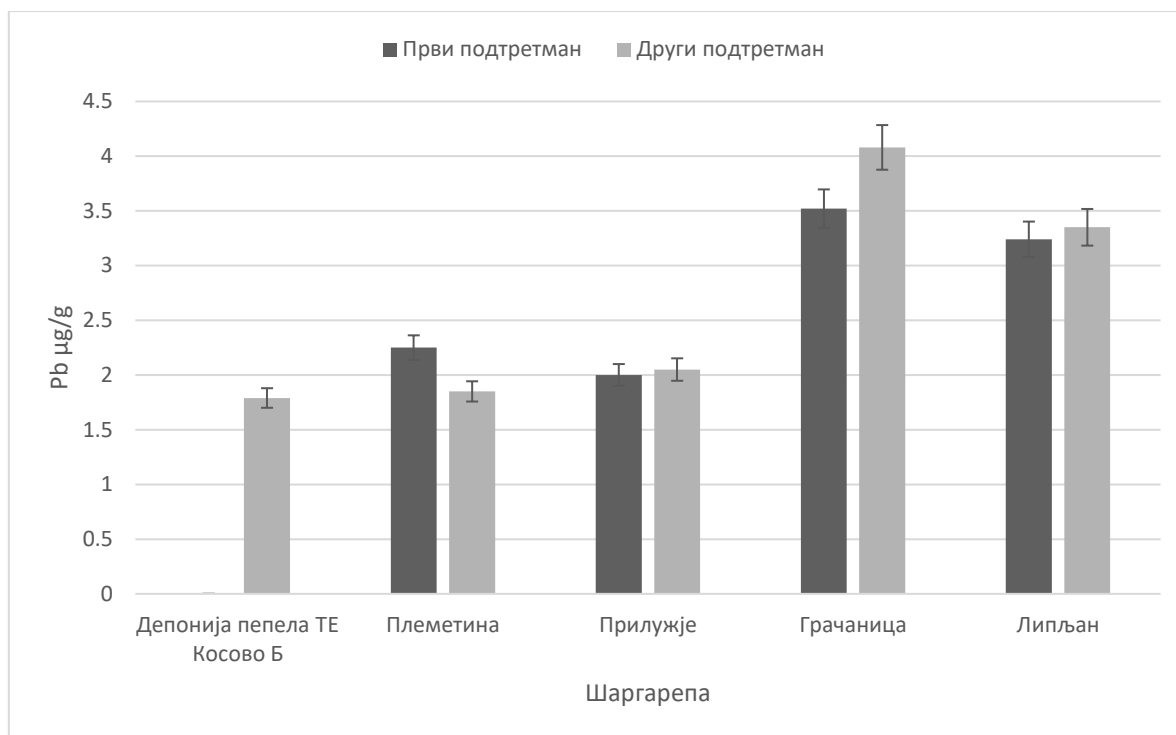
Слика 8.97. Садржај калијума (%) у корену шаргарепе гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



Слика 8.98. Акумулација никла ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у корену шаргарепа гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



Слика 8.99. Акумулација кадмијума ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у корену шаргарепа гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)



Слика 8.100. Акумулација олова ($\mu\text{g/g}$ суве масе) у корену шаргареpee гајених на различитим третманима земљишта у оквиру два подтретмана (подтретман: -NPK и подтретман: +NPK)

Прилог 4-Пластеник 2018.-2022.

Табела 8.14. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака ротквице за сваки испитивани параметар-пластеник 2018-2022

	Ротквица	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	pH	Каталаза (cm3 O2/1gr/ 3')
ANOVA	Година	ns	***	**	***	***	***
	Локалитет	**	***	***	***	ns	***
	Година x Локалитет	*	***	***	**	ns	***
	Ротквица	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
ANOVA	Година	***	ns	*	***	.	***
	Локалитет	***	***	***	***	***	***
	Година x Локалитет	**	***	***	*	***	***
	Локалитет						

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.15. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака зелене салате за сваки испитивани параметар-пластеник 2018-2022

	Зелена салата	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	pH	Каталаза (cm3 O2/1gr/ 3')
ANOVA	Година	ns	/	ns	***	***	***
	Локалитет	***	/	***	***	ns	***
	Година x Локалитет	**	/	**	***	***	***
	Зелена салата	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
ANOVA	Година	***	***	***	***	**	***
	Локалитет	***	***	***	***	***	***
	Година x Локалитет	***	***	***	***	**	***
	Локалитет						

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.16. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака ражи за сваки испитивани параметар-пластеник 2018-2022

	Раж	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	pH	Каталаза (cm3 O2/1gr/ 3')
ANOVA	Година	***	***	***	***	***	***
	Локалитет	***	ns	***	ns	**	***
	Година x Локалитет	***	***	***	ns	**	***
	Раж	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
ANOVA	Година	***	***	***	***	***	***
	Локалитет	***	***	***	***	***	***
	Година x Локалитет	***	***	***	***	**	***
	Локалитет						

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.17. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код биљака грахорице за сваки испитивани параметар-пластеник 2018-2022

	Грахорица	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	pH	Каталаза (cm3 O2/1gr/ 3')
ANOVA	Година	***	ns	***	***	ns	***
	Локалитет	***	ns	***	**	ns	***
	Година x Локалитет	***	.	***	ns	ns	***
	Грахорица	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
ANOVA	Година	***	.	***	***	***	***
	Локалитет	***	*	***	***	*	***
	Година x Локалитет	***	.	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.18. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код свих биљака гајених на земљишном третману који одговара локалитету 2 (Депонија пепела ТЕ Косово Б) за сваки испитивани параметар-пластеник 2018-2022

	Депонија пепела ТЕ Косово Б	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	pH	Каталаза (cm3 O2/1gr/ 3')
ANOVA	Година	**	ns	ns	ns	***	***
	Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Година x Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Депонија пепела ТЕ Косово Б	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
ANOVA	Година	***	***	***	***	***	***
	Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Година x Б.врста	***	***	***	***	Ns	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.19. Резултати двофакторске анализе варијанси (two-way ANOVA) код свих биљака гајених на земљишном третману који одговара локалитету 3 (Племетина) за сваки испитивани параметар-пластеник 2018-2022

	Племетина	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	pH	Каталаза (cm3 O2/1gr/ 3')
ANOVA	Година	ns	***	***	***	***	***
	Б.врста	ns	***	***	***	***	***
	Година x Б.врста	.	***	***	***	***	***
	Племетина	О.киселине (mEkv)	%P	%K	Ni µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
ANOVA	Година	***	***	***	***	***	***
	Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Година x Б.врста	***	***	***	***	*	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.20. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код свих биљака гајених на земљишном третману који одговара локалитету 5 (Грачаница) за сваки испитивани параметар-пластеник 2018-2022

	Грачаница	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	pH	Каталаза (cm ³ O ₂ /1gr/3')
ANOVA	Година	**	***	***	ns	***	***
	Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Година x Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Грачаница	О.киселине (mEqv)	%P	%K	Ni µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
ANOVA	Година	***	***	***	***	***	***
	Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Година x Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Б.врста						

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.21. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) код свих биљака гајених на земљишном третману који одговара локалитету 6 (Липљан) за сваки испитивани параметар-пластеник 2018-2022

	Липљан	Процент клијавости (%)	В. стабла(см)	Д.листова (см)	Д.коренова (см)	pH	Каталаза (cm ³ O ₂ /1gr/3')
ANOVA	Година	***	***	ns	ns	.	***
	Б.врста	***	***	***	**	ns	***
	Година x Б.врста	ns	***	***	***	**	***
	Липљан	О.киселине (mEqv)	%P	%K	Ni µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
ANOVA	Година	***	***	***	***	***	***
	Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Година x Б.врста	***	***	***	***	***	***
	Б.врста						

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Прилог 5-Стакленик-2019.

Табела 8.22. Акумулација тешких метала (Mg, Mn, Fe, Cu и As) у корену и листовима биљака целера гајених конвенционалним и органским начином производње поврћа

Целер	Производња	Mg	Mn	Fe	Cu	As
Корен	Конвенционална	3875,12±133,33b	117,79±8,07a	3580,05±259,06a	14,48±0,71a	2,13±0,18a
	Органска	3059,94±213,92c	53,91±6,83b	697,76±60,78b	9,83±0,42b	1,17±0,11b
Лист	Конвенционална	5009,56±140,52a	127,01±2,81a	287,82±49,17b	13,65±0,62a	0,19±0,03d
	Органска	3526,07±71,18bc	123,03±2,73a	236,84±12,18b	8,00±0,69b	0,67±0,03c
Two-way ANOVA	орган (O)	***	***	***	.	***
	гајење (Г)	***	***	***	***	*
	O x Г	.	***	***	ns	***

Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Duncan-евог теста за ниво значајности од $p < 0.05$. Ниво значајности: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.23. Акумулација тешких метала (Mg, Mn, Fe, Cu и As) у корену и листовима биљака першуна гајених конвенционалним и органским начином производње поврћа

Першун	Производња	Mg	Mn	Fe	Cu	As
Корен	Конвенционална	5036,23±329,26a	67,40±8,52ab	1406,54±193,04a	16,98±1,13a	1,32±0,05a
	Органска	2738,67±197,85b	14,18±1,04c	184,35±15,76b	8,33±0,98b	0,44±0,04bc
Лист	Конвенционална	3309,10±52,82b	89,17±4,22a	372,93±27,66b	14,15±0,54a	0,40±0,02c
	Органска	2641,60±90,95b	47,14±1,66b	184,73±19,89b	8,95±0,32b	0,60±0,03b
Two-way ANOVA	орган (O)	**	***	***	ns	***
	гајење (Г)	***	***	***	***	***
	O x Г	**	ns	***	.	***

Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Duncan-евог теста за ниво значајности од $p < 0.05$. Ниво значајности: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.24. Акумулација тешких метала (Mg, Mn, Fe, Cu и As) у корену и листовима биљака шаргарепе гајених конвенционалним и органским начином производње поврћа

Шаргарепа	Производња	Mg	Mn	Fe	Cu	As
Корен	Конвенционална	2284,53±64,33b	52,37±3,57b	1161,59±202,67a	14,34±1,63ab	0,62±0,03a
	Органска	1367,42±137,07c	8,41±0,06d	171,17±4,54b	8,26±0,76c	0,39±0,04b
Лист	Конвенционална	3178,77±97,38a	200,68±2,05a	1019,47±14,26a	16,68±1,06a	0,63±0,01a
	Органска	3315,57±174,73a	41,73±1,91c	331,94±20,18b	9,69±0,53bc	0,59±0,02a
Two-way ANOVA	орган (O)	***	***	ns	ns	**
	гајење (Г)	*	***	***	***	***
	O x Г	**	***	ns	ns	**

Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Duncan-евог теста за ниво значајности од $p < 0.05$. Ниво значајности: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно'.

Прилог 6- Хазардни индекси-Мониторинг-2018.

Табела 8.25. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) за HQ и HI за Pb, Cd и Ni по свежој маси (одрасли и деца) у јестивим деловима биљака са различитих локалитета на територији Косова и Метохије (Two-way ANOVA-)

	Мониторинг-2018	MPI	HQ-Ni- одрасли	HQ-Ni- деца	HQ-Cd- одрасли	HQ-Cd- деца	HQ-Pb- одрасли	HQ-Pb- деца	HI- одрасли	HI- деца
ANOVA	Локалитет	***	***	***	**	**	ns	ns	***	***
	Третман	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	Локалитет x Третман	***	***	***	***	***	ns	ns	**	**

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

0.05

Табела 8.26. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима биљака са различитих локалитета на територији Косова и Метохије (One-way ANOVA-Мониторинг 2018-по локалитету)

Локалитет	Биљна врста	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Племетина	Шаргарепа	0.3543±0.0536	4.4359±0.3654	1.5257±0.1277	6.3160±0.2553
	Парадајз	0.1860±0.0136	2.3169±0.0652	1.5453±0.3514	4.0483±0.3428
	Паприка	0.3057±0.0036	2.3117±0.0832	1.1580±0.1914	3.7755±0.2716
	Крушка	0.2774±0.0026	2.8615±0.0540	2.0590±0.6739	5.1980±0.7305
	Јабука	0.3390±0.0046	4.1862±0.3751	1.9057±0.0554	6.4310±0.3432
	Кукуруз	0.1896±0.0035	4.0406±0.7743	1.4639±0.0110	5.6941±0.7664
Грачаница	Шаргарепа	0.3411±0.0064	4.1228±0.8098	2.1031±0.0541	6.5671±0.7657
	Парадајз	0.4388±0.0087	2.8732±0.0819	1.3986±0.0195	4.7106±0.1082
	Паприка	0.5824±0.0146	4.0439±0.4957	1.4293±0.1202	6.0557±0.5944
	Крушка	0.5224±0.0112	4.3122±0.1413	2.2029±0.0073	7.0375±0.1546
	Јабука	0.1918±0.0007	4.2708±0.0418	1.8692±0.0621	6.3319±0.0422
	Кукуруз	0.2165±0.0338	7.2287±2.7241	1.5552±0.0669	9.0006±2.7530
Липљан	Шаргарепа	0.2757±0.0982	6.4579±1.6916	1.6396±0.1946	8.3733±1.9814
	Парадајз	0.1702±0.0087	3.0000±0.1782	1.6451±0.2028	4.8153±0.3864
	Паприка	0.3364±0.0092	3.1306±0.0485	1.3398±0.1011	4.8069±0.0612
	Крушка	0.3031±0.0046	4.7951±0.8341	2.0176±0.2756	7.1159±1.1144
	Јабука	0.1676±0.0012	3.6188±0.2948	1.6908±0.0946	5.4773±0.3601
	Кукуруз	0.2532±0.0087	3.8710±0.1520	1.6628±0.0172	5.7870±0.1621

Вредности у табели представљају средњу вредност ± стандардну девијацију

Табела 8.27. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) за HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима гајених биљака на различитим третманима-локалитетима (Мониторинг 2018)

		HQ-Ni- одрасли	HQ-Cd- одрасли	HQ-Pb- одрасли	HI- одрасли
ANOVA	Локалитет	***	***	ns	***
	Б.врста	***	***	***	***
	Локалитет x Б.врста	***	***	ns	**

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.28. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима биљака са различитих локалитета на територији Косова и Метохије (One-way ANOVA-Мониторинг 2018-по локалитету)

Локалитет	Биљна врста	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Племетина	Шаргарепа	0.4327±0.0655	5.3915±0.4442	1.8544±0.1552	7.6786±0.3101
	Парадајз	0.2271±0.0166	2.8160±0.0793	1.8782±0.4271	4.9214±0.4167
	Паприка	0.3733±0.0044	2.8097±0.1012	1.4074±0.2327	4.5905±0.3301
	Крушка	0.3303±0.0031	3.3910±0.0640	2.4399±0.7986	6.1613±0.8656
	Јабука	0.4036±0.0055	4.9608±0.4446	3.4743±0.1011	8.8389±0.3861
	Кукуруз	0.2335±0.0043	4.9537±0.9493	1.7947±0.0135	6.9820±0.9396
Грчаница	Шаргарепа	0.4166±0.0078	5.0110±0.9842	2.5561±0.0658	7.9837±0.9307
	Парадајз	0.5358±0.0106	3.4921±0.0996	1.6999±0.02381	5.7279±0.1315
	Паприка	0.7112±0.0179	4.9150±0.6025	1.7371±0.1461	7.3635±0.7225
	Крушка	0.9569±0.0205	7.8616±0.2577	4.0161±0.0134	12.8347±0.2820
	Јабука	0.3514±0.0013	7.7861±0.0762	3.4079±0.1132	11.5455±0.0770
	Кукуруз	0.2667±0.0416	8.8623±3.3397	1.9067±0.0821	11.0358±3.3750
Липљан	Шаргарепа	0.3367±0.1199	7.8490±2.0560	1.9928±0.2366	10.1786±2.4088
	Парадајз	0.2078±0.0106	3.6462±0.2166	1.9995±0.2466	5.8536±0.4696
	Паприка	0.4108±0.0112	3.8050±0.0589	1.6284±0.1229	5.8443±0.0745
	Крушка	0.5553±0.0085	8.7421±1.5207	3.6783±0.5025	12.9758±2.0318
	Јабука	0.3071±0.0023	6.5974±0.5375	3.0826±0.1725	9.9872±0.6565
	Кукуруз	0.3118±0.0107	4.7457±0.1864	2.0385±0.0211	7.0962±0.1988

Вредности у табели представљају средњу вредност± стандардну девијацију

Табела 8.29. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) за HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима гајених биљака на различитим третманима-локалитетима (Мониторинг 2018)

		HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
ANOVA	Локалитет	**	***	***	***
	Б.врста	***	***	***	***
	Локалитет x Б.врста	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Прилог 7- Хазардни индекси-Мониторинг-2022.

Табела 8.30. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) за HQ и HI за Pb, Cd и Ni по свежеј маси (одрасли и деца) у јестивим деловима биљака са различитих локалитета на територији Косова и Метохије (Two-way ANOVA-)

	Мониторинг-2022	MPI	HQ-Ni-одрасли	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-одрасли	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-одрасли	HQ-Pb-деца	HI-одрасли	HI-деца
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	Третман	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	Локалитет x Третман	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1 ns ‘није статистички значајно’.

Табела 8.31. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима биљака са различитих локалитета на територији Косова и Метохије (One-way ANOVA-Мониторинг 2022-по локалитету)

Локалитет	Биљна врста	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Племетина	Шаргарепа	0.3758±0.0216	4.4890±1.3042	2.1253±0.3041	6.9901±1.6177
	Першун	0.5271±0.0182	1.0176±0.1308	0.4312±0.0309	1.9760±0.1482
	Парадајз	0.2677±0.0019	3.3117±0.3390	1.1827±0.0279	4.7623±0.3635
	Блитва	0.1517±0.0003	1.2160±0.1127	0.4891±0.0021	1.8569±0.1110
	Цвекла	0.4236±0.0762	3.3376±0.2053	1.4230±0.0500	5.1843±0.2392
	Паприка	0.3544±0.0078	3.4540±0.2053	1.4082±0.1249	5.2167±0.2049
	Пшеница	0.3488±0.0025	4.4482±0.4558	1.5047±0.1043	6.3018±0.4605
	Кукуруз	0.3213±0.0044	3.8978±0.6379	1.4622±0.0515	5.6813±0.6729
Прилузје	Шаргарепа	0.3525±0.0044	4.1785±0.0448	1.2566±0.0512	5.7877±0.0056
	Першун	1.1929±0.0375	0.8796±0.0129	0.4127±0.0021	2.4854±0.0235
	Парадајз	0.8001±0.0068	3.8809±0.3822	1.1716±0.0356	5.8527±0.4089
	Блитва	0.1931±0.0087	1.5049±0.4071	0.3782±0.0106	2.0763±0.4255
	Цвекла	0.8111±0.0102	3.7645±0.0672	1.1901±0.0610	5.7658±0.0985
	Паприка	1.1662±0.0546	3.4540±0.3556	1.2456±0.0448	5.8659±0.2915
	Пшеница	0.2700±0.0190	3.7936±0.4257	1.4324±0.0265	5.4961±0.4684
	Кукуруз	0.5511±0.2125	5.7128±1.9864	1.7087±0.2547	7.9727±2.3072
Грачаница	Шаргарепа	0.2606±0.0078	3.2212±0.5637	1.6411±0.0483	5.1229±0.6172
	Першун	0.7887±0.0200	1.0651±0.1045	1.4070±0.0298	3.2608±0.0639
	Парадајз	0.3298±0.0000	4.3467±1.3120	1.7741±0.0110	6.4507±1.3219
	Блитва	0.2570±0.0465	0.9745±0.3376	3.8859±0.0657	5.1174±0.2764
	Цвекла	0.7839±0.0100	3.5575±0.3887	2.0070±0.0966	6.3485±0.3007
	Паприка	0.5232±0.0124	2.7554±0.2688	1.4452±0.0704	4.7239±0.3006
	Пшеница	0.5482±0.0304	3.2878±0.8377	2.1082±0.2925	5.9443±0.6888
	Кукуруз	0.6136±0.0405	2.2910±0.6189	2.0785±0.0995	4.9832±0.7553
Липљан	Шаргарепа	0.4857±0.0078	2.3673±0.5377	1.8517±0.0508	4.7049±0.4946

<i>Косовска Митровица</i>	Першун	0.4519±0.0048	0.5045±0.0000	0.5926±0.0042	1.5490±0.0040
	Парадајз	0.4695±0.0301	1.8111±0.1185	1.6189±0.0221	3.8996±0.1576
	Блитва	0.2410±0.0182	0.2889±0.0790	0.8772±0.0106	1.4071±0.0870
	Цвекла	0.9961±0.2345	1.5006±0.0807	2.2398±0.1057	4.7366±0.4013
	Паприка	0.5200±0.0038	1.5265±0.2964	1.7445±0.0558	3.7911±0.3359
	Пшеница	0.5578±0.0059	1.5620±0.2361	1.9297±0.0294	4.0497±0.2026
	Кукуруз	0.6166±0.0164	1.4877±0.4558	1.9765±0.0000	4.0808±0.4589
	Шаргарепа	0.4165±0.0132	6.8822±0.2860	27.9837±2.9838	35.2825±2.8183
	Першун	0.2024±0.0050	4.5321±0.0373	15.9157±0.7266	20.6503±0.7690
	Парадајз	0.4217±0.0022	4.1914±0.3383	2.4357±0.0256	7.0489±0.3660
	Блитва	0.2451±0.0019	1.3669±0.4823	0.6517±0.0170	2.2638±0.5000
	Цвекла	0.5142±0.0033	22.6778±0.1834	76.0561±0.2829	99.2482±0.4651
	Паприка	0.4799±0.0022	3.6481±0.4373	5.5331±0.3649	9.6612±0.8009
	Пшеница	0.5140±0.0046	3.2878±0.6457	2.1805±0.0000	5.9824±0.6503
	Кукуруз	0.5303±0.0168	2.0679±0.2109	2.5291±0.1477	5.1273±0.1133
	Шаргарепа	0.4113±0.0102	2.3415±0.7842	1.8000±0.1856	4.5529±0.7051
	Першун	0.2574±0.0022	0.5002±0.0454	0.5334±0.0076	1.2911±0.0550
<i>3.Поток</i>	Парадајз	0.4922±0.0011	1.8369±0.3809	1.4489±0.0389	3.7781±0.3808
	Блитва	0.2345±0.0013	0.9098±0.0861	0.5063±0.0161	1.6508±0.0771
	Цвекла	0.3955±0.0000	1.8758±0.3136	1.4784±0.0230	3.7501±0.3361
	Паприка	0.4262±0.0029	1.3712±0.0592	1.3897±0.0064	3.1873±0.0624
	Пшеница	0.4849±0.0025	1.9489±0.3466	1.6492±0.0447	4.0831±0.3400
	Кукуруз	0.5757±0.0022	3.4663±1.3181	1.6832±0.0441	5.7253±1.3201
	Шаргарепа	0.5853±0.0040	2.8978±0.2240	1.5856±0.0293	5.0688±0.2186
	Першун	0.5394±0.0087	0.7028±0.1708	0.5704±0.0335	1.8127±0.1924
	Парадајз	0.4915±0.0029	1.8887±0.1914	1.3675±0.0128	3.7479±0.1814
	Блитва	0.2005±0.0029	0.8753±0.0663	0.5051±0.0021	1.5810±0.0618
	Цвекла	0.4068±0.0011	1.9534±0.1185	1.5708±0.0230	3.9311±0.1342
	Паприка	0.7244±0.0392	2.5355±0.9235	1.4673±0.0128	4.7274±0.9351
	Пшеница	0.5169±0.0012	4.4333±1.1743	2.002±0.6889	6.9523±1.3087
	Кукуруз	0.5831±0.0337	2.2613±0.7988	1.2667±0.0819	4.1111±0.7656
<i>Лепосавић</i>	Першун	0.4519±0.0048	0.5045±0.0000	0.5926±0.0042	1.5490±0.0040
	Парадајз	0.4695±0.0301	1.8111±0.1185	1.6189±0.0221	3.8996±0.1576
	Блитва	0.2410±0.0182	0.2889±0.0790	0.8772±0.0106	1.4071±0.0870
	Цвекла	0.9961±0.2345	1.5006±0.0807	2.2398±0.1057	4.7366±0.4013
	Паприка	0.5200±0.0038	1.5265±0.2964	1.7445±0.0558	3.7911±0.3359
	Пшеница	0.5578±0.0059	1.5620±0.2361	1.9297±0.0294	4.0497±0.2026
	Кукуруз	0.6166±0.0164	1.4877±0.4558	1.9765±0.0000	4.0808±0.4589
	Шаргарепа	0.4165±0.0132	6.8822±0.2860	27.9837±2.9838	35.2825±2.8183
	Першун	0.2024±0.0050	4.5321±0.0373	15.9157±0.7266	20.6503±0.7690
	Парадајз	0.4217±0.0022	4.1914±0.3383	2.4357±0.0256	7.0489±0.3660
	Блитва	0.2451±0.0019	1.3669±0.4823	0.6517±0.0170	2.2638±0.5000
	Цвекла	0.5142±0.0033	22.6778±0.1834	76.0561±0.2829	99.2482±0.4651
	Паприка	0.4799±0.0022	3.6481±0.4373	5.5331±0.3649	9.6612±0.8009
	Пшеница	0.5140±0.0046	3.2878±0.6457	2.1805±0.0000	5.9824±0.6503
	Кукуруз	0.5303±0.0168	2.0679±0.2109	2.5291±0.1477	5.1273±0.1133
	Шаргарепа	0.4113±0.0102	2.3415±0.7842	1.8000±0.1856	4.5529±0.7051
	Першун	0.2574±0.0022	0.5002±0.0454	0.5334±0.0076	1.2911±0.0550
	Парадајз	0.4922±0.0011	1.8369±0.3809	1.4489±0.0389	3.7781±0.3808

Вредности у табели представљају средњу вредност± стандардну девијацију

Табела 8.32. Резултати двофакторске анализе варијанси за HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима гајених биљака на различитим третманима-локалитетима (Мониторинг 2022)

		HQ-Ni- одрасли	HQ-Cd- одрасли	HQ-Pb- одрасли	HI-одрасли
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***
	Б.врста	***	***	***	***
	Локалитет x Б.врста	***	***	***	***

Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Дункан-овог теста за ниво значајности од $p < 0.05$.

Табела 8.33. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима биљака са различитих локалитета на територији Косова и Метохије (One-way ANOVA-Мониторинг 2022-по локалитету)

Локалитет	Биљна врста	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Племетина	Шаргарепа	0.4567±0.0262	5.4559±1.5851	2.5831±0.3696	8.4958±1.9661
	Першун	0.6343±0.0219	1.2245±0.1574	0.5188±0.0372	2.3777±0.1783
	Парадајз	0.3254±0.0023	4.0251±0.4121	1.4375±0.0339	5.7881±0.4418
	Блитва	0.1826±0.0004	1.4632±0.1357	0.5885±0.0025	2.2343±0.1335
	Цвекла	0.5149±0.0926	4.0566±0.2495	1.7295±0.0607	6.3011±0.2907
	Паприка	0.4308±0.0095	4.1981±0.2495	1.7115±0.1518	6.3405±0.2490
	Пшеница	0.4277±0.0031	5.4534±0.5588	1.8447±0.1279	7.7259±0.5646
Прилуке	Кукуруз	0.3939±0.0054	4.7786±0.7821	1.7926±0.0631	6.9652±0.8250
	Шаргарепа	0.4284±0.0054	5.0786±0.0544	1.5274±0.0622	7.0344±0.0069
	Першун	1.4354±0.0451	1.0584±0.0155	0.4966±0.0025	2.9905±0.0283
	Парадајз	0.9724±0.0082	4.7169±0.4645	1.4240±0.0433	7.1135±0.4970
	Блитва	0.2324±0.0105	1.8108±0.4898	0.4551±0.0128	2.4984±0.5120
	Цвекла	0.9858±0.0124	4.5754±0.0817	1.4465±0.0742	7.007±0.1197
	Паприка	1.4174±0.0664	4.1981±0.4323	1.5139±0.0544	7.1294±0.3542
Грачаница	Пшеница	0.3310±0.0233	4.6509±0.5219	1.7561±0.0325	6.7381±0.5742
	Кукуруз	0.6757±0.2605	7.0037±2.4353	2.0948±0.3122	9.7744±2.8285
	Шаргарепа	0.3168±0.0095	3.9150±0.6851	1.9946±0.0587	6.2265±0.7501
	Першун	0.9490±0.0241	1.2816±0.1258	1.6929±0.0359	3.9236±0.0768
	Парадајз	0.4009±0.0000	5.2830±1.5947	2.1563±0.0134	7.8402±1.6067
	Блитва	0.3092±0.0559	1.1726±0.4063	4.6757±0.0791	6.1576±0.3326
	Цвекла	0.9528±0.0122	4.3238±0.4724	2.4393±0.1174	7.7160±0.3655
Липљан	Паприка	0.6360±0.0151	3.3490±0.3268	1.7565±0.0855	5.7415±0.3654
	Пшеница	0.6721±0.0373	4.0308±1.0270	2.5847±0.3586	7.2874±0.8445
	Кукуруз	0.7523±0.0497	2.8088±0.7588	2.5482±0.1221	6.1094±0.9260
	Шаргарепа	0.5904±0.0095	2.8773±0.6536	2.2506±0.0617	5.7184±0.6012
	Першун	0.5437±0.0058	0.6070±0.0000	0.7130±0.0051	1.8639±0.0049

<i>Косовска Митровица</i>	Парадајз	0.5707±0.0366	2.2012±0.1441	1.9676±0.0269	4.7396±0.1915
	Блитва	0.2900±0.0219	0.3476±0.0951	1.0555±0.0128	1.6932±0.1047
	Цвекла	1.2106±0.2850	1.8238±0.0981	2.7223±0.1285	5.7569±0.4877
	Паприка	0.6320±0.0047	1.8553±0.3602	2.1203±0.0678	4.6078±0.4083
	Пшеница	0.6839±0.0072	1.9150±0.2895	2.3658±0.0361	4.9649±0.2484
	Кукуруз	0.7560±0.0201	1.8238±0.5588	2.4231±0.0000	5.0030±0.5626
	Шаргарепа	0.5062±0.0160	8.3647±0.3476	34.0116±3.6265	42.8827±3.4254
	Першун	0.2436±0.0060	5.4533±0.0449	19.1506±0.8743	24.8475±0.9253
	Парадајз	0.5125±0.0027	5.0943±0.4112	2.9604±0.0311	8.5673±0.4448
	Блитва	0.2949±0.0023	1.6448±0.5804	0.7842±0.0205	2.7240±0.6017
<i>3.Поток</i>	Цвекла	0.6250±0.0040	27.5628±0.2229	92.4393±0.3438	120.6272±0.5653
	Паприка	0.5833±0.0027	4.4339±0.5315	6.7250±0.4435	11.7423±0.9734
	Пшеница	0.6301±0.0056	4.0308±0.7916	2.6733±0.0000	7.3342±0.7972
	Кукуруз	0.6502±0.0207	2.5352±0.2585	3.1006±0.1811	6.2860±0.1389
	Шаргарепа	0.5±0.0124	2.8459±0.9531	2.1877±0.2256	5.5336±0.8570
	Першун	0.3097±0.0026	0.6018±0.0546	0.6419±0.0092	1.5535±0.0662
	Парадајз	0.5982±0.0013	2.2327±0.4629	1.7610±0.0473	4.5919±0.4628
	Блитва	0.2822±0.0016	1.0948±0.1036	0.6092±0.0193	1.9863±0.0928
	Цвекла	0.4811±0.0000	2.2798±0.3812	1.7969±0.0280	4.5579±0.4085
	Паприка	0.5180±0.0036	1.6666±0.0720	1.6891±0.0077	3.8738±0.0758
<i>Лепосавић</i>	Пшеница	0.5945±0.0031	2.3893±0.4250	2.0219±0.0549	5.0058±0.4168
	Кукуруз	0.7058±0.0027	4.2496±1.6160	2.0636±0.0541	7.0191±1.6184
	Шаргарепа	0.7114±0.0049	3.5220±0.2723	1.9272±0.0356	6.1607±0.2657
	Першун	0.6491±0.0105	0.8457±0.2055	0.6863±0.0403	2.1812±0.2315
	Парадајз	0.5974±0.0036	2.2955±0.2326	1.6621±0.0155	4.5552±0.2205
	Блитва	0.2412±0.0035	1.0533±0.0798	0.6078±0.0025	1.9023±0.0744
	Цвекла	0.4944±0.0013	2.3742±0.1441	1.9092±0.0280	4.7779±0.1631
	Паприка	0.8805±0.0477	3.0817±1.1225	1.7834±0.0155	5.7457±1.1365
	Пшеница	0.6338±0.0015	5.4352±1.4397	2.4544±0.8446	8.5234±1.6044
	Кукуруз	0.7149±0.0414	2.7723±0.9793	1.5529±0.1005	5.0402±0.9386

Вредности у табели представљају средњу вредност ± стандардну девијацију

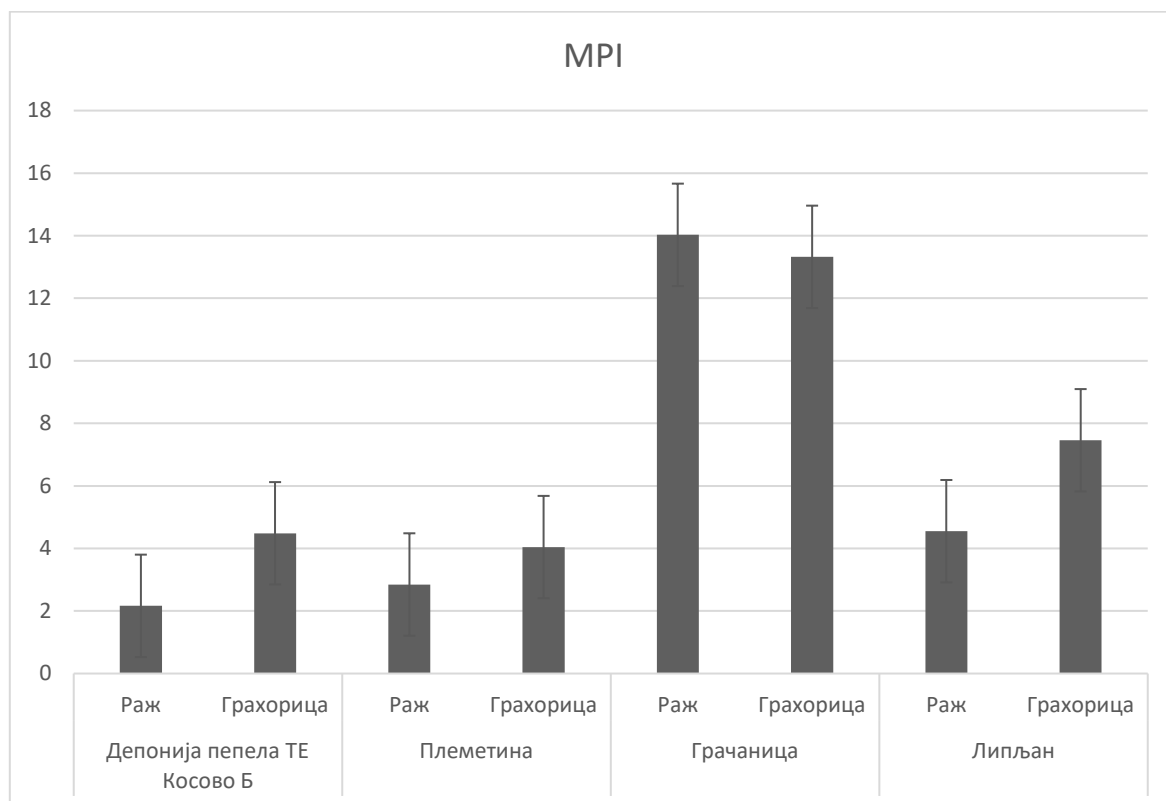
Табела 8.34. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) за HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима гајених биљака на различитим третманима-

		<i>HQ-Ni-деца</i>	<i>HQ-Cd-деца</i>	<i>HQ-Pb-деца</i>	<i>HI-деца</i>
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***
	Б.врста	***	***	***	***
	Локалитет x Б.врста	***	***	***	***

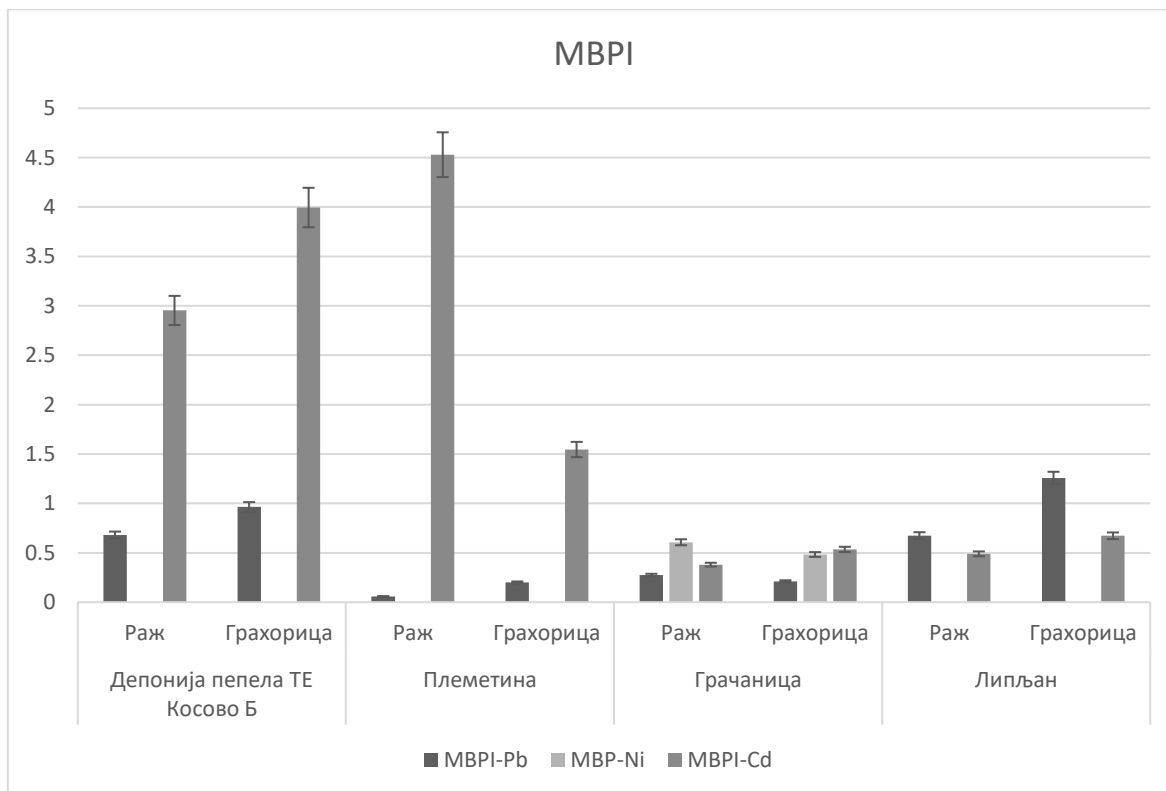
локалитетима

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'

Прилог 8- Хазардни индекси-Пластеник-2018.



Слика 8.101. Вредности MPI-а код биљака ражи и грахоорице-пластеник 2018.



Слика 8.102. Вредности MBPI за Pb, Cd и Ni код биљака ражи и грахоорице-пластеник 2018

Табела 8.35. Вредности MPI-a и MBPI за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси - пластеник 2018 (Two-way ANOVA)

		MPI	MBPI-Pb	MBPI-Cd	MBPI-Ni
ANOVA	Локалитет	***	***	***	/
	Биљна врста	***	***	**	***
	Локалитет x Б.врста	**	***	*	/

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8. 36. Резултати двофакторске анализе варијанси за HQ за Pb, Cd и Ni и HI за одрасле и децу по свежеј биљној маси -пластеник 2018 (Two-way ANOVA)

		HQ-Ni- одрасли	HQ- Ni- деца	HQ-Cd- одрасли	HQ- Cd- деца	HQ-Pb- одрасли	HQ- Pb- деца	HI- одрасли	HI- деца
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***	***	***	***	***
	Биљна врста	***	***	***	***	***	***	***	***
	Локалитет x Биљна врста	***	***	***	***	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.37. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима гајених биљака на различитим третманима-локалитетима (One-way ANOVA-Пластеник 2018-по локалитету)

Локалитет	Биљна врста	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Депонија пепела TE Косово Б	Ротквица	1.2532±0.0857	1.7347±0.1622	4.0088±0.2716	6.9969±0.5179
	Зелена салата	2.0294±0.1951	0.7231±0.1486	13.9513±0.2970	16.7039±0.3216
Племетина	Ротквица	2.1198±0.6219	2.1060±0.3250	8.9273±4.1544	13.1533±5.0451
	Зелена салата	3.3000±0.7827	1.4626±0.5055	10.8652±0.5577	15.6280±1.1243
Грачаница	Ротквица	1.9614±0.0203	2.5989±0.2422	36.0731±2.45913	40.6335±2.4301
	Зелена салата	2.1279±0.0391	1.0405±0.0037	45.8917±3.2038	49.0602±3.2464
Липљан	Ротквица	1.1904±0.1575	2.1655±0.1379	26.6545±5.3823	30.0106±5.6618
	Зелена салата	0.8595±0.0144	0.9624±0.1082	26.6258±0.2617	28.4479±0.2515

Вредности у табели представљају средњу вредност± стандардну девијацију

Табела 8.38. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) за HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима гајених биљака на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2018)

		HQ-Ni- одрасли	HQ-Cd- одрасли	HQ-Pb- одрасли	HI-одрасли
ANOVA	Локалитет	***	**	***	***
	Б.врста	**	***	***	**
	Локалитет x Б.врста	*	*	*	*

Two-way ANOVA праћена је posthoc анализом коришћењем Duncan-овог теста за ниво значајности од $p < 0.05$

Табела 8.39. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима гајених биљака на различитим третманима-локалитетима (One-way ANOVA-Пластеник 2018-по локалитету)

Локалитет	Биљна врста	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Депонија пепела ТЕ Косово Б	Ротквица	1.5231±0.1042	2.1084±0.1971	4.8724±0.3302	8.5040±0.6294
	Зелена салата	2.4421±0.2348	0.8701±0.1788	16.7870±0.3574	20.0991±0.3869
Племетина	Ротквица	2.5764±0.7559	2.5597±0.3951	10.850±5.0493	15.9866±6.1319
	Зелена салата	3.9708±0.9417	1.7600±0.6083	13.0736±0.6711	18.8045±1.3528
Грачаница	Ротквица	2.3839±0.0247	3.1588±0.2944	43.8436±2.9888	49.3864±2.9536
	Зелена салата	2.5605±0.0470	1.2520±0.0044	55.2194±3.8550	59.0319±3.9063
Липљан	Ротквица	1.4469±0.1914	2.6320±0.1677	32.3962±6.5417	36.4752±6.8814
	Зелена салата	1.0342±0.0173	1.1581±0.1302	32.0377±0.3149	34.2300±0.3026

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.

Табела 8.40. Резултати двофакторске анализе варијанси (Two-way ANOVA) за HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима гајених биљака на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2018)

		HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pd-деца	HI-деца
ANOVA	Локалитет	***	**	***	***
	Б.врста	***	***	***	**
	Локалитет x Б.врста	*	*	*	*

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Прилог 9- Хазардни индекси-Пластеник-2022.

Табела 8.41.Резултати двофакторске анализе варијанси за MPI-a и MBPI за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси у оквиру првог подтретмана-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

	I подтретман	MPI	MBCI-Ni	MBCI-Cd	MBCI-Pb
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***
	Биљна врста	***	***	***	***
	Локалитет x Биљна врста	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.42. Вредности HQ за Pb, Cd и Ni и HI за одрасле и децу по свежеј биљној маси у оквиру првог потретмана-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

	I подтретман	HQ-Ni-одрасли	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-одрасли	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-одрасли	HQ-Pb-деца	HI-одрасли	HI-деца
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***	***	***	***	***
	Биљна врста	***	***	***	***	***	***	***	***
	Локалитет x Биљна врста	***	***	***	***	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.43. Резултати двофакторске анализе варијанси за MPI-a и MBP_i за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси у оквиру другог подтретмана-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

II подтретман		MPI	MBCI-Ni	MBCI-Cd	MBCI-Pb
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***
	Биљна врста	***	***	***	***
	Локалитет x Биљна врста	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.44. Резултати двофакторске анализе варијанси за HQ за Pb, Cd и Ni и HI за одрасле и децу по свежеј биљној маси у оквиру другог подтретмана-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

II подтретман		HQ-Ni- одрасли	HQ-Ni- деца	HQ-Cd- одрасли	HQ-Cd- деца	HQ-Pb- одрасли	HQ-Pb- деца	HI- одрасли	HI- деца
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***	***	***	***	***
	Биљна врста	***	***	***	***	***	***	***	***
	Локалитет x Биљна врста	***	***	***	***	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.45. Резултати двофакторске анализе варијанси за MPI-a и MBP_i за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака ротквице-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Ротквица		MPI	MBCI-Ni	MBCI-Cd	MBCI-Pb
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***
	Третман	***	***	*	***
	Локалитет x Третман	***	***	*	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.46. Резултати двофакторске анализе варијанси за HQ за Pb, Cd и Ni и HI за одрасле и децу по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака ротквице-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Ротквица		HQ-Ni- одрасли	HQ-Ni- деца	HQ-Cd- одрасли	HQ-Cd- деца	HQ-Pb- одрасли	HQ-Pb- деца	HI- одрасли	HI- деца
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***	***	***	***	***
	Третман	***	***	**	**	***	***	***	***
	Локалитет x Третман	***	***	ns	ns	***	***	**	**

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 47. Резултати двофакторске анализе варијанси за MPI-a и MBP_i за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака зелене салате-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

	Зелена салата	MPI	MBCI-Ni	MBCI-Cd	MBCI-Pb
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***
	Третман	***	***	***	***
	Локалитет x Третман	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.48. Резултати двофакторске анализе варијанси за HQ за Pb, Cd и Ni и HI за одрасле и децу по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака зелене салате-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

	Зелена салата	HQ-Ni- одрасли	HQ-Ni- деца	HQ-Cd- одрасли	HQ-Cd- деца	HQ-Pb- одрасли	HQ-Pb- деца	HI- одрасли	HI- деца
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***	***	***	***	***
	Третман	***	***	ns	ns	***	***	***	***
	Локалитет x Третман	***	***	***	***	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.49. Вредности MPI-a и MBP_i за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси код биљака ражи-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Раж	Подтретман	MPI	MBCI-Ni	MBCI-Cd	MBCI-Pb
Депонија пепела ТЕ Косово Б Племетина	I подтретман (-NPK)	1.1499±0.0606	1.15066±0.0023	0±0.00	0.748±0.0366
	II подтретман (+NPK)	1.2811±0.1965	1.4546±0.0371	0±0.00	0.672±0.0080
Прилуке	I подтретман (-NPK)	1.9871±0.6078	0.3299±0.1111	0.5238±0.1704	0.0810±0.0253
	II подтретман (+NPK)	1.6215±0.1476	0.2431±0.0027	0.6523±0.1430	0.0478±0.0023
Грчаница	I подтретман (-NPK)	1.301±0.1178	0.1233±0.0029	0.5866±0.1331	0.0421±0.0006
	II подтретман (+NPK)	1.1797±0.0333	0.1061±0.0001	0.5666±0.0503	0.0375±0.0002
Липљан	I подтретман (-NPK)	1.3594±0.0272	0.1642±0.0061	0.1937±0.0250	0.0182±0.0007
	II подтретман (+NPK)	1.6213±0.2253	0.2060±0.0045	0.1708±0.0594	0.0284±0.0012
ANOVA	I подтретман (-NPK)	1.6432±0.0624	0.1450±0.0004	0.9±0.0881	0.0157±0.0006
	II подтретман (+NPK)	1.5070±0.2153	0.1336±0.0011	0.5777±0.1946	0.0210±0.0016
	Локалитет	**	***	***	***
ANOVA	Третман	ns	**	ns	**
	Локалитет x Третман	ns	***	*	***

Вредности у табели представљају средњу вредност (n=3) и стандардну девијацију.

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.50. Вредности MPI-a и MBP_i за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси код биљака грахорице-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Грахорица	Подтретман	MPI	MBCI-Ni	MBCI-Cd	MBCI-Pb
Депонија пепела ТЕ Косово Б Племетина	I подтретман (-NPK)	1.8457±0.1232	3.736±0.0682	0±0.00	1.0026±0.0323
	II подтретман (+NPK)	2.3383±0.1423	4.7106±0.1074	0±0.00	1.0213±0.0340
Прилуђе	I подтретман (-NPK)	1.7516±0.1564	0.4676±0.0017	0.5285±0.1362	0.0390±0.0004
	II подтретман (+NPK)	2.6463±0.4130	0.4769±0.0218	1.5285±0.5938	0.0465±0.0011
Грачаница	I подтретман (-NPK)	1.8308±0.0386	0.3020±0.0149	0.68±0.02	0.0410±0.0018
	II подтретман (+NPK)	2.3190±0.1572	0.4082±0.0335	0.8733±0.0808	0.0480±0.0018
Липљан	I подтретман (-NPK)	2.0699±0.1656	0.4735±0.1057	0.1895±0.0072	0.0229±0.0004
	II подтретман (+NPK)	2.1639±0.2799	0.3681±0.0096	0.1875±0.0488	0.0340±0.0030
ANOVA	Локалитет	ns	***	***	***
	Третман	***	***	**	*
	Локалитет x Третман	*	***	**	ns

Вредности у табели представљају средњу вредност (n=3) и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.51. Резултати двофакторске анализе варијанси за MPI-a и MBP_i за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака целера-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Целер	MPI	MBCI-Ni	MBCI-Cd	MBCI-Pb
ANOVA	Локалитет	***	***	***
	Третман	.	***	ns
	Локалитет x Третман	***	ns	ns

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.52. Резултати двофакторске анализе варијанси за HQ за Pb, Cd и Ni и HI за одрасле и децу по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака целера-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Целер	HQ-Ni- одрасли	HQ-Ni- деца	HQ-Cd- одрасли	HQ-Cd- деца	HQ-Pb- одрасли	HQ-Pb- деца	HI- одрасли	HI- деца
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***	***	***	***
	Третман	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	Локалитет x Третман	***	***	***	***	**	**	**

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.53. Резултати двофакторске анализе варијанси за MPI-a и MBP_i за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака периуна-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Периун	MPI	MBCI-Ni	MBCI-Cd	MBCI-Pb
ANOVA	Локалитет	***	***	***
	Третман	**	***	ns
	Локалитет x Третман	***	***	ns

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.54. Резултати двофакторске анализе варијанси за HQ за Pb, Cd и Ni и HI за одрасле и децу по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака перишун-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Перишун		HQ-Ni- одрасли	HQ-Ni- деца	HQ-Cd- одрасли	HQ-Cd- деца	HQ-Pb- одрасли	HQ-Pb- деца	HI- одрасли	HI- деца
ANOVA	Локалитет	**	**	**	***	**	**	**	***
	Третман	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
	Локалитет x Третман	*	*	ns	**	ns	ns	ns	ns

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.55. Резултати двофакторске анализе варијанси за MPI-a и MBPI за Pb, Cd и Ni по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака шаргарепа-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Шаргарепа		MPI	MBCI-Ni	MBCI-Cd	MBCI-Pb
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***
	Третман	*	***	*	***
	Локалитет x Третман	***	***	ns	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.56. Резултати двофакторске анализе двофакт варијанси за HQ за Pb, Cd и Ni и HI за одрасле и децу по свежеј биљној маси у јестивим деловима биљака шаргарепа-пластеник 2022 (Two-way ANOVA)

Шаргарепа		HQ-Ni- одрасли	HQ-Ni- деца	HQ-Cd- одрасли	HQ-Cd- деца	HQ-Pb- одрасли	HQ-Pb- деца	HI- одрасли	HI- деца
ANOVA	Локалитет	***	***	***	***	***	***	***	***
	Третман	**	**	ns	ns	***	***	**	***
	Локалитет x Третман	***	***	**	**	***	***	***	***

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.57. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима биљака ротквице гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022)

Ротквица	Подтретман	HQ-Ni- одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Депонија пепела ТЕ Косово Б Племетина	I подтретман (-NPK)	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000
	II подтретман (+NPK)	0.7839±0.0135	0.9314±0.0000	1.7261±0.0064	3.4415±0.0182
Прилуђе	I подтретман (-NPK)	0.6500±0.0127	1.7076±0.1164	2.0439±0.1000	4.4016±0.1186
	II подтретман (+NPK)	0.7024±0.0067	3.2729±1.2225	2.1844±0.0866	6.1598±1.3153
Грачаница	I подтретман (-NPK)	0.8880±0.0565	1.6946±0.3254	1.9774±0.0993	4.5602±0.4809
	II подтретман (+NPK)	0.9560±0.0132	2.1604±0.5940	3.0936±0.2184	6.2101±0.8188
Липљан	I подтретман (-NPK)	1.0685±0.0337	3.1953±1.1210	4.8974±0.1792	9.1613±1.3334
	II подтретман (+NPK)	1.0763±0.0051	3.8033±0.2016	3.7553±0.0320	8.2650±0.1680
ANOVA	I подтретман (-NPK)	0.7063±0.0051	3.8033±0.2016	3.7553±0.0320	8.2650±0.1680
	II подтретман (+NPK)	1.0562±0.0479	5.2263±1.1223	3.7553±0.2560	10.0379±1.4214
	Локалитет(Л)	***	***	***	***
	Третман(Т)	***	**	***	***
	Л x Т	***	ns	***	**

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.58. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима биљака ротквице гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022). (Two-way ANOVA).

Ротквица	Подтретман	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Депонија пепела Косово Б Племетина	I подтретман (-NPK)	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000
	II подтретман (+NPK)	0.9528±0.0165	1.1320±0.0000	2.0979±0.0077	4.1828±0.0221
Прилужје	I подтретман (-NPK)	0.7900±0.0154	2.0754±0.1415	2.4842±0.1215	5.3498±0.1442
	II подтретман (+NPK)	0.8537±0.0081	3.9779±1.4859	2.6549±0.1052	7.4867±1.5987
Грачаница	I подтретман (-NPK)	1.2861±0.0211	2.4528±0.5719	2.8077±0.1080	6.5467±0.6919
	II подтретман (+NPK)	1.0794±0.0687	2.0597±0.3955	2.4034±0.1207	5.5425±0.5845
Липљан	I подтретман (-NPK)	1.1619±0.0160	2.6257±0.7220	3.7601±0.2654	7.5478±0.9952
	II подтретман (+NPK)	1.2987±0.0410	3.8836±1.3624	5.9523±0.2178	11.1347±1.6206
ANOVA	I подтретман (-NPK)	0.8584±0.0062	4.6226±0.2451	4.5642±0.0389	10.0453±0.2042
	II подтретман (+NPK)	1.2838±0.0582	6.3522±1.3641	4.5642±0.3112	12.2002±1.7276
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***
	Третман(Т)	***	**	***	***
	Л x Т	***	ns	***	**

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.59. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима биљака зелене салате гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022) (Two-way ANOVA)

Зелена салата	Подтретман	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Депонија пепела Косово Б Племетина	I подтретман (-NPK)	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000
	II подтретман (+NPK)	0.3484±0.0056	0.7503±0.1681	0.6529±0.0042	1.7517±0.1629
Прилужје	I подтретман (-NPK)	0.2453±0.0035	0.9400±0.1045	0.7072±0.0237	1.8926±0.1118
	II подтретман (+NPK)	0.2507±0.0018	0.6770±0.0597	0.9548±0.2901	1.8826±0.2416
Грачаница	I подтретман (-NPK)	0.3001±0.0000	0.9616±0.0074	0.7244±0.0320	1.9862±0.0363
	II подтретман (+NPK)	0.2994±0.0033	0.7761±0.0905	0.6837±0.0036	1.7594±0.0922
Липљан	I подтретман (-NPK)	1.1819±0.0437	1.0392±0.0074	4.7446±0.1558	6.9658±0.1915
	II подтретман (+NPK)	0.2787±0.0076	1.1341±0.0651	0.7453±0.0056	2.1582±0.0693
ANOVA	I подтретман (-NPK)	0.2112±0.0030	1.2203±0.0454	0.7318±0.0256	2.1634±0.0678
	II подтретман (+NPK)	0.2250±0.0078	0.7287±0.0149	0.8414±0.0501	1.7953±0.0426
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***
	Третман(Т)	***	ns	***	***
	Л x Т	***	***	***	***

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.60. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима биљака зелене салате гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022) (Two-way ANOVA)

Зелена салата	Подтретман	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Депонија пепела Косово Б Племетина	TE				
	I подтретман (-NPK)	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000
	II подтретман (+NPK)	0.4192±0.0067	0.9028±0.2023	0.7857±0.0051	2.1077±0.1960
Прилуђе	I подтретман (-NPK)	0.2952±0.0042	1.1311±0.1258	0.8509±0.0285	2.2773±0.1345
	II подтретман (+NPK)	0.3017±0.0022	0.8146±0.0718	1.1489±0.3491	2.2652±0.2907
Грачица	I подтретман (-NPK)	0.3611±0.0000	1.1570±0.0089	0.8716±0.0385	2.3899±0.0437
	II подтретман (+NPK)	0.3603±0.0040	0.9339±0.1089	0.8227±0.0044	2.1170±0.1109
Липљан	I подтретман (-NPK)	1.4222±0.0526	1.2504±0.0089	5.7090±0.1874	8.3817±0.2304
	II подтретман (+NPK)	0.3354±0.0091	1.3646±0.0783	0.8969±0.0067	2.5969±0.0834
ANOVA	I подтретман (-NPK)	0.2542±0.0036	1.4683±0.0546	0.8805±0.0308	2.6032±0.0816
	II подтретман (+NPK)	0.2708±0.0094	0.8768±0.0179	1.0125±0.0603	2.1602±0.0513
ANOVA	Локалитет(L)	***	***	***	***
	Третман(T)	***	ns	***	***
	L x T	***	***	***	***

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.61. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима биљака целера гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022) (Two-way ANOVA)

Целер	Подтретман	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Депонија пепела Косово Б Племетина	TE				
	I подтретман (-NPK)	0.3512 ±0.0055	0.4070±0.0971	0.7430±0.0050	1.5013±0.0907
	II подтретман (+NPK)	0.3660 ±0.0112	0.5515±0.1796	0.7328±0.0288	1.6504±0.2063
Прилуђе	I подтретман (-NPK)	0.2615 ±0.0065	0.5567±0.0398	0.8150±0.0129	1.6333±0.0574
	II подтретман (+NPK)	0.3022 ±0.0427	0.5191±0.0430	0.6614±0.0204	1.4829±0.0232
Грачица	I подтретман (-NPK)	0.3392 ±0.0067	0.9115±0.1180	0.7619±0.0059	2.0127±0.1085
	II подтретман (+NPK)	0.4760 ±0.0055	1.2216±0.1786	1.0234±0.1842	2.7211±0.3683
Липљан	I подтретман (-NPK)	0.3038 ±0.0089	0.9883±0.0295	1.2176±0.1391	2.5098±0.1766
	II подтретман (+NPK)	0.4000 ±0.0115	0.8305±0.0318	1.1391±0.0518	2.3697±0.0935
ANOVA	I подтретман (-NPK)	0.2266 ±0.0057	1.1082±0.1049	0.9489±0.0136	2.2837±0.0860
	II подтретман (+NPK)	0.2852 ±0.0019	0.6218±0.0557	0.8057±0.0157	1.7128±0.0687
ANOVA	Локалитет(L)	***	***	***	***
	Третман(T)	***	ns	ns	ns
	L x T	***	***	**	***

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.62. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима биљака целера гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022) (Two-way ANOVA)

Целер	Подтретман	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Депонија пепела Косово Б Племетина	ТЕ I подтретман (-NPK)	0.4226±0.0067	0.4898±0.1168	0.8940±0.0060	1.8065±0.1091
	II подтретман (+NPK)	0.4404±0.0135	0.6636±0.2161	0.8817±0.0346	1.9858±0.2482
	I подтретман (-NPK)	0.3147±0.0078	0.6698±0.0479	0.9806±0.0155	1.9652±0.0691
	II подтретман (+NPK)	0.3637±0.0514	0.6247±0.0518	0.7959±0.0245	1.7843±0.0280
Прилуђе	I подтретман (-NPK)	0.4082±0.0080	1.0968±0.1420	0.9167±0.0071	2.4218±0.1305
	II подтретман (+NPK)	0.5728±0.0066	1.4699±0.2149	1.2314±0.2217	3.2742±0.4431
Грачаница	I подтретман (-NPK)	0.3656±0.0107	1.1892±0.0355	1.4651±0.1674	3.0200±0.2125
	II подтретман (+NPK)	0.4813±0.0139	0.9993±0.0383	1.3707±0.0623	2.8513±0.1125
Липљан	I подтретман (-NPK)	0.2726±0.0068	1.3334±0.1263	1.1418±0.0164	2.7479±0.1034
	II подтретман (+NPK)	0.3432±0.0023	0.7482±0.0670	0.9695±0.0189	2.0610±0.0827
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***
	Третман(Т)	***	ns	ns	ns
	Л x Т	***	***	**	***

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.63. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима биљака першуна гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022) (Two-way ANOVA)

Перишун	Подтретман	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Депонија пепела ТЕ Косово Б	I подтретман (-NPK)	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000
	II подтретман (+NPK)	0.2315±0.0033	0.4570±0.1159	0.6431±0.0364	1.3317±0.1276
Племетина	I подтретман (-NPK)	0.2520±0.0149	0.5950±0.1797	0.7059±0.0036	1.5531±0.1915
	II подтретман (+NPK)	0.2718±0.0069	0.7718±0.0970	0.6332±0.0213	1.6770±0.0692
Прилуђе	I подтретман (-NPK)	0.3382±0.0019	0.3880±0.0129	0.8464±0.0524	1.5728±0.0385
	II подтретман (+NPK)	0.3717±0.0338	0.3665±0.0373	0.7552±0.0331	1.4935±0.1041
Грачаница	I подтретман (-NPK)	0.3898±0.0056	0.6252±0.1831	1.6632±0.2836	2.6783±0.2266
	II подтретман (+NPK)	0.3837±0.0080	0.5950±0.1105	0.9092±0.0064	1.8881±0.1223
Липљан	I подтретман (-NPK)	0.2548±0.0011	0.5002±0.0298	1.0940±0.0097	1.8491±0.0384
	II подтретман (+NPK)	0.3096±0.0014	0.8365±0.1346	0.8390±0.00	1.9852±0.1360
ANOVA	Локалитет(Л)	***	***	***	***
	Третман(Т)	***	***	**	**
	Л x Т	***	**	***	***

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.64. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима биљака периуна гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022) (Two-way ANOVA)

Периун	Подтретман	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Депонија пепела Косово Б Племетина	ТЕ				
	I подтретман (-NPK)	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000
	II подтретман (+NPK)	0.2786±0.0040	0.5499±0.1395	0.7738±0.0438	1.6024±0.1535
Прилуђе	I подтретман (-NPK)	0.3032±0.0179	0.7160±0.2162	0.8494±0.0044	1.8687±0.2304
	II подтретман (+NPK)	0.3271±0.0083	0.9287±0.1168	0.7619±0.0256	2.0179±0.0833
Грачаница	I подтретман (-NPK)	0.4070±0.0023	0.4669±0.0155	1.0184±0.0630	1.8924±0.0463
	II подтретман (+NPK)	0.4472±0.0407	0.4410±0.0449	0.9087±0.0398	1.7970±0.1252
Липљан	I подтретман (-NPK)	0.4690±0.0067	0.7523±0.2203	2.0013±0.3412	3.2227±0.2727
	II подтретман (+NPK)	0.4617±0.0096	0.7160±0.1329	1.0940±0.0077	2.2719±0.1472
ANOVA	I подтретман (-NPK)	0.3066±0.0013	0.6018±0.0359	1.3164±0.0117	2.2249±0.0462
	II подтретман (+NPK)	0.3725±0.0017	1.0066±0.1620	1.0095±0.0000	2.3887±0.1637
	Локалитет(Л)	***	***	***	***
	Третман(Т)	***	***	**	**
	Л x Т	***	**	***	***

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.65. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у јестивим деловима шаргарепе гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022) (Two-way ANOVA)

Шаргарепа	Подтретман	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Депонија пепела ТЕ Косово Б	I подтретман (-NPK)	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000
	II подтретман (+NPK)	0.6610±0.0179	1.0608±0.2753	1.9885±0.0320	3.7104±0.3155
Племетина	I подтретман (-NPK)	0.6681±0.04039	1.9793±0.5717	2.5023±0.1664	5.1497±0.4442
	II подтретман (+NPK)	0.6306±0.0121	1.3454±0.1185	2.0550±0.1386	4.0311±0.0445
Прилуђе	I подтретман (-NPK)	0.8906±0.0605	1.6170±0.2938	2.2214±0.1088	4.7291±0.4624
	II подтретман (+NPK)	0.6164±0.1940	1.6946±0.3926	2.2768±0.0929	4.5879±0.6412
Грачаница	I подтретман (-NPK)	0.7587±0.0168	1.5006±0.3585	3.9031±0.0293	6.1625±0.3465
	II подтретман (+NPK)	0.7554±0.0044	1.2031±0.2930	4.5352±0.1152	6.4938±0.2144
Липљан	I подтретман (-NPK)	0.6410±0.0089	1.6041±0.2912	3.5963±0.0230	5.8415±0.3127
	II подтретман (+NPK)	0.6998±0.0162	1.0866±0.2053	3.7146±0.0192	5.5012±0.1865
ANOVA	I подтретман (-NPK)	0.6998±0.0162	1.0866±0.2053	3.7146±0.0192	5.5012±0.1865
	Локалитет(Л)	***	***	***	***
	Третман(Т)	**	ns	***	**
	Л x Т	***	**	***	***

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.66. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у јестивим деловима шаргарепе гајених на различитим третманима-локалитетима (Пластеник 2022) (Two-way ANOVA)

Шаргарепа	Подтретман	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Депонија пепела Косово Б Племетина	I подтретман (-NPK)	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000
	II подтретман (+NPK)	0.8034±0.0217	1.2893±0.3346	2.4168±0.0389	4.5096±0.3835
Прилуђе	I подтретман (-NPK)	0.8121±0.0490	2.4056±0.6948	3.0413±0.2023	6.2590±0.5399
	II подтретман (+NPK)	0.7665±0.0147	1.6352±0.1441	2.4977±0.1685	4.8994±0.0541
Грачаница	I подтретман (-NPK)	1.0825±0.0735	1.9654±0.3571	2.6999±0.1322	5.7478±0.5620
	II подтретман (+NPK)	0.7492±0.2358	2.0597±0.4771	2.7672±0.1130	5.5762±0.7793
Липљан	I подтретман (-NPK)	0.9221±0.0204	1.8238±0.4357	4.7439±0.0356	7.4900±0.4212
	II подтретман (+NPK)	0.9182±0.0054	1.4622±0.3561	5.5121±0.1400	7.8926±0.2606
ANOVA	I подтретман (-NPK)	0.7790±0.0108	1.9496±0.3540	4.3710±0.0280	7.0998±0.3800
	II подтретман (+NPK)	0.8506±0.0197	1.3207±0.2495	4.5148±0.0233	6.6862±0.2267
ANOVA	Локалитет(L)	***	***	***	***
	Третман(T)	**	ns	***	**
	L x T	***	**	***	***

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Прилог 10-Хазардни индекси-Стакленик-2019.

Табела 8.67. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у корену и листовима биљака целера гајених конвенционалним и органским начином производње (Стакленик 2019) (Two-way ANOVA)

Целер	производња	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Корен	органска	0.8410±0.2458	4.3575±1.3158	10.8553±1.2318	16.0539±2.1166
	конвенционална	1.5072±0.1472	6.1640±2.9636	9.6018±5.5924	17.2731±8.4073
Лист	органска	0.1164±0.0199	0.6652±0.0640	2.3658±2.2838	3.1474±2.3263
	конвенционална	0.3651±0.2714	3.5698±3.7806	1.6056±1.2759	5.5406±5.3249
ANOVA	орган (O)	***	.	**	**
	гајење (Г)	**	Ns	ns	ns
	O x Г	ns	Ns	ns	ns

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.68. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у корену и листовима биљака целера гајених конвенционалним и органским начином производње (Стакленик 2019) (Two-way ANOVA)

Целер	производња	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Корен	органска	1.0222±0.2987	5.2961±1.5993	13.1936±1.4972	19.5121±2.5726
	конвенционална	1.8319±0.1789	7.4918±3.6020	11.6701±6.7971	20.9939±10.2183
Лист	органска	0.1400±0.0239	0.8004±0.0770	2.8466±2.7480	3.7872±2.7992
	конвенционална	0.4393±0.3265	4.2953±4.5490	1.9320±1.5353	6.6668±6.4072
ANOVA	орган (O)	***	.	**	**
	гајење (Г)	**	Ns	ns	ns
	O x Г	ns	Ns	ns	ns

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.

Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.69. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у корену и листовима биљака першуна гајених конвенционалним и органским начином производње (Стакленик 2019) (Two-way ANOVA)

Першун	производња	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Корен	органска	0.3730±0.0767	13.8307±11.6797	10.2941±1.3142	24.4978±11.1470
	конвенционална	1.3414±0.2546	3.5902±1.5987	4.3251±0.1468	9.2567±1.6654
Лист	органска	0.1012±0.0444	0.4340±0.2442	1.4317±0.4741	1.9669±0.7417
	конвенционална	0.3403±0.0136	3.5276±2.8928	5.5539±4.0430	9.4219±6.3054
ANOVA	орган (O)	***	.	*	*
	гајење (Г)	***	Ns	ns	ns
	O x Г	**	.	**	*

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.70. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у корену и листовима биљака першуна гајених конвенционалним и органским начином производње (Стакленик 2019) (Two-way ANOVA)

Першун	производња	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Корен	органска	0.4533±0.0933	16.8099±14.1956	12.5116±1.5973	29.7749±13.5482
	конвенционална	1.6304±0.3095	4.3635±1.9431	5.2567±0.1784	11.2507±2.0242
Лист	органска	0.1218±0.0534	0.5222±0.2939	1.7227±0.5705	2.3667±0.8924
	конвенционална	0.4095±0.0164	4.2446±3.4808	6.6828±4.8648	11.3369±7.5870
ANOVA	орган (O)	***	.	*	*
	гајење (Г)	***	Ns	ns	ns
	O x Г	**	.	**	*

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.71. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (одрасли) у корену и листовима биљака шаргарепе гајених конвенционалним и органским начином производње (Стакленик 2019) (Two-way ANOVA)

Шаргарепа	Производња	HQ-Ni-одрасли	HQ-Cd-одрасли	HQ-Pb-одрасли	HI-одрасли
Корен	Органска	0.4827±0.1953	4.6500±2.8700	6.8045±5.4396	11.9373±8.4901
	Конвенционална	0.7880±0.1893	4.7049±0.4846	3.5067±1.8228	8.9997±1.4941
Лист	Органска	0.1117±0.0254	0.6054±0.4214	2.0848±0.6857	2.8021±1.0801
	Конвенционална	0.2560±0.0224	1.4483±0.1591	2.8849±1.3897	4.5893±1.2144
ANOVA	орган (O)	***	**	ns	*
	гајење (Г)	*	Ns	ns	ns
	O x Г	ns	Ns	ns	ns

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.
Ниво значајности: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 ns 'није статистички значајно'.

Табела 8.72. Вредности HQ и HI за Pb, Cd и Ni по сувој маси (деца) у корену и листовима биљака шаргарепе гајених конвенционалним и органским начином производње (Стакленик 2019) (Two-way ANOVA)

Шаргарепа	Производња	HQ-Ni-деца	HQ-Cd-деца	HQ-Pb-деца	HI-деца
Корен	Органска	0.5867±0.2374	5.6516±3.4882	8.2702±6.6114	14.5087±10.3189
	Конвенционална	0.9577±0.2301	5.7184±0.5890	4.2621±2.2154	10.9384±1.8159
Лист	Органска	0.1345±0.0305	0.7285±0.5070	2.5086±0.8251	3.3716±1.2997
	Конвенционална	0.3081±0.0269	1.7426±0.1915	3.4713±1.6722	5.5221±1.4613
ANOVA	орган (O)	***	**	ns	*
	гајење (Г)	*	Ns	ns	ns
	O x Г	ns	Ns	ns	ns

Вредности у табели представљају средњу вредност и стандардну девијацију.

Ниво значајности: 0 ‘***’, 0.001 ‘**’, 0.01 ‘*’, 0.05 ‘.’, 0.1 ‘ ’ 1 ns ‘није статистички значајно’.

Биографија аутора



Милица М. Станковић, рођена је 25.07.1987 године у Прилужју. Основну школу у Прилужју завршила је 2002. године, а средњу Медицинску школу са домом ученика, смер фармацеутски техничар 2006. године у Косовској Митровици. Основне академске студије на одсеку за Биологију, Природно-математичког факултета Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, уписала је школске 2006/2007. године, где је дипломирала 2011. године са просечном оценом 8,83 и одбранила дипломски рад са оценом 10. Докторске академске студије на Одсеку за биологију истог факултета уписала је школске 2016/17. године.

У периоду 2017/2018. године ангажована је на одсеку за Биологију Природно-математичког факултета у Косовској Митровици, на извођењу вежби из предмета „Физиологија биљака” и „Биохемија”. У звање асистента за научну област Биолошке науке, ужа научна област Ботаника, изабрана је 2018. године на Природно-математичком факултету Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици. У току свог научно-истраживачког рада као аутор или коаутор до сада је објавила два научна рада у међународним часописима категорије М20 (један М22 и један М23), и пет саопштења М34.

Изјава о ауторству

Потписани: Милица Станковић

број индекса: 6/2016

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Акумулација тешких метала у поврћу и ратарским биљним врстама са загађених локалитета територије Косова и Метохије-процена квалитета, здравствене исправности и потенцијалног ризика по здравље локалног становништва

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Косовској Митровици, 21. 10. 2025.

Потпис докторанда

М. Станковић

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Милица Станковић

Број индекса: 6/2016

Студијски програм: Биологија

Наслов рада: Акумулација тешких метала у поврћу и ратарским биљним врстама са загађених локалитета територије Косова и Метохије-процена квалитета, здравствене исправности и потенцијалног ризика по здравље локалног становништва

Ментори: др Слободанка Пајевић, редовни професор и др Татјана Јакшић, редовни професор

Потписани: Милица Станковић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предала за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици.

У Косовској Митровици, 21.10.2025.

Потпис докторанда

М. Станковић

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици и Национални репозиторијум докторских дисертација унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Акумулација тешких метала у поврћу и ратарским биљним врстама са загађених локалитета територије Косова и Метохије-процена квалитета, здравствене исправности и потенцијалног ризика по здравље локалног становништва, која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предала сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици и Национални репозиторијум докторских дисертација могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучила.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
- ☒ 3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа)

У Косовској Митровици, 21.10.2025.

Потпис докторанда

М. Себановић

1. Ауторство – Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство – делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.