

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Мр Станко Б. Милић

ДИСТРИБУЦИЈА И ОБЛИЦИ ФОСФОРА
У КАРБОНАТНОМ ЧЕРНОЗЕМУ У
ЗАВИСНОСТИ ОД СИСТЕМА ГАЈЕЊА
КУКУРУЗА

докторска дисертација

Београд, 2016.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Mr Stanko B. Milić

DISTRIBUTION AND FORMS OF
PHOSPHORUS IN CARBONATE
CHERNOZEM DEPENDING ON MAIZE
GROWING SYSTEMS

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:

Ментор:

Др Бранка Жарковић, ванредни професор
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду

Чланови комисије:

Др Мирјана Кресовић, редовни професор
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду

Др Даринка Богдановић, редовни професор
Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Сад

Др Јовица Васин, виши научни сарадник
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

Др Драган Чакмак, виши научни сарадник
Институт за земљиште, Београд

Датум одбране докторске дисертације: _____

Захвалница

Овим путем желим да се захвалим свима који су дали свој допринос и на било који начин помогли у изради ове докторске дисертације.

Највећу захвалност дугујем свом ментору др Бранки Жарковић за велику подршку и значајан допринос у реализацији и писању ове дисертације. Такође, велику захвалност дугујем и члану комисије др Јовици Васин на безрезервној подршци и стручним сугестијама током целокупног процеса израде докторске дисертације.

Велику захвалност дугујем и покојном проф. др Срђану Благојевићу на подршци и разумевању у почетним фазама ове докторске тезе.

Желим да се захвалим и осталим члановима комисије, проф. др Даринки Богдановић, и др Драгану Чакмаку који су својим саветима и идејама пружили несебичну стручну помоћ. Проф. др Мирјани Кресовић, такође, хвала лепо.

Посебну захвалност за значајни допринос током истраживачког рада у лабораторији дугујем својим колегама др Јордани Нинков, др Срђану Шеремешкићу, др Јелени Маринковић, др Тијани Зеремски, дипл.инж. Бранки Мијић, лаборанту Драгани Магош, као и свим запосленим у Лабораторији за земљиште и агрокологију, Института за ратарство и повртарство, који су на посредан или непосредан начин дали свој допринос у реализацији ове тезе.

Такође велику захвалност дугујем колегиници дипл. хем. Весни Радовановић на значајној помоћи током читавог периода израде ове докторске дисертације.

На крају, али никако на последњем месту, желим да се захвалим својој породици. Без њихових савета, подршке и разумевања живот не би био тако испуњен и обојен а посао тако занимљив и инспиративан.

За моју Соњу...

Аутор

Ова докторска дисертација представља део резултата пројекта ТР 31072 под називом „Стање, тенденције и могућност и повећања плодности пољопривредног земљишта у Војводини“, а који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

ДИСТРИБУЦИЈА И ОБЛИЦИ ФОСФОРА У КАРБОНАТНОМ ЧЕРНОЗЕМУ У ЗАВИСНОСТИ ОД СИСТЕМА ГАЈЕЊА КУКУРУЗА

Резиме

Обзиром да фосфор представља необновљив извор и чини један од главних ослонаца модерне пољопривреде тренд глобалних истраживања креће се у смеру ефикасније употребе фосфорних ђубрива, његовог рециклирања као и коришћења алтернативних извора.

Основа ових истраживања заснива се на праћењу утицаја плодосмене и ђубрива (стајњак, жетвени остаци и минерална ђубрива), на заступљеност фосфора и његових фракција у различитим слојевима ризосфере дугогодишњом применом одређених система гајења кукуруза. За предвиђена испитивања у оквиру ове дисертације коришћени су узорци земљишта са дугогодишњег огледа Института за ратарство и повртарство на огледном пољу Римски Шанчеви. Оглед је постављен као трофакторијални, изведен у четири понављања, по плану подељених парцелица (сплит–плот дизајн огледа, са рандомизираним распоредом варијанти). У истраживању су обрађени следећи фактори: 1. системи ђубрења: Монокултура (контрола, NPK, NPK+кукурузовина, NPK+стајњак) и двопоље - кукуруз/јечам (стајњак, NPK+стајњак), 2. дубине земљишта: 0-20 cm; 20-40 cm; 40-60 cm, 3. хибриди кукуруза: NS 3014; NS 4015; NS 5043; NS 6010; NS 6030. У оквиру истраживања предвиђено је фазно узимање узорака земљишта, након бербе кукуруза и током вегетације у појединим подпериодима вегетације (2-3 листа, 5-7 листова, свилање, млечна зрелост). Такође извршено је и анализа биљног материјала (узорковање првог листа до клипа), а на крају вегетације извршена је анализа приноса и морфолошких особина.

Током истраживања праћен је велики број параметара физичких и хемијских особина земљишта: механички састав, фракционисање структурних агрегата, садржај, основна хемијска својства земљишта, укупни и приступачни садржај микроелеманата и тешких метала, садржај укупног фосфора, садржај органског фосфора, фракционација неорганског фосфора за карбонатна земљишта, фракционација органског фосфора у земљишту, микробиолошке

особине земљишта, одређивање укупних количина макро и микроелемената у биљном материјалу, принос и компоненте приноса.

Вишегодишња примена минералних и органских ђубрива различито се одразила на садржај хумуса и укупног азота. Највећи садржај укупне органске материје је добијен у варијанти двопоља са стајњаком и минералним ђубривима. Статистички значајно веће вредности садржаја органске материје утврђене су код варијанти ДВС+НРК, како у слоју 0-20 cm тако и 20-40 cm, у односу на друге система гајења кукуруза. На свим парцелема утврђен је негативан тренд садржаја органске материје тј. смањења у поређењу са њеним садржајем при заснивању стационарног огледа 1962. године. Третмани у систему двопоља и континуираног уноса стајњака одржавају ниво почетног стања у погледу реакције земљишта и садржај калцијум карбоната у нешто алкалнијој средини. Статистички значајно ниже вредности реакције земљишта утврђене су на све три варијанте без употребе стајњака. Примена минералних и органских ђубрива различито се одразила на садржај лакоприступачног калијума након четрдесет година. Карактеристично за све третмане је да се вредности калијума по дубини анализираних слојева разликују само у дубина земљишта 40-60 cm, као најмањој, док између дубина земљишта 0-20 и 20-40 cm нема значајних разлика.

Највећа вредност лакоприступачног фосфора забележена је на третману двопоље са органским и минералним ђубривом на свим посматраним дубинама. Садржај лакоприступачног фосфора на третману двопоље стајњак, указује на одрживост фосфора у систему производње без минералних ђубрива, и има вредности као и у тренутку постављања огледа пре 40 година. Ово може бити интересантан индикатор за органски начин производње. Садржај укупног фосфора значајно варира у испитиваним третманима као и дубини праћења. Повећање укупног садржаја фосфора у односу на контролну варијанту износи од 23% (третмани НРК; НРК кукурузовина) до 70% на третману двопоље стајњак са минералним ђубривом. Кретање вредности садржаја органског фосфора по испитиваним третманима у складу су са вредностима укупног фосфора. Највећи садржај забележен је на третманима са уносом стајњака. Секвенцијална анализа различитих фракција фосфора на свим испитиваним третманима указује на доминацију фосфата везаних за калцијум. Садржај ове фракције у укупном

неорганском фосфору креће се од 56,5% до 86,1% у зависности од третмана. Највећа заступљеност фракције Са-Р утврђена је на третманима без употребе органске материје. Насупрот томе, на третманима са уношењем органске материје, фракција везана за ову групу има знатно нижи удео у укупном, неорганском фосфору. Карактеризација различитих облика органског фосфора показује јасно разграничење између посматраних третмана. Значајне разлике на свим посматраним фракцијама и дубинама раздвајају две основне групе, са и без употребе органских ђубрива, при чему су највеће вредности регистроване управо на третманима са уносом стајњака. Раздвајање третмана кроз компонентну анализу карактеристична је за прве две дубине посматрања (0-20 и 20-40 cm), док у односу на дубину 40-60 cm нема јасног одвајања, што указује на сличну варијабилност карактера у овом слоју. Испитивање корелационих односа анализом основних компонентни (РСА) показује јасно раздвајање између третмана са стајњаком, минералним ђубривом и контроле. Највећи допринос у формирању варијабилности имају следећи карактери: укупни и органски фосфор, P_2O_5 , базна фосфатаза, В и С фракција неорганског фосфора, укупни и органски угљеник, укупни азот и K_2O . Ово потврђују и остварене статистичке значајности НЗР теста између анализираних компоненти као и директни корелациони односи између посматраних особина.

Примена само NPK ђубрива највише је утицала на повећање бројности гљива. На дубини 0-20 cm примена NPK ђубрива стимулисала је развој актиномицета, а на дубини 20-40 cm и раст азотобактера, олигонитрофила гљива и копиотрофа. Уношење органске материје највише је утицало на повећање бројности различитих физиолошких група бактерија, а нешто мање на заступљеност актиномицета. Бројност гљива значајно се повећала само у површинском слоју земљишта (0-20 cm), где је поред минералних NPK ђубрива заорана и кукурузовина.

Анализа агрегатних фракција након мокрог просејавања земљишта показала је да доминирају микроагрегати ($<250 \mu m$) и то на све три истраживане дубине. Највећа заступљеност ситних макроагрегата ($<53 \mu m$) је утврђена код ДВС+NPK и NPK варијанти гајења кукуруза што се говори о распрашености земљишта у слоју 0-20 cm. У слоју 20-40 cm повећава се удео макроагрегата и

процентуална заступљеност (53-250 μm) је највећа, изузев на варијанти ДВС. У слоју земљишта 40-60 cm изражена је доминација агрегатних фракција 53-250 μm . У све три дубине земљишта (0-60 cm) најмањи је процентуални удео крупних макроагрегата (>2000 μm). Упоредивањем укупне садржаја OM и диференцијалног садржаја SOC у различитим фракцијама структурних агрегата показује да макроагрегати (>250 μm) имају значајно већи садржај SOC од укупног садржаја OM у земљишту. Када се анализира садржај C у агрегатима код различитих система ратерења у слоју 0-20 cm утврђено је да примена стајњака утиче на повећан садржај C у макроагрегатима. Наша истраживања показују да садржај фосфора у појединим фракцијама агрегата прате садржај органског угљеника што је у складу са позитивним корелационим односом ових испитиваних компоненти.

У површинском слоју земљишта, ниједан од испитиваних ME и TM не прелази МДК за пољопривредно земљиште. Њихови садржаји су униформни садржај у слоју земљишта 20-40 cm у односу на површински слој, што потврђује да не постоји антропогено загађење. Садржај приступачних ME и TM је у високој корелацији са њиховим укупним садржајем. Највеће вредности за већину приступачних тешких метала су забележене на третману NPK+стајњак.

У години испитивања, као и за вишегодишњи период посматрања, најнижи принос је остварен на контролној варијанти при гајењу кукуруза у монокултури. Примена минералног NPK ђубрива у нашим испитивањима значајно се одразила на принос у односу на контролни третман. Значајан принос остварен је на третману двопоље са искључивом применом стајњака (ДВС). Како се од њега статистички значајно разликује само третман ДВС+NPK као најприноснији од свих. Остварени резултати доприносе свеобухватном сагледавању ефекта примењених система ђубрења у правцу унапређења производње кукуруза, уз истовремену одрживост агроекосистема, са нагласком на земљиште као основни ресурс у пољопривреди.

Кључне речи: фосфор, кукуруз, карбонатни чернозем, фракционација органског и неоргаског фосфор, структура земљишта, принос.

Научна област: Биотехничке науке

Ужа научна област: Агрохемија

УДК број: 633.15:631.445.4(043.3)

PHOSPHORUS DISTRIBUTION AND FORMS IN CARBONATE CHERNOZEM DEPENDING ON MAIZE GROWING SYSTEMS

Summary

Since phosphorus is a non-renewable resource and one of the main pillars of modern agriculture, global studies are directed toward more efficient use of phosphorus fertilizers, its recycling, and the use of alternative sources.

This study is based on monitoring the effect of crop rotation and fertilizers (manure, harvest residues and mineral fertilizers) on the presence of phosphorus and its fractions in different layers of rhizosphere by long-term use of particular maize growing systems. Soil samples for the study within this dissertation were taken from long-term trial of the Institute of Field and Vegetable Crops at Rimski Šančevi. The trial was set up as three-factorial, and replicated four times, according to the plan of divided plots (split-plot design with randomized variants). The following factors were analysed: 1. Fertilizing systems: single-crop system (control, NPK, NPK+maize remains, NPK+manure) and two-crop rotation – maize/barley (manure, NPK+manure); 2. Soil depth: 0-20 cm; 20-40 cm; 40-60 cm; 3. Maize hybrids: NS 3014; NS 4015; NS 5043; NS 6010; NS 6030. Within the study, phase soil sampling was planned after the maize harvest and during growing period in particular sub-periods of the growing season (2-3 leaves, 5-7 leaves, silking stage, milk stage). Additionally, plant material was analysed by sampling the first leaf to an ear, as well as yield and morphological traits at the end of growing period.

Large number of physical and chemical trait parameters of soil was monitored during the study: mechanical composition, fractionation of structural aggregates, basic chemical characteristics of soil, total and available content of trace elements and heavy metals, content of total phosphorus, content of organic phosphorus, fractionation of inorganic phosphorus for carbonate soils, fractionation of organic phosphorus in the soil, microbiological traits of soil, determination of total macro and trace element amounts in plant material, yield and yield components.

Long-term implementation of mineral and organic fertilizers variously affected content of humus and total nitrogen. The content of total organic matter was the highest in the variant of two-crop rotation with manure and mineral fertilizers. Statistically

significantly higher values of organic matter content were found in variants DVS+NPK, both in 0-20 cm layer and 20-40 cm, compared to other maize growing systems. Negative trend of organic matter content was found on all plots, i.e. decrease compared to its content during stationary trial establishment in 1962. Treatments in two-crop systems and continuous manure application maintain the level of the initial condition in terms of soil reaction and content of calcium carbonate in slightly alkaline environment. Statistically significant low values of soil reactions were found in all three variants with manure application. Application of mineral and organic fertilizers variously affected the content of readily available potassium after forty years. What is characteristic to all treatments is that potassium values per depth of analysed layers were different only in 40-60 cm soil depth, as the lowest, while there were no significant differences between 0-20 and 20-40 cm soil depths.

The highest value of readily available phosphorus was found in the treatment of two-crop rotation with organic and mineral fertilizers in all studied depths. The content of readily available phosphorus in the treatment of two-crop rotation with manure points out the sustainability of phosphorus in production systems without mineral fertilizers and has the same values as at the moment of trial establishment 40 years ago. This can be an interesting indicator for organic production. Total phosphorus content significantly varied both in the studied treatments and monitoring depths. Total phosphorus increased compared to the control by 23% (NPK treatments; NPK maize stalks) and 70% in the treatment of two-crop rotation with manure and mineral fertilizer. Organic phosphorus content per studied treatments ranges accordingly with the values of total phosphorus. The highest content was found in the treatments with manure application. Sequential analysis of different phosphorus fractions in all tested treatments showed dominance of phosphates bound to calcium. Content of this fraction in total inorganic phosphorus ranged from 56.5% to 86.1%, depending on the treatment. The greatest presence of Ca-P fraction was determined in treatments without the use of organic matter. Nonetheless, in the treatments with application of organic matter, fraction related to this group had significantly lower share in total, inorganic phosphorus. Characterisation of different types of organic phosphorus showed clear demarcation among studied treatments. Significant differences in all studied fractions and depths divided two basic groups, with and without use of organic fertilizers,

wherein the highest values were actually found in the treatments with manure application. Division of treatments through componential analysis was characteristic for the first two depths of study (0-20 and 20-40 cm), while there was no clear demarcation compared to 40-60 cm depth, which showed similar variability of characters in this layer. Testing correlations by primary component analysis (PCA) showed clear demarcation among treatments with manure, mineral fertilizers and control. The greatest contribution in formation of variability belonged to the following characters: total and organic phosphorus, P_2O_5 , base phosphatase, V and S fraction of inorganic phosphorus, total and organic carbon, total nitrogen and K_2O . This was also proved by achieved statistical significances of LSD test between analysed components, as well as by direct correlation between the studied traits.

Application of only NPK fertilizer mostly affected the increase of fungi abundance. In 0-20 cm depth, application of NPK fertilizer stimulated the development of actinomycetes, while in 20-40 cm depth it stimulated the growth of azotobacter, fungi oligonitrophyls and copiotrophs. Application of organic matter mostly affected abundance of different physiological bacterial groups, and somewhat less the abundance of actinomycetes. Fungi abundance significantly increased in topsoil only (0-20 cm), where maize stalks were ploughed in with NPK fertilizers.

Analysis of aggregate fractions after soil wet sieving showed dominance of micro aggregates (<250 μm) in all three studied depths. The greatest presence of small macro aggregates (<53 μm) was determined in DVS+NPK and NPK maize growing variants, which indicated soil dispersion in 0-20 cm layer. In 20-40 cm layer, the share of macro aggregates increased and percentage presence (53-250 μm) was the highest, except in DVS variant. Dominance of 53-250 μm aggregate fractions was indicated in 40-60 cm layer. The percentage share of large macro aggregates (>2000 μm) was the lowest in all three soil depths (0-60 cm). Comparison of total OM content and differential SOC content in different fractions of structural aggregates showed that macro aggregates (>250 μm) have had significantly higher SOC content than total OM content in the soil. When C content was analysed in 0-20 cm layer in aggregates of different farming systems, it was found that manure application increased C content in macro aggregates. This study showed that phosphorus content in particular aggregate

fractions followed the content of organic nitrogen, which is in accordance with positive correlation of these tested components.

None of the tested trace elements and heavy metal exceeded the MAC for agricultural land in topsoil. Their contents were uniform in 20-40 cm soil layer, which confirmed that there was no anthropogenic pollution. The content of readily available trace elements and heavy metals was highly correlated to their total content. The highest values for the most of the available heavy metals were recorded in the treatment NPK+manure.

In the year of the study, as well as for the long-term period of study, the lowest yields were achieved in the control variant of maize cultivation in single-crop system. Application of mineral NPK fertilizer in this study significantly affected the yield, compared to the control. Significant yield was achieved in the treatment of two-crop rotation with application of manure only (DVS). Only the treatment DVS+NPK, as the most yielding of them all, was statistically significantly different than the previous one.

The achieved results contribute to the overall perception of the applied fertilization system effects in direction of maize production development, with simultaneous sustainability of the agroecosystems and an emphasis on soil as the principal agricultural resource.

Keywords: phosphorus, maize, carbonate chernozem, fractionation of organic and inorganic phosphorus, soil structure, yield.

Scientific area: Biotechnical sciences

Closer scientific area: Agro-chemistry

UDK number: 633.15:631.445.4(043.3)

Скраћенице коришћене у дисертацији

<i>OM</i>	Органска материја земљишта
<i>C</i>	Угљеник (у органској материји земљишта)
<i>N</i>	Укупни азот у узорку земљишта
<i>SOC</i>	Органски угљеник у органској материји земљишта
\emptyset	Контролна варијанта (кукуруз у монокултури без ђубрења органским или минералним ђубривима)
<i>M: NPK</i>	Кукуруз у монокултури, ђубрен само минералним ђубривима
<i>MK: K + NPK</i>	Кукуруз гајен у монокултури, уз заоравање жетвених остатака (кукурузовине) и примену минералних ђубрива
<i>MK: S + NPK</i>	Кукуруз гајен у монокултури, уз примену стајњака и минералних ђубрива
<i>DV: S</i>	Кукуруз гајен у двопољу са јарим јечмом, уз примену стајњака
<i>DV: S + NPK</i>	Кукуруз гајен у двопољу са јечмом, уз примену стајњака и минералних ђубрива
<i>ETr</i>	Потенцијална евапотранспирација
<i>ETr</i>	Стварна евапотранспирација
<i>PT</i>	Укупни фосфор
<i>Po</i>	Органски фосфор
<i>Pi</i>	Неоргански Фосфор
<i>A фракција</i>	При фракционацији неорганског фосфора NaOH екстраховани фосфор-лабилна фракција
<i>B фракција</i>	При фракционацији неорганског фосфора Изменљиво-редуковано-растворени P-делимично лабилна фракција
<i>Ц фракција</i>	При фракционацији неорганског фосфора -апатитно-оклудовани P -стабилна фракција
<i>PCA</i>	Анализа основних компоненти
<i>ME</i>	Микроелементи
<i>TM</i>	Тешки метали
<i>IOSDV</i>	Internationale Arbeitsgemeinschaft Dauerversuche/ International Long Term Experiments (IOSDV/ILTE)
<i>BBCH Скала</i>	фенолошких фаза (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie)

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	3
2. ЦИЉ И ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА	6
3. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ	7
3.1. Употреба фосфора кроз историју	7
3.2. Фосфор у земљишту	10
3.2.1. Циклус фосфора у земљишту	10
3.2.2. Облици фосфора	13
3.2.3. Утицај ђубрења и система производње на садржај фосфора	18
3.2.4. Фактори који утичу на приступачност фосфора.....	24
3.2.5. Одређивање фосфора у земљишту	34
3.3. Фосфор и биљка.....	38
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА	42
4.1. Истраживања у пољу (пољски оглед)	42
4.2. Динамика истраживања	44
4.3. Услови извођења огледа	45
4.3.1. Климатски услови	45
4.3.2. Земљишни услови	48
4.4. Лабораторијске анализе	51
4.4.1. Анализа земљишта, водно-физичка својства	51
4.4.2. Анализа земљишта, основна хемијска својства	52
4.4.3. Анализа земљишта, садржај микроелемената и тешких метала	53
4.4.4. Анализа земљишта, одређивање различитих фракција фосфора.....	54
4.4.4.1. Одређивање укупног органског фосфора.....	54
4.4.4.2. Одређивање укупног фосфора.....	55
4.4.4.3. Фракционација неорганског фосфора за карбонатна земљишта.....	55
4.4.4.4. Фракционација органског фосфора у земљишту	56
4.4.5. Анализа земљишта, микробиолошка својства	60
4.4.6. Анализа биљног материјала	61
4.4.7. Статистичка обрада података	61
5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА	62
5.1. Физичка својства земљишта	62
5.1.1. Механички састав земљишта	62

5.1.2. Фракционација земљишних честица.....	65
5.1.3. Садржај органског угљеника у фракционисаним честицама земљишта	67
5.1.4. Садржај укупног фосфора у фракционисаним честицама земљишта.....	70
5.2. Агрохемијска својства земљишта	73
5.2.1. Основна хемијска својства земљишта.....	73
5.2.2. Садржај микроелемената (МЕ) и тешких метала (ТМ) у земљишту у огледу по третманима ђубрења.....	79
5.3. Биолошка својства земљишта.....	87
5.4. Режим фосфора у зависности од система ђубрења.....	91
5.4.1. Садржај укупног и оргаског фосфора и угљеника у огледу под кукурузом.....	91
5.4.2. Садржај неорганских фракција фосфора у земљишту	95
5.4.3. Садржај органских фракција фосфора у земљишту под кукурузом.....	100
5.5. Односи фосфора и његових фракција са неким од важнијих агрохемијских и физичких особина земљишта	104
5.5.1. Диференцијација испитиваних третмана у односу на фосфор и нека агрохемијска својства земљишта	104
5.5.2. Корелациони односи различитих облика фосфора са физичким и хемијским особинама земљишта	111
5.6. Принос, компоненте приноса и анализа биљног материјала у зависности од система ђубрења	118
5.6.1. Принос, компоненте приноса и морфолошке особине.....	118
5.6.2. Садржај микро и макроелемената у листу кукуруза	123
6. ДИСКУСИЈА.....	127
6.1. Агрохемијска својства земљишта.....	127
6.2. Дистрибуција различитих облика фосфора	135
6.3. Биолошке карактеристике земљишта.....	146
6.4. Физичко хемијска својства земљишта	151
6.5. Садржај микроелемената и тешких метала у земљишту.....	159
6.6. Принос, компоненте приноса и морфолошке особине клипа кукуруза.....	167
7. ЗАКЉУЧАК	172
8. ЛИТЕРАТУРА	179

1. УВОД

Производња хране је основни предуслов опстанка људске популације, а фосфор као незаменљиви елемент у биљној исхрани представља један од кључних чинилаца у овом циклусу. Деривати фосфора, пореклом из фосфатних руда, чине један од главних ослонаца модерне пољопривреде. Готово 90% глобалне производње фосфора је усмерено на производњу хране, што тренутно износи око 148 милиона тона фосфатне стене годишње (Smil, 2000; Gunther, 2005). Фосфор, као и нафта, представља необновљиви извор (сировину). Резерве фосфатне руде контролисане су од стране неколико земаља (Кина, Мароко, Тунис и САД), док све европске земље потребе за овим елементом у потпуности покривају кроз увоз ђубрива или сировина. Сматра се да ће постојеће залихе руде фосфата бити исцрпљене у наредних 50 до 100 година, на супрот захтевима које предвиђају да ће до 2050. године достићи повећање њихове употребе за 50 до 100% (Runge-Metzger, 1995; Steen, 1998; EcoSanRes, 2003). Уобичајени одговор на проблеме смањивања ресурса представља пораст цена, ефикасније коришћење постојећих ресурса, увођење алтернативних извора и рециклирање након употребе.

У развијеним земљама све више је изражен тренд ефикасније употребе фосфорних ђубрива. Ово се, пре свега, огледа у смањењу прекомерног уношења минералних ђубрива, заоравању сламе и жетвених остатака, као и унос у стајског ђубрива са основним циљем – рециклирања фосфора (EFMA, 2000). Међутим, већи део разматрања ефикасне употребе фосфорних ђубрива, као и већина предложених мера, мотивисани су забринутошћу због проблема изазваних испирањем фосфора и азота из пољопривредног земљишта (еутрофикације и загађења животне срединеуопште) (Sharpleyetal., 2003). Иако су такве мере неопходне, оне саме по себи неће бити довољне за постизање одрживости фосфора. Потребно је успоставити ефикаснији, више интегрисан, приступ управљања циклусом фосфора. Односно, приступ који ће решити проблем његовог недостатка уз истовремено обнављање, смањење испирања фосфора из земљишта и очувања животне средине (Cordelet al., 2009).

Поред необновљивих резерви овог елемента, алтернативни ресурси фосфата укључују и фосфор пореклом из комуналних отпадних вода и органске

остатке из пољопривредне и индустријске производње (стајњак, дигестати из биогас постројења, органски отпад из прехранбене индустрије).

Укупна количина фосфора у земљишту варира у зависности од типа земљишта од 0,005 до 0,15%. У највећој мери овај елеменат у земљишту се налази под директним утицајем климатских услова и матичног супстрата. Приступачност фосфата у земљишту регулисана је са два фактора: растворљивошћу фосфата и везаности фосфата за површину земљишних честица. Фосфор у земљишту можемо поделити на неорганске и органске облике. Већина фосфорних једињења у земљишту је прилично нерастворљива или чврсто везана за површину земљишних честица, што веома лако може изазвати недостатак овог елемента (Тан, 1996).

Фосфор је есенцијални нутријент, неопходан за развој корена, формирање семена и раст биљке. Заузима кључну улогу у већини метаболичких процеса и представља компоненту многих биохемијских молекула. Због тога је, у циљу одржања продуктивности агроекосистема, континуитет уноса фосфора у земљиште неопходан. Уношење фосфора у агроекосистем примарно има за циљ повећања и одрживости фосфора у оквиру плодности земљишта као и надокнаду односно замену Р изнетог биљном производњом.

Познавање динамике хранива у земљишту једна је од најважнијих мера за остваривања високих и стабилних приноса, очувања квалитета земљишта и заштите животне средине. У сврху максималног искоришћења генетског потенцијала родности хибрида кукуруза потребно је, поред осталих услова, обезбедити оптималне услове минералне исхране током целокупног периода вегетације.

Производња кукуруза заузима веома важну улогу у светској пољопривреди. У 2011. години износила је 883,46 милиона тона на 170,4 милиона хектара. Највећи светски произвођачи су: САД, Кина, Бразил, Аргентина, Индија, Индонезија, Француска... Светски приноси, на нивоу просека, варирају од 20 t/ha па све до 0,5 t/ha у неразвијеним земљама. Србија се налази на 19-ом месту са укупним приносом од 6,48 мил. тона (FAOSTAT, 2011). По важности у Србији, производња кукуруза се налази на првом месту са 1.258.437 ha пожњевених површина и просечним приносом на нивоу државе од 5,1 t/ha (Статистички годишњак Србије, 2012).

Привредни значај кукуруза произилази из разноврсности његове употребе и обима производње. Кукуруз има веома широки спектар употребе, почев од коришћења у зрелом и сировом стању преко употребе зрна у исхрани људи и стоке, па све до прерађивачке индустрије. Најважније индустријске групе производа представљају кукурузни заслађивачи, скроб, кукурузно уље, етанол, биопроизводи (органске и аминокиселине, витамини, биополимери и др). На основу истраживања америчке асоцијације прерађивача "Corn Refiners Association (CRA)", кукуруз је један од састојака у преко 4000 производа који се налазе на тржишту САД.

Имајући у виду све наведено, произилази да је употреба фосфора у производњи кукуруза, као једног од основног макроелемента у исхрани ове биљне врсте од изузетне важности, не само на локалном нивоу, већ и на глобалном, светском нивоу.

2. ЦИЉ И ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ овог истраживања је да се испита утицај ђубрења и плодосмене на садржај и облике фосфора у земљишту. Сазнање о понашању овог елемента у земљишту представља веома важан сегмент приликом процене одређене пољопривредне праксе.

Анализом земљишта доћи ће се до сазнања о томе како интеракција гајених биљака, земљишта и ђубрива утиче на количину и дистрибуцију облика фосфора током вегетације кукуруза, као и начина на који стајњак, жетвени остаци и минерална ђубрива, утичу на ефикасност примењених ђубрива на карбонатном земљишту.

Основа истраживања заснива се на праћењу утицаја дугогодишње примене ђубрива и плодосмене (стајњака, жетвених остатака и минералних ђубрива) на заступљеност фосфора и његових фракција у различитим слојевима ризосфере при гајењу кукуруза. Такође, утицај ових параметра посматраће се и са аспекта квалитета и продуктивних особина различитих генотипова кукуруза.

Утврђивање разлика између испитиваних третмана, као и анализа добијених резултата статистичким методама, биће основа за дефинисање одрживости производње кукуруза, са нагласком на земљиште као извор фосфора и његово очување. Ове информације могу послужити другим истраживањима у предвиђању обезбеђености земљишта фосфором и дати смернице приликом употребе органских и минералних ђубрива на земљиштима типа чернозем, варијетет карбонатни.

3. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

3.1. УПОТРЕБА ФОСФОРА КРОЗ ИСТОРИЈУ

Фосфор је есенцијални елемент за сва жива бића (биљке, животиње и микроорганизме). Он представља незаменљиву компоненту за раст и развиће биљака и животиња, а самим тим чини кључни елемент у производњи хране.

У модерној људској историји прво забележено откриће овог елемента приписује се немачком алхемичару Хенингу Бранту 1669. године, који је у потрази за каменом мудрости »Philosopher's Stone«, по први пут описао овај елемент, који је изоловао из урина загревањем и дестилацијом (Emsley, 2000). Од тог периода до данас, његова употреба и искоришћавање, има галопирајући карактер са неизвесним завршетком. Експлоатација фосфора од XXI века може бити узрок глобалне несташнице фосфора (Слика 1).



Слика 1. Еволуција употребе и злоупотребе фосфора (Cordell, 2010)

Употреба фосфора у пољопривреди протеже се далеко кроз историју људског развоја. У почетку, у сврху производње хране, људи су се ослањали на природне ресурсе фосфора из земљишта, где је основни вид уноса овог елемента представљала органска материја, као што су стајњак и биљни остаци (Ashley et al., 2011). Једно од првих начина управљања природним ресурсима датирају на простору Аустралије, још пре 40.000 година. Аборицини су подизали продуктивност биљака/земљишта за исхрану контролисаним спаљивањем земљишта. Аустралијска земљишта природно су сиромашна у фосфору, а сагоревањем неприступачни фосфор из површинског слоја и биљних остатака брже прелази у пепео и неоргански облик који постају привремено доступни

биљкама (Cordell, 2001). Коришћење ватре у сврху рециклирања хранива (калцијума, калијума и фосфора) и контролисања вегетације, забележено је и у неолитском периоду на простору Европе (Pune, 1997).

У Азији, нарочито Кини, уношење људских излучевина у земљиште представљало је уобичајену праксу најмање 5000 година., тзв. ноћна земљишта »night soil« (Marald, 1998). Такође, кинеска аквакултура, скоро један миленијум, заснована је на органском ђубриву пореклом од домаћих животиња. Животињске излучевине су директно или индиректно уношене у рибњаке како би се поспешили раст алги и зоо планктона. Ово је имало знатан утицај на повећање биомасе рибљег фонда, који се ослања на ову врсту хране. Сличан приступ забележен је и у дунавском сливу код производње шарана у централној и западној Европи (Neess, 1949; Hoffman, 1995).

Након индустријске револуције, почетком употребе фосилних горива, огроман утицај на циклус фосфора остварила је зелена револуција. Долази до реформе пољопривреде, након које је углавном напуштен концепт органских ђубрива, као јединог извора хранива за биљке. Популарна мисао у Европи све до средине 19. века, била је та, да су биљке и животиње добијали живот на мистериозан начин, од угинулих биљака и животиња. Тек 1840. Justus von Liebig (оснивач органске хемије) потврђује да је позитиван ефекат хумуса на раст биљака пореклом од неорганских соли фосфора и азота, а не од органске материје (Liebig, 1840).

Повећана деградација земљишта и пораст популације људи током XVII и XVIII века, проузроковала је потражњу за новим изворима хранива, у циљу повећања приноса у пољопривредној производњи. У Енглеској почиње коришћење коштаног брашна (самлевене кости) као и примена сумпорне киселине за растварање костију и производње течних ђубрива (Liu, 2005).

У исто време почиње искоришћавање концентрованих минералних сировина богатих фосфором. На обалама Перуа и Ускршњих острва почиње експлоатације гуана (измет птица и слепих мишева) од стране САД »Guano Island Act«. Такође, у овом периоду идентификована је и могућност коришћења фосфатних стена (Brink, 1977; Smil, 2000).

У Енглеској 1840. године основан је Ротамстед центар за истраживање у пољопривреди, где супостављени дуготрајни огледи, како би се утврдио ефекат минералних и органских ђубрива на принос гајених биљака (Rothamsted Research,

2006). Међутим, тек након 1945. године почиње значајнија експлоатација минералних сировина. Коришћење фосфатне руде постаје економски оправдано и потпуно истискује употребу органских ресурса (Brink, 1977; Smil, 2000).

Данас, да би се одржао корак са брзим растом становништва, нестацицом хране и урбанизацијом, створене су сорте и хибриди високе родности. Повећавају се улагања у пољопривреду (хранива, вода за наводњавање, пестицида) са истовременим смањивањем људског рада. Захтеви за хранивима се повећавају, а искоришћавање фосфора из фосфатне руде се у периоду од 1950. до 2000. г. повећало за готово 600% (IFA, 2006).

Пољопривредна производња је у XX веку успоставила зависност од фосфатне руде у односу на искоришћавање фосфора из органских извора. Одлагање људског органског отпада кроз воду фундаментално је променило модерну цивилизацију од друштва које рециклира фосфор до друштва са високом потрошњом овог ресурса. Ископавање фосфорне руде обавља се на само неколико географских локација у свету и транспортује широм планете на пољопривредна земљишта (Ashley et al., 2011). Скоро 90% од укупне светске производње фосфатне руде усмерена је у ланац исхране људи и животиња (Prud'homme, 2010.).

Фосфор, као и нафта, представља необновљиви извор. Сматра се да ће постојеће залихе руде фосфата бити исцрпљене у наредних 50 до 100 година насупрот потражњи за коју се предвиђа да ће до 2050. године достићи повећање од 50 до 100% (Steen, 1998).

Постоји оправдана потреба за обезбеђивање прецизних информација о: обиму глобалних резерви руде фосфора, новим технологијама за производњу ђубрива, институцијама и инфраструктури значајним у процесу производње, као и могућим политичким инструментима (праћења и контрола производње), како би се одговорило изазовима исхране растуће светске популације, уз истовремену одрживост животне средине и продуктивности (UNEP, 2011).

3.2. ФОСФОР У ЗЕМЉИШТУ

Фосфор је неметал који се у природи, земљишту и биљкама, јавља у петовалентном облику. Улази у састав значајних органских једињења као што су: фитин, нуклеопротеиди, фосфолипиди, ензими и многи други, нарочито они који у метаболизму повезују ендogene и екзогене реакције (Вукадиновић и Лончарић, 1998).

Фосфор у земљишту води порекло из процеса разградње матичних стена, највише апатита. Његов садржај у литосфери је променљив и креће се у опсегу од 0,02 до 0,15%. Разградња и отпуштање фосфора из минерала у земљишни супстрат означена је са неколико процеса. Први, смањењем рН вредности које потиче из процеса дисања и ослобађања угљен-диоксида, а резултат су деградације органске материје и активности коренових длачица (Schlesinger, 1997). Други, органским киселинама, односно излучевинама кореновог система биљака долази до разградње апатитног минерала и ослобађања фосфора у земљишне поре (Jurinak et al., 1986).

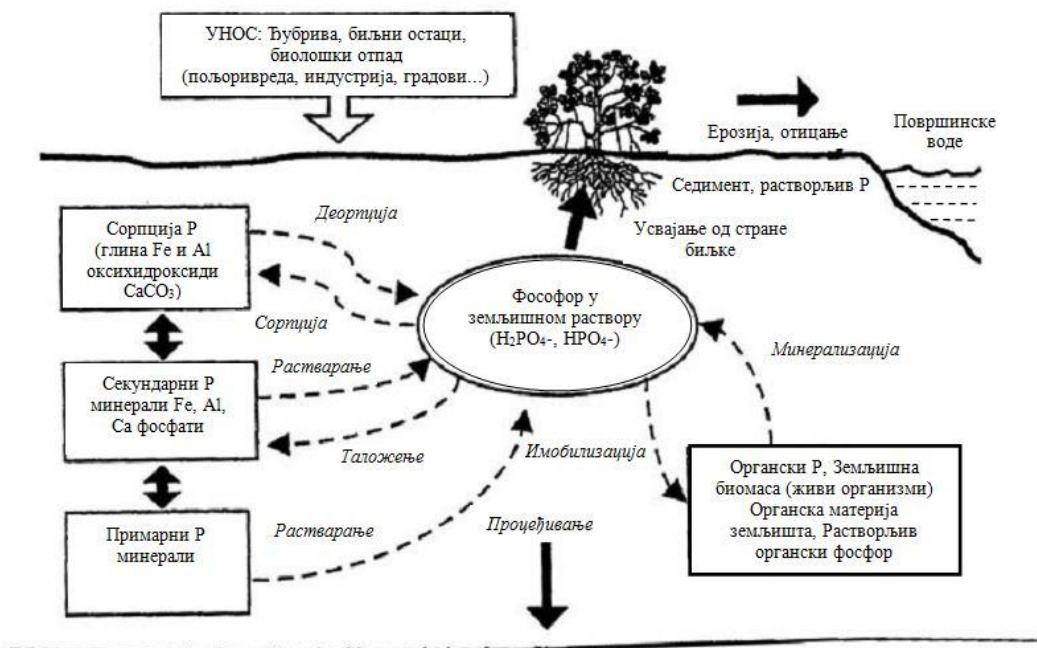
Количине, форме и динамика земљишног фосфора зависе од бројних фактора, укључујући како тип земљишта тако и његово коришћење. У природним-ненарушеним екосистемима раст биљака је условљен приступачношћу фосфора. У овим екосистемима фосфор се генерално ефикасно задржава и природно обнавља (Cole et al., 1977; Attiwill и Adams, 1993). Међутим, у производним екосистемима, у којима је циклус фосфора под утицајем човека, количина, приступачност и динамика земљишног фосфора су у великој мери одређени баш овим, антропогеним активностима.

3.2.1. ЦИКЛУС ФОСФОРА У ЗЕМЉИШТУ

Циклус фосфора у земљишту је значајан, како са агрономског становишта (уношење и искоришћавање овог хранива), тако и са аспекта заштите природних екосистема. Циклус фосфора чини динамичан систем који обухвата земљиште, биљке, животиње и микроорганизме. Главни процеси обухватају усвајање од стране биљке, рециклирање-враћање биљних и животињских остатака, повраћај

путем биолошке минерализације и имобилизације, реакције фиксације фосфора од стране глинених минерала и оксида и растварањем фосфатних минерала (Frossard et al., 1995). Приликом тумачења циклуса фосфора (Sims и Pierzynski, 2005) су извршили индентификацију главних процеса који утичу на концентрацију фосфора у земљишном раствору: 1) растварање-таложeње (минерална равнотежа); 2) сорпција-десорпција (интеракција између Р раствора и чврсте земљишне фазе) и 3) минерализација-имобилизација (конверзије Р између органских и неорганских форми преко биолошких посредника (Слика 2).

Ерозија земљишта, подземно отицање, процеђивање и усвајање од стране биљака су главни путеви губитка фосфора из земљишта. Губици фосфора из земљишта могу бити сумирани у две главне категорије: растворљиви и нерастворљиви. Растворљиви губици Р се јављају када се растворени фосфор креће кроз земљишни систем воденим током (земљишним раствором), при чему је најосетљивији на губитке испирањем и отицањем (Tabbaga, 2003). Фосфор везан за честице, адсорбован или пак нерастворљиви фосфор јавља се када се фосфор веже са честицама земљишта образујући нерастворљиве талогe Fe, Al, или Ca. Количина нерастворљивог Р која се губи у највећем делу зависи од количине седимента или земљишта одстрањеног са земљишног система (Aase et al., 2001). Чиниоци који утичу на ерозију ових честица су под директним утицајем падавина, наводњавања, отицања и цурења са земљишта као и конкретним управљањем земљишта (ЕРА, 2003).



Слика 2. Циклус фосфора у земљишту (Stewart и Mckercher, 1982)

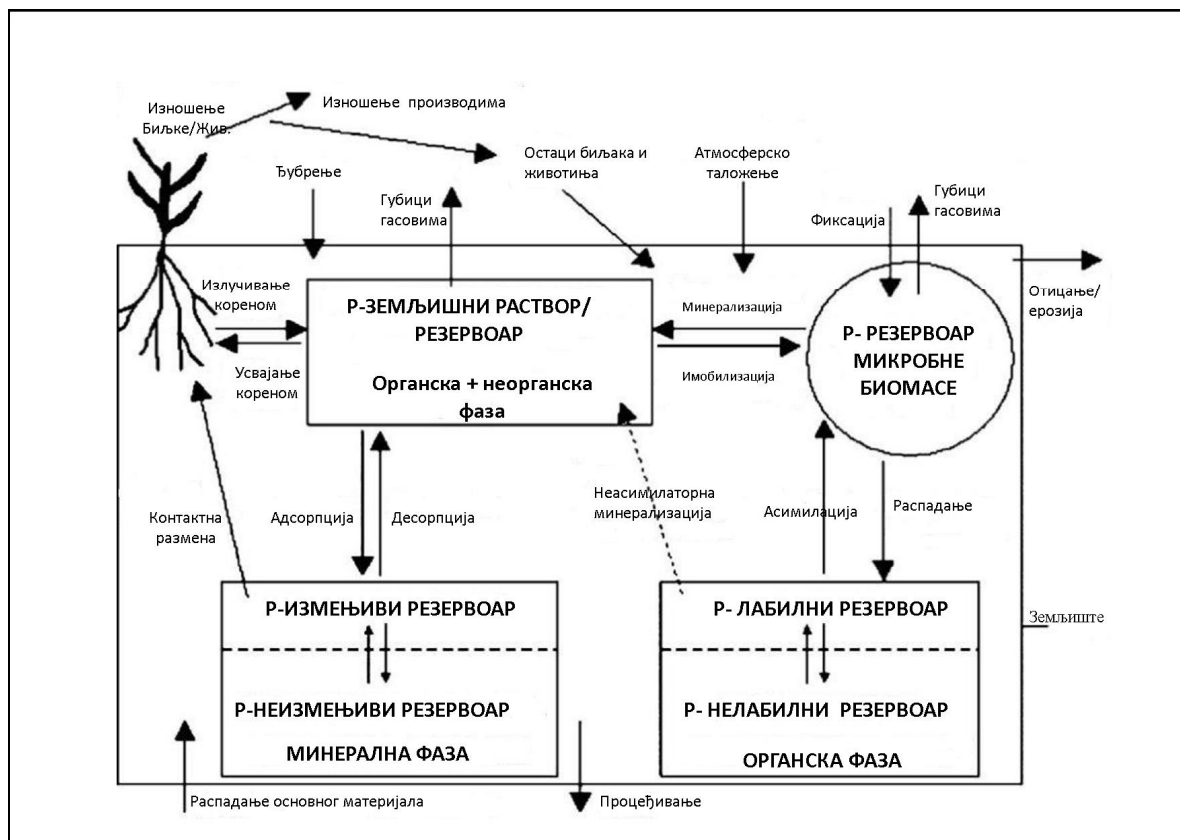
Изузев земљишта грубе структуре (песковита и шљунковита земљишта), као и у случају тресентих земљишта, губитак фосфора процеђивањем у подземне воде није нарочито значајан (Sims et al., 1998). У највећој мери губици фосфора отицањем, земљишном ерозијом (тзв. *runoff*), представљају најзначајнији проблем. Анализа воде пореклом са пољопривредних површина указује да делимично везани Р има највећи удео у укупном губитку фосфора, од којих растворљиви неоргански фосфор чини 10-40% транспортованог Р (Sharpley et al., 1993). Такође, доказано је код земљишта на којим се врши уношење органских ђубрива да готово 50% од транспортованог Р чине лабилне форме органског фосфор (Pierzynski et al., 2000).

У већини земљишта фосфор је тешко покретан и његова слаба дифузија у земљишни раствор значајно ограничава снабдевање корена (Robinson, 1986). Већина фосфорних једињења су прилично нерастворљива или чврсто везана за површину земљишних честица, што веома лако резултира његов недостатку односу на биљку (Tan, 1996). Осим тога, велики део расположивог фосфора налази се у органском облику који није директно приступачан корену биљка. Због тога су биљке развиле специфичне механизме за повећање снабдевања фосфором. Биљке и земљишни микроорганизми излучују ензим фосфатазу којим се повећава биодоступност неорганског фосфора из органске материје. Такође, симбиотске гљиве-микоризе, могу формирати омотач око коренових длачица и излучивати

ензим фосфатазу и органске киселине, како би се формирало активно место усвајања и убрзала дифузија фосфора из земљишних пора према површини корена. У замену за ову активност биљка гљивама обезбеђује угљене хидрате (Antibus et al., 1981; Bolan et al., 1984; Dodd et al., 1987).

3.2.2. ОБЛИЦИ ФОСФОРА

Фосфор је у земљишту присутан у различитим облицима и његова расподела унутар тих форми се драстично мења током времена као и развојем самог земљишта. Издајају се две основне групе облика: тешко растворљиви фосфати - фосфор у минералима апатита и фосфор исталожен и/или адсорбован на оксихидроксида гвожђа и мангана (тзв. оклудовани/затворени P). Редукциона способност оксихидроксида за везивање фосфата потиче од њихове огромне површине за везивање и бројних делокализованих позитивно наелектрисаних места (Froelich, 1988; Smeck, 1985). Лабилне форме фосфора подразумевају фосфор у земљишним порама (растворени фосфатни јон), фосфор адсорбован на земљишним честицама (неоклудовани/отворен), као и фосфор инкорпориран у органску материју. Са временом и развојем земљишта, фосфор се ослобађа из минерала и прелази у друге облике. Најлабилније форме фосфора налазе се у земљишном раствору тзв. лабилни P резервоар/залиха *»labile pool«*, затим, фосфор везан у микробиолошкој биомаси *»microbial biomass pool«*, резервоар/залиха, *измељивог неорганског фосфора* тзв. *»exchangeable inorganic«* и лабилне форме органског фосфора тзв. *»labile organic P«* (Слика 3).



Слика 3. Трансформација фосфора у земљишту по приступачности (Rengel, 2007)

Укупни садржај фосфора у земљишту је генерално мањи од укупног садржаја азота и калијума 1:10 до 1:40 у односу на азот и 1:20 у односу на калијум (Brady, 1990). Укупни садржај P у површинском и подповршинском слоју може варирати у широком опсегу од неколико $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ до преко $1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ и у највећој мери је под утицајем климатских услова и матичног супстрата (Pierzynski et al., 2000). Такође, супротно од азота, који је по правилу концентрисан у површинском слоју и опада са дужином земљишног профила (Богдановић и Малешевић, 2009.; Јаћимовић и сар., 2005), садржај фосфора по слојевима земљишта може бити променљив (једнак, мањи или већи) (Ierson, 1986).

Фосфор у земљишту можемо поделити на неорганске (P_i) и органске фракције (P_o). Органске фракције фосфора могу износити од 30-70% од укупног фосфора у пољопривредном земљишту, па чак и до 95% у шумском земљишту (Harrison, 1987; Zech et al., 1987). Целокупна опажања наводе да је већина земљишног P пореклом од органских форми. Међутим, анализе на земљиштима типа андисол, аридисол и оксисол показала су случајеве у коме преовлађују форме фосфора у неорганском облику (Brady, 1990; Soltanpour et al., 1988).

Неоргански облици сачињени су од две велике групе минерала 1) варасцитно-стренгитну групу сачињену од $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (варасцит), $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (стренгит) и 2) апатитну групу са преко 220 наведених форми, укључујући флуороапатит ($\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$), хидроксиапатит ($\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$), карбонат-апатит ($\text{Ca}_{10}\text{CO}_3(\text{PO}_4)_6$), оксиапатит ($\text{Ca}_{10}\text{O}(\text{PO}_4)_6$) и хлоропатит ($\text{Ca}_{10}(\text{Cl})_2(\text{PO}_4)_6$). Варасцитно-стренгитна фракција се повезује са киселим земљиштима, док се друга апатитна група може повезати са неутралним и базним земљиштима (Jacoby, 2005). Растворљивост ових Ca P минерала смањује са порастом pH, док Al и Fe-P минерали повећавају растворљивост са порастом pH (Lindsay и Moreno, 1960).

Неоргански облици фосфора појављују се у две различите форме у зависности од pH вредности. У којем ће се јонском облику, у земљишном раствору, фосфор наћи пре свега зависи од pH реакције. У благо киселој и киселој средини доминантни су H_2PO_4^- , на супрот алкалној средини где се у већини налазе HPO_4^- јони (Soenne, 2009). Калцијум фосфат (CaP) је доминантан у окружењу са високом pH вредношћу ($\text{pH} > 7$), док су Fe и Al хидрокси фосфати (Fe/AlP) доминантни при ниској pH вредности ($\text{pH} < 6.5$). Калцијум фосфати су стабилни у алкалном раствору и растворљиви при ниским pH вредностима. Међутим, постојање (Ca P) је карактеристично за сва земљишта различитих pH вредности (Beauchemin et al., 2003). Апатит је уобичајени CaP минерал (Brady и Weil, 1999). Fe и Al фосфати се могу образовати на три различита начина. Фосфор може реаговати са гвожђем, алуминијумом или манганом стварајући једноструке или двоструке везе са алуминијум оксидом (Al-O) или пак везе са гвожђе оксидом (Fe-O) (Halvin et al., 1999). Фосфор се такође, може везати за површину аморфних хидрокси полимера гвожђа и алуминијума, који се могу наћи на омотачу земљишних честица. На крају, фосфор може реаговати са алуминијумом који је чврсто адсорбован на површини глине опет образујући једноструке или двоструке везе са Al-O (Halvin et al., 1999).

Ако није апсорбован од стране биљака или имобилисан микробима, неоргански P у земљишном раствору подложен је утицају разних хемијских реакција. Ово укључује таложење/преципитацију, као и растварање неорганског P чврсте супстанце, адсорпцију до и десорпцију са површине минерала земљишта. Таложење је спора реакција у којој фосфатни јони реагују са раствореним Al^{3+} , Fe^{3+} , и Mn^{3+} у киселим земљиштима и Ca^{2+} у неутралним и алкалним

земљиштима формирајући нерастворљиве талогe хидрокси фосфата (Sanchez и Uehara, 1980).

За разлику од таложења, адсорпција је релативно брза почетна реакција и подразумева и анјонску и лиганд размену. Негативно наелектрисани фосфатни јон у раствору земљишта привлачи позитивно наелектрисање површине земљишних честица, преко анјона. Међутим, значајна количина позитивно наелектрисаних површина ће се развијати искључиво на ниским рН вредностима земљишта у високо реактивним земљиштима које приказују карактеристике променљиве јонске размене. Адсорпција помоћу лиганда настаје формирањем ковалентне везе унутрашње сфере метал-О-Р заменом хидроксилне групе на ивицама глинених силиката и оксида Al, Fe и/или Mn. Овај процес се назива специфична адсорпција или хемисорпција (Schindler и Sposito, 1991).

Пошто је тешко разликовати адсорпционе реакције од реакција таложења, оне се обично називају заједничким именом као Р сорпција или фиксација (Sposito, 1984).

Сматра се да је адсорпција механизам који контролише количину растворљивог фосфора при нижим концентрацијама (Beauchemin et al., 2003), док таложење представља механизам контроле код земљишта са високом концентрацијом фосфора (Lin et al., 1983). Стренгит и варисцит представљају уобичајеније изворе Fe/Al P (Brady и Weil, 1999). Сматра се да ова два минерала заједно са апатитом, као и другим минералима контролишу растворљивост фосфора при високим концентрацијама, иако је растворљивост ових минерала независна од концентрације Р (Beauchemin et al., 2003).

Адсорбовани или исталожени неоргански фосфор пролази кроз реакције десорпције или растварања, када се креће у правцу од чврсте фазе ка фази раствора. Десорпција је од посебног значаја у процени биорасположивости, јер овај процес контролише део фосфата који је директно приступачан биљкама (Sato, 2003).

Количина фосфора присутног у органској форми варира од неколико милиграма до $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ земљишта (20-80% у укупном садржају Р). Садржај органског фосфора у земљишту условљен је већим бројем фактора: климе, вегетације, текстуре земљишта, коришћења земљишта, ђубрења, дренаже и наводњавања, са израженом интеракцијом између самих фактора (Power и Prasad, 1997). Мањи удео органског фосфора карактеристичан је за земљишта која су под

утицајем топлије климе. Удео органског у укупном фосфору у екваторијалном делу (регије између 40° паралеле) износи 35,2%, док је код земљишта под утицајем хладније климе забележен удео од 48,6% (Harrison, 1987). Такође, већи садржај органског фосфора карактеристичан је за хистосоле, мочварна и тресетна земљишта. Опет, у минералним земљиштима, са високим садржајем глине, забележен је већи удео органског фосфора него у песковитим земљиштима. Генерално, акумулација органског фосфора већа је у површинским слојевима јер он представља део органске материје (Power и Prasad, 1997).

На молекулском нивоу, највећим делом неоргански фосфор у земљишту објашњава се као ортофосфат чији је хемизам одређен снагом јонских веза са атомима у окружењу. Оно што раздваја органски од неорганског облика фосфора у земљишту јесте то да органске форме имају најмање једну ковалентну везу са атомом угљеника (естарску везу), најчешће преко атома кисеоника. Већина трансформација органског фосфора, нарочито његова конверзија у неоргански облик захтева разбијање те ковалентне везе. Таложење, растварање и сорпција такође представљају реакције које утичу на органске форме фосфора (Berg и Joern, 2006). Супротно неорганском, може се извести само неколико општих закључака о једињењима органског P, већина их још није детектована, али је њихов број много већи од неорганских. Органска једињења се генерално могу поделити у четири групе: 1) инозитол фосфати (фосфатни естри), 2) нуклеинске киселине, 3) фосфолипиди и 4) остали естри (Jacoby, 2005).

Највећим делом, органски фосфор чине инозитол фосфати. Harrison (1987) наводи да је њихова заступљеност у односу на укупни органски P износи од 0,3 до 62%. Dalal (1977) констатује да је садржај инозитол фосфата високо варијабилан и може се кретати и до 80% од укупног органског P. Сматра се да су инозитол фосфати микробиолошког порекла и да обухватају више секвенци фосфатних моноестара. Ту спадају различите стереоизомеричне варијације молекула (myo, scyllo, neo, d-chiro) (Celi и Barberis, 2005). Најзаступљенији представник инозитол фосфата је фитинска киселина (*Myo-inositol hexophosphoric acid*) и може чинити и до 62% укупног органског фосфора. Низак степен разградње може бити главни разлог доминације ових фосфата приликом екстракције органског фосфора (Magid et al., 1996). Фосфати који садрже шест фосфатних група (фитинска киселина) могу се везати за оксиде гвожђа и алуминијума као и површину глиненых

минерала (Celi и Barberis, 2005) и као такви постати мање приступачни микроорганизмима у односу на друге органске компоненте (Shang et al., 1996).

Фосфолипиди уобичајено сачињавају од 0,5 до 0,7% укупног органског фосфора (Dalal, 1977; Harrison, 1987), а фосфоглицериди представљају најзаступљенију форму ове групе једињења. Нуклеинске киселине и њихови деривати чине око 3% у укупном садржају органског Р. Они имају способност да се брзо минерализују, синтетишу и комбинују са другим земљишним компонентама или инкорпорирају у микробиолошку биомасу (Иerson и Malcolm, 1974).

Микроорганизми вероватно представљају главни извор од преосталог удела органског фосфору (30 до 50%) у земљишту (Power и Prasad, 1997). Они се сматрају најодговорнијим за акумулацију и разградњу органског фосфора у земљишту и у основи контролишу ове процесе (Richardson, 1994). Микробиолошку биомасу можемо дефинисати као живи део органске материје земљишта са изузетком корена биљака и животиња (Jenkinson и Ladd, 1981). Фосфор везан за микробиолошку масу у великој је међузависности од типа земљишта и може широко варирати. Oberson и Jones (2005) наводе да је његово налажење од 0,5% до 26% од укупног фосфора у земљишту. Она представља променљиви резервоар/залиху хранива са интервалом промена од неколико сати до неколико недеља (Butler et al., 2004). Након изумирања ћелије подлежу процесу минерализације, након чега долази до ослобађања хранљивих материја и њиховог усвајања од стране корена биљака или других микроорганизама.

Мера у којој ће хранљиве материје постати приступачне за биљке у међузависности је од продукције и раста микробиолошке биомасе у ризосфери (Rengel, 2007).

3.2.3. УТИЦАЈ ЂУБРЕЊА И СИСТЕМА ПРОИЗВОДЊЕ НА САДРЖАЈ ФОСФОРА

Трансформација и мобилност фосфора у систему биљка-земљиште контролисана је комбинацијом биолошких, хемијских и физичких процеса (Frossard et al., 2000).

Проблем фосфора у односу на плодност земљишта може се тумачити кроз три основне чињенице. Прво, укупан ниво фосфора у земљишту је низак, значајно

нижи у односу на остале есенцијалне елементе. Укупан садржај фосфора у земљишту варира од 200 до 2000 kg фосфора у површинском слоју земљишта, са просеком од око 1000 kg фосфора. Друго, већина једињења фосфора у земљишту углавном су неприступачна биљкама, јер се налазе у неком од нерастворљивих облика. Треће, када се растворљиви извори фосфора, попут оних у минералним ђубривима и стајњаку, додају у земљиште, врло брзо се фиксирају и током времена формирају веома нерастворљива фосфорна једињења (Brady и Weil, 2002).

Код земљишта високе производне способности (чернозем) поставља се питање да ли је могуће високу продуктивност одржавати употребом само минералних ђубрива, или је за очување тих земљишта и поправку њихове плодности неопходна примена и органских ђубрива (Весковић и сар., 2002).

На подручју Војводине чернозем и његови варијетети заступљени су са преко 60% у укупном уделу површина (Живковић и сар., 1972). У последњих неколико деценија услед смањења сточног фонда, ограничене способности пољопривредних произвођача за адекватну примену, како органских тако и минералних ђубрива, као и увођења нових технологија и савремених машина, земљишту није придаван адекватан значај. Испитивања ораничних површина Војводине указују на свеопшти тренд губитка органске материје у земљишту (Bogdanović et al., 1993; Sekulić et al., 1998; Нешић и сар., 2008). Још Нејгебауер (1951) наводи да је војвођански чернозем од времена разоравања изгубио око 50% хумуса, од почетних 7-8% на 3-5%, који су забележени 40-их година 20-ог века. Milić et al. (2011) на основу анализе 88350 узорака земљишта са ораница Војводине су утврдили да чак 39,1% висококвалитетног земљишта Војводине припада класи слабо хумозног земљишта (са садржајем хумуса 1-3%). У истом истраживању, наводи се да само 31,1% посматраних површина има садржај лакоприступачног фосфора на оптималном нивоу, док се испод оптимума налази преко 43% парцела. Испитивања основних хемијских својстава земљишта у Војводини показала су постојање значајних разлика у плодности парцела и делова парцеле, што је резултат досадашње технологије ђубрења и начина коришћења (Секулић и сар., 2000, 2006, 2007, 2011; Васин и Секулић., 2005).

Ако знамо да је органска материја укључена у процесе ретенције и отпуштања фосфора у земљишту (Power и Prasad, 1997), као и да органска материја има кључну улогу у микробиолошким трансформацијама фосфорних

једињења у земљишту и поспешивању усвајања фосфора од стране биљке (Richardson и Simpson, 2011), можемо само претпоставити колики су губици фосфора настали смањивањем садржаја органске материје у протеклих неколико деценија и које последице у односу на производну способност земљишта можемо очекивати. Фосфор пореклом из ђубрива који се налази у стабилним органским комплексима представља кључни део циклуса фосфора зато што замењује изгубљен фосфор из система (During, 1984).

Применом фосфорних ђубрива на карбонатним земљиштима настају одређени проблеми, које се углавном односе на фиксацију, слабије обнављање и акумулацију фосфора земљишту. Информације о хемијским формама фосфора представљају основу разумевања динамике фосфора и његове интеракције на карбонатним земљиштима. Сматра се да на смањење приступачности Р делује комплекс више фактора: хемијски састав земљишта, количина и реактивност силиката глине, CaCO_3 , оксиди Fe, дозе и време примене примењеног фосфора (Afif et al., 1993).

Приликом ђубрења, у првој години биљке обично искористе 20 до 30% од фосфора из примењених ђубрива са постепеном обновом у наредним годинама (Sauchelli, 1965). Из унетих ђубрива од стране биљака фиксира се само део фосфата. Преостале компоненте фосфора усвајају се путем деловања микроорганизама, таложењем од стране растворљивих катјона, или могу бити апсорбовани на колоидни комплекс земљишта (глинени минерали). Ово може повећати њихову стабилност, односно створити комплексе који су мање доступни биљкама (Sauchelli, 1965).

Услед лоше покретљивости, фосфор у ђубривима мора бити у водорастворљивом облику. Постоје неколико различитих ставова у погледу удела водорастворљивог фосфора у комерцијалним ђубривима. Европска економска заједница (ЕЕЗ) захтева да 93% приступачног фосфора у комерцијалним ђубривима и у троструком суперфосфату буде у водорастворљивом облику (Fageria и Gheyi, 1999). Међутим, у истраживањима Mullins (1988) и Mullins и Sikora (1990) наводи се да нема значајнијег повећања приноса, ако садржај водорастворљивог фосфора прелази 80%. У испитивању пет најзаступљенијих ђубрива моноамонијум-фосфата (МАР) у САД, Bartos et al. (1992) закључују да је од 57 до 68% водорастворљивог фосфора у укупном садржају фосфора у ђубриву потребно како би се остварило 90% максималног приноса.

Резултати Jalali и Ranjbar (2010) показују да, у просеку 67,7% од унетог фосфора у периоду од 90 дана постаје неприступачан за екстраховање Olsen-P методом. Због тога се разним начинима тежи повећању ефикасности фосфорних ђубрива. Комбинована употреба минералних са ђубривима органског порекла или пак биљним остацима у одговарајућем односу, може резултирати повећањем садржаја приступачних хранива, а самим тим и повећање приноса (Kumar et al., 1999).

У земљиштима са ниском обезбеђености фосфором уношење фосфорних ђубрива, треба извршити у траке, предсетвено. Ова агротехничка мера смањује фиксацију фосфора из ђубрива на минимум и ствара биљци лакше услове у конкуренцији са земљишним процесима сорпције. Концентрисањем ђубрива у мањем волумену земљишта омогућава се засићење адсорпционог капацитета земљишта и самим тим повећање растворљивог фосфора (Mengel et al., 2001). Код земљишта са оптималним и високим садржајем фосфора, ђубрење у траке има исти ефекат као и уношење минералних ђубрива на целокупну површину. Међутим, код земљишта киселе реакције са израженом фиксацијом фосфора, уношење фосфора у траке може бити и 3 до 4 пута мање у односу на стандардну праксу, уз остваривање истог ефекта (Mengel et al., 2001). Позитиван ефекат ђубрења у траке у почетним фазама развића утврђен је чак и код земљишта са повећаним садржајем фосфора (Foth и Ellis, 1988).

Wakene и Leinweber (2009) у анализи ефекта дугорочних система гајења на фракције фосфора, наводе да је изношење различитих фракција фосфора израженије на монокултури него приликом ротације усева. Благојевић (1987) наводи да у условима вишегодишњег гајења кукуруза у монокултури, као и примене минералних и органских ђубрива на карбонатном чернозему, процеси трансформације фосфора иду у правцу формирања знатних количина оклудованих фосфата. Њихов удео у повећању неорганског фосфора земљишта (у односу на почетно стање) креће се у интервалу од 34,27 до 111,70%. Активни фосфати (водорастворљиви и слабо везани фосфати, алуминијум фосфати, гвожђе фосфати и калцијум фосфати) у нешто већој мери доприносе повећању укупног неорганског фосфора у варијантама огледа где су минерална ђубрива примењена заједно са органским. Такође, Žarković et al. (2000) наводе да је повећање садржаја лакоприступачног фосфора на карбонатном земљишту најизраженије код третмана са органским и минералним ђубривима.

Континуирани унос органских ђубрива (стајњак, компост, биљни остаци) обично резултира повећањем садржаја органске материје и продуктивности микробиолошке биомасе у земљишту у односу на земљишта код којих се фосфор уноси у минералном облику (Bunemann et al., 2006; Fließbach et al., 2007).

Органска пољопривреда се у највећем делу ослања се на изворе фосфора органског порекла (Obersen и Frossard, 2005). У дугорочном истраживању (од 1978. године) утицаја органске производње (биодинамички и биооргански систем) у односу на конвенционални (минерална исхрана и минерална исхрана +стајњак) дошло се до сазнања да су системи код којих је уношење органских ђубрива редовно, одржали су висок садржај органског угљеника у односу на контролу и третман са уносом искључиво минералних ђубрива (Leifeld et al., 2009). Такође, на овим третманима забележена је и већа активност микробиолошке биомасе (Fließbach et al., 2007; Mader et al., 2002). У односу на садржај укупног и лакоприступачног фосфора, на годишњем нивоу, регистрован је негативан Р баланс код оба органска третмана у односу на конвенцијалне (Oehl et al., 2002). Праћењем промена укупног фосфора по дубини земљишног профила, установљено је да са повећаном потрошњом фосфора у површинским слојевима биљке интензивније усвајају фосфор из дубљих слојева (Oehl et al., 2002). Истраживање које је укључило радио изотоп органског фосфора показало је већи степен минерализације органског фосфора у земљишту код третмана са органским системом производње у односу на конвенционални (Oehl et al., 2004). Такође, код органских система регистроване су веће резерве микробиолошког фосфора са бржим трансформацијама и прометом (Oehl et al., 2001).

У испитивањима ефекта органске материје на приступачност фосфора, на карбонатном земљишту, Halajnia et al. (2007) наводе да је само 17% примењеног фосфора из минералних ђубрива приступачно, док код земљишта са третманом стајњака овај удео износи 34% за исти период посматрања.

На основу испитивања вишегодишњих стационарних огледа на чернозему Весковић и сар. (2002) наводе да дуготрајне примене различитих система ђубрења органском материјом (стајњак и кукурузовина) у монокултури кукуруза, имају позитиван утицај на садржај органске материје и однос C/N у земљишту. Ефикасност стајњака у овом истраживању износи нешто изнад 50% ефикасности минералних ђубрива, док се код заједничке примене са кукурузовином његова

ефикасност врло значајно повећава и изједначава са ефектом искључиво минералне исхране.

Са растућим трошковима, као и захтевима заштите животне средине у вези са употребом минералних и органских ђубрива, управљање кружењем хранљивих материја, уз остваривање максималне користи, представља једну од најважнијих компоненти агроекосистема (Rengel, 2007).

3.2.4. ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА ПРИСТУПАЧНОСТ ФОСФОРА

Интеракција хранива у земљишту представља важан фактор у повећању приноса ратарских култура. Ова међузависност налази се под утицајем више чиниоца као што су: концентрација хранљивих материја у земљишту, температура, интензитет светлости, аерација и влажност земљишта, реакција земљишта, биљна врста, активност кореновог система, процес транспирације, концентрације хранљивих елемената у биљци итд. (Fageria, 2008).

Фосфор је слабо покретан у земљишту и генерално можемо рећи да је количина фосфора која се фиксира једнака примењеној количини овог елемента. Поред компонената које су директно укључене у фиксацију фосфора: оксиди Fe и Al, глинени минерали, карбонати и органска материја, постоје бројни фактори који утичу на ретенцију овог елемента (реакција земљишта, катјони у земљишном раствору, анјони, температура) (Power и Prasad, 1997).

Ретенција фосфора из раствора земљишта од стране оксида Fe и Al подразумева замену OH^- са PO_4^{3-} , са укључивањем једне или две хидроксилне групе. Реакција је реверзибилна ако је укључена једна, а неповратна у случају адсорпције две OH^- групе (Hingston et al., 1974). За комплексе између Al^{3+} и фосфата важи да су лабилнији од оних у којима је укључен Fe^{3+} јон. Такође, некрystalни оксиди Fe, који имају површину од $400 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, могу имати већи утицај на адсорпцију фосфата него кристални оксиди Fe са површином од $100 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. Једна од последица ових адсорпција фосфата или других јона од стране оксида Fe и Al јесте повећање негативног наелектрисања (СЕС) (Nakaru и Uehara, 1972).

Сорпција катјона из раствора од стране глинених минерала земљишта, односно седимента који садрже ове минерале, обично се сматра једноставним процесом размена јона. У неселективним сорпцијама, количине адсорбованих катјона пропорционалне су њиховим релативним концентрацијама у раствору и могу се описати законом масе (Sawihney, 1971).

Већина честица са којима фосфор реагује налази се у групи ситнијих фракција земљишта. Због тога је фиксација фосфора израженија у глиновитим земљиштима него у оним са грубљом текстуром. Структура земљишта има највећи ефекат на трансформације фосфора у земљишту (Huffman et al., 1996).

Када се фосфор налази у ниским концентрацијама у земљишту реакција са силикатним минералима је многа спорија него она са оксидима Fe и Al. У адсорпцији фосфора каолинит се понаша врло слично као и Al оксиди (Hingston et al., 1972). Капацитет адсорпције фосфора од стране глинених минерала, поред других фактора, у многоме зависи од пропорције, величине активне површине. При јачим концентрацијама фосфора у раствору нпр. 1M (амонијум, калијум и натријум фосфати) илит, каолинит и монтморилонит се понашају као и оксиди (хидроксиди и оксихидроксиди) Fe и Al формирајући талоге који су сачињени од Fe и Al фосфата. Такође, концентровани фосфор у раствору има способност разградње каолинита (Kitrick и Jackson, 1956) резултирајући таложене алуминијум-фосфата. Edzwald et al. (1976) у испитивању адсорпције фосфата од стране глинених минерала констатује да највећу моћ усвајања фосфата има илит, затим монтморилонит и најмању каолинит. Такође, наводи да присуство соли није утицало на адсорпцију фосфата од стране илита и монтморилонита, али је поспешило адсорпцију од стране каолинита. Упркос великој површини која одликује глинене минерале, доказана је врло слаба адсорпција фосфата на њихову површину (Borgnino et al., 2009.; Yin et al., 2011). Висок негативни набој који глинени минерали имају (нпр. монтморилонит) онемогућава интеракцију са фосфатима.

Песковита земљишта, која немају изражену киселост са малим бројем органских колоида, задржавају мале количине фосфора додатог кроз ђубрење. Међутим, како се у земљишту повећава садржај финијих честица (прах, глина) повећава се и задржавање фосфора (Fox и Kamprath, 1971; Harris et al., 1994; Sonzogni et al., 1980).

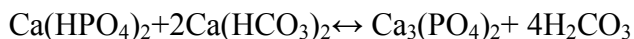
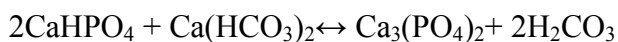
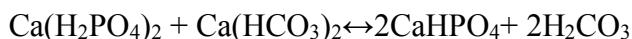
У хемијским процесима карбонатних земљишта доминантну улогу имају земљишни карбонати. Реактивност CaCO_3 у земљишту зависи од специфичне површине карбоната, као и његове укупне површине (Rashid и Rowell, 1988). Доказано је (Bertrand et al., 1999) да Ca^{2+} представља доминантан јон у раствору карбонатних земљишта и да је формирање мање растворљивих комплекса са анјонима слабих киселина (нпр. ортофосфат) услед неизбежне доминације овог јона. Динамика фосфора одређена је калцитом, који снажно везује фосфор и самим тим одржава ниску концентрацију у раствору земљишта (Papini et al., 1999).

Интеракције фосфора са калцитом подразумева два реакциона процеса: први, при мањим Р концентрацијама, адсорпција се врши на површини калцита и други, кристализација фосфата, процес који започиње формирањем језгра кристализације–нуклеуса (Griffin и Jurinak, 1973, 1974). Генерално је успостављен консензус да фосфати, у карбонатном земљишту, при ниским концентрацијама могу бити адсорбовани од стране калцита или исталожени при већим концентрацијама (Freeman и Rowell, 1981; House и Donaldson, 1986; Klelner, 1988; Liu et al., 2012; Yagi и Fukushi, 2012). Рани радови (Cole et al., 1953; Stumm и Leckie, 1970) сугеришу да се иницијално усвајање фосфата на калцит одвија преко процеса хемосорпције, која је касније праћена спором трансформацијом аморфног калцијум фосфата до кристалног апатита са ограниченим бројем места за везивање услед ниског садржаја фосфата у раствору. При већој концентрација фосфора, процес почиње малим степеном адсорпције, праћен таложењем калцијумових једињења као што су дикалцијум, брусит, октакалцијум-фосфат и хидроксиapatит (Freeman и Rowell, 1981; Yagi и Fukushi, 2012).

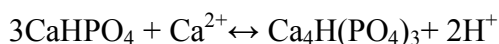
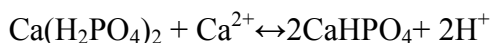
При високим концентрацијама фосфора у земљишту реакције таложења су веома брзе и значајне. Сматра се да фосфор везан слабијим везама за CaCO_3 него у случају Fe и Al оксида и самим тим више приступачан биљци. Уопштено постоји сагласност да је у земљиштима са приступачним Fe и Al оксидима карбонати имају секундарну улогу при сорпцији фосфора. Међутим, у земљиштима где је садржај глине и Fe оксида низак, као нпр. у карбонатним вертисолима и земљиштима сушних региона, карбонати имају највећи ефекат на растворљивост фосфора (Power и Prasad, 1997).

У алкалним земљиштима, растворљива H_2PO_4 реагује са калцијумом формирајући низ производа смањене растворљивости. На пример, високо растворљив монокалцијум-фосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ који се у земљиште уноси применом концентрованог суперфосфата ђубриво брзо реагује са калцијум-карбонатом (CaCO_3) формирајући прво дикалцијум-фосфат и даљом реакцијом са CaCO_3 настаје трикалцијум-фосфат, постепено се смањује растворљивост фосфора. Трикалцијум-фосфат се даље може подвргнути реакцији у још нерастворљивије облике једињења, као што су, хидрокси-карбонати и хидроксил апатити. Примарни калцијум фосфати, а донекле и секундарни су растворљиви, а терцијални тешко растворљиви. На овај начин растворљивост фосфата се смањује.

Међутим под утицајем киселина долази до постепеног разлагања теже растворљивих фосфата (Џамић и Стевановић, 2007):



Mengel et al. (2001) наводе да формирање и растварање фосфата у алкалним земљиштима у највећој мери зависи од рН вредности и садржаја Ca^{2+} у земљишном раствору. Што је нижи однос Са/Р већа је растворљивост Са фосфата у води:



Једињења настала из предходно формираних трикалцијум-фосфата (карбонат и хидрокси апатит) су хиљаду пута мање растворљива. Екстремна нерастворљивост апатита у неутралним и алкалним земљиштима чини да самлевени сирови фосфати (пореклом од минерала апатита), представљају неефикасан извор фосфора за биљке, изузев код примене на киселим земљиштима (Mahdi et al., 2011).

Органска материја укључена је у процесе ретенције и отпуштања фосфора у земљишту. Растворена органска материја у земљишту врши интеракцију за фосфором и директно или индиректно утиче на количину расположивог фосфора у земљишном раствору. Индиректни утицај подразумева: побољшање структуре земљишта, режима влажности (Wang et al., 2001), као и делимичан утицај на реакцију земљишта смањујући капацитете сорпције Fe и Al оксида (Haynes и Mokolobate, 2001). Поред овог, органска материја може обезбедити и друге хранљиве материје које поспешују раст корена и повећавају способност биљака при усвајању фосфора. Директни ефекти растворене органске материје на приступачност фосфора генерално могу бити објашњени кроз три основна процеса: 1) конкуренција органских једињења и фосфора према местима адсорпције, 2) посредовање у растварању и контроли фосфора адсорбованог од стране минералне фазе, 3) ослобађање у раствор фосфора пореклом из органске фракције (Hunt, 2006).

Динамика фосфата у карбонатним земљиштима такође зависи и од органске материје. Доказано је да органска материја може повећати приступачност фосфата (Delgado et al., 2002; Staunton и Leprince, 1996; Violante и Gianfreda, 1993) која се остварује кроз конкурентност два анјона на исто место адсорпције. Такође, органска једињења могу утицати на количину, брзину и начин таложења фосфата као што је спречавање формирања хидрокси-апатита (Alvarez et al., 2004; Delgado et al., 2002; Grossl и Inskeep, 1991; Inskeep и Silvertooth, 1988; Oelkers et al., 2011). Оба процеса имају позитиван ефекат у смислу приступачности фосфора биљкама и подизању продуктивности земљишта.

Истраживање адсорпције фосфата на CaCO_3 монтморилонит (Perassi и Borgnino, 2014) показује да присуство конкурента, као што је хуминска киселина смањује адсорпцију фосфата, као и да оба јона улазе у конкуренцију за везивање на површинска места адсорпције. Већа редукција се појављује у случају када је хуминска киселина додата пре фосфата и обрнуто, адсорпција фосфата се повећава без присуства хуминске киселине. Хуминска киселина може спречити таложење Са-Р једињења остављајући више фосфата у раствору земљишта.

У испитивању утицаја уношења стајњака на кретање фосфора по дубини земљишног профила Vetter и Steffens (1980) наводе да је 13% од укупно унетог фосфора прешло у слој земљишта 60-90 cm. Као могући разлог објашњава се да велика количина органске материје потпомаже формирање хелата Fe и Al омогућавајући фосфору кретање пре него што се веже или исталожи.

Једна од теорија је да органска једињења образују омотач на површини земљишних колоида, одговорне за Р сорпцију, омогућавајући процеђивање фосфора из органских ђубрива у дубље слојеве земљишта (O'Connor et al., 1986). У карбонатним земљиштима ови процеси могу се објаснити тиме што органске киселине, при високим рН вредностима земљишта, повећавају растворљивост дикалцијум-фосфат дихидрата, главног прекурсора за стварање хидроксиапатита, као и Са-Р форми у земљишту (Grossl и Inskeep, 1991; Inskeep и Silvertooth, 1988).

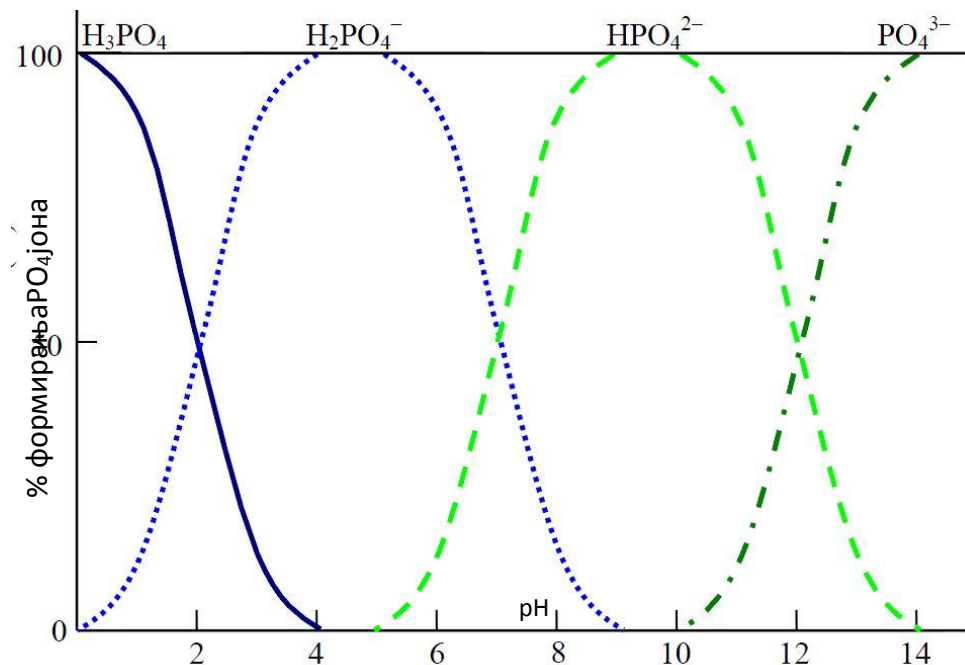
Органска материја земљишта везује механичке елементе земљишта у агрегате. Услед тога, свака промена садржаја органске материје настала одговарајућим управљањем биљним остацима или органским ђубривима утиче на формирање и стабилност земљишних агрегата, а самим тим и структурну стабилност земљишта (Graham et al., 2002; Lovel и Webb, 2003; Paustian et al., 1997; Six et al., 1999, 2000).

Диференцијација земљишта на агрегате различитих величина може бити корисна приликом процене утицаја различитих начина коришћења земљишта пошто агрегати имају способност да спрече разлагање органске материје (Jastrow, 1995; Six et al., 1998). Конвенционална обрада земљишта генерално смањује агрегацију и повећава промет (односно стопу формирања и деградације) макроагрегата у поређењу са редукованом обрадом, резултирајући губитком органског угљеника из земљишта (Six et al., 1999, 2000; Tisdall и Oades, 1982; Wright и Hons, 2005). Према Six et al. (1999), спорији промет макроагрегата, при производњи са редукованом обрадом земљишта, доводи до бржег стварања микроагрегата заједно са макроагрегатима и бољој стабилизацији нове органске материје (угљеник везан за минералну компоненту).

Управљање земљиштем, односно пољопривредном праксом, која утиче на повећање агрегације и ниво органске материје у земљишту такође може бити испољено и на повећану ретенцију фосфора у његову стабилност у земљишту. Ефекат агрегације на способност задржавања лабилних форми (*sequestration*) фосфорних хемијских фракција може показати како коришћење земљишта утиче на дистрибуцију и стабилност фосфора (Wright, 2009.).

Реакција земљишта има врло снажан утицај на приступачност Ca, Al, Fe и других јона у земљишту, а сам тим и преовлађујући утицај на задржавање/ретенцију фосфора у земљишту. Сматра се да реакција земљишта представља главну променљиву која утиче на P сорпцију (Naem et al., 2013). Највећа приступачност фосфора карактеристична је за реакцију земљишта вредности од 6 до 6,5. При нижој рН вредности (у KCl) повећана растворљивост Fe и Al резултира ретенцију примењеног фосфора у Fe и Al фосфате, док при вишим вредностима рН (KCl) (>7) калцијум има доминантну улогу у ретенцији фосфата. Калцизација киселих земљишта повећава приступачност фосфора смањујући P фиксацију (Power и Prasad, 1997). Јонска форма раствореног фосфора зависи од реакције земљишног раствора. У благо киселим земљиштима преовладава форма H_2PO_4 , док у земљиштима са рН вредношћу изнад 7 доминира HPO_4 форма. Константа дисоцијације киселина (киселинска константа, константа јонизације киселине) за H_3PO_4 у $H_2PO_4^-$, а затим у HPO_4^{2-} износи рН 2,1 односно рН 7,2. Због тога је, већина неорганског фосфора испод рН 6,0 присутна у моновалентној форми $H_2PO_4^-$, док су јонске форме H_3PO_4 као и HPO_4^{2-} заступљене у знатно мањој мери (Слика 4). Већина истраживања утицаја рН на

усвајање неорганског фосфора, код виших биљака, налазе да је највеће усвајање при реакцији између рН 5,0 и 6,0, при чему доминира H_2PO_4^- јон (Ullrich-Eberius et al., 1984; Furihata et al., 1992), што сугерише да се неоргански фосфор усваја у моновалентној форми.



Слика 4. Утицај реакције на дистрибуцију ортофосфоатних јона у раствору

Фосфати у раствору земљишта су у сталној динамици и континуирано реагују са Ca, Fe, и Al. Брзина реакције зависи од реакције земљишта, као и активности катјона. Ретенција фосфора често је контролисана и од стране катјона. Доказано је да магнезијум има способност спречавања адсорпције фосфата на калцит (Yadav et al., 1984). У алкалним земљиштима, где Na јон има доминантну улогу, долази до везивања фосфора од стране натријума омогућавајући приступачан фосфор биљци и самим тим смањење укупно редукованог фосфора. Поред катјона и анјони могу утицати на кретање фосфора. Специфични јони као нпр. сулфати, хидроксилни анјони, молибдати, фосфатима могу представљати конкуренцију на приступачна реакциона места, иако су фосфати јачи учесник у овим процесима (Power и Prasad, 1997).

Температура земљишта такође може утицати на реакцију додатог фосфора у земљиште резултирајући рапидно смањење приступачног фосфора (Bramley и Watow, 1992). Приликом испитивања утицаја неорганског фосфора додатог кроз минерална ђубрива (Power et al., 1964) установљено је смањење

водорастворљивог и NaHCO_3 екстрахованог фосфора, када се инкубациона температура земљишта повећала на 15°C . Такође је утврђено смањење водорастворљивог фосфора за 33% на сваких 15°C повећања температуре (Beaton et al., 1965). Овакав закључак може објаснити бољу фиксацију фосфора на земљиштима топлијих предела у односу на земљишта са хладијим климатом. Са друге стране, минерализација фосфора, пореклом од органске материје, биљних остатка или унетих органских ђубрива се генерално повећава са повећањем температуре земљишта. На пример, испитивања у трајању 12 година показују повећање бикарбонат/ HCO_3 екстрахованог фосфора у периоду између касне јесени и пролећа (Campbell et al., 1984). Повећање лакоприступачног фосфора са повећањем температуре са 10 на 20°C код земљишта са применом стајњака региструју Whalen et al. (2001) као и Grierson et al. (1999), код шумских земљишта, која су ђубрена фосфором.

Водни режим земљишта такође може снажно утицати на хемизам фосфора. И то двоструко, директно кроз промена садржаја воде у земљишту и индиректно кроз промене физичко-хемијских услова (Kirk et al., 1989). Обзиром да само растворени фосфатни јони могу бити приступачни биљкама, одређен садржај влаге у земљишту мора бити присутан како би се одвијали процеси усвајања. Влажност земљишта је такође неопходна у процесима дифузије. Такође је доказано да исушивање земљишта може смањити растворљивост фосфата, мање или више, у неповратном смеру, што се објашњава променом редокс потенцијала, при чему долази до настајања јона са јачом снагом таложења. Неповољно стање, услед ниског садржаја влаге у земљишту, донекле може бити компензовано већим уносом лакорастворљивих фосфата. Утицај квашења и исушивања на особне земљишта уопште, као и статуса хранива у земљишту, предмет је многих истраживања (Haynes и Swift, 1985).

Улога микроорганизама у кружењу фосфора у земљишту не би требало да буде потцењена обзиром да је значајни део укупног фосфора органски везан. Иако микробиолошка биомаса представља $0,4-2,5\%$ укупног фосфора у обрадивом земљишту (до $7,5\%$ код пашњака) она може имати кључну улогу у циклусу фосфора (Oberson и Joneg, 2005).

Фосфор заузима кључно место у исхрани микроорганизама сходно његовој улози у метаболизму, трансферу енергије (АТФ), структури ћелија (фосфолипиди) и др. (Buneman et al., 2011, Frossard et al., 2011). Stewart (1981) описује активност

микроба као »точак« који се окреће и истовремено троши и ослобађа фосфор у земљишни раствор. Врло ниска концентracија фосфора у раствору земљишта довела је до тога да микроорганизми развију механизме којима би повећали приступачност фосфора у земљишту. Као и биљке, микроорганизми имају способност промене њиховог непосредног хемијског окружења, усвајањем и отпуштањем органских и неорганских јона и молекула. Они активно или пасивно ослобађају протоне, CO_2 и секундарне органске метаболите (шећере, органске анјоне, аминокиселине, ензиме, феноле...) који могу допринети растварању фосфора из земљишних минерала. Поред тога што, као и биљке, могу усвојити неоргански облике фосфора (H_2PO_4 и HPO_4^{2-}) и органске молекуле ниже молекуларне масе, поједини микроорганизми имају способност усвајања и молекула веће молекуларне масе (Jones и Obugrger, 2011). Ово наводи на закључак да је већина залиха органског фосфора у земљишту приступачна микроорганизмима. Сматра се да 1-50% од укупних земљишних бактерија и 0,5-1% гљива могу бити класификоване као микроорганизми Р растварачи (Kucey et al., 1989; Gyaneshwar et al., 2002). Главни механизми растварања фосфора од стране микроорганизма обухватају:

1) ослобађање комплексних једињења и минералних растварача (органске киселине, »Siderophores«—носачи гвожђа—хелатна једињења високог афинитета за гвожђе, протоне, хидроксилне анјоне, CO_2 ;

2) ослобађање екстрацелуларних ензима (биохемијска минерализација органског Р);

3) ослобађање органског Р током разградње супстрата (биолошка минерализација органског Р) (McGill и Cole, 1981).

Микроорганизми су неизоставна компонента циклуса фосфора у земљишту. Фосфосолубилизирајући микроорганизми преко различитих механизма солубилизације и минерализације могу да преводе неоргански и органски фосфор у земљишту у облике које биљка може да усвоји (Khan et al., 2009a). Органски фосфор може да чини 4-90% укупног фосфора у земљишту (Khan et al., 2009b), а овако везан фосфор може се ослободити деловањем ензима фосфатаза (киселе и базне).

Концепт да микроорганизми поспешују приступачност фосфора биљци није нов. Gerretsen (1948) је доказао да чисте културе земљишних микроорганизма могу побољшати исхрану биљке у контролисаним условима,

растварајући исталожене форме калцијум-фосфата. Након овог, бројна истраживања баве се микробиолошким посредовањем у мобилизацији фосфора и карактеризацијом ових микроорганизама (Gyaneshwar et al., 2002; Khan et al., 2007, 2010; Harvey et al., 2009; Richardson et al., 2009; Zaidi et al., 2009). Микроорганизми могу повећати капацитет биљака за усвајање фосфора кроз различите механизме:

1) интезивирање раста корена и повећањем кореновог система (нпр. микоризна активност) или хормонском стимулацијом раста корена, гранања и развоја коренових длачица (фитостимулацијом) (Richardson et al., 2009; Nayat et al., 2010);

2) променом равнотеже сорпције, која може резултирати повећаним трансфером ортофосфата у раствору земљишта или олакшати мобилност органског фосфора директно или индиректно кроз микробиолошки промет/обрт (Seeling и Zasoski, 1993).

3) кроз индукцију метаболичких процеса ефикасних у директном растварању и минерализацији фосфора из мање приступачних органских и неорганских облика (Richardson et al., 2009).

Бројност, активност и биоразноврсност микроорганизама у земљишту чиниоци су који одређују ниво биогености, односно његову плодност (Stenberg, 1999; Milošević et al., 1999). Истраживање Bollin-а (1977) сугерише да је у последњих 100 година 25-50% обрадивог земљишта осиромашено у садржају угљеника. Један од узрока је и смањење земљишног биодиверзитета (Stewart, 1991), где микроорганизми заузимају значајно место.

Врло сложена интеракција између микроорганизама, биљака и земљишта ствара велике потешкоће у увођењу микробиолошких препарата за мобилизацију фосфора (микробиолошка ђубрива) и њихово веома мало учешће у широкој пољопривредној пракси (Richardson и Simpson, 2011). Ако се жели постићи већа прихваћеност микробиолошких препарата (микроорганизми за мобилизацију фосфора у земљишту) од стране производне индустрије и пољопривредних произвођача потребно је остварити много већи ниво разумевања понашања микроорганизама у земљишту. Ово је једино могуће кроз темељно познавање њихове генетичке стабилности, екологије ризосфере и механизам а који утичу на повећање приступачности фосфора у земљишту и поспешивање раста биљака (Jones и Oburger, 2011).

3.2.5. ОДРЕЂИВАЊЕ ФОСФОРА У ЗЕМЉИШТУ

До сада је развијено мноштво метода за одређивање фосфора у земљишту. Оне се међусобно разликују у зависности од потреба истраживања, типова земљишта за које су предвиђене, као и климатских услова који владају за испитивано подручје. Методе за одређивање фосфора у земљишту генерално могу бити подељене на директне и индиректне методе (Suman, 2004). Директне методе обухватају три врсте анализа:

1) *Дефракција X зрацима*. Подразумева идентификацију и квантификацију кристалних форми фосфора у земљишту користећи технику дефракције X зрацима (*X-ray Powder Diffraction*). Примена ове методе вршена је за доказивање минерала фосфора земљиштима са и без уноса ђубрива (Sample et al., 1980).

2) *Елементарна анализа састава (Electron microprobe Analysis)*. Ова директна анализа земљишта има лимитирајући успех пре свега због чињенице да је P релативно мала, диспергована, компонента земљишног матрикса. Такође, мала просторна резолуција скенирања електро-микроскопске технике (Norrish и Rosser, 1983) представља ограничавајући фактор. Метода је коришћена у детекцији и локацији P високих концентрација код индустријских земљишта, као и одређивању повезаних елемената за карактеризацију честица богатих фосфором наком ђубрења (Sawhney, 1973; Norrish и Rosser, 1983). Pierzynski et al. (1990) су дошли до сазнања су Al и Si доминантно везани елементи са P при високим концентрацијама док су Ca, Fe и Mn присутни при нижим концентрацијама.

3) ^{31}P *Нуклеарно-магнетно-резонантна спектроскопија (NMR)*. Представља врло добру, недеструктивну (без разарања) технику за одређивање органских и неорганских компоненти. Ову технику у старту можемо раздвојити у зависности од начина посматрања узорка. Тако разликујемо детекцију ^{31}P (NMR) из чврстог узорка и ^{31}P (NMR) детекцију из екстрахованог узорка земљишта. У литератури најзаступљенија ^{31}P (NMR) детекција је из екстрахованог узорка земљишта и то у сврху карактеризације органског фосфора. Иако је врло сложено и тешко потпуно објаснити принципе ове технике једна од великих предности је и то да при интерпретацији (NMR) спектра за одређивање фосфорних једињења није потребно познавати физичке основе технике. Поједностављене инструкције представљају Veeman (1997) и Cade-Menun (2005a), а нешто опширније Derome

(1987). Пошто се ради о техници која захтева екстракцију постоје одређени ограничавајући фактори. Они се пре свега односе на природу самог земљишта и избора екстракционог средства односно принципа, оно што се не може екстраховати не може се ни детектовати. Свеобухватну анализу, упоређење и учинак појединих екстракционих средстава, услова екстракције као и препоруку за њихову оптимизацију дали су Cade-Menun (2005a,б) и Turner et al. (2005). Ова техника је значајно унапредила познавање земљишта у последње две деценије и поједноставила врло сложене процедуре раздвајања у хроматографији (Preston, 1996; Condrón et al., 1997). Сада постоји мноштво информација о саставу земљишног фосфора у широком спектру окружења, услова коришћења земљишта (Ogner, 1983; Condrón et al., 1985; Adams и Byrne, 1989; Bedrock et al., 1994; Makarov et al., 1997; Mahieu et al., 2000; Amelung et al., 2001).

Велики део неорганског фосфора није могуће анализирати директним методама. Индиректне методе имају веома широку примену у идентификацији фосфорних једињења и засноване су на хемијској фракционацији, степену растворљивости и корелационим односима појединих особина земљишта и растворљивости фосфора (Suman, 2004).

Главни циљ екстракционих метода јесте категоризација различитих облика фосфора и одређивање њихове заступљености у одговарајућим резервоарима (залихама) земљишта. Појединачне екстракције користе се како би пружиле процену одређеног облика P, док секвенцијална анализа има за циљ детаљнију карактеризацију различитих облика фосфора у односу на приступачност, а који су одвојени неким хемијским особинама. Методе екстракције које се користе при карактеризацији фосфора у земљишту заснивају се на принципу: 1) десорпције P са сорпционих места стварањем околности у којима је десорпција појачана, 2) замена P са једињењем које има јачи сорпционе афинитет или 3) растварање сорпционих компоненти (Soigne, 2009).

Велики број истраживања заснива се на одређивању укупног садржаја фосфора. За овај начин одређивања потребно је извршити оксидацију органске материје као и дезинтегрисање и растварање минералног матрикса. За растварање минералног комплекса потребан је врло агресиван приступ. Иако екстракционим процесом целокупни P не може бити издвојен, његов велики део може и то јаким киселинама и базама (Soigne, 2009). Уобичајени метод за одређивање укупног P подразумева загревање са додатком киселина (Bowman, 1988). Међутим и алкалне

фузије могу дати одличне резултате у узорцима који садрже апатит (Syers et al., 1967).

Одређивање органског фосфора у земљишту и даље представља велики проблем у аналитици, преваходно због комплексности органског Р која се огледа у: осетљивости појединих органских једињења (хидролизују током екстракције), адсорпције од стране глине и формирања нерастворљивих соли са катјонима (Tate, 1984). У већини случајева органски фосфор се процењује индиректно спаљивањем или екстракцијом (Bowman, 1989). Метод спаљивања развили су Saunders и Williams (1955), а органски Р се израчунава као разлика између укупног и неорганског фосфора. Ова метода доживела је многе модификације услед непрецизности (прецењености резултата) од стране Walker и Adams (1958); Williams et al. (1970); Kuo(1996).

Секвенцијалне анализе – технике селективне растворљивости, ослањају се на процедуре хемијских екстракција и дигестије, које се на узорку примењују паралелно или у низу. Оваквим поступком могу се издвојити различите врсте једињења фосфора и направити веза са екстрационим средством, односно, растворљивости појединих компоненти у земљишту (McLaughlin, 1996). Генерално, ове технике се заснивају на претпоставци о подели фосфора у неколико добро дефинисаних резерви/залиха фосфора у земљишту и њиховом доприносу у односу на раст и развиће биљака (Johnson et al., 2003).

Развој секвенцијалних техника траје неколико деценија. Овај приступ први пут је искоришћен од стране Chang и Jackson (1957) за издвајање фосфора облика везаних за гвожђе, алуминијум и калцијум. У каснијум периодима због бројних проблема везаних за интерпретацију резултата, као и открића лиганд размене омогућени су нови теоретски приступи, а сам тим и неколико модификација (Peterson и Corey, 1966; Williams et al., 1967, 1971). Са данашњег становишта јасно је да процедура Chang и Jackson (1957) издваја различите облике/резерве неорганског фосфора у односу на површину за коју се Р везује. Први корак екстракције раздваја слабо везане фосфате као и везе са разменљивим Ca^{2+} . Употреба NH_4F у другом кораку екстракције заснована је на способности флуорида у формирању стабилних комплекса са алуминијумом и селективној екстракцији Al-P (Turner и Rice, 1952; Chang и Jackson, 1957). Међутим, такође су забележени и контрадикторни резултати о овој способности (Bromfield, 1967). Накнадна екстракција са NaOH има за циљ издвајање фосфора везаног за гвожђе

(Fe-P), док се последњи корак у екстракцији сматра издвајање калцијум фосфора везаног за калцијум (Ca-P). Откриће Williams et al. (1967) да ова процедура фракционације није примењива на карбонатним земљиштима довела је до даљег развоја методе. У процедуру је уведена и друга екстракција NaOH, као и HCl екстракција, како би се повећало издвајање апатитно оклудоване форме. У карбонатним земљиштима слабо везани фосфор има веома мали удео у укупном садржају, на супрот Ca-P који учествује као највећа компонента (Sharpley и Smith, 1985), док код бескарбонатних земљишта и седимента Al P и Fe P представљају основне компоненте (Williams et al., 1971).

Предходна процедура у потпуности занемарује екстракцију органског фосфора, као и фосфора везаног за микробиолошку масу, иако ова два облика имају врло важну улогу у исхрани биљака (Kelly et al., 1983). Услед наведених неправилности, као и проблема везаних за алуминијум и гвожђе, настале су и друге екстракционе шеме са ширим груписањем фосфорових једињења, уз истовремено издвајање и органских форми фосфора (Hedley et al., 1982). Оне могу бити веома корисне у праћењу промена фосфорових форми, као и циклуса фосфора у зависности од педолошких карактеристика земљишта, као и самог управљања земљишта (Bowman и Cole, 1978; Hedley et al., 1982).

Шема раздвајања фракција органског фосфора у земљишту први пут је постављена од стране Bowman и Cole (1978). Употребом различитих екстракционих средстава из земљишта издвојено је неколико фракција у зависности од њихове приступачности биљкама. У лабилном делу ова фракционација не подржава издвајање микробиолошки везаног фосфора. Због тога, поред осталих измена, Hedley et al. (1982) у ову процедуру уводе третман са хлороформом тзв. хлороформ/бикарбонатну технику. Метод по Hedley et al. (1982) представља свеобухватну анализу фракционације неорганског и органског фосфора на бази хемијске растворљивости. Он је делимично заснован на процедури Chang и Jackson (1957) и укључује анјон-измењивачке смоле, 0,5 М NaHCO₃ (pH 8,5); 0,1 М NaOH са ултрасоничном дисперзијом, и 1,0 М HCl. Резидуална фракција је одређена дигестијом остатка у водоник-пероксиду и сумпорној киселини. Доступност биљкама заснована је на основу хемијске стабилности изолованих фракција. Оригинална метода фракционисања по Хендлеју, од свог настанка, претрпела је значајне модификација на различитим типовима земљишта (Magid et al., 1996) као и критике у погледу тумачења органског фосфора.

Ivanoff et al. (1998) развијају процедуру за анализу органског фосфора која укључује оба аспекта горе наведених метода за фракционисање фосфора (Bowman и Cole, 1978; Hedley et al., 1982). Она укључује иницијалну екстракцију лабилних компоненти са 0,5 М NaHCO_3 (pH 8,5); фумигацију за процену микробиолошког фосфора, затим киселу екстракцију са 1,0 М HCl и на крају екстракцију стабилног органског фосфора са 0,5 М NaOH . Органски фосфор добијен екстракцијом са хлороводоничном киселином представља делимично лабилну залиху/резерву. Резидуални фосфор одређује се спаљивањем и киселом екстракцијом. Органски фосфор екстрахован са натријум хидроксидом раздвојен је на компоненте повезане са фулво киселине (делимично лабилан) и нелабилну компоненту везану за хуминску киселину.

Hedley et al. (1982) и Tiessen et al. (1984) наводе да се екстракцијом земљишта са NaHCO_3 , издваја неорганска форма фосфора коју у највећем делу чини биолошки приступачан фосфор ($\text{NaHCO}_3\text{-P}$). Затим, неоргански облик, (NaOH-P) преставља облик фосфора који се приписује за његово везивање према аморфним и кристалним облицима гвожђа и алуминијума, док се за неоргански облик фосфора (HCl-P) сматрају фосфати везани за калцијум. У односу на екстракцију NaHCO_3 органских форми сматра се да се ови облици могу лако минерализовати и допринети усвајању од стране биљака. Екстракција органског фосфора са NaOH издваја хемијски теже растворљиве форме фосфора, које захтевају дугорочне трансформације у земљишту. Већина секвенцијалних анализа органског фосфора није укључивала екстракцију са HCl . Ivanoff et al. (1998) користи различиту фракциону процедуру и сугерише да фракција (HCl-P), органски облик, представља делимично лабилну фракцију. Такође, He et al. (2006) наводи да је органски фосфор у овој фракцији везан са калцијумом може бити хидролизован.

3.3. ФОСФОР И БИЉКА

Фосфор је есенцијални елемент потребан за раст и репродукцију биљака и један од три најважнија елемента у исхрани биљака, заједно са азотом и калијумом. Улогу фосфора у исхрани биљака не може преузети ни један други

нутријент. Без адекватног снабдевања фосфором биљке не могу достићи свој максимални принос (Fageria и Gheyi, 1999).

Биљке користе фосфор у потпуно оксидованом и хидратисаном облику као ортофосфат. Обично апсорбују јон H_2PO_4^- или HPO_4^{2-} у зависности од реакције медија у којем биљка расте. Усвојени минерални фосфор врло брзо може бити уграђен у органске молекуле након усвајања у корену биљке или након транспортовања у надземном делу. Међутим, под одређеним условима оне могу усвојити и растворљиве органске фосфате укључујући и нуклеинске киселине (Sanchez, 2006).

Концентрација фосфора у биљкама просечно износи 0,3-0,5%. Репродукциони органи и млађа ткива садрже релативно више фосфора. Највеће потребе биљака за фосфором су током интензивног развоја кореновог система (почетак вегетације), као и у периоду прелаза из вегетационе у репродуктивну фазу развића. У нашим агроеколошким условима, у почетним фазама развића биљака (након ницања) често можемо уочити акутни недостатак овог елемента. Ово се дешава у условима када је температура земљишта још ниска, а корен услед повишене влажности земљишта нема довољно кисеоника. Покретљивост фосфора у биљци је добра у оба смера (Вукадиновић и Вукадиновић, 2011).

Фосфор има важну улогу у трансферу и складиштењу енергије. Аденозин дифосфат (ADP) и аденозин трифосфат (ATP) су високо енергетска фосфатна једињења која покрећу већину физиолошких процеса укључујући фотосинтезу, дисање, синтезу нуклеинских киселина, као и транспорт јона кроз ћелијске мембране (Eastin и Sullivan, 1984; Wood, 1998). Поред улоге у процесу преноса енергије фосфатне групе (везе) имају важну улогу у процесима метаболизма. Фосфор је структурна компонента фосфолипида, нуклеинских киселина, нуклеотида, коензима и фосфопротеина. Фофолипиди имају важну улогу одржавања структура мембрана. Нуклеинске киселине као саставни део гена и хромозома носе генетички материјал од ћелије до ћелије. Као моноестар фосфор омогућава лиганд размену у процесима ензиматске катализе. Такође, фосфати у биљци одржавају рН вредност ћелије (Sanchez, 2006).

Велике потребе за фосфором карактеристичне су за меристемско ткиво, где се ћелије рапидно умножавају и увећавају (Brady и Weil, 2002). Он је такође кључна компонента фитина, односно резерва фосфора у семену, од пресудног значаја за индукцију клијања. Недостатак фосфора може утицати на смањење

величине семена, броја семена и његову виталност. Исхрана фосфором код легуминоза повезана је са свим аспектима фиксације азота и најближе се може се објаснити односом фосфора и механизма преношења енергије. Такође, код махунарки са повећаним уносом фосфора повећава се гранање. Код цералија фосфор утиче на бокорење. Раст кукуруза значајно се побољшава са додатком фосфора. Valigar et al. (1998) бележе бољи развој корена на третманима са растућим дозама фосфора.

Иако већина биљака узима фосфор током читавог периода вегетације, око 50% од укупно унетог фосфора се усвоји до времена када биљка акумулира 25% суве материје у односу на укупно усвојени садржај током сезоне. Биљне врсте се међусобно разликују у својим захтевима према фосфору, способности да екстрахују фосфор из земљишта и реакције на одређени садржај нерастворљивих облика Р у ђубриву. Усеви који релативно ефикасно користе овакве, нерастворљиве, облике фосфора су: луцерка, хељда, просо, лупине и детелина, док се у групу неефикасних усева могу сврстати: јечам, памук, кукуруз, зоб, кромпир и пшеница (Stevenson, 1986).

Стрес биљака изазван лимитираном Р исхраном утиче на смањење лисне површине, броја листова и саму експанзију листова (Lynch et al., 1991; Qui и Israel, 1992; Halsted и Lynch, 1996). Смањена концентracија фосфора у земљишту може утицати на повећање односа корена и надземног дела (Smith et al., 1990; Lynch et al., 1991). Такође, стрес који се јавља у случају недостатка фосфора смањује фиксацију и асимилацију угљеника (Fredeen et al., 1990; Usuda и Shimogawara, 1991; Halsted и Lynch, 1996). Симптоми недостатка фосфора у биљкама могу се препознати као: драстично заостајање у расту, танко издужено стабло, усправни и тамно зелени листови, смањење величине листа, мањак ћелија листа и проширења на листу, корен биљака је тањи и издужује се (Clark, 1982; Fageria et al., 2003). Фосфор није конститутивни елемент хлорофила ипак, у случају Р недостака концентрација хлорофила у листу се повећава, а боја лишћа, нарочито млађих листова, се мења у тамно зелену (Fageria и Gheyi, 1999). Иако се концентрација хлорофила повећава његова фотосинтетичка активност се смањује (Marschner, 1995).

Најбољи параметар за процену недостатка хранива у посматраном земљишту представља реакција усева на њихову примену у земљишту. На основу овог критеријума може се рећи да се изразито кисела, као и алкална земљишта

широм света, у погледу биљне производње, одликују недостатком фосфора у земљишту. Фосфор је у биљкама мобилан и због тога се први симптоми недостатка појављују на старијим листовима. Визуелни симптоми недостатка Р поред успореног пораста и смањеног приноса се могу препознати као љубичаста или црвенкаста обојења на старијим листовима као резултат синтезе антоцијана. Ако се недостатак настави, лишће може добити наранџасту боју и коначно некротирати (Hewitt, 1963). Код стрних жита и кукуруза црвена боја се типично јавља на рукавцима доњег лишћа.

Сувишак фосфора у природним условима релативно је ретка појава и догађа се када концентрација у сувој материји биљке пређе 1% уз чест недостатак цинка и гвјђа. Симптоми сувишка манифестују се кроз успорен пораст. Визуелно се могу уочити тамномрке пеге на лишћу које се шире према базалном делу и некротирају. Велике количине фосфора убрзавају метаболизам и доводе до скраћивања вегетације, превременог цветања и старења биљке. Убрзавање раста и бржи развој може бити позитивно код пострних усева међутим, код главног усева има негативне последице јер утиче на скраћење периода образовања плодова односно наливања зрна (Вукадиновић и Вукадиновић, 2011).

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

4.1. ИСТРАЖИВАЊА У ПОЉУ (ПОЉСКИ ОГЛЕД)

За предвиђена испитивања у оквиру дисертације коришћени су узорци земљишта са дугогодишњег огледа монокултура и двопоље кукуруза Института за ратарство и повртарство на огледном пољу Римски Шанчеви. Оглед је постављен 1965. године и подразумева гајење кукуруза у монокултури, као и део огледа кукуруза у двопољу са јечмом. У истраживањима су коришћени хибриди кукуруза различите групе зрења (ФАО 300, 400, 500, 600 и 700) селекционисани у Одељењу за кукуруз Института за ратарство и повртарство из Новог Сада. Оглед је изведен у четири понављања (6x4), по плану подељених парцелица (сплит–плот дизајн огледа, са рандомизираним распоредом варијанти), (Слика 5).



Слика 5. Шемама изглед постављеног огледа

У истраживању су обрађени следећи третмани ђубрења (фактор »А«):

1. контролна варијанта (кукуруз у монокултури без ђубрења органским или минералним ђубривима) – Ø;
2. кукуруз у монокултури, ђубрен само минералним ђубривим – МК: НРК;
3. кукуруз гајен у монокултури, уз заоравање жетвених остатака (кукурузовине) и примену минералних ђубрива – МК: К + НРК;

4. кукуруз гајен у монокултури, уз примену стајњака и минералних ђубрива– МК:
S + NPK;

5. кукуруз гајен у двопољу са јарим јечмом, уз примену стајњака – DVS;

6. кукуруз гајен у двопољу са јечмом, уз примену стајњака и минералних ђубрива –
DVS + NPK;

Примена минералних NPK ђубрива (на варијантама са минералним ђубривима) изведена је у јесен са по 60 kg ha^{-1} N, P_2O_5 и K_2O (минерално ђубриво NPK 15:15:15) и у пролеће – предсетвено, применом 60 kg ha^{-1} азота (UREA, 46% N). На делу огледа где се кукуруз гаји у двопољу, стајњак се примењује у јесен сваке године под кукуруз, а на варијантама у монокултури – сваке друге године (у оба случаја стајњак се примењује у количини од 25 t ha^{-1}). Сетва кукуруза изведена је машински, на склоп од 57.000 биљака по хектару и обављена је у оптималном агротехничком року.

На подпарцелама, у оквиру сваке од наведених варијанти огледа посејано је шест хибрида кукуруза (фактор»В«), различитих ФАО група зрења (Слика 6):

- | | |
|------------|------------|
| 1. NS 3014 | 4. NS 6010 |
| 2. NS 4015 | 5. NS 6030 |
| 3. NS 5043 | 6. NS 7020 |



Слика 6. Хибриди који су коршћени у огледу

Приликом узимања узорак земљишта током читавог периода посматрања (2009-2010. год.) узорковано је земљиште са три дубине (фактор »С«):

- 0-20 cm
- 20-40 cm
- 40-60 cm

4.2. ДИНАМИКА ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру дисертације предвиђено је фазно узимање узорак. Лабораторијска истраживања изведена су током периода јесен 2009./јесен 2010. године. У првој фази узорци земљишта узети су након бербе кукуруза. У овом делу извршен је и највећи број предвиђених анализа: параметри плодности земљишта (основна хемијска својства, приступачан садржај микроелемената, укупан садржај појединих макроелемената, садржај органског С и др.). Поред наведеног, анализа земљишта у овој фази подразумева и анализу садржаја различитих фракција минералног и органског фосфора, као и утврђивање микробиолошких својства земљишта. Такође, из узорак у овом периоду, извршеноа је и фракционисање водо-отпорних структурних агрегата земљишта у пет димензија као и механички састав.

Друга фаза истраживања, обухватила је вегетациони период кукуруза 2010. године. У појединим фазама вегетације (2-3 листа, 5-7 листова, свилање и млечна зрелост) извршено је узорковање и анализирање земљишта. У узорцима земљишта у циљу праћења динамике током вегетације, анализирани су исти параметри у складу са првом фазом истраживања, изузев анализе водо-отпорних структурних агрегата.

Трећа фаза истраживања, састоји се од прикупљања и анализе биљног материјала. У периоду наливања зрна (2010. год.) извршено је узорковање првог листа до клипа, а на крају вегетације (2010. год.) извршена је анализа приноса и морфолошких особина кукуруза.

4.3. УСЛОВИ ИЗВОЂЕЊА ОГЛЕДА

4.3.1. КЛИМАТСКИ УСЛОВИ

Услови спољашње средине имају пресудан утицај на пољопривредну производњу одређеног рејона. Римски Шанчеви, на којима су изведени огледи, припадају јужној Бачкој, односно подручју АП Војводине. Ова територија се генерално карактерише умерено континенталном климом са извесним специфичностима. Карактеристичан је велики распон екстремних температура. Средња максимална температура ваздуха у јулу је 21,4°C, средња минимална температура у јануару је -1,3°C, а средња годишња температура ваздуха је 11°C. Режим падавина у Војводини носи обележје средњеевропског, тј. подунавског режима расподеле падавина са врло великом неравномерношћу расподеле по месецима. Средња годишња количина падавина у Војводини се креће од од 542,2 до 639,3mm / m², где се могу издвојити изразито кишни периоди почетком лета (јун) и периоди без, или са малом количином падавина (октобар и март). Поред висинске уједначености терена, Војводина је као део Панонске низије највећим делом окружена планинским масивима, што има знатног утицаја на формирање основних климатских карактеристика. Уз велика годишња колебања температуре ваздуха, ове карактеристике дају већи степен континенталног обележја клими Војводине него што би то она имала по општем географском положају (Лалић и сар., 2011).

Према Сарићу и Јоцићу (1993) најважнија три чиниоца које треба имати у виду при објашњењу добијених резултата огледа јесу плодност земљишта, падавине и температуре. Биолошки потенцијал (принос) биљака зависи највише од њиховог међусобног утицаја, а ефекат одређених комбинација минералне исхране условљен је директно особинама плодности земљишта.

Процена климатских карактеристика за потребе ових истраживања представљена је у односу на три основна параметара у току вегетације кукуруза: средње дневне температуре, суме падавина и евапотранспирације.

Вегетационе падавине током периода истраживања бележе значајне разлике. Током 2009. године регистрована је значајно нижа сума вегетационих

падавина 271,5 mm у односу на 2010. годину (684 mm). Вишегодишњи просек за овај период износи 371,5 mm. Вегетационе падавине забележене током 2010. године су друге по висини остварених падавина у периоду од 1964 до 2012.године (Граф. 1). У погледу дистрибуције падавина током 2009. године највеће количине падавина забележене су током друге и треће декаде јуна и почетком јула месеца, значајно више у односу на вишегодишњи просек. Након овог периода, наступа сушни период са врло малом количином падавина, од друге декаде јула, па све до краја вегетације забележено је само 37,5 mm кише. Распоред падавина током 2010. године можемо окарактерисати као повољан за усев кукуруза. Током читаве вегетације, код већине анализираних месечних декада падавине се налазе изнад граница просечних вишегодишњих вредности (Граф. 2).

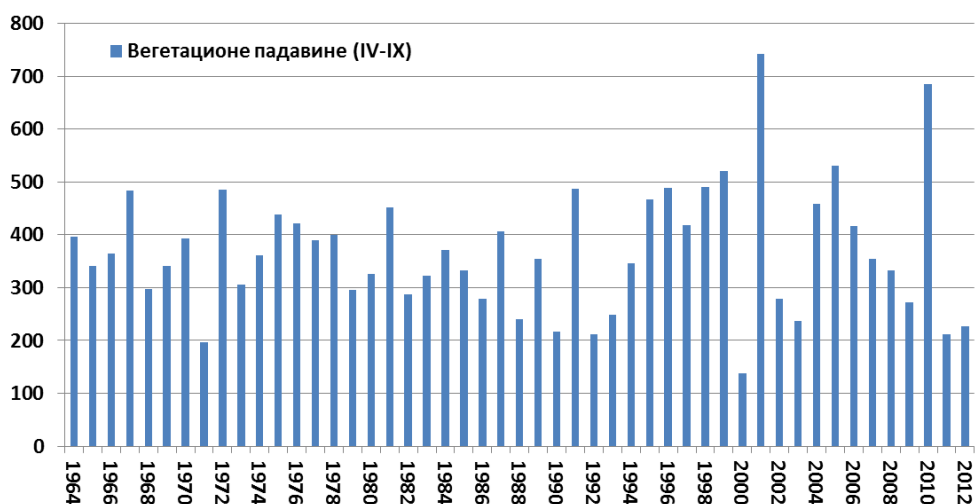


График 1. Сума вегетационих падавина за период 1964-2012. на метеоролошкој станици Римски Шанчеви.

Графички приказ средњих дневних температура током периода истраживања показује значајне осцилације у односу на просечне вишегодишње вредности. Током читавог вегетационог периода 2009. године, декадне вредности средњих дневних температура бележе нешто веће вредности у односу на вишегодишњи просек. У 2010. години ове вредности су ближе вишегодишњим са неколико израженијих скокова изнад просека током јуна, јула и августа месеца (Граф. 2.). Високе температуре повезане са другим факторима стреса утичу на смањење количине влаге у земљишту, појаву земљишне и ваздушне суше, оштећење репродуктивних органа, убрзано старење биљке и смањење приноса (Southworth et al., 2000; Cairns et al., 2012).

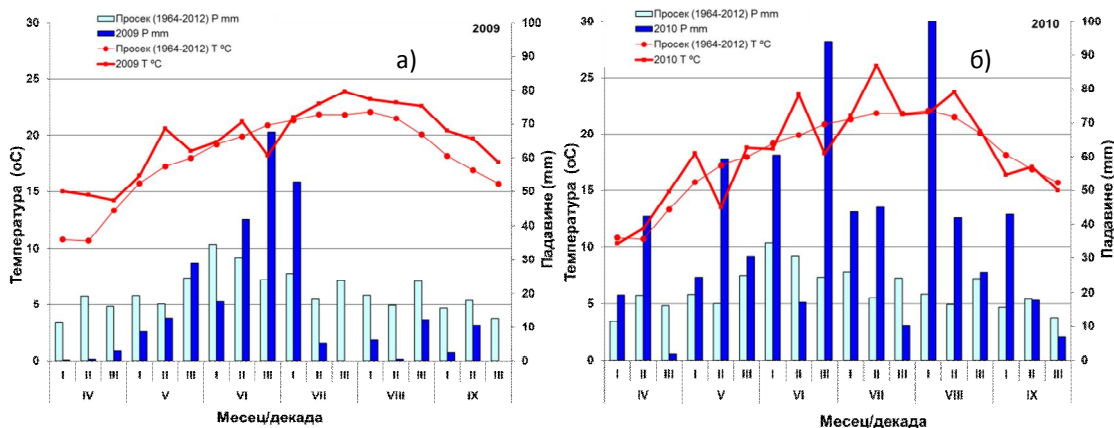


График 2. Распоред падавина и средња дневна температура на метеоролошкој станици Римски Шанчеви, а) 2009., б) 2010. година

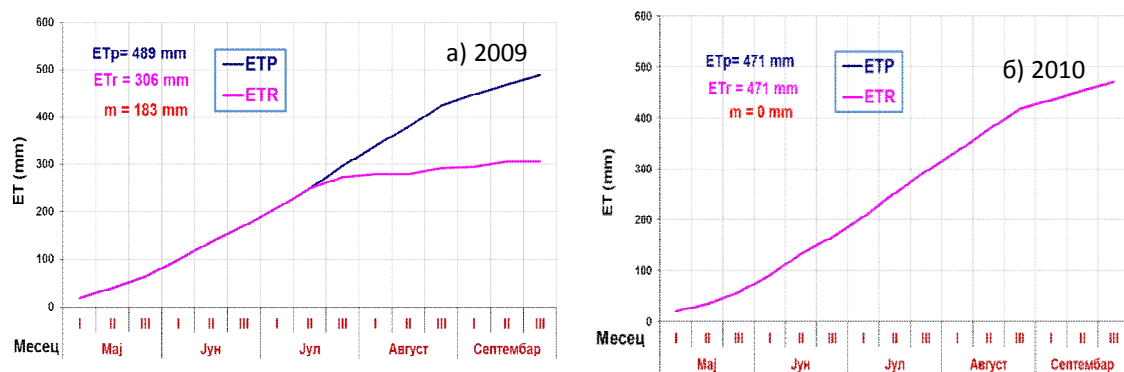


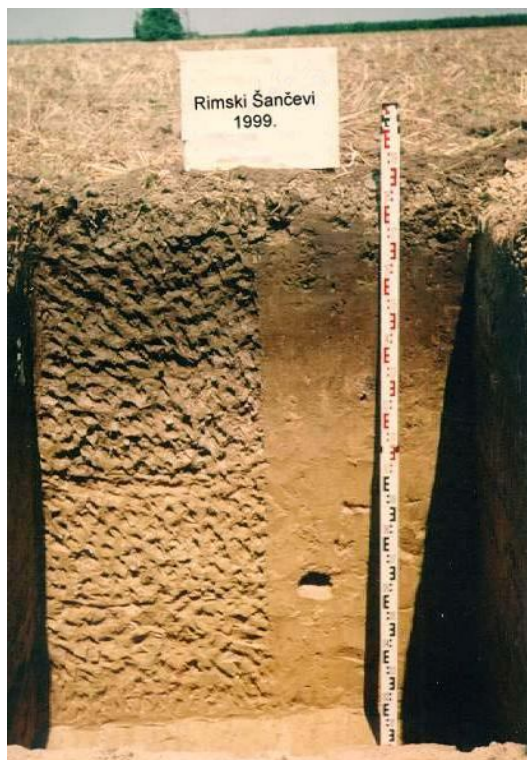
График 3. Водни биланс кукуруза на Римским Шанчевима, а) 2009., б) 2010. год.

Евапотранспирација је у основи топлотни процес и њена висина, зависи пре свега, од количине енергије изражене у виду суме температуре ваздуха. Са агрономског аспекта, под сушом се подразумева недовољно снабдевање биљака водом, односно када је стварна потрошња воде мања од потребе биљака за водом. Потребе кукуруза за водом, потенцијална евапотранспирација (ЕТр) представља онај утршак воде од стране биљака, којим се остварује највећи принос доброг квалитета на нивоу генетског потенцијала родности, или боље речено, на нивоу фитоклиматског максимума у одређеном педоклиматском рејону. ЕТр кукуруза у агроеколошким условима Војводине износи од 470 до 540 mm (Бошњак и Пејић, 1998; Пејић, 2000). Према Бошњаку (2004), захтеви кукуруза за водом посматрано на месечном нивоу су следећи: април до 40 mm, мај: 50–70 mm; јун: 90–110 mm, јули: 90–120 mm, август: 100 mm и септембар: 50–60 mm. На основу израчунатог водног биланса може се увидети да је потенцијална евапотранспирација (ЕТр) у 2009. години већа од стварне евапотранспирације (ЕТг) а разлика, односно мањак, износи 183 mm. У 2010. години не постоји разлика између ове две вредности

(Граф. 3). Резултати водног биланса као и анализа метеоролошких података потврђују чињеницу да је током јула и августа месеца 2009. године дошло до појаве суше. Насупрот, 2010. године током читавог периода вегетације није забележено озбиљније нарушавање водног режима биљака.

4.3.2. ЗЕМЉИШНИ УСЛОВИ

Оглед је изведен на земљишту које према домаћој класификацији припада типу чернозем под тип на лесу и лесоликим седиментима, варијетет карбонатни, форма средње дубоки (Шкорић и сар., 1985; Хаџић и сар., 1999). Према међународној класификацији ово земљиште се класификује као Calcic Chernozem (Aric, Loamic, Pachic) (скраћено CH-cc-ai.lo.ph) (IUSS Working Group WRB, 2014). Обзиром да су педолошке карактеристике земљишта постојане и не мењају се при устаљеном начину производње, приказани профил у потпуности представља тип земљишта на којем је изведен оглед. Анализа педолошког профила земљишта представљен је на основу резултата истраживања реализованих приликом састављања информационог система за земљиште огледног поља на Римским Шанчевима од стране стручно-научног тима Института за ратарство и повртарство 1999. године (слика 7; граф. 4). Ова истраживања потврђују предходне резултате анализе од стране Вучића (1964), Живковића и сар. (1972), који су омогућили да се утврде морфолошке карактеристике овог типа земљишта отварањем и проучавањем великог броја профила широм Војводине.



Вучић (1964), констатује да чернозем на иригационом подручју Бачке има повољан водно ваздушни режим ауторегулационог карактера. Има велику инфилтрациону моћ и упија стуб воде преко 10 cm у првом часу, а истовремено, захваљујући доброј структури има врло повољну водопропустљивост, која омогућава да се земљиште брзо ослобађа сувишне воде.

Земљиште типа карбонатни чернозем лесне терасе је по механичком саставу тежа иловача са 18 – 25% глине.

Слика 7. Морфолошка својства карбонатног чернозема лесне терасе, Р. Шанчеви, (Секулић и Гаврић, 2000)



A mo, p – 0–22 cm, оранични слој хумусно акумулативног хоризонта, карбонатна иловача, мрвичасто зрнасте структуре.

A mo-ca, 22–59 cm, подоранични слој, карбонатна иловача, мрвичасто грудвасте структуре, на 50 cm појава псеудомицелија.

AC, ca – хоризонт, 59–94 cm јако карбонатна иловача са пуно псеудомицелија, структура зрнаста, доста нагли прелаз у лес.

C, ca – матични супстрат, 94–165 cm, лес жућкасто смеђе боје, масивне структуре, порозан и врло карбонатан.

CGr, so – лес, 165–200 cm збијен лес са флекама глеја, пегам гвожђа и мангана, конкреције CaCO₃ и љуштуре пужева.

График 4. Основна морфолошка својства чернозема лесне терасе локалитет Римски Шанчеви

Маринковић (1986) наводи да су резултати испитивања основних хемијских особина земљишта непосредно пре постављања огледа 1965. године типични за карбонатни чернозем (табела 1). На основу резултата ове агрохемијске анализе земљишта у односу класификацију Манојловића из 1986. године (Убавић и Богдановић, 2008), можемо констатовати да је реакција земљишног раствора неутрална. У погледу садржаја хумуса земљиште је средње хумозно (Müsenhausen, 1975), а у погледу садржаја укупног азота средње обезбеђености (Богдановић и сар. 2005). Према садржају лакоприступачног фосфора и калијума земљиште можемо сврстати у класу добро обезбеђено. Садржај карбоната у хумусно–акумулативном хоризонту означава слабо карбонатно земљиште.

Табела. 1. Основна хемијска својства земљишта пре постављања огледа трајна монокултура, дубина 0-30 cm, 1965. година

pH		CaCO ₃ %	Хумус %	Укуп. N %	P ₂ O ₅	K ₂ O
1M KCl	H ₂ O				AL-Метода mg·100g ⁻¹	
7,10	7,98	3,38	2,74	0,15	23,6	26,8

4.4. ЛАБОРАТОРИЈСКЕ АНАЛИЗЕ

Све лабораторијске анализе су урађене у Лабораторији за земљиште и агроекологију, Института за ратарство и повртарство у Новом Саду. Лабораторија је акредитована према стандарду SRPS ISO/IEC 17025:2006 од стране Акредитационог тела Србије АТС.

4.4.1. АНАЛИЗА ЗЕМЉИШТА, ВОДНО-ФИЗИЧКА СВОЈСТВА

За одређивање водно–физичких особина земљишта примењене су признате методе од стране *ЈДПЗ–СДПЗ* (1971, 1997), односно његове Комисије за физику земљишта.

Механички састав је одређен пипет методом са припремом узорка за анализу по међународној Б методи (*ЈДПЗ*, 1997), а класификација земљишта одређена је по *Томпрегир-и*.

Садржај органске материје у структурним агрегатима одређен је након фракционисања у води помоћу сита величине 2000 μm ; 250 μm и 53 μm (*Kemper и Rosenau, 1986; Elliott, 1986; Cambardella и Elliott, 1994; Six et al., 1998; Six et al., 1999*). Пре почетка механичког раздвања фракција, земљишни узорак се просејава кроз сито пречника 8 mm и елиминишу крупнији органски остаци (слама, коренчићи, семе корова и сл.). Прва фаза је раздвајање фракција водоотпорних структурних агрегата земљишта потапањем узорака земљишта масе 100 g у дејонизованој води, а након тога се просејава кроз низ сита у четири фракције.

1. >2000 μm (велики макроагрегати)
2. 250-2000 μm (мали макроагрегати)
3. 53-250 μm (микроагрегати)
4. <53 μm (прах + глина)

Број потапања сита у дејонизованој води се постепено смањује са смањењем величине фракције и креће се од 25 до 15. Структура земљишта је

одређена након мокрог просејавања, односно прерачунавањем масе земљишта која је добијена на ситима различитог пречника (2000 μm , 250 μm и 53 μm).

У издвојеним фракцијама земљишта је анализиран садржај органског и укупног угљеника и укупан садржај азота и фосфора.

4.4.2. АНАЛИЗА ЗЕМЉИШТА, ОСНОВНА ХЕМИЈСКА СВОЈСТВА

Узорци прикупљени на терену су ваздушно сушени, а затим самлевени у млину за земљиште до величине гранула < 2 mm, према SRPS/ISO 11464:2004;

pH-вредност одређена је у суспензији земљишта са водом (активна киселост) и суспензији земљишта са 1M KCl (супституциона киселост), потенциометријски према ISO 10390:1994;

Садржај калцијум-карбоната CaCO_3 одређен је волуметријски помоћу Шајблеровог калциметра према ISO 10693:1995;

Садржај хумуса одређен је модификованом методом Тјурин на принципу оксидације органског угљеника земљишта са $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ према методи: ISO 14235:1998;

Укупан садржај азота и угљеника одређен је »CHNS« елементалном анализом на VarioEL III анализатору према AOAC Official Method 972.43:2000;

Садржај органског угљеника у земљишту (SOC) одређен је на CNS анализатору; према методи SRPS ISO 10694:2005, одређивање органског и укупног угљеника после сувог сагоревања (елементарна анализа);

Лакоприступачни фосфор P_2O_5 одређен је екстракцијом амонијум лактатом (валидована AL метода по Egner и Riehm, 1960), детекција је урађена спектрофотометријски при таласној дужини од 830 nm на UV/VIS спектрофотометру Cary 3E Varian.

Лакоприступачни калијум K_2O , одређен је екстракцијом амонијум-лактатом (валидована AL метода по Egner и Riehm, 1960), детекција је урађена на пламеном фотометру.

4.4.3. АНАЛИЗА ЗЕМЉИШТА, САДРЖАЈ МИКРОЕЛЕМЕНАТА И ТЕШКИХ МЕТАЛА

Укупни садржај микроелеманата и тешких метала As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn одређен је након микроталасне дигестије узорака са концентрованом HNO₃ и H₂O₂ (5 : 10), у односу чврста фаза: раствор за дигестију 1:12, постепеним загревањем до 180⁰C у укупном трајању од 55 мин., користећи апарат Milestone Vario EL III. Из припремљеног узорка, садржај метала је одређен методом индуктивно купловане плазме на ICP-OES VistaPro Varian.

Приступачни садржај МЕ и ТМ су одређени екстракцијом са 0,05 mol/l EDTA (pH=7,00), према EDTA процедури BCR European Commission Joint Research Centre, Institute for Reference Materials и Measurements CRM 484 Sewage sludge amended (terra rosa) soil, modifikovanoj према Chomchoei et al. (2005) и Zemberyova et al. (2006). Из припремљеног узорка, садржај метала је одређен методом индуктивно купловане плазме на ICP-OES VistaPro Varian.

За проверу тачности примењених методе, периодично је коришћен »IRMM BCR« референтни материјал »CRM-141R« (Calcareous loam soil) и »CRM-141R« (Light soil) за дигестију царском водом. За проверу тачности приступачног садржаја коришћен је »CRM 484« (Sewage sludge amended (terra rosa) soil). Добијене вредности су варирале у опсегу од ± 10% од сертификованих вредности.

4.4.4. АНАЛИЗА ЗЕМЉИШТА, ОДРЕЂИВАЊЕ РАЗЛИЧИТИХ ФРАКЦИЈА ФОСФОРА

4.4.4.1. ОДРЕЂИВАЊЕ УКУПНОГ ОРГАНСКОГ ФОСФОРА

Укупни органски фосфор одређује се жарењем узорака земљишта (Кио, 1996). Метода се заснива на поступку жарења, који органски фосфор преводи у неоргански облик, а затим се одређује укупна количина органског фосфора из разлике утврђене количине неорганског фосфора у узорку са, или без предходног жарења. Концентрација укупног фосфора у оба узорка (са или без жарења) израчунава се по једначини:

$$\text{укупни P (mg kg}^{-1}\text{)} = \text{P конц. (}\mu\text{g ml}^{-1}\text{)} \times 50/\text{g}$$

$$\text{g} = \text{одвага узорка}$$

$$\text{органски P} = \text{укупни P}_{(\text{жарење})} - \text{укупни P}_{(\text{без жарења})}$$

Према оригиналној методи (Кио, 1996), узорке преливене раствором за екстракцију ($0,5 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$), потребно је мућкати на ротационој мућкалици 16 сати, што значајно продужује аналитичко време, па је метода модификована (Turner et al, 2003). Разлика је што се као екстракционо средство користи $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$ и узорци се мућкају 2 сата. Поступак је следећи: 2 g ваздушно сувог земљишта, одмери се у порцулански суд за жарење и пренесе у пећ за жарење 1 сат на 550°C . Након тога, узорак се преноси у бочицу за мућкање волумена 100 ml. У други суд за мућкање, одмери се 2 g истог узорка земљишта, али без предходног жарења. Узорци се прелију са $50 \text{ ml } 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$, мућкају 2 сата на ротационој мућкалици, затим центрифугирају 10 мин. на 4-5 хиљада обртаја, како би се добио бистар супернатант. У одмерну тиквицу од 50 ml одпипетирати 2 ml супернатанта и одредити концентрацију фосфора „плавом методом”- методом

бојења са аскорбинском киселином (Murphy и Riley, 1962), а укупни органски фосфор прерачунао је према наведеној формули, а затим у mg P kg^{-1} .

4.4.4.2. ОДРЕЂИВАЊЕ УКУПНОГ ФОСФОРА

Укупни фосфор у земљишту утврђен је разарањем узорака земљишта царском водом (ISO 11466, 1995). У кивете за разарање измерено је 5 g земљишта и преливено са 12 ml царске воде (смеша конц. HCl и конц. HNO₃ и размери 1:3). Затим је извршена микроталасна дигестија у трајању од 15 минута. Узорци су затим охлађени и филтрирани кроз филтер папир у одмерне судове од 50 ml и допуњени дејонизованом водом. Концентрација укупног фосфора је одређена методом индуктивно купловане плазме на »ICP-OES, VistaPro Varian« и изражена као mg P l^{-1} . Резултат је затим прерачунао у $\text{mg P}\cdot\text{kg}^{-1}$.

4.4.4.3. ФРАКЦИОНАЦИЈА НЕОРГАНСКОГ ФОСФОРА ЗА КАРБОНАТНА ЗЕМЉИШТА

Неоргански фосфор, у секвенцијалној анализи, подељен је на а) екстраховани P са NaOH, б) изменљиво-редуковано-растворени P, ц) апатитно-оклудовани P (Куо, 1996), (Слика 8). Фракционисање неорганског фосфора заснована је на методи Chang и Jackson (1957). Након коришћења ове методе, утврђени су одређени недостаци на карбонатним земљиштима, па су предложене одређене модификације од стране многих истраживача Fife (1962), Peterson и Corey (1966), Williams et al. (1967), и Smillie и Syers (1972). Ова процедура за фракционисање неорганског фосфора је заснована на поступцима описаним од стране Куо (1996). Детаљна процедура описана је од стране Kovar и Pierzynski (2009).

а) Екстраховани P са NaOH

У полиетиленски суд за центрифугу од 100 ml одмерен је 1 g ваздушно сувог узорка земљишта, а затим једодато 50 ml 0,1 M NaOH + 1 M NaCl. Узорци су мућкани на осцилаторној мућкалицы 17 h (250 rpm). Након центрифугирања, одливан је супернатанту нормални суд од 100 ml (екстрат А). Остатак земљишта испран је са 25 ml zasiћеног NaCl, а испирања су сједињена са екстратом А и до

укупне запремине додата је дејонизована вода. Одређивање фосфора из екстрата врши се методом бојења аскорбинском киселином (Murphy и Riley, 1962).

б) Изменљиво-редуковано-растворени Р

У остатак земљишта из предходне анализе додато је 40 ml 0,3 М $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ x $2\text{H}_2\text{O}$ и 5 ml 1 М NaHCO_3 . Суспензија се греје у воденом купатилу на 85°C . У угрејену суспензију додаје се 1 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, уз интензивно мешање и непрестано загревање у трајању од 15 минута. Раствор се центрифугира 10 минута (1000 rpm) и одлива у нормални суд од 100 ml (екстракт Б). Остатак земљишта се испира са 25 ml засићеном NaCl два пута, уз центрифугирање, а испирања се сједињују са екстратом Б а до укупне запремине се додаје дејонизована вода. Раствор се изложи ваздуху како би се омогућила оксидација $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$. Анализа изменљиво-редуковано-раствореног Р, врши се методом бојења аскорбинском киселином (Murphy и Riley, 1962).

в) Апатитно-оклудовани Р

Остатак земљишта се мућка са 50ml 0,5 М HCl на осцилаторној мућкалицу 1h (250 rpm). Суспензија се центрифугира 10 минута (1000 rpm) и одлива у нормални суд од 100 ml (екстракт Ц).

Остатак земљишта се испира са 25 ml засићеним NaCl два пута, уз центрифугирање, а испирања се сједињују са екстратом Ц. До укупне запремине се додаје дејонизована вода. Анализа апатитно-оклудованог Р врши се методом бојења аскорбинском киселином (Murphy и Riley, 1962), (Слика 8).

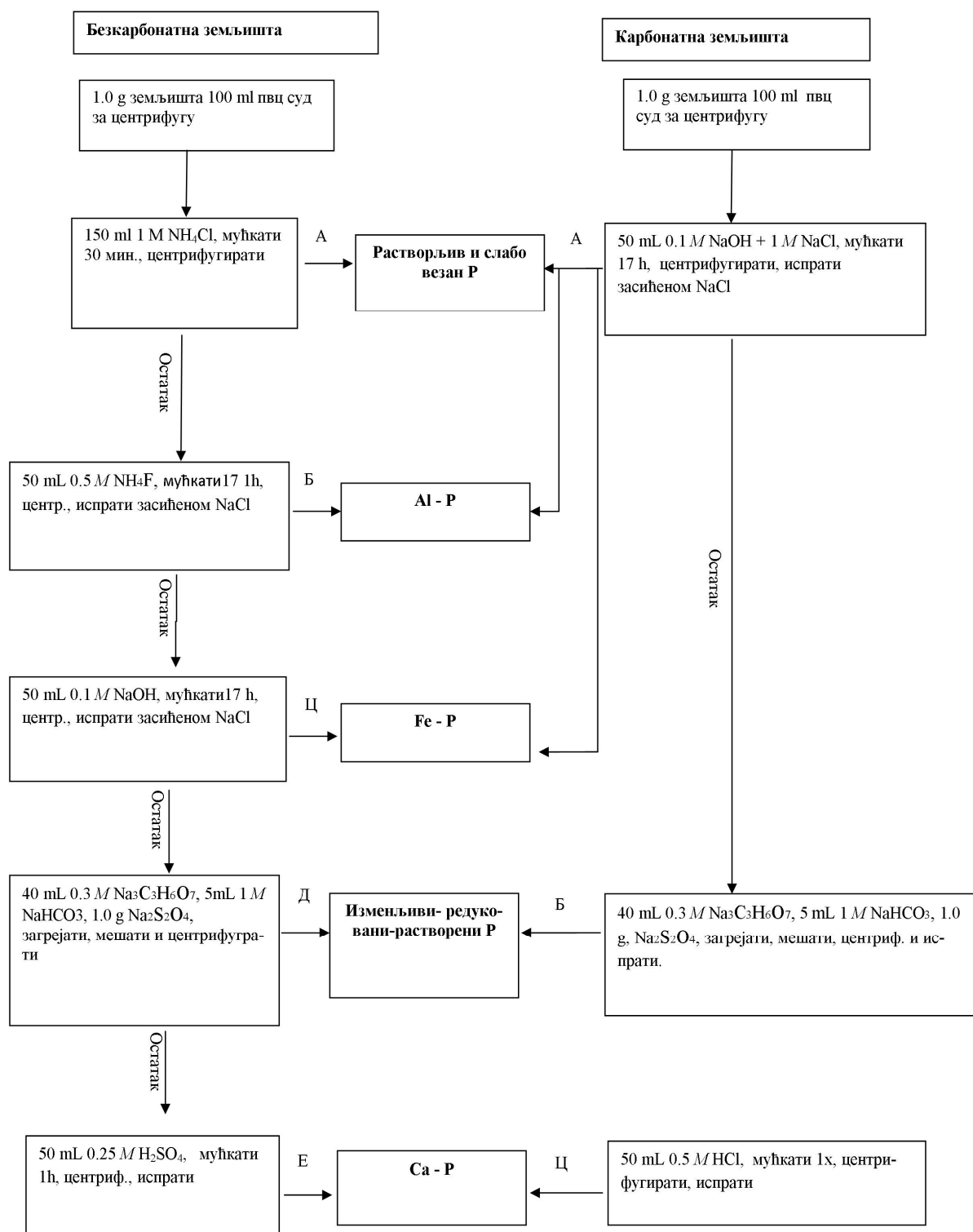
4.4.4.4. ФРАКЦИОНАЦИЈА ОРГАНСКОГ ФОСФОРА У ЗЕМЉИШТУ

Основни принципи ове анализе се заснивају на процедуралној шеми фракционисања развијеној од стране Bowman и Cole (1978), а затим модификоване од стране Sharpley и Smith (1985) и Ivanoff et al. (1998).

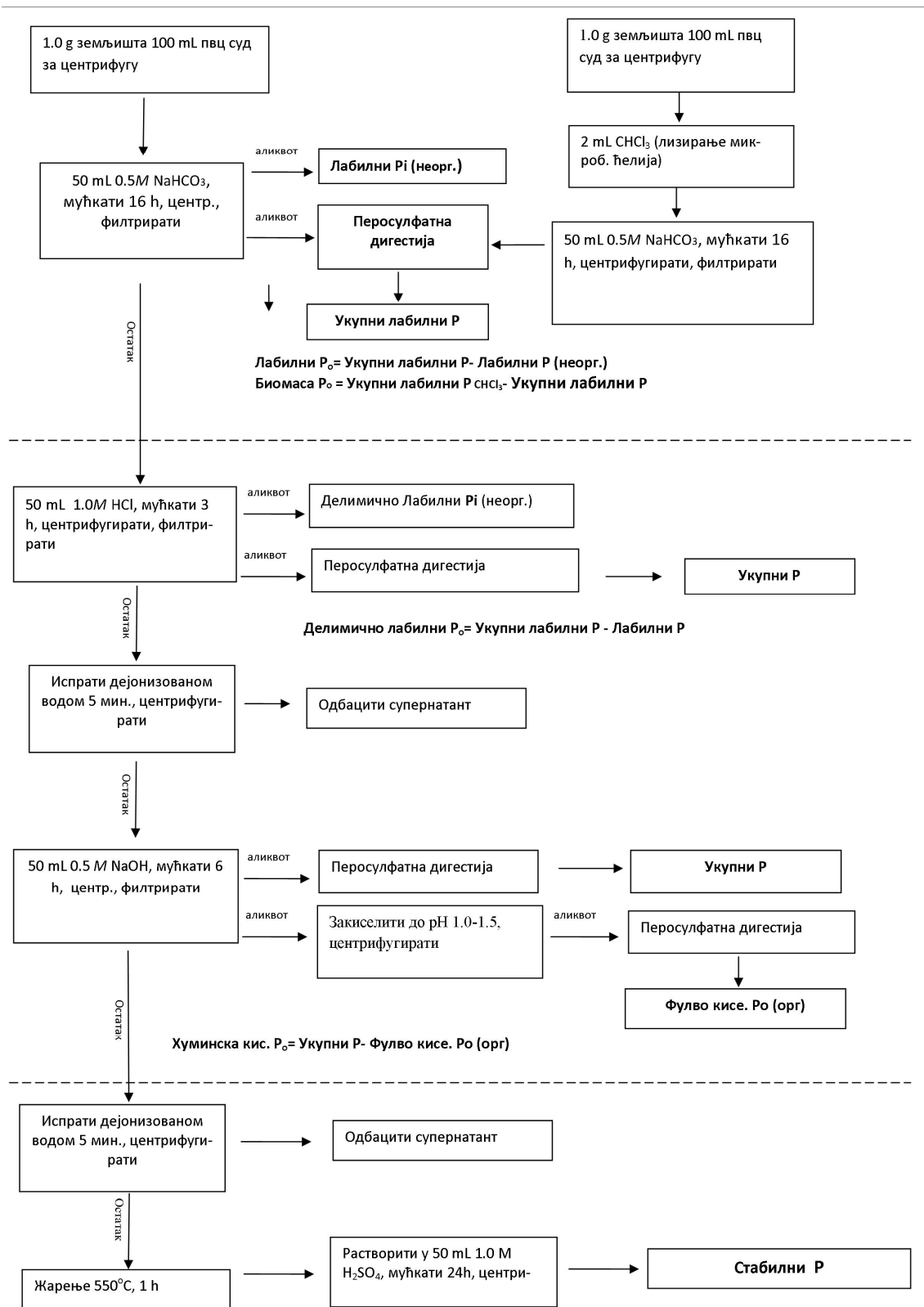
Органски фосфор, како у карбонатним тако и у безкарбонатним земљиштима, према овој шеми подељен је у лабилну фракцију, умерено лабилну

фракцију и резистентну фракцију. Лабилна фракција добија се екстракцијом са 5М NaHCO₃, (pH 8,5). Овај облик фосфора подразумева органски (Po) и неоргански (Pi) у земљишном раствору, као и облик везан за колоиде земљишта. Такође, овом методом, поступком фумигације, може се издвојити и фосфор везан за биомасу микроба (Hedley et al., 1982).

Умерено лабилна (резистентна) фракција одређује се екстракцијом са 1,0 М HCl и 0,5 М NaOH. Добијени екстракт закишељава се са концентрованом HCl како би се раздвојила резистентна фракција, фракција везана за хуминске киселине, од умерено резистентне фракције (P везан за фулвокиселине). Као последња фракција у екстракцији органског фосфора добија се резистентни део фосфора у земљишту. Остатак земљишта из претходне анализе се жари, а затим третира са 1,0 М H₂SO₄. Анализа свих фракција P врши се методом бојења аскорбинском киселином (Murphy и Riley, 1962). Органски фосфор у екстратима израчунат је као разлика између укупног Po и неорганског Pi. Укупни фосфор је одређен након дигестије аликвота са 0,5 М H₂SO₄ и калијум-персулфатом (K₂S₂O₈), према методи Bowman (1989) и модификацији од стране Thien и Myers (1992). Шема фракционације органског фосфора приказана је на слици 9. Детаљна процедура фракционације описана је од стране Kovar и Pierzynski (2008).



Слика 8. Шема секвенцијалног фракционисања за неоргански P



Слика 9. Шема секвенцијалног фракционисања за органски P

4.4.5. АНАЛИЗА ЗЕМЉИШТА, МИКРОБИОЛОШКА СВОЈСТВА

Микробиолошка активност земљишта праћена је на основу заступљености и бројности одређених систематских и физиолошких група микроорганизама. У узорцима земљишта утврђен је: укупан број микроорганизама, бројност азотобактера, олигонитрофила, амонификатора, актиномицета, гљива, олиготрофа и копиотрофа. Бројност испитиваних група микроорганизама одређена је индиректном методом агарних плоча, које су засејане разређеном суспензијом земљишта на одговарајућим хранљивим подлогама. Период инкубације, на температури од 28°C, зависио је од испитиване групе микроорганизама. Микробиолошке анализе рађене су у три понављања, а просечан број микроорганизама је прерачунат на 1 g апсолутно сувог земљишта.

Укупан број микроорганизама одређен је на агаризованом земљишном екстракту (Pochon и Tardieux, 1962), са разређењем земљишне суспензије – 10^{-7} и периодом инкубације од 5 дана.

Бројност амонификатора одређена је на месопептонском агару (Pochon и Tardieux, 1962), са разређењем земљишне суспензије – 10^{-7} и периодом инкубације од 3 дана.

Бројност гљива одређена је на подлози Czapek-Dox (Scharlau Microbiology, 2000), са разређењем земљишне суспензије – 10^{-4} и периодом инкубације од 5 дана.

Бројност актиномицета одређена је на синтетичкој подлози по Красиљников-у (Scharlau Microbiology, 1999), са разређењем земљишне суспензије – 10^{-4} и периодом инкубације од 7 дана.

Бројност азотобактера одређена је на безазотној Фјодоровој подлози (Ierson и Domasch, 1958) методом "фертилних капи", са разређењем земљишне суспензије – 10^{-2} и периодом инкубације од 48 часова.

Бројност олигонитрофила одређена је на безазотној Фјодоровој подлози (Ierson и Domasch, 1958), са разређењем земљишне суспензије – 10^{-6} и периодом инкубације од 5 дана.

Бројност олиготрофа и копиотрофа одређена је на подлози са различитим концентрацијама угљеника (Hu et al., 1999), са разређењем земљишне суспензије – 10^{-5} и периодом инкубације од 14 дана за олиготрофе и 7 дана за копиотрофе.

Одређивање активност киселе и алкалне фосфатазе (Fosfomonoesteraze) у земљишту извршено је по методи Tabatabai и Bremner (1969).

4.4.6. АНАЛИЗА БИЉНОГ МАТЕРИЈАЛА

Садржај N у листовима кукуруза одређен је CHNSO елементалном анализом наVarioEL III анализатору, према AOAC Official Method 992.23:2000.

Одређивање укупних количина макро и микроелемената извршено је разарањем са концентрованом азотном киселином, мокрым спаљивањем према методи ISO 5515:1979, на апарату "Vista Pro"- Varian, методом индуктивно купловане плазме ICP – OES.

У овим истраживањима су одређене следеће компоненте приноса:

- Принос зрна кукуруза (14% влаге)
- Дужина клипа
- Број редова зрна на клипу
- Маса 1000 зрна

4.4.7. СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА

За обраду података и израду графикона коришћен је Microsoft Excel 2010. Значајност разлика тестирана је Фишеровим НЗР тестом. Такође, извршена је и примена мултиваријационе анализе главних компонената (РСА), анализа фактора и кластер анализа најважнијих показатеља. Приликом статистичке обраде података коришћен је програм »Statistica за Windows 10«.

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

5.1. ФИЗИЧКА СВОЈСТВА ЗЕМЉИШТА

У оквиру овог дела приказана су одређена физичка својства земљишта (мехнички састав и фракционација структурних агрегата) као и садржај укупног фосфора и органског угљеника у структурним агрегатима различитих величина. Статистичком обрадом обухваћени су узорци на крају вегетације, октобар месец (2009. и 2010. година). Представљање података извршено је према дубинама испитиваних слојева. У погледу механичког састава, земљиште представља дисперзну, односно полидисперзну средину, јер су у њој заступљене честице различитих димензија, чија се величина мери милиметрима до честица колоидних размера, које се приближавају размерама молекула. Честице земљишта поред величине, међусобно се разликују по саставу и низу физичких и хемијских својстава, из чега произилази и њихова различита функција, односно улога у земљишту. Од заступљености и односа механичких честица у земљишту зависе карактеристике водног, ваздушног, топлотног и хранидбеног режима земљишта, али и ниво ОМ у земљишту. Поред тога заступљеност појединих механичких елемената је показатељ који указује на могућност формирања структурних агрегата земљишта при одговарајућим условима.

5.1.1. МЕХАНИЧКИ САСТАВ ЗЕМЉИШТА

Дубина земљишта 0-20 см. У погледу механичког састава земљишта, у слоју земљишта 0-20 см, утврђено је да су највеће вредности учешћа глине као и праха и глине констатоване у контролном узорку, код праха у узорку са третманом НРК, код укупног и крупног песка у узорку са третманом ДВС+НРК, а код ситног песка у узорку са третманом ДВС (табела 2). Најмање вредности забележене су за садржај глине, садржај праха и глине, код узорака пореклом са ДВС+НРК, за прах код узорака са третмана НРК+кукурузовина, за укупан и крупан песак у контролном узорку, а за ситан песак у узорку са третманом НРК.

Код глине статистички значајне разлике постоје између варијанте контроле, NPK и NPK+кукурузовина са једне стране и ДВС+NPK и ДВС са друге стране. Посматрајући прах констатовано је одсуство статистички значајних разлика између испитиваних третмана.

Табела 2. Механички састав земљишта (0-20 cm)

Механичка фракција (%)	Контрола	NPK	NPK + кукурузовина	NPK + стајњак	Двопоље+ стајњак + NPK (ДВС+NPK)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
Глина	28,87a	27,69a	27,73a	28,36a	23,94b	25,28b
Прах	29,99a	31,04a	28,99a	29,77a	29,67a	29,53a
Крупан песак	0,18c	0,39bc	0,36bc	0,54bc	1,08a	0,66b
Ситан песак	40,96c	40,88c	42,91ac	41,35bc	45,29a	44,54ab
Прах и глина	58,86a	58,73a	56,73ac	58,13a	53,63c	54,09bc
Укупан песак	41,14c	41,27c	43,27ac	41,86 bc	46,37a	45,20ab

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Статистички значајне разлике код праха и глине, укупног песка и ситног песка констатоване су између: третмана ДВС+NPK и осталих третмана (изузев третмана NPK+кукурузовина и ДВС), док код крупног песка статистички значајне разлике постоје између третмана ДВС+NPK и осталих анализираних третмана као и између третмана ДВС и контролног узорка.

Дубина земљишта 20-40 cm. Највеће вредности механичког састава земљишта за слој 20-40 cm, веома су сличне као и на дубини 0-20 cm (табела 3). Разлике постоје само код укупног песка где су највеће вредности забележене на третману ДВС. Најмање вредности код укупног, крупног и ситног песка констатоване су на контролној варијанти, код праха на варијанти NPK+стајњак, код глине на третману ДВС+NPK, а код праха и глине на варијанти ДВС. Код глине, праха и крупног песка статистички значајне разлике су исте као за слој 0-20 cm. Код праха и глине и укупног песка статистички значајне разлике постоје између третмана NPK+стајњак и осталих анализирач третмана (изузев третмана ДВС+NPK), док се код ситног песка третман ДВС статистички значајно разликује од осталих анализираних третмана.

Табела 3. Механички састав земљишта (20-40 cm)

Механичка фракција (%)	Контрола	НРК	НРК + Кукурузовина	НРК + Стајњак	Двопоље+ Стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ Стајњак (ДВС)
Глина	28,73a	27,65a	27,65a	28,11a	24,42b	25,54b
Прах	30,16a	30,81a	30,23a	29,55a	30,06a	28,43a
Крупан песак	0,24b	0,40b	0,38b	0,38b	1,38a	0,54b
Ситан песак	40,86c	41,14c	41,73c	41,96c	44,14bc	45,48a
Прах и глина	58,89a	58,46a	57,89ab	57,65ab	54,48bc	53,97c
Укупан песак	41,11c	41,54c	42,11bc	42,35bc	45,52ab	46,03a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Дубина земљишта 40-60 cm. Највеће вредности учешћа праха и глине и ситног песка у слоју 40-60 cm су констатоване на истим третманима као и на претходним дубинама (Табела 4). Код глине највеће вредности забележене су на варијанти НРК+стајњак, код праха и крупног песка у варијанти НРК, а код укупног песка у варијанти ДВС. Посматрајући најмање вредности учешћа механичких елемената земљишта у слоју 40-60 cm уочавају се две групе. Прву групу чине глина, прах и прах и глина где су најмање вредности забележене на варијанти ДВС+НРК, док другу групу чине укупан, крупан и ситан песак у којој су најмање вредности констатоване у контролној варијанти. Статистички значајне разлике код глине постоје код контроле и варијанте НРК+стајњак са осталим анализираним третманима. Код праха, као и на претходним дубинама, одсуствују статистички значајне разлике између третмана. Код праха и глине статистички значајне разлике постоје код контроле и НРК+стајњак са третманима ДВС+НРК и ДВС; код укупног и ситног песка између третмана ДВС и осталих третмана (изузев са третманима ДВС+НРК и НРК+кукурузовина), а код крупног песка између контроле и третмана НРК.

Табела 4. Механички састав земљишта (40-60 cm)

Механичка фракција (%)	Контрола	НРК	НРК + Кукурузовина	НРК + Стајњак	Двопоље+ Стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ Стајњак (ДВС)
Глина	27,55a	25,59b	26,27abc	27,57a	25,34bc	25,08bc
Прах	31,72a	32,46a	30,85a	30,62a	30,32a	28,99a
Крупан песак	0,30b	0,76a	0,53ab	0,15bc	0,52ac	0,48ac
Ситан песак	40,44cd	41,19bc	42,34abcd	41,70bc	43,81ab	45,45a
Прах и глина	59,26a	58,05abc	57,12ad	58,15a	55,66 cd	54,07d
Укупан песак	40,74c	41,95bc	42,88abc	41,85bc	44,34ab	45,93a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

5.1.2. ФРАКЦИОНАЦИЈА ЗЕМЉИШНИХ ЧЕСТИЦА

Дубина земљишта 0-20 cm. Посматрајући величине агрегата на дубини земљишта 0-20 cm запажа се да су највеће вредности учешћа честица $>2000 \mu\text{m}$ и 250-2000 μm констатоване на контролној варијанти, честице 53-250 μm код варијанте НРК+кукурузовина, а честице $<53 \mu\text{m}$ на варијанти ДВС (Табела 5). Најмање вредности учешћа честица $>2000 \mu\text{m}$ и 250-2000 μm забележене су у варијанти ДВС, а честица 53-250 μm и $<53 \mu\text{m}$ у контролној варијанти. Код агрегата $>2000 \mu\text{m}$ статистички значајне разлике постоје између контроле и свих анализираних варијанти, као и између варијанте НРК+стајњак и осталих анализираних варијанти.

Табела 5. Учешће фракција честица земљишта (0-20 cm)

Величина агрегата (μm)	Контрола	НРК	НРК + кукурузовина	НРК + стајњак	Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
>2000	6,30 a	1,95 c	1,83 c	4,04 b	1,35 c	0,917 c
250-2000	34,84 a	16,74 bc	21,60 b	18,67 bc	13,66 c	13,24 c
53-250	34,91 b	39,16 b	44,58 a	37,40 b	39,83 ab	39,40 b
<53	23,93 c	42,46 a	31,98 b	39,86 a	45,16 a	46,44 a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Статистички значајне разлике код агрегата величине 250-2000 μm констатоване су између контроле и свих анализираних варијанти и варијанти НРК+кукурузовина са варијантама ДВС+НРК и ДВС. Код агрегата 53-250 μm

статистички значајне разлике постоје само између варијанте NPK+кукурузовина и осталих варијанти, изузев са варијантом ДВС+NPK. Код агрегата величине <53 μm статистички значајне разлике постоје између варијанте NPK+кукурузовина и осталих варијанти и између контроле и осталих анализираних варијанти.

Дубина земљишта 20-40 cm. Код величине агрегата на дубини земљишта 20-40 cm највеће вредности учешћа честица >2000 μm забележене су у контролној варијанти, честица 250-2000 μm у варијанти NPK+кукурузовина, код честица 53-250 μm у варијанти NPK+стајњак, а код честице <53 μm у варијанти ДВС (Табела 6). Најмање вредности честица >2000 μm и 250-2000 μm констатоване су у варијанти ДВС+NPK, а честица 53-250 μm у варијанти ДВС, а честица <53 μm у контролној варијанти. Статистички значајне разлике код агрегата >2000 μm постоје између контроле и свих анализираних варијанти (изузев са варијантом NPK+стајњак). Код агрегата 250-2000 μm статистички значајне разлике констатоване су код контроле и варијанте NPK+кукуруз са осталим варијантама (изузев између контроле и варијанте NPK). Статистички значајне разлике код агрегата 53-250 μm постоје између варијанти NPK+стајњак и ДВС и између варијанте ДВС+NPK и ДВС. Код агрегата <53 μm статистички значајне разлике постоје између варијанте ДВС и осталих варијанти (изузев са варијантом ДВС+NPK) и између контроле и осталих варијанти (изузев са варијантом NPK+кукурузовина).

Табела 6. Учесће фракција честица земљишта (20-40cm)

Величина агрегата (μm)	Контрола	NPK	NPK + кукурузовина	NPK + стајњак	Двопоље+ стајњак + NPK (ДВС+NPK)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
>2000	6,04 a	1,55 c	2,77 bc	4,58 ab	1,17 c	1,66 c
250-2000	31,91 a	27,98 ab	31,92 a	22,34 bc	18,20 c	23,17 bc
53-250	38,40 ab	37,53 ab	39,51 ab	40,65 a	40,37 a	34,36 b
<53	23,64 d	32,94 bc	25,80 cd	32,43 c	40,26 ab	40,81 a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Дубина земљишта 40-60 cm. На дубини земљишта 40-60 cm највеће вредности честица су забележене на истим варијантама, као и дубини земљишта 0-20 cm (табела 7). Најмање вредности честица >2000 μm забележене су на варијанти NPK+стајњак, честица 250-2000 μm на третману ДВС, а честица 53-250 μm и <53 μm на контролној варијанти. Статистички значајне разлике агрегата

>2000 μm постоје само између контроле и осталих анализираних варијанти. Код агрегата 250-2000 μm статистички значајне разлике констатоване су између контроле и варијанте ДВС и између варијанти ДВС+НРК и ДВС. Статистички значајне разлике код агрегата 53-250 μm постоје између варијанти НРК+стајњак и НРК+кукурузовина са једне стране и варијанте ДВС+НРК и контроле са друге стране. Код агрегата <53 μm статистички значајне разлике постоје само код варијанти ДВС и НРК са контролом.

Табела 7. Учешће фракција честица земљишта (40-60cm)

Величина агрегата (μm)	Контрола	НРК	НРК + кукурузовина	НРК + стајњак	Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
>2000	7,87 a	0,81 b	0,91 b	0,77 b	0,81 b	0,90 b
250-2000	35,90 a	30,15 ab	30,66 ab	28,60 b	34,07 ab	27,06 b
53-250	34,30 b	37,75 ab	42,46 a	41,75 a	35,84 b	37,72 ab
<53	21,92 c	31,28 ab	25,96 bc	28,90 abc	29,29 abc	34,32 a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

5.1.3. САДРЖАЈ ОРГАНСКОГ УГЉЕНИКА У ФРАКЦИОНИСАНИМ ЧЕСТИЦАМА ЗЕМЉИШТА

Дубина земљишта 0-20 cm. Посматрајући садржај органског угљеника у фракционисаним честицама земљишта на дубини 0-20 cm уочава се да су највеће вредности органског угљеника у честицама величине >2000 μm и 250-2000 μm забележене на варијанти ДВС+НРК, а у честицама величине 53-250 μm и <53 μm на варијанти ДВС (Табела 8). Најмање вредности органског угљеника у честицама величине >2000 μm , 250-2000 μm и 53-250 μm констатоване су на контролној варијанти, док су најмање вредности забележене код честица величине <53 μm на варијанти НРК. Статистички значајне разлике, у погледу органског угљеника, код честица величине >2000 μm постоје само између варијанти ДВС+НРК и контроле. Код честица величине 250-2000 μm статистички значајне разлике постоје између варијанти ДВС+НРК и ДВС са једне стране и варијанти НРК+кукурузовина, НРК и контрола са друге стране, као и између варијанте НРК+стајњак и варијанти НРК и контрола. Код честица величине 53-250 μm констатоване су две групе између којих постоје статистички значајне разлике. У

прву групу спадају варијанте ДВС+НРК, ДВС и НРК+стајњак, а у другу варијанте НРК+кукурузовина, НРК и контрола. Статистички значајне разлике код честица величине <math><53 \mu\text{m}</math> забележене су само између варијанти ДВС и НРК.

Табела 8. Садржај органског угљеника (%) у фракционисаним честицама земљишта (0-20cm)

Величина агрегата (μm)	Контрола	НРК	НРК + кукурузовина	НРК + стајњак	Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
>2000 μm	1,49 b	1,86 b	1,86 b	2,14 b	3,31 a	2,54 ab
250-2000	1,74 d	1,91 d	2,23 cd	2,82 bc	3,72 a	3,13 ab
53-250	1,37 b	1,39 b	1,48 b	1,75 a	1,75 a	1,79 a
<53	1,60 ab	1,40 b	1,53 ab	1,53 ab	1,62 ab	1,67 a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Дубина земљишта 20-40 cm. У фракционисаним честицама земљишта на дубини 20-40 cm највеће вредности садржаја органског угљеника за све величине честица забележене су у варијанти ДВС+НРК (табела 9). Најмање вредности органског угљеника констатоване су у честицама величине >2000 μm , 250-2000 μm и 53-250 μm у контролној варијанти, а за честице величине <math><53 \mu\text{m}</math> у варијанти НРК. Код честица величине >2000 μm статистички значајне разлике постоје само између варијанте ДВС+НРК и осталих анализираних варијанти. Статистички значајне разлике код честице величине 250-2000 μm постоје између варијанте ДВС+НРК и осталих анализираних варијанти, као и између варијанте НРК+стајњак са варијантама НРК и контролом. Код честице величине 53-250 μm статистички значајне разлике су констатоване између варијанте ДВС+НРК и осталих анализираних варијанти и између варијанти ДВС и НРК+стајњак са једне стране и варијанте НРК и контроле са друге стране. За разлику од претходно анализираних честица, код честица величине <math><53 \mu\text{m}</math> између испитиваних варијанти нису утврђене статистички значајне разлике.

Табела 9. Садржај органског угљеника (%) у фракционисаним честицама земљишта (20-40 cm)

Величина агрегата (μm)	Контрола	НРК	НРК + кукурузовина	НРК + стајњак	Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
>2000 μm	1,56 b	1,67 b	1,91 b	2,26 b	4,02 a	2,34 b
250-2000	1,71 c	1,84 c	2,06 bc	2,65 b	4,02 a	2,30 bc
53-250	1,35 c	1,38 c	1,43 bc	1,57 b	1,76 a	1,58 b
<53	1,43 a	1,37 a	1,45 a	1,49 a	1,57 a	1,51 a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Дубина земљишта 40-60 cm. Посматрајући садржај органског угљеника (у %) у фракционисаним честицама земљишта на дубини 40-60 cm уочава се да су највеће вредности карактеристичне за честице величине >2000 μm и 250-2000 μm на варијанти НРК+стајњак, за честице величине 53-250 μm на варијанти НРК, а за честице величине <53 μm на контролној варијанти (табела 10). Најмање вредности органског угљеника у честицама величине >2000 μm , 250-2000 μm и 53-250 μm констатоване су на варијанти НРК+кукурузовина, а за честице величине <53 μm на варијанти ДВС+НРК. Између испитиваних варијанти за све анализирание честице нису утврђене статистички значајне разлике.

Табела 10. Садржај органског угљеника (%) у фракционисаним честицама земљишта (40-60 cm)

Величина агрегата (μm)	Контрола	НРК	НРК + кукурузовина	НРК + стајњак	Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
>2000 μm	1,38 a	1,29 a	1,28 a	1,39 a	1,34 a	1,30 a
250-2000	1,37 a	1,25 a	1,18 a	1,51 a	1,30 a	1,31 a
53-250	1,14 a	1,16 a	1,04 a	1,06 a	1,05 a	1,15 a
<53	1,14 a	1,01 a	1,10 a	1,02 a	0,93 a	1,05 a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

5.1.4. САДРЖАЈ УКУПНОГ ФОСФОРА У ФРАКЦИОНИСАНИМ ЧЕСТИЦАМА
ЗЕМЉИШТА

Дубина земљишта 0-20см. Посматрајући садржај укупног фосфора у фракционисаним честицама земљишта на дубини земљишта 0-20 см, уочава се да су највеће вредности за честице величине >2000 μm забележене код варијанте ДВС, за честице величине 250-2000 μm на третману ДВС+НРК, а за честице величине 53-250 μm и <53 μm на варијанти НРК+стајњак (табела 11). Најмање вредности укупног фосфора констатоване су код честица величине >2000 μm , 53-250 μm и <53 μm код варијанте НРК, док су најмање вредности честице величине 250-2000 μm забележене на контролној варијанти. Статистичке значајне разлике код укупног фосфора у честицама величине >2000 μm постоје између третмана ДВС+НРК и ДВС са једне стране и осталих третмана са друге стране. Код честице величине 250-2000 μm статистички значајне разлике у укупном фосфору постоје између варијанте ДВС+НРК и осталих варијанти (изузев са варијантом ДВС) и између варијанти ДВС и НРК+стајњак са варијантама НРК, НРК+кукурузовина и са варијантом контрола. Статистички значајне разлике код честица величине 53-250 μm постоје између варијанте НРК+стајњак и ДВС са једне стране и осталих варијанти (изузев са варијантом ДВС+НРК). Код садржаја фосфора у честицама величине <53 μm уочавају се две групе између којих постоје статистички значајне разлике, а у оквиру којих оне одсуствују. Прву групу чине варијанте НРК+стајњак, ДВС+НРК и ДВС, а другу НРК+кукурузовина, НРК и контролна варијанта.

Табела 11. Садржај укупног фосфора ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) у фракционисаним честицама земљишта (0-20 см)

Величина агрегата (μm)	Контрола	НРК	НРК + кукурузовина	НРК + стајњак	Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
>2000 μm	742,80 b	730,32 b	794,24 b	1264,7 b	3552,30 a	4135,6 a
250-2000	760,00 c	873,08 c	853,10 c	1763,3 b	2697,3 a	2382,0 ab
53-250	689,80 c	671,67 c	729,18 c	1147,1 a	1070,1 ab	960,10 b
<53	822,02c	734,73c	811,02c	1169,1a	1136,4ab	1053,4b

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Дубина земљишта 20-40см. Код садржаја укупног фосфора у фракционисаним честицама земљишта на дубини 20-40 см највеће вредности честице величине >2000 μm , 250-2000 μm и 53-250 μm забележене су на варијанти ДВС+НРК, а за честице величине <53 μm на варијанти НРК+стајњак (табела 12). Најмање вредности укупног фосфора констатоване су за честице величине >2000 μm , 53-250 μm и <53 μm на варијанти НРК, док су најмање вредности за честице величине 250-2000 μm утврђене на контролној варијанти. Код честица величине >2000 μm статистички значајне разлике постоје између варијанти ДВС+НРК и осталих третмана (изузев третмана НРК+стајњак). Код честице величине 250-2000 μm статистички значајне разлике постоје између варијанте ДВС+НРК и осталих варијанти (изузев са варијантом НРК+стајњак) и код варијанте НРК+стајњак са варијантама НРК+кукурузовина, НРК и контрола. Статистичке значајности код честица величине 53-250 μm постоје између варијанти ДВС+НРК и НРК+стајњак са једне стране и осталих варијанти, као и код варијанти ДВС са варијантама НРК и контрола. Код честица величине <53 μm статистички значајне разлике постоје између варијанти НРК+стајњак и ДВС+НРК са једне стране и осталих варијанти и између варијанте ДВС са осталим варијантама.

Табела 12. Садржај укупног фосфора ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) у фракционисаним честицама земљишта (20-40 cm)

Величина агрегата (μm)	Контрола	НРК	НРК + кукурузовина	НРК + стајњак	Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
>2000 μm	751,50 b	609,30 b	814,30 b	1756,3 ab	3176,0 a	1034,1 b
250-2000	707,30 c	708,00 c	772,78 c	1459,5 ab	2048,8 a	1077,5 bc
53-250	660,18 c	640,00 c	706,70 bc	1066,5 a	1062,5 a	842,03 b
<53	782,20 c	731,00 c	788,50 c	1135,7 a	1115,5 a	956,30 b

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Дубина земљишта 40-60см. Највеће вредности садржаја укупног фосфора у фракционисаним честицама земљишта на дубини 40-60 см забележене су код варијанте НРК+стајњак, а најмање на варијанти НРК (табела 13). Код честица величине >2000 μm и 250-2000 μm у погледу садржаја фосфора између варијанти не постоје статистички значајне разлике. Статистички значајне

разлике код честица величине 53-250 μm постоје само између варијанти NPK+стајњак и варијанти NPK+кукурузовина, NPK и контроле. Код честица величине <53 μm статистички значајне разлике постоје између варијанти NPK+стајњак, ДВС+NPK и ДВС са једне стране и варијанте NPK, као и између варијанте NPK+стајњак и варијанте NPK+кукурузовина.

Табела 13. Садржај укупног фосфора ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) у фракционисаним честицама земљишта (40-60 cm)

Величина агрегата (μm)	Контрола	NPK	NPK + кукурузовина	NPK + стајњак	Двопоље+ стајњак + NPK (ДВС+NPK)	Двопоље+ стајњак (ДВС)
>2000 μm	689,82 a	598,35 a	640,75 a	912,30 a	861,22 a	738,38 a
250-2000	674,33 a	603,48 a	617,14 a	875,76 a	873,85 a	739,89 a
53-250	596,90 b	521,27 b	552,35 b	782,63 a	661,58 ab	648,67 ab
<53	728,83bc	596,53d	653,47c	871,12a	785,90ab	762,48b

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

5.2. АГРОХЕМИЈСКА СВОЈСТВА ЗЕМЉИШТА

Агрохемијска својства земљишта у огледу по третманима условљена су пре свега процесима педогенезе, као и агротехничким мерама, односно примењеним системом ратарења-ђубрења. Интензитет промене ових својстава зависи од третмана, почетног нивоа обезбеђености парцеле на којој је заснован оглед и дужине трајања огледа. Статистичка анализа обухватила је укупно 324 узорка прикупљених током два основна периода посматрања, крај вегетације (октобар 2009. и октобар 2010.) као и четири подпериода, праћена током вегетације (мај, јун, јул, август).

5.2.1. ОСНОВНА ХЕМИЈСКА СВОЈСТВА ЗЕМЉИШТА

У табели 14 су приказани главни параметри плодности земљишта (основна хемијска својства) за посматране третмане ђубрења по дубинама узорковања. Код свих испитиваних третмана, реакција земљишта и садржај слободног калцијум-карбоната се повећава по дубини земљишног профила, што је типично за овај тип земљишта. Највеће вредности, код већине осталих параметра и третмана, забележене су на дубини од 0-20 cm (табела 14). Третман ДВС+НРК представља изузетак код процентуалног удела хумуса и садржаја лакоприступачног K_2O .

Реакције земљишта (1М КСl)

Највеће рН вредности земљишта забележене су на дубини 40-60 cm са статистички значајним разликама између контроле и НРК док на осталим третманима нису уочене статистички значајне разлике. Најмање вредности реакције земљишта забележене су на дубинама 0-20 cm. У поређењу дубина 0-20 cm и 20-40 cm са дубином 40-60 cm утврђене су статистички значајне разлике за све третмане. Поред овог, на третманима двопоља регистровано је значајно повећање рН вредности, у прве две дубине, у односу на већину третмана са монокултуре. Резултати рН вредности прате кретања садржаја калцијум карбоната и у негативној су корелацији (0,60*).

Sadržaj CaCO₃(%)

Садржај слободног калцијум-карбоната на свим третманима има тренд пораста садржаја по дубини земљишта. Највеће вредности су утврђене за третмане НРК и ДВС, и то дубину 40-60 cm, при чему имају статистичку значајност у односу на остале третмане. Разлике између других третмана на дубинама земљишта 0-20 и 20-40 cm нису значајне, изузев код третмана ДВС, код којег постоје значајне разлике у односу на скоро све третмане са монокултуре. Такође, на третманима НРК+кукурузовина и НРК+стајњак регистрован је врло низак садржај слободног калцијум-карбоната у поређењу са истим дубинама других варијанти. Обзиром да се ради о особини земљишта која се на овом типу земљишта одликује повећањем по дубини земљишта, осим нешто нижих вредности површинског слоја на монокултури кукуруза, резултати у погледу ове особине су очекивани и карактеристични за карбонатни чернозем.

Табела 14. Основна хемијска својства карбонатног чернозема

Третман	Дубина (cm)	Хумус (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH (KCl)	pH (H ₂ O)	CaCO ₃ (%)	Укупни N(%)
			(mg·100g ⁻¹)					
Контрола	0-20	2,25 e	3,26 hij	19,59 e	6,75 fg	7,87 fg	0,35 f	0,153 cd
	20-40	2,26 e	2,69 ij	19,55 e	6,82 fg	7,92 fg	1,14 f	0,150 cde
	40-60	1,94fg	1,92 ij	14,56 f	7,31 bc	8,24 bc	9,38 b	0,120 f
НРК	0-20	2,29 e	9,82 e	20,51 e	7,08 e	8,08 e	1,78 ef	0,159 cd
	20-40	2,28 e	8,34 ef	20,05 e	7,12 de	8,11 de	2,92 de	0,154 d
	40-60	1,96 fg	3,04 ij	13,73 f	7,48 a	8,32 a	13,23 a	0,122 ef
НРК + Кукурузовина	0-20	2,36 e	10,46 e	26,49 d	6,86 fg	7,84 fg	0,47 f	0,167 cd
	20-40	2,36 e	9,03 ef	25,99 d	6,90 f	7,93 f	0,80 f	0,164 cd
	40-60	1,92 fg	2,92 ij	15,88 ef	7,37 abc	8,23 abc	10,13 b	0,121 f
НРК + Стајњак	0-20	2,74 bc	30,23 b	52,11 b	6,72 g	7,75 g	0,34 f	0,220 a
	20-40	2,59 d	25,41 c	48,28 b	6,82 fg	7,84 fg	0,68 f	0,186 bc
	40-60	1,88 g	5,13 ghi	20,05 e	7,29 bc	8,25 bc	7,09 c	0,120 f
Двопоље+ Стајњак + НРК (ДВС+НРК)	0-20	2,84 ab	39,26 a	48,43 ab	7,23 cde	8,14 cde	1,54 ef	0,204 ab
	20-40	2,98 a	38,38 a	53,14 a	7,25 cd	8,15 cd	1,86 def	0,207 ab
	40-60	2,02 f	7,17 fg	20,36 e	7,44 ab	8,32 ab	9,81 b	0,153 cd
Двопоље+ Стајњак (ДВС)	0-20	2,72 bcd	26,36 c	40,94 c	7,25 cd	8,18 cd	3,18 de	0,198 ab
	20-40	2,68 cd	20,49 d	37,63 c	7,25 cd	8,18 cd	3,50 d	0,201 ab
	40-60	1,91 fg	5,32 gh	17,24 ef	7,41 ab	8,29 ab	13,85 a	0,123 ef

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности P < 0,05

Садржај хумуса (%)

У садржају хумуса не постоје статистички значајне разлике између контроле, NPK и NPK+кукурузовина (0-20 cm) са једне стране и NPK+стајњак, ДВС+NPK и ДВС са друге стране, док између ове две групе третмана постоје статистички значајне разлике. Код свих третмана, изузев третмана NPK+стајњак, између дубине 0-20 cm и 20-40 cm не постоје статистички значајне разлике. Најмање вредности у садржају хумуса су забележене на дубини од 40-60 cm, где су статистички значајне разлике утврђене само између третмана NPK+стајњак и ДВС+NPK. Вредности на овој дубини се статистички значајно разликују од вредности на дубинама 0-20 cm и 20-40 cm код свих анализираних третмана.

Садржај укупног N (%)

Код укупног азота највеће вредности су констатоване на дубини 0-20 cm изузев код третмана ДВС+NPK и ДВС где су констатоване нешто веће вредности на дубини 20-40 cm у односу на дубину 0-20 cm. Међутим, између ових варијанти у односу на упоређиване дубине не постоје статистички значајне разлике. Код укупног азота између третмана на дубини 0-20 cm постоје статистички значајне разлике између ДВС+NPK и ДВС са осталим третманима док између њих ове разлике одсуствују.

Лакоприступачни фосфор

За садржај лакоприступачног P_2O_5 статистички значајне разлике на дубини 0-20 cm постоје између свих анализираних третмана, изузев код третмана NPK и NPK+кукурузовина. Најмање вредности забележене су на дубини 40-60 cm, при чему статистички значајна разлика постоји само између третмана ДВС+NPK са осталим анализираним третманима. Такође, вредности на овој дубини се статистички значајно разликују од вредности на дубинама 0-20 и 20-40 cm код свих испитиваних третмана, изузев контролне варијанте. На свим посматраним дубинама статистички значајно највеће вредности забележене су на третману ДВС+NPK, а најмање на контролној варијанти. У погледу обезбеђености лакоприступачним фосфором можемо уочити издвајање групе третмана са стајњаком, где је P у зависности од посматраних третмана повећан у односу на третмане без стајњака од 3 до 10 пута.

Лакоприступачни калијум

У погледу обезбеђености земљишта лакоприступачним калијумом K_2O (дубина 0-20 cm), између свих третмана постоје статистички значајне разлике,

изуев између варијанте контрола и NPK где не постоје. Код свих анализираних третмана између дубине 0-20 cm и 20-40 cm не постоје статистички значајне разлике, док су оне присутне између ове две дубине (0-20 cm и 20-40 cm) са дубином 40-60 cm. Најмање вредности садржаја калијума су забележене на дубини од 40-60 cm где су статистички значајне разлике утврђене између контроле и NPK са једне стране и третмана NPK+стајњак и DVS+NPK са друге стране.

Посматрајући појединачно третмане ђубрења највеће вредности код свих анализираних особина констатоване су за третман DVS+NPK, изузев CaCO₃. Најмање вредности код свих анализираних особина утврђене су на контролној варијанти огледа.

На графицима 1. и 2. приказана је динамика садржаја лакприступачног фосфора и калијума. Садржаји ова два макрохранљива елемента имају промењиву вредност током вегетације и битно одређује плодност земљишта, односно раст и развој биљака током вегетације.

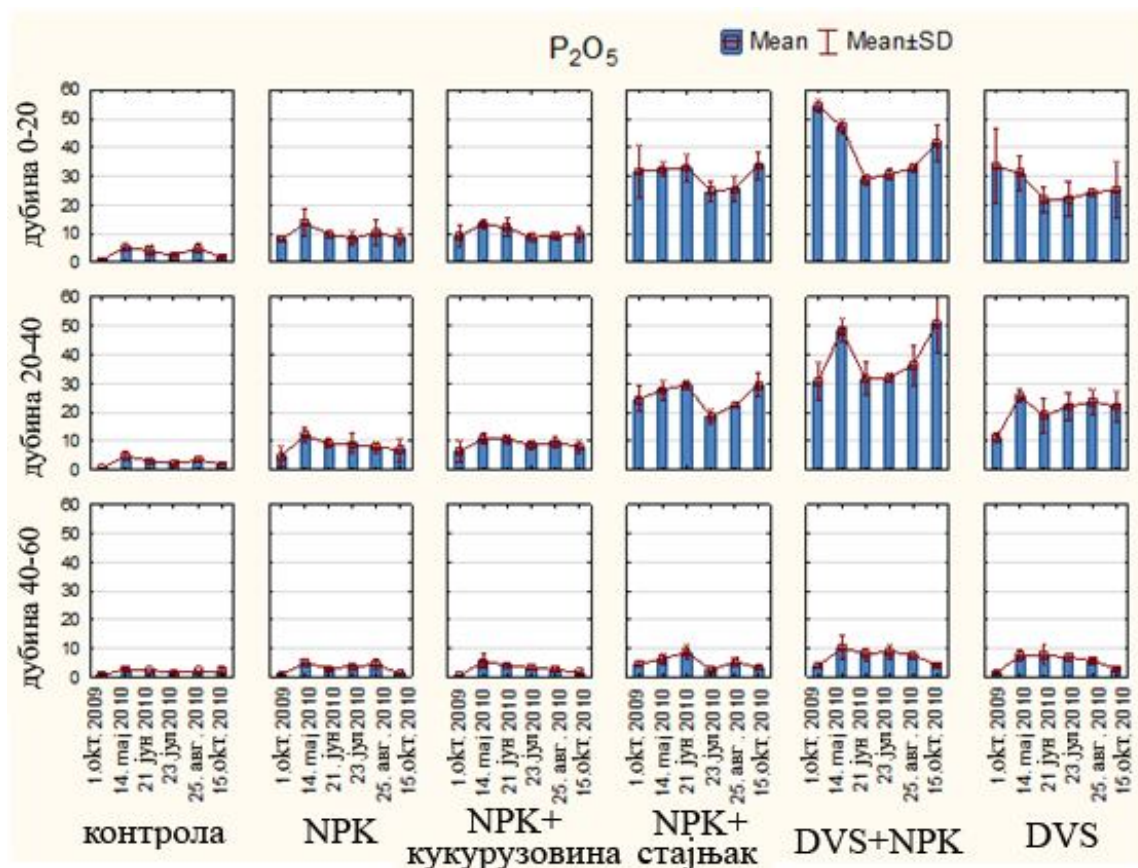


График 1. Динамика садржаја лакоприступачног фосфора током 2009. и 2010. године по терминима огледа (P_2O_5 mg100g⁻¹)

Током периода вегетације садржај лакоприступачног фосфора на свим варијантама и дубинама показује променљивост (граф. 1). Најниже вредности (испод $15 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$) током читавог периода вегетације забележене су на третманима контрола, NPK и NPK+кукурузовина са врло малим одступањима током подпериода испитивања. Такође, на овим третманима највећи садржај лакоприступачног фосфора бележи се у периоду мај и јун и постепено опада у јулу, августу и октобру.

Такође, на свим третманима где је примењено стајско ђубриво (дубине 0-20 cm и 20-40 cm) високе вредности фосфора карактеристичне су за прве периоде посматрања, да би у периоду јун и јул дошло до његовог знатног смањења. У даљем периоду (август и октобар) на варијантама са применом органског ђубрива долази до постепеног повећања садржаја лакоприступачног фосфора у односу на почетне потпериоде посматрања.

Распоред фосфора по третманима, а у зависности од дубине земљишта има веома сличну динамику кретања, изузев дубине 40-60 cm за коју је поред ниских вредности типично и мало одступање вредности лакоприступачног фосфора у односу на праћене потпериоде вегетације.

Динамика садржаја лакоприступачног калијума има сличан распоред по третманима као и лакоприступачни фосфор, али у класи средње и добре обезбеђености. Садржај калијума на третманима контрола, NPK и NPK+кукурузовина показује врло мало одступање током вегетације и уједначен је на свим дубинама. Код третмана NPK+стајњак, ДВС+NPK и ДВС вредности калијума налазе се изнад нивоа добре обезбеђености током читавог периода вегетације (дубине 0-20 cm и 20-40 cm). Нешто веће вредности у октобру месецу карактеристичне су за третман ДВС+NPK, поготово у површинском слоју. Најниже вредности за све третмане током вегетације везују се период јула и августа месеца (график 2).

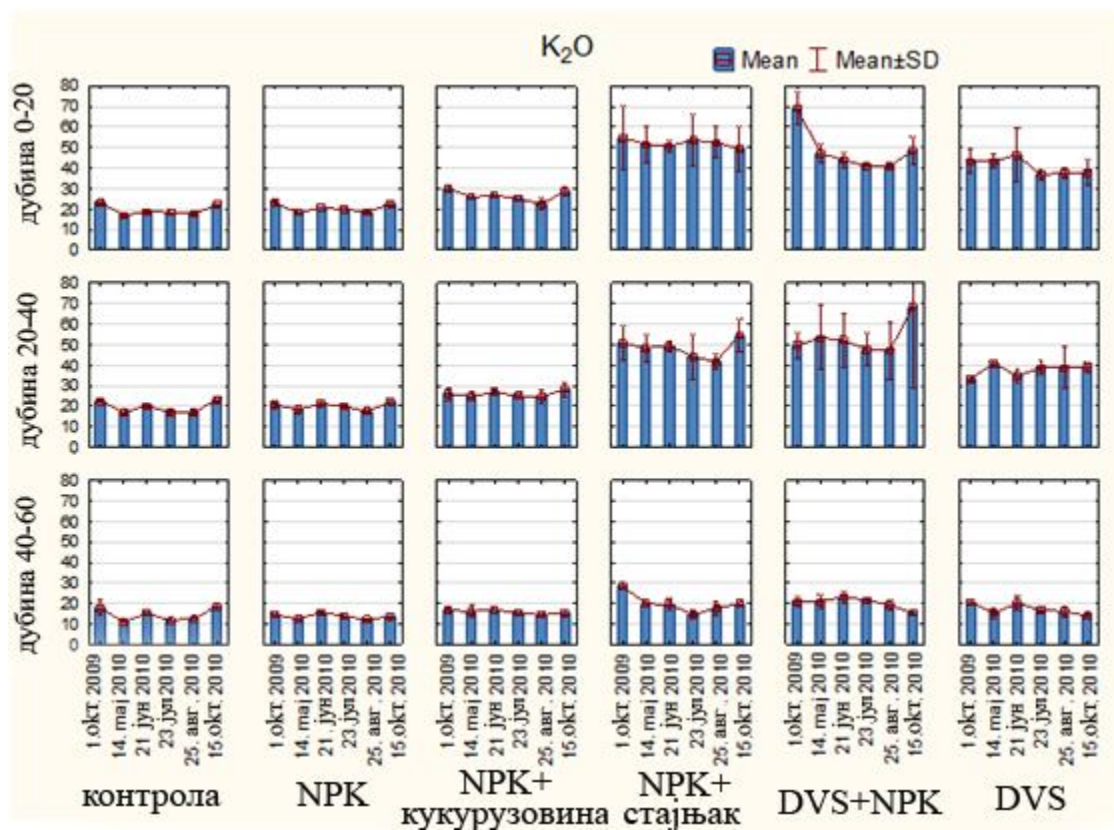


График 2. Динамика садржаја лакоприступачног калијума током 2009. и 2010. године по терминима огледа (K_2O mg/100g⁻¹)

5.2.2. САДРЖАЈ МИКРОЕЛЕМЕНАТА (МЕ) И ТЕШКИХ МЕТАЛА (ТМ) У ЗЕМЉИШТУ У ОГЛЕДУ ПО ТРЕТМАНИМА ЂУБРЕЊА

У овом делу представљени су резултати испитивања садржаја појединих микроелемената и тешких метала. Испитивање је обухватило укупно 324 узорка прикупљених током шест периода посматрања од октобра 2009. до октобра 2010. Приказивање резултата извршено је по испитиваним дубинама, у односу на укупан и приступачан садржај. Основни разлог за овакав начин приказивања статистичких значајности јесу већ познати односи појединих елемената по дубини земљишног профила обзиром на њихово геохемијско порекло. Такође, код већине посматраних параметара уочава се правилна расподела. Односно, разлике између прве две дубине нису изражене, док трећа дубина 40-60 cm има значајно ниже вредности.

5.2.2.1. УКУПАН САДРЖАЈ МИКРОЕЛЕМЕНАТА И ТЕШКИХ МЕТАЛА

Дубина земљишта 0-20 cm. На дубини 0-20 cm највеће вредности укупног садржаја кобалта, мангана и хрома су забележене код третмана NPK+стајњак, док је за укупан садржај никла и цинка највиши у контролној варијанти. Укупан садржај арсена и олова је највећи на третману NPK+кукурузовина, али без утврђених статистичких разлика између варијанти, изузев са третманом ДВС+NPK. У погледу укупног садржаја бакра статистички значајне разлике утврђене су између свих варијанти и третмана ДВС+NPK као највеће вредности, изузев са варијантом NPK+стајњак. Најмање вредности код већине анализираних тешких метала су утврђене на третману ДВС, укупни садржај цинка у третману NPK, а укупни садржаја мангана, арсена и олова је у третман ДВС+NPK (табела 15).

Табела 15. Укупни садржај МЕ и ТМ у ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) по третманима огледа (0-20cm)

Укупни Садржај	Контрола	НРК	НРК + Кукурузовина	НРК + Стајњак	Двопоље+ Стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ Стајњак (ДВС)
Co	14,31 ab	14,02 b	14,01 b	14,75 a	13,10 c	13,05 c
Mn	835,66 a	790,90 b	824,23 a	850,46 a	758,83 c	773,83 bc
Ni	46,15 a	42,91 c	44,73 b	45,05 ab	39,97 d	39,46 d
Zn	203,99 a	107,69 c	132,40 bc	126,94 bc	164,25 ab	114,37 bc
Cu	28,69 b	28,68 b	29,96 b	33,14 ab	39,33 a	24,86 b
Cr	42,53 abc	42,91 ab	40,21 bcd	45,49 a	38,37 cd	37,36 d
As	11,62 a	11,54 a	11,92 a	11,80 a	10,92 b	11,23 ab
Pb	22,16 a	20,74 b	22,87 a	22,47 a	20,31 b	20,35 b

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0,05$

Посматрајући укупан садржај кобалта статистички значајне разлике постоје између третмана НРК+стајњак са осталим варијантама (изузев са контролом) и варијанте НРК и НРК+кукурузовина са варијантама ДВС+НРК и ДВС. Код укупног садржаја мангана статистички значајне разлике постоје само између третмана НРК са осталим анализираним варијантама и третмана ДВС+НРК са осталим анализираним варијантама (изузев са третманом ДВС). Статистички значајне разлике код укупног садржаја никла су констатоване између: варијанте НРК и свих осталих анализираних третмана, варијанте ДВС+НРК и ДВС са осталим анализираним варијантама и између контроле и третмана НРК+кукурузовина. Код укупног садржаја цинка статистички значајне разлике су утврђене једино између контроле и свих анализираних варијанти (изузев варијанте ДВС+НРК) и између третмана НРК и третмана ДВС+НРК, док код укупног садржаја бакра статистички значајна разлика постоји само између варијанти ДВС+НРК и осталих анализираних третмана, изузев варијанте НРК+стајњак. Посматрајући укупан садржај хрома, статистички значајне разлике постоје између: контроле и варијанте ДВС, између третмана НРК и третмана ДВС+НРК и ДВС и варијанте НРК+стајњак са варијантама НРК+кукурузовина, ДВС+НРК и ДВС. Статистички значајна разлика код укупног садржаја арсена постоји само између варијанти ДВС+НРК и свих осталих анализираних третмана изузев варијанте ДВС. Код укупног садржаја олова статистички значајне разлике постоје између контроле, НРК+кукурузовина и НРК+стајњак са једне стране и варијанти НРК, ДВС+НРК

и ДВС са друге стране. Између ове две групе нема статистички значајних разлика.

Дубина земљишта 20-40 см. Највеће и најмање вредности укупног садржаја тешких метала на овој дубини разликују се између испитиваних варијанти. Код укупног садржаја кобалта, мангана и бакра највеће вредности су забележене код третмана НРК+стајњак, док је за укупан садржај никла то контрола, за укупан садржај хрома и арсена варијанта НРК, за укупан садржај олова је третман НРК+кукурузовина, а за укупан садржај цинка је варијанта ДВС+НРК. Најмање вредности код скоро свих анализираних садржаја тешких метала су констатоване на третману ДВС. Изузетак је укупан садржај цинка где су најмање вредности констатоване на варијанти НРК као и на дубини 0-20 см (табела 16).

Табела 16. Укупни садржај МЕ и ТМ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) по третманима огледа(20-40см)

Укупни Садржај	Контрола	НРК	НРК + Кукурузовина	НРК + Стајњак	Двопоље+ Стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ Стајњак (ДВС)
Co	14,25 ab	14,32 ab	13,87 bc	14,40 a	13,64 cd	13,26 d
Mn	807,64 ab	799,29 b	808,05 ab	825,51 a	800,72 b	788,18 b
Ni	46,47 a	44,12 b	44,99 b	45,37 ab	42,48 c	40,70 d
Zn	126,03 b	108,74 b	158,32 ab	141,36 ab	183,06 a	125,79 b
Cu	29,75ab	26,55b	33,74ab	40,52a	39,01a	24,14b
Cr	45,16 ab	46,64 a	41,29 bc	42,63 abc	41,60 bc	39,38 c
As	11,19 b	11,79 a	11,40 ab	11,44 ab	11,45 ab	10,99 b
Pb	21,08 c	20,80 c	22,45 a	21,99 ab	21,71 b	20,54 c

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0,05$

У односу на укупан садржај кобалта статистички значајне разлике постоје код третмана ДВС+НРК и ДВС са осталим анализираним варијантама, изузев третмана ДВС+НРК и НРК+кукурузовина и између третмана НРК+кукурузовина и НРК+стајњак. Код укупног садржаја мангана статистички значајне разлике постоје само између третмана НРК+стајњак и осталих анализираних варијанти, изузев са контролом и третманом НРК+кукурузовина. Статистички значајне разлике код укупног садржаја никла постоје код третмана ДВС+НРК и ДВС са осталим анализираним варијантама и код контроле са третманима НРК и НРК+кукурузовина. Код укупног садржаја цинка статистички значајне разлике постоје само између варијанти ДВС+НРК и: контроле, НРК, ДВС. Одсуство статистички значајних разлика код укупног садржаја бакра констатовано је код

контроле и третмана NPK+кукурузовина са осталим анализираним третманима и између NPK+стајњак и ДВС+NPK са једне стране и NPK и ДВС са друге стране, а код укупног садржаја хрома између третмана NPK+стајњак и свих осталих анализираних варијанти, између контроле и NPK и између NPK+кукурузовина и ДВС+NPK. Посматрајући укупан садржај арсена статистички значајне разлике су утврђене само код третмана NPK са контролом и третманом ДВС. Код укупног садржаја олова статистички значајне разлике су констатоване између контроле, NPK и ДВС са једне стране и осталих анализираних варијанти са друге стране и између NPK+кукурузовина и ДВС+NPK.

Дубина земљишта 40-60 cm. На дубини 40-60 cm највеће и најмање вредности се разликују између испитиваних третмана. Највеће вредности код укупног садржаја кобалта, никла и цинка су забележене код третмана NPK+стајњак, за укупан садржај бакра и хрома је третман NPK+кукурузовина, за укупан садржај мангана и олова је третман ДВС+NPK, а за укупан садржај арсена је контрола. Најмање вредности код укупног садржаја мангана, хрома и олова су констатоване на контроли, код укупног садржаја цинка и бакра на третману NPK, а код укупног садржаја кобалта, никла и арсена на третману ДВС (табела 17).

Табела 17. Укупни садржај МЕ и ТМ у($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) по третманима огледа (40-60cm)

Укупни Садржај	Контрола	NPK	NPK + Кукурузовина	NPK + Стајњак	Двопоље+ Стајњак + NPK (ДВС+NPK)	Двопоље+ Стајњак (ДВС)
Co	12,42 b	12,09 b	12,59 ab	13,20 a	12,40 b	11,98 b
Mn	639,13 b	648,83 ab	661,46 ab	673,99 ab	687,52 a	658,16 ab
Ni	38,51 ab	36,99 bc	38,52 ab	40,12 a	38,35 a	35,83 c
Zn	144,20 a	96,61 a	126,53 a	156,75 a	127,17 a	143,92 a
Cu	26,00 ab	23,71 b	39,04 a	32,66 ab	27,66 ab	29,41 ab
Cr	34,45 a	37,44 a	38,31 a	36,01 a	35,89 a	35,33 a
As	10,54 a	10,21 a	10,38 a	10,09 a	10,49 a	9,87 a
Pb	15,33 b	15,69 b	15,74 b	16,15 ab	17,18 a	15,44 b

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0,05$

Посматрајући укупан садржај кобалта статистички значајне разлике постоје само између третмана NPK+стајњак и осталих анализираних третмана узев третмана NPK+кукурузовина, а код укупног садржаја мангана само између третмана ДВС+NPK и контроле. Статистички значајне разлике код укупног

садржаја никла постоје између третмана ДВС и осталих анализираних третмана, изузев NPK и између третмана NPK и NPK+стајњак. Одсуство статистички значајних разлика између третмана констатовано је код укупног садржаја цинка, хрома и арсена. Код укупног садржаја бакра статистички значајне разлике су утврђене само између третмана NPK и NPK+кукурузовина, а код укупног садржаја олова само између третмана ДВС+NPK и осталих анализираних третмана изузев третмана NPK+стајњак.

5.2.2.2. ПРИСТУПАЧНИ САДРЖАЈ МИКРОЕЛЕМЕНАТА И ТЕШКИХ МЕТАЛА

Дубина земљишта 0-20 см. Највеће и најмање вредности приступачних тешких метала на дубини 0-20 см се разликују између испитиваних варијанти. Највеће вредности за приступачан кобалт, манган, цинк и алуминијум су забележене на контролном узорку. Код приступачног бакра највеће вредности су забележене за третман NPK+кукурузовина, а код приступачног никла и гвожђа за третман NPK+стајњак. Најмање вредности код приступачног кобалта, мангана, никла и бакра су констатоване на варијанти ДВС. Код приступачног цинка најмање вредности су констатоване за третман NPK+кукурузовина, а код приступачног гвожђа и алуминијума варијанта ДВС+NPK (табела 18).

Табела 18. Приступачни садржај МЕ и ТМ у ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) по третманима огледа (0-20cm)

Приступачни садржај (EDTA)	Контрола	NPK	NPK + Кукурузовина	NPK + Стајњак	Двопоље+ Стајњак + NPK (ДВС+NPK)	Двопоље+ Стајњак (ДВС)
Co	3,52 a	1,65 b	3,17 a	3,38 a	0,89 c	0,81 c
Mn	320,74 a	175,72 b	299,60 a	317,40 a	144,72 bc	117,84 c
Ni	5,55 a	2,94 b	5,15 a	5,62 a	2,34 bc	2,02 c
Zn	5,09 a	2,55 ab	0,88 b	4,31 a	4,94 a	3,43 ab
Cu	4,76 b	3,60 c	5,36 a	5,23 ab	3,54 cd	3,06 d
Fe	92,916 b	43,24 c	80,73 b	127,58 a	24,78 c	29,53 c
Al	88,67 a	43,22 c	67,56 b	83,65 ab	13,12 d	17,18 d

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0,05$

Код приступачног кобалта констатовано је присуство три групе између којих постоје статистички значајне разлике, а унутар њих не постоје. Прву групу чини контрола и третмани NPK+кукурузовина и NPK+стајњак, другу само

третман NPK, а трећу групу третмани ДВС+NPK и ДВС. Статистички значајне разлике код приступачног мангана и никла постоје између контроле и третмана NPK+кукурузовина и NPK+стајњак са једне стране и осталих анализираних третмана и између третмана NPK и ДВС. Посматрајући приступачан цинк уочава се да статистички значајне разлике постоје само код третмана NPK+кукурузовина са контролом и третманима NPK+стајњак и ДВС+NPK. Одсуство статистички значајних разлика код приступачног бакра је утврђено код: третмана NPK+стајњак са контролом и третманом NPK+кукурузовина и код третмана ДВС+NPK са третманима NPK и ДВС. Присуство три групе између којих постоје статистички значајне разлике, а унутар њих не постоје, констатовано је код приступачног гвожђа. Прву групу чини само третман NPK+стајњак, другу контрола и третман NPK+кукурузовина, а трећу групу третмани ДВС+NPK и ДВС. Код приступачног алуминијума статистички значајне разлике не постоје код: третмана NPK+стајњак са контролом и третманом NPK+кукурузовина и између третмана ДВС+NPK и ДВС.

Дубина земљишта 20-40 cm. На дубини 20-40 cm највеће и најмање вредности се разликују између испитиваних третмана. Највеће вредности за већину приступачних тешких метала су забележене на третману NPK+стајњак. Код приступачног алуминијума највеће вредности су забележене за контролу, код приступачног бакра за третман NPK+кукурузовина, а код приступачног цинка третман ДВС+NPK. Најмање вредности су констатоване на третману ДВС+NPK код приступачног кобалта, никла, гвожђа и алуминијума. Код приступачног цинка најмање вредности су констатоване за третман NPK, а код приступачног мангана и бакра је третман ДВС (табела 19).

Код приступачног кобалта, мангана, никла и бакра уочавају се две групе које се међусобно статистички значајно разликују. Првој групи припадају контрола и третмани NPK+кукурузовина и NPK+стајњак, а другој третмани NPK, ДВС+NPK и ДВС. Одсуство статистички значајних разлика између анализираних третмана констатовано је код приступачног цинка. Присуство три групе између којих постоје статистички значајне разлике, а унутар њих не постоје, констатовано је код приступачног гвожђа. Прву групу чини само третман NPK+стајњак, другу контрола и третман NPK+кукурузовина, а трећу групу третмани ДВС+NPK и ДВС. Исте ове групе забележене су и на дубини земљишта 0-20 cm. Код приступачног алуминијума статистички значајне разлике постоје

између третмана ДВС+НРК и ДВС и осталих анализираних третмана, изузев третмана НРК и третмана НРК са контролом и третманом НРК+стајњак.

Табела 19. Приступачни садржај МЕ и ТМ у ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) по третманима огледа (20-40 cm)

Приступачни садржај (EDTA)	Контрола	НРК	НРК + Кукурузовина	НРК + Стајњак	Двопоље+ Стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ Стајњак (ДВС)
Co	2,58 a	1,15 b	2,54 a	2,60 a	0,66 b	0,73 b
Mn	248,82 a	128,51 b	251,14 a	261,43 a	121,16 b	108,33 b
Ni	4,42 a	2,25 b	4,42 a	4,75 a	2,06 b	2,07 b
Zn	4,28 a	0,99 a	1,74 a	4,58 a	4,86 a	4,02 a
Cu	4,23 a	3,20 b	4,66 a	4,47 a	3,28 b	2,84 b
Fe	68,67 b	31,84 c	62,02 b	94,73 a	21,04 c	27,06 c
Al	62,45 a	29,09 b	49,22 ab	61,91 a	11,07 bc	17,43 bc

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0,05$

Код приступачног кобалта, мангана, никла и бакра уочавају се две групе које се међусобно статистички значајно разликују. Првој групи припадају контрола и третмани НРК+кукурузовина и НРК+стајњак, а другој варијанте НРК, ДВС+НРК и ДВС. Одсуство статистички значајних разлика између анализираних третмана констатовано је код приступачног цинка. Присуство три групе између којих постоје статистички значајне разлике, а унутар њих не постоје, констатовано је код приступачног гвожђа. Прву групу чини само третман НРК+стајњак, другу контрола и третман НРК+кукурузовина, а трећу групу варијанта ДВС+НРК и ДВС. Исте ове групе су забележене код истог елемента на дубини 0-20 cm. Код приступачног алуминијума статистички значајне разлике постоје између третмана ДВС+НРК и ДВС и осталих анализираних варијанти изузев третмана НРК и третмана НРК са контролом и варијантом НРК+стајњак.

Дубина земљишта 40-60 cm. Највеће вредности на дубини 40-60 cm код скоро свих анализираних узорака земљишта на приступачан садржај тешких метала су забележене код третмана ДВС, док је за приступачан бакар то контрола. Најмање вредности код скоро свих анализираних приступачних садржаја тешких метала су констатоване на третману НРК. Једино су код приступачног цинка најмање вредности констатоване за третман НРК+стајњак (табела 20).

Табела 20. Приступачни садржај МЕ и ТМ у ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) по третманима огледа (40-60cm)

Приступачни садржај (EDTA)	Контрола	НРК	НРК + Кукурузовина	НРК + Стајњак	Двопоље+ Стајњак + НРК (ДВС+НРК)	Двопоље+ Стајњак (ДВС)
Co	0,105 b	0,013 b	0,022 b	0,024 b	0,017 b	0,577 a
Mn	25,67 b	11,50 c	14,86 bc	17,72 bc	14,96 bc	61,10 a
Ni	0,65 b	0,26 d	0,32 cd	0,55 bc	0,35 cd	1,16 a
Zn	1,73 a	3,32 a	2,79 a	1,27 a	1,29 a	4,72 a
Cu	1,83 a	1,52 b	1,78 ab	1,79 a	1,65 ab	1,80 a
Fe	8,11 b	3,97 b	4,69 b	6,14 b	4,06 b	18,79 a
Al	5,27 b	0,97 b	1,48 b	2,70 b	1,35 b	15,31 a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0,05$

Код приступачног кобалта, мангана, гвожђа и алуминијума статистички значајне разлике постоје само између варијанти ДВС и осталих анализираних третмана, а код приступачног мангана и између контроле и НРК. Посматрајући приступачан никл статистички значајне разлике су констатоване између третмана ДВС и осталих анализираних варијанти, између контроле и анализираних третмана изузев третмана НРК+стајњак и између варијанте НРК и осталих третмана, изузев НРК+кукурузовина и ДВС+НРК. Одсуство статистички значајних разлика између третмана констатовано је код приступачног цинка, као што је био случај и код укупног садржаја цинка. Код приступачног бакра статистички значајне разлике су присутне између варијанти НРК и осталих анализираних варијанти, изузев третмана НРК+кукурузовина и ДВС+НРК.

5.3. БИОЛОШКА СВОЈСТВА ЗЕМЉИШТА

У овом делу истраживања представљени су резултати испитивања микробиолошке активности земљишта и у том циљу одређена је: укупна бројност микроорганизама, бројност азотобактера, амонификатора, олигонитрофила, гљива, акценомицета, олиготрофа и копиотрофа. Испитивање је обухватило укупно 280 узорка прикупљених током пет периода посматрања од маја до октобра 2010. Приказивање резултата извршено је по испитиваним дубинама. Основни разлог за овакав начин приказивања статистичких значајности јесте тај да се код већине посматраних параметара уочава правилна расподела по посматраним дубинама. Такође, овакав начин приказивања омогућава јасније упоређивање између третмана односно, сагледавање утицаја појединих система ђубрења.

Дубина земљишта 0-20 cm. На дубини од 0-20 cm бројност испитиваних група микроорганизама зависила је од примењених третмана (табела 21). Највећа бројност азотобактера и амонификатора забележена је на варијанти ДВС. Заступљеност азотобактера, на овом третману, значајно је већа у поређењу са свим осталим третманима, док се бројност амонификатора не разликује значајно само у поређењу са варијантом NPK+кукурузовина. У поређењу са контролом, само на третману ДВС бројност обе групе микроорганизама значајно је већа.

Укупан број микроорганизама и бројност актиномицета највиши су на варијанти ДВС+NPK. Укупан број микроорганизама на овом третману, не разликује се значајно само у односу на третман NPK+стајњак. У поређењу са контролом, поред третмана ДВС+NPK, значајно већи укупан број микроорганизама забележен је и на варијанти NPK+стајњак. Бројност актиномицета на третману ДВС+NPK значајно је виша у односу на остале варијанте, осим у поређењу са третманом ДВС. У поређењу са контролом, значајно већа бројност актиномицета утврђена је како на варијантама ДВС+NPK и ДВС, тако и на варијанти где је примењено само NPK ђубриво.

Највећа бројност олигонитрофила је на третману NPK +стајњак и не разликује се значајно само у поређењу са варијантом ДВС+NPK. У поређењу са

контролом, значајно виши број олигонитрофила забележен је управо на ова два третмана.

Највећа бројност олиготрофа и копиотрофа забележена је такође, на третману NPK+стајњак. Присуство олиготрофа, значајно је веће у поређењу са третманом ДВС+NPK и варијанти на монокултури где је примењено искључиво NPK ђубриво. Заступљеност копиотрофа, значајно је већа у односу на контролу и третман где је примењено само NPK ђубриво. У поређењу са контролом, бројност олиготрофа није се значајно мењала у зависности од примењеног третмана.

Гљиве су најбројније на третману NPK+кукурузовина, а њихова бројност значајно је већа само у поређењу са контролним третманом и третманом ДВС.

Табела 21. Бројност појединих група микроорганизама по третманима огледа (0-20 cm)

	Азото- бактер $\times 10^2$	Амониф и-катори $\times 10^7$	Укупан број микро- организа ма $\times 10^7$	Олигони трофили $\times 10^6$	Гљиве $\times 10^4$	Актино - мицете $\times 10^4$	Олиго- трофи $\times 10^5$	Копио- трофи $\times 10^5$
CFU g ⁻¹ апсолутно сувог земљишта								
Контро ла	62,05 b	82,06 bd	118,25 cd	87,95 c	11,07 b	13,05 d	165,25ab	122,78 b
NPK	55,80 b	87,52 bc	147,20 c	90,73 c	11,14ab	20,94 bc	134,93 b	107,82 b
NPK + кукуруз.	54,71 b	100,68 ab	168,13 bc	94,61 bc	14,46 a	14,79 d	159,83ab	134,29ab
NPK + стајњак	63,93 b	63,02 cd	209,60 ab	129,85 a	12,33ab	17,12 cd	177,90 a	156,80 a
ДВС+ NPK	61,27 b	55,52 d	237,19 a	121,00 ab	11,73ab	29,61 a	143,57 b	139,29ab
ДВС	89,64 a	118,03 a	164,40 cd	102,98 bc	10,00 b	24,37 ab	151,40ab	137,00ab

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Дубина земљишта 20-40 cm. На дубини од 20-40 cm бројност испитиваних група микроорганизама зависила је од примењених третмана (табела 22). Заступљеност азотобактера највиша је на свим варијантама где је примењен стајњак (ДВС+NPK, NPK+стајњак, ДВС) и значајно се разликује у поређењу са бројношћу на контролном третману и варијанти где је примењено NPK ђубриво и кукурузовина.

Значајно нижа бројност амонификатора утврђена је на третманима NPK+стајњак и ДВС+NPK у поређењу са бројношћу ове групе микроорганизама на осталим испитивани варијантама.

Укупан број микроорганизама значајно је виши на третману NPK+кукурузовина у односу на контролу, варијанту где је примењено само NPK ђубриво и третман ДВС.

Бројност олигонитрофила најнижа је на контроли, док је на свим осталим третманима бројност ове групе микроорганизама значајно већа.

Табела 22. Бројност појединих група микроорганизама по третманима огледа (20-40 cm)

	Азото- бактер $\times 10^2$	Амони фи- катори $\times 10^7$	Укупан број микро- организа ма $\times 10^7$	Олигон итрофи ли $\times 10^6$	Гљиве $\times 10^4$	Актино - мицете $\times 10^4$	Олиго- трофи $\times 10^5$	Копио- трофи $\times 10^5$
CFU g ⁻¹ апсолутно сувог земљишта								
Контрола	52,83 c	88,47 a	146,42 b	72,31 b	10,53 b	19.37b	157,56 ab	102,31 b
NPK	60,39 b	90,68 a	161,51 b	120,13 a	17,86 a	17.81 b	168,47 ab	139,43 a
NPK + кукуруз	51,42 c	102,39 a	221,01 a	112,95 a	12,82 b	20.39 b	158,43 ab	119,92 ab
NPK + стајњак	76,99 a	53,39 b	182,94 ab	114,20 a	11,54 b	16.91 b	136,84 b	146,47 a
ДВС+ NPK	79,39 a	59,59 b	188,16 ab	135,61 a	13,77 ab	31.07a	154,53 ab	148,41 a
ДВС	71,27 ab	110,40 a	150,99 b	110,13 a	14,25 ab	21.40 b	188,88 a	133,97 a

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Значајно већа бројност гљива забележена је на варијанти где је примењено само NPK ђубриво у поређењу са контролним третманом и варијантама NPK+кукурузовина и NPK+стајњак.

Актиномицете су биле најбројније на третману ДВС+NPK, где је њихова бројност значајно је већа у поређењу са бројношћу на свим осталим варијантама.

Највећа бројност олиготрофа утврђена је на варијанти ДВС и значајно се разликује само у поређењу са третманом NPK+стајњак.

Најнижа бројност копиотрофа, забележена на контроли, значајно је мања у поређењу са бројношћу на осталим третманима.

Дубина земљишта 40-60 cm. На дубини земљишта од 40 до 60 cm бројност испитиваних група микроорганизама зависила је од примењених третмана (табела 23). Највиша бројност азотобактера утврђена је на варијанти NPK+кукурузовина и значајно је већа у поређењу са бројношћу на осталим варијантама.

Табела 23. Бројност појединих група микроорганизама по третманима огледа (40-60 cm)

	Азото- бакте р $\times 10^2$	Амониф и-катори $\times 10^7$	Укупан број микро- организа ма $\times 10^7$	Олигони трофили $\times 10^6$	Гљиве $\times 10^4$	Актино - мицете $\times 10^4$	Олиго- трофи $\times 10^5$	Копио- трофи $\times 10^5$
CFU g ⁻¹ апсолутно сувог земљишта								
Контрол	37,47 b	106,21 ab	122,93 b	76,62 bc	5,40 b	20,73 a	135,01 a	60,83 c
NPK	38,06 b	55,37 d	141,93 ab	60,25 c	8,68 a	15,81 a	139,60 a	76,11 bc
NPK + кукуруз	64,20 a	109,46 ab	164,06 ab	123,27 a	7,41 ab	16,93 a	156,30 a	102,65 a
NPK + стајњак	35,47 b	92,24 bc	138,22 ab	94,48 b	5,24 b	15,87 a	136,89 a	82,87 ab
ДВС+ NPK	34,69 b	67,48 cd	179,57 a	136,00 a	6,26 ab	18,56 a	140,27 a	97,95 a
ДВС	38,18 b	110,87 a	127,22 b	79,00 bc	8,07 ab	18,30 a	148,47 a	72,28 c

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Амонификатори су најзаступљенији на третману ДВС и значајно су бројнији него на третманима само са NPK ђубривом, NPK+ стајњак и ДВС+NPK.

Укупан број микроорганизама значајно је виши на варијанти ДВС+NPK у поређењу са контролом и варијантом ДВС.

Олигонитрофили су значајно бројнији на варијантама NPK+кукурузовина и ДВС+NPK у поређењу са осталим варијантама.

Највећа бројност гљива је забележена на третману где је примењено само NPK ђубриво и значајно је већа у односу на њихову бројност на контроли и третману NPK+ стајњак.

Бројност актиномицета и олиготрофа била је уједначена и није се значајно разликовала на варијантама огледа.

Забележена бројност копиотрофа на контроли и варијантама NPK и ДВС значајно је мања у поређењу са бројношћу ове групе бактерија на третманима NPK+кукурузовина и ДВС+NPK.

5.4. РЕЖИМ ФОСФОРА У ЗАВИСНОСТИ ОД СИСТЕМА ЂУБРЕЊА

У овом делу истраживања приказани су резултати анализе различитих облика фосфора и појединих елемената који ближе одређују порекло фосфорних једињења. Статистичка анализа обухватила је укупно 324 узорка прикупљених током шест периода посматрања од октобра 2009. до октобра 2010. У зависности од начина ђубрења приказане су фракције фосфора кроз односе између испитиваних дубина, као и њихова дистрибуција по дубинама током периода вегетације. Такође су приказани и односи појединих облика фосфора и најважнијих параметара земљишта, који одређују варијабилност између третмана, као и по дубини земљишног профила. На крају је дат и приказ најважнијих параметара који имају променљиви карактер током вегетације.

5.4.1. САДРЖАЈ УКУПНОГ И ОРГАСКОГ ФОСФОРА И УГЉЕНИКА У ОГЛЕДУ ПОД КУКУРУЗОМ

У погледу садржаја укупног и органског фосфора, као и код органског угљеника највеће вредности су забележене на дубини од 0-20 cm и 20-40 cm, док између ових дубина нема статистичких значајних разлика за све испитиване варијанте (табела 24). Изузетак је третман ДВС где су утврђене статистички значајне разлике између ове две дубине и за укупни и органски фосфор као и за укупни и органски угљеник. Најмање вредности за укупни и органски фосфор и органски угљеник су констатоване на дубини 40-60 cm. Контролни узорак на овој дубини се статистички значајно разликује од осталих испитиваних третмана на истој дубини за укупни фосфор, док за органски фосфор нису утврђене статистички значајне разлике (са изузетком између контроле и NPK+стајњак). Између дубина 0-20 cm и 20-40 cm са дубином 40-60 cm статистичке значајне разлике нису утврђене само код укупног фосфора на контролном узорку.

Обрнуто је код укупног угљеника где су највеће вредности забележене на дубини 40-60 cm, затим на дубини 20-40 cm, а најмањена на дубинама 0-20 cm.

Статистички значајне разлике нису утврђене између контроле и NPK+кукурузовина и између NPK, ДВС+NPK и ДВС. Између дубина 0-20 cm и 20-40 cm са дубином 40-60 cm статистичке значајне разлике одсуствују изузев код третмана NPK+стајњак. Најмање вредности су забележене на дубини 0-20 cm и између ових дубина постоје статистички значајне разлике између контроле и NPK+стајњак, ДВС+NPK и ДВС и између третмана ДВС+NPK и ДВС са осталим анализираним варијантама.

Табела 24. Укупни и органски садржај P ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) и C (%).

Третман	Дубина (cm)	Укупни P	Органски P	Укупни C	Органски C
Контрола	0-20	717,54 ij	360,56 fg	1,56 i	1,51 cd
	20-40	720,78 hi	363,97 fg	1,58 hi	1,49 d
	40-60	684,08 jk	327,83 h	2,33 de	1,27 f
NPK	0-20	883,31 e	432,48 e	1,68 ghi	1,49 d
	20-40	867,98 e	435,62 de	1,78 fgh	1,48 d
	40-60	739,01 ghi	365,81 fg	2,75 ab	1,19fg
NPK + Кукурузовина	0-20	891,56 e	444,34 de	1,68ghi	1,55 cd
	20-40	868,74 e	432,49 e	1,70 ghi	1,57 c
	40-60	753,76 gh	374,31 f	2,38 cde	1,25 f
NPK + Стајњак	0-20	1095,00 b	486,46 c	1,83 fg	1,74 b
	20-40	1042,80 c	461,96 cd	1,81 fg	1,71 b
	40-60	751,94 gh	345,13 gh	1,95 f	1,16 g
Двопоље+ Стајњак + NPK (ДВС+NPK)	0-20	1219,00 a	576,88 a	2,22 e	1,92 a
	20-40	1208,40 a	571,83 a	2,14 ef	1,91 a
	40-60	823,22 f	410,86 e	2,55 bc	1,36 e
Двопоље+ Стајњак (ДВС)	0-20	1072,60 cb	518,30 b	2,22 e	1,87 a
	20-40	1004,40 d	485,26 c	2,45 cd	1,73 b
	40-60	758,45 g	379,70 f	2,91 a	1,22 fg

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0,05$

Упоредивањем третмана у истом слоју земљишта постоје одређене правилности. Највеће вредности укупног, органског фосфора и органског угљеника и регистроване су на варијанти ДВС+NPK у односу на све остале третмане и све посматране дубине. Статистичка значајност издваја овај третман у односу на све остале третмане. У односу на укупни и органски фосфор, варијанте ДВС и NPK+стајњак, у слојевима земљишта 0-20 cm и 20-40 cm, имају статистички значајно веће вредности од свих осталих третмана изузев

ДВС+стајњак+НРК. Трећу групу у погледу обезбеђености укупним и органским фосфором чине третмани НРК и НРК+кукурузовина између којих не постоје статистичке значајности. Ове вредности значајно су веће од контроле и значајно мање у односу на остале варијанте. Најмање вредности су забележене на контролним узорцима где такође нису констатоване статистички значајне разлике.

Код свих варијанти посматрања приметно је највећи садржај укупног угљеника на дубини земљишта 40-60 cm што можемо приписати повећаном садржају CaCO_3 на овој дубини.

Код органског угљеника на дубини земљишта 40-60 cm статистички значајне разлике забележене су између контроле и НРК+стајњак (као и код органског фосфора) и између контроле и ДВС+НРК.

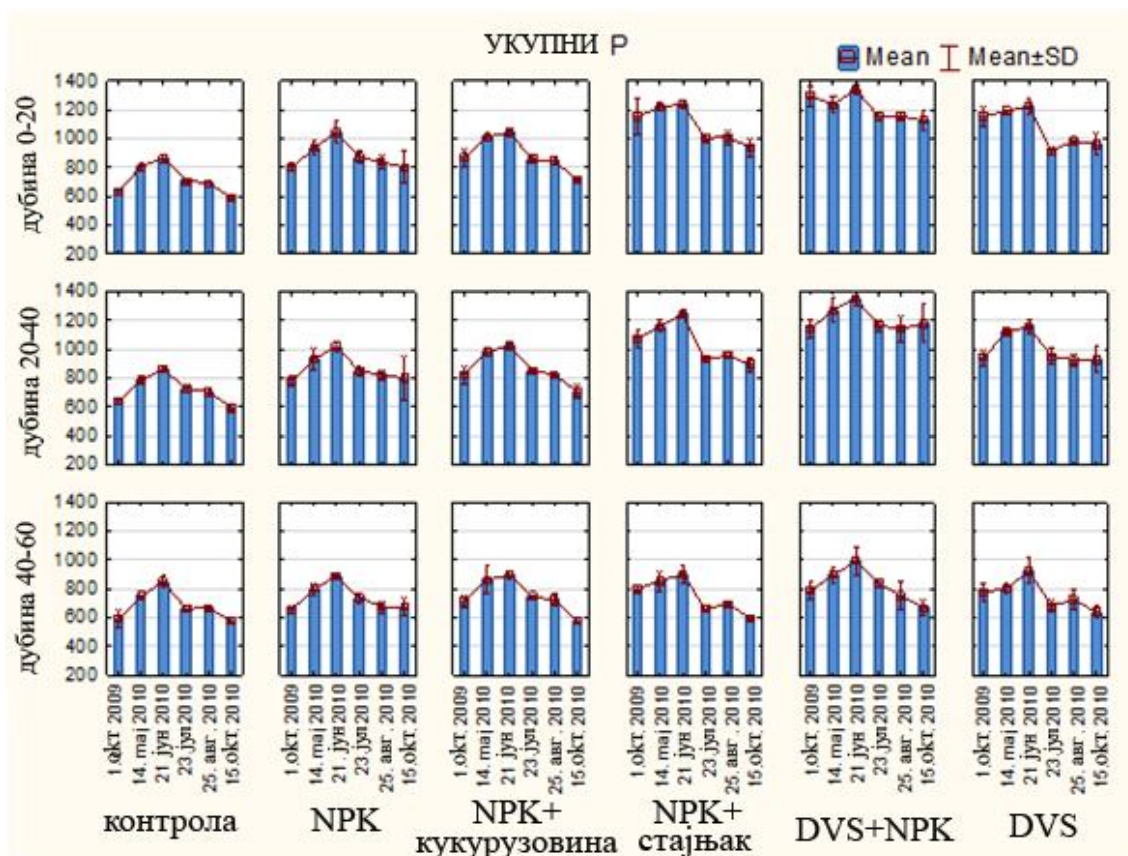


График 3. Динамика укупног Р на огледу по третманима огледа ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Током вегетације садржај укупног фосфора има сличан начин варирања у односу на све посматране дубине. Најниже вредности забележене су на крају вегетације код свих третмана, а највеће вредности забележене су у јуну месецу. Такође, динамика варирања укупног фосфора има сличну дистрибуцију код свих

третмана. Од почетка вегетације садржај укупног фосфора расте да би свој максимум достигао у јуну. У каснијим периодима посматрања (јул, август, октобар) регистрован је тренд смањења укупног фосфора на свим третманима мањег или већег интензитета (график 3).

У погледу обезбеђености земљишта са органским фосфором може се уочити слична дистрибуција као и код укупног фосфора, како по дубини земљишног профила, тако и у односу на посматране третмане. Најниже вредности забележене су на крају вегетације а највеће у месецу јуну (график 4).

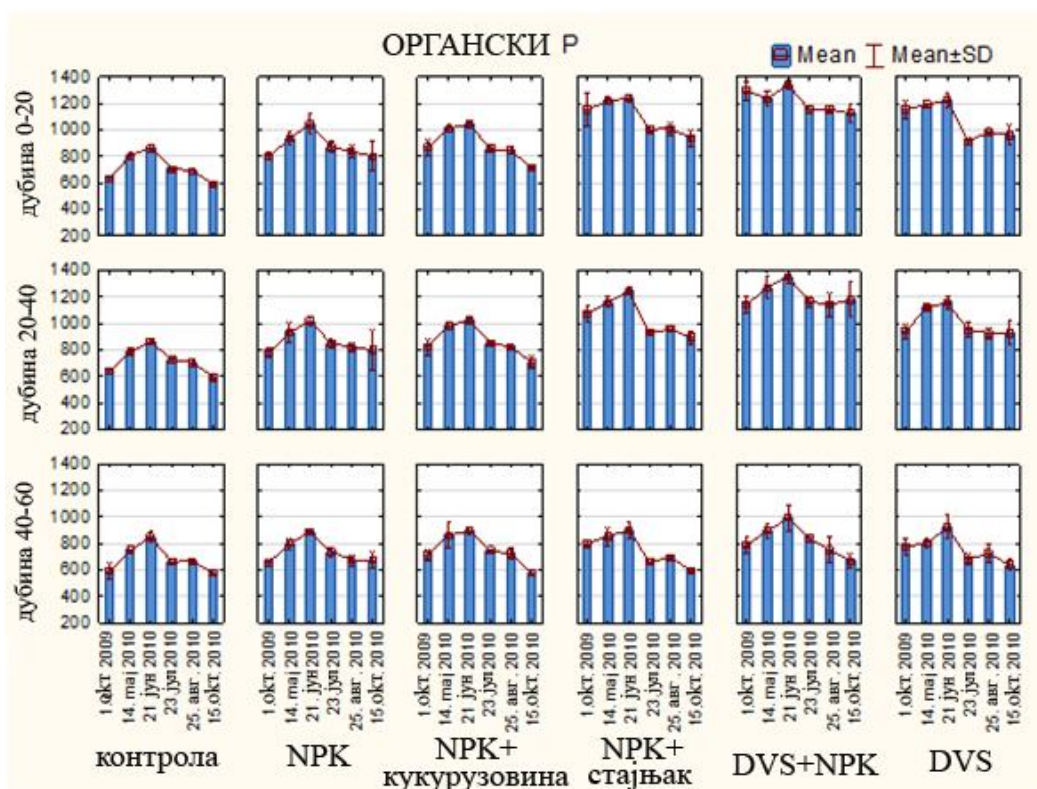


График 4. Динамика садржаја укупног органског Р по третманима огледа (mgkg⁻¹)

Ако посматрамо тренд кретања органског фосфора у односу на укупни фосфор, можемо констатовати да је промена вредности пре и након јуна месеца израженија код органског фосфора у односу на укупни садржај фосфора (график 4).

5.4.2. САДРЖАЈ НЕОРГАНСКИХ ФРАКЦИЈА ФОСФОРА У ЗЕМЉИШТУ

Фракционисање неорганског фосфора за карбонатна земљишта извршена је на три компоненте: Р екстраховани са NaOH (А фракција), изменљиво-редуковано-растворени Р (Б фракција), апатитно-оклудовани Р (Ц фракција). Свака од ових фракција представља различити ниво приступачности појединих делова неорганског фосфора биљкама, односно снагу држања за земљишни супстрат. Редослед приступачности у земљишту (А фракција→Б фракција →Ц фракција).

Табела 25. Дистрибуција неорганских фракције фосфора у земљишту по третманима огледа $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

Третман	Дубина (cm)	А фракција	Б фракција	Ц фракција
Контрола	0-20	16,44 g	77,78 fgh	340,56 fg
	20-40	15,72 gh	65,56 ghi	348,33 eg
	40-60	10,56 h	46,11 i	350,56 eg
НРК	0-20	26,11 f	98,89 ef	396,11c
	20-40	22,78 f	91,67 ef	381,11 cde
	40-60	10,56 h	55,56 hi	332,78 g
НРК + Кукурузовина	0-20	38,89 de	132,78 d	356,67 efg
	20-40	35,00 e	134,44 d	341,11 fg
	40-60	14,44 gh	67,22 ghi	340,56 fg
НРК + Стајњак	0-20	86,67 a	229,44 a	410,00 bc
	20-40	80,00 b	203,33 b	405,56 c
	40-60	23,89 f	101,67 e	364,44 def
Двопоље+ Стајњак + НРК (ДВС+НРК)	0-20	61,11 c	241,11 a	478,89 a
	20-40	57,78 c	233,33 a	482,78 a
	40-60	15,00 gh	99,44 ef	370,33 de
Двопоље+ Стајњак (ДВС)	0-20	42,78 d	180,00 c	434,44 b
	20-40	36,67 e	162,78 c	405,56 c
	40-60	13,33 gh	80,56 efg	338,33 g

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0,05$

Највеће вредности код свих фракција су констатоване на дубини од 0-20 cm за све третмане. Код фракције А на дубини 0-20 cm постоје статистички значајне разлике између третмана, изузев третмана НРК+кукурузовина и ДВС.

Код фракције Б статистички значајне разлике на дубини 0 до 20 cm нису утврђене између NPK и контроле и између NPK+стајњак и ДВС+NPK. Посматрајући фракцију Ц утврђене су статистички значајне разлике између третмана. На дубини земљишног профила 0-20 cm одсуство статистичке значајности региструјемо код третмана: NPK+стајњак и ДВС, NPK+стајњак и NPK, као и између контроле и NPK+кукуруз (табела 25).

Најмање вредности код фракција А и Б и без статистичке значајности (код фракције А изузев између третмана NPK+стајњак и осталих третмана) су забележене на дубини од 40-60 cm и те вредности су мање два до четири пута у односу на дубину од 0-20 cm за све испитиване третмане. Код фракције Ц најмање вредности су такође забележене на дубини од 40-60 cm, као и код фракција А и Б, али оне су приближне вредностима са осталих дубина код свих третмана. Изузетак је контрола, где је вредност на дубини од 40-60 cm незнатно већа од вредности са осталих дубина и између њих не постоје статистичке значајне разлике.

Посматрајући појединачно третмане, највеће вредности за фракцију А су констатоване код NPK+стајњак, а за фракције Б и Ц код ДВС+NPK (између дубина 0-20 cm и 20-40 cm нема статистички значајних разлика). Најмање вредности код све три фракције забележене су на контролним узорцима.

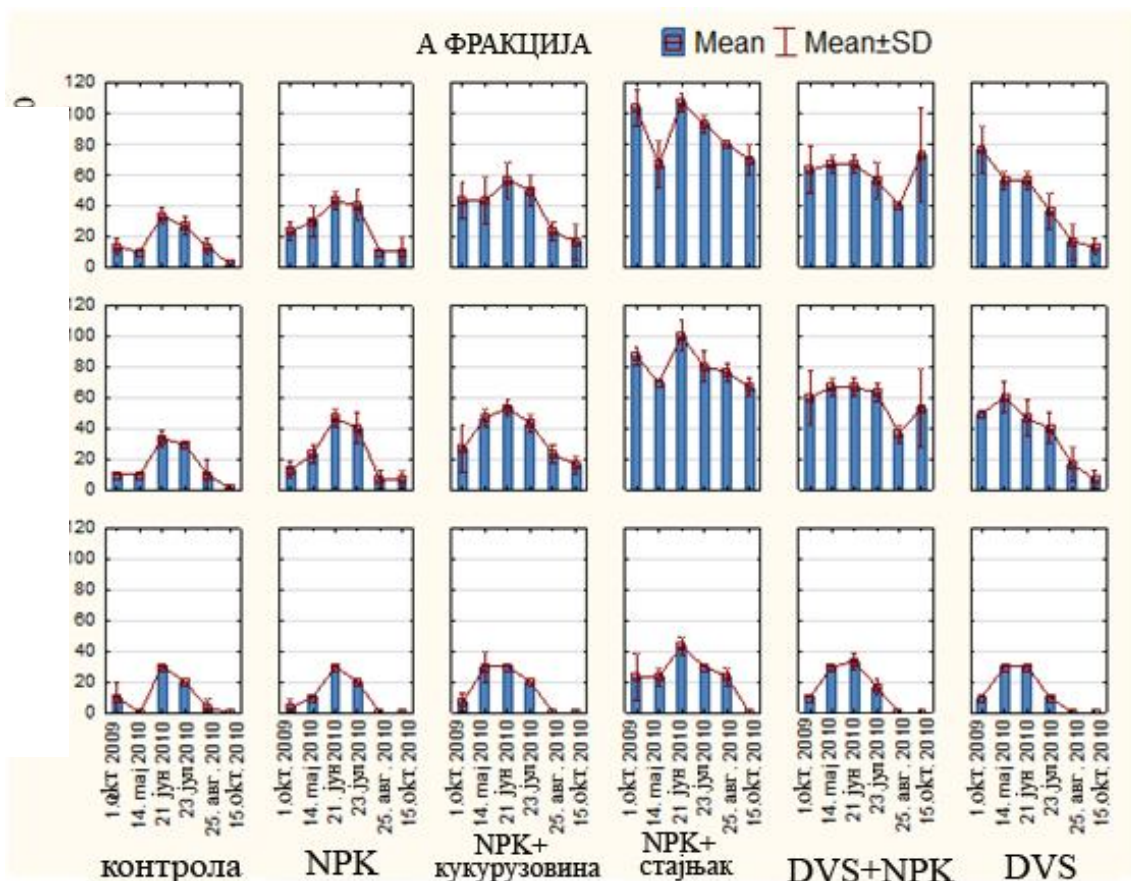


График 5. Динамика минералног фосфора (фракција А) по третманима огледа $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

Посматрањем динамике минералног фосфора (фракција А) уочава се правилност готово код свих варијанти испитивања. Највеће вредности овог дела минералног фосфора карактеристичне су за период јун и то за све дубине земљишног профила. Највеће вредности забележене су на третманима са уносом стајњака. Код третмана без присуства органског ђубрива на почетку и крају вегетације бележе се знатно ниже вредности очитавања присуства ове фракције минералног фосфора. Разлике између вредности добијених у јуну и јулу, код ових третмана, увећане су скоро двоструко у односу на остале подпериоде. Код третмана пореклом са двопоља код дубине земљишта 0-20 cm као и 20-40 cm уочава се одређено одступање од предходне правилности. Наиме, вредност фракције А нема изражен пораст, а од јуна месеца региструје се пад вредности ове фракције минералног фосфора (график 5).

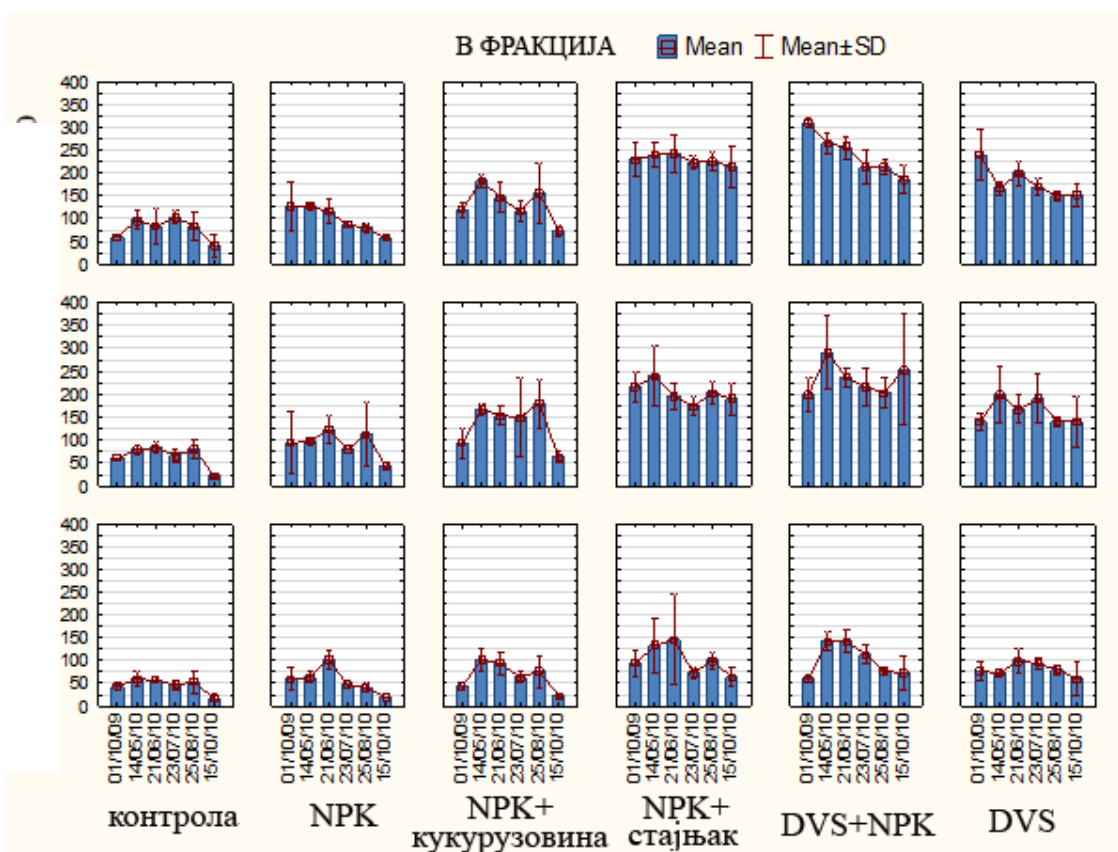


График 6. Динамика минералног фосфора (фракција Б) по третманима огледа mg kg^{-1}

Код варирања минералног фосфора (фракција Б) нема очигледних правилности током вегетационог периода. Код третмана без примене органских ђубрива постоји одређено повећање током вегетационих подпериода у односу на почетак и крај вегетације. Овакво понашање минералне фракције, на споменутом третманима, израженије је код дубина 20-40 и 40-60 cm. На варијантама са применом органских ђубрива раст вредности у току интензивног пораста (јун месец) карактеристичан је само за дубину 40-60 cm. На истим третманима код дубине земљишта 20-40 cm највеће повећање садржаја фракције Б минералног фосфора забележено је у мају месецу. Такође, код дубине земљишта 0-20 cm на варијантама са уношењем стајњака уочава се негативан тренд од почетка вегетације са мањим интензитетом одступања у зависности од третмана (график 6).

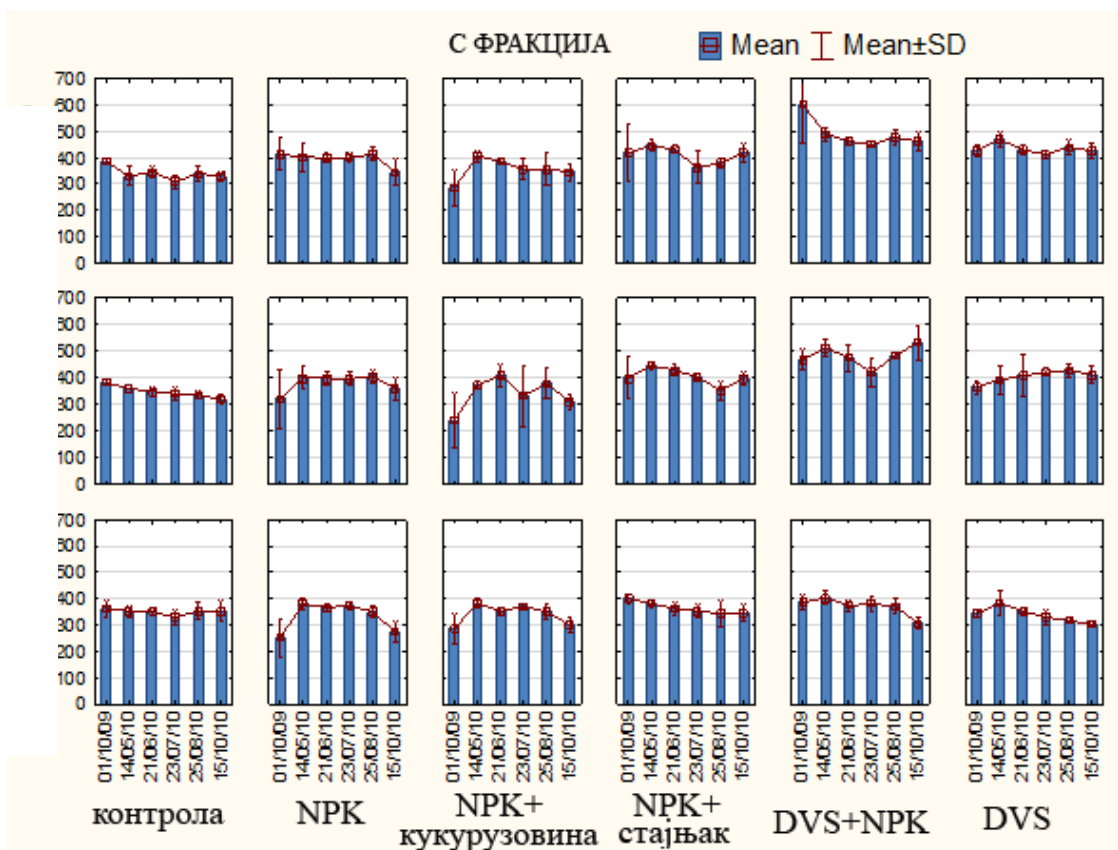


График 7. Динамика минералног фосфора (фракција Ц) по третманима огледа mgkg^{-1}

У случају дистрибуције минералног фосфора (фракција Ц) на већини третмана и дубинама уочава се уједначена обезбеђеност током вегетационог периода. Она је најизраженија код контролне и NPK варијанте. Нешто мање код третмана NPK + кукурузовина и NPK+стајњак. Највеће осцилације у току вегетационог периода карактеристичне су за третман DVS+стајњак, а затим DVS (график 7).

5.4.3. САДРЖАЈ ОРГАНСКИХ ФРАКЦИЈА ФОСФОРА У ЗЕМЉИШТУ ПОД КУКУРУЗОМ

Фракционисање органског фосфора може се приказати кроз три главне форме у односу на способност растворљивости (трансформација):

- лабилну - коју представља лабини органски фосфор адсорбован на површини честица земљишта, екстахован са 0,5 М NaHCO_3 и Р везан за микробиолошку биомасу
- умерено лабилну - коју представља умерено лабини органски фосфор екстахован са 1,0 М HCl односно Р везан за фулво/фулвинске киселине
- резистентну – коју представља јако резистентан, нелабилан фосфор везан за хуминске киселине и резидуални органски фосфор

Свака од ових фракција представља различити ниво приступачности појединих делова органског фосфора биљкама, односно јачину везивања за земљишни супстрат. Редослед приступачности у земљишту је следећи: лабилна фракција → Р везан за микробиолошку биомасу → умерено лабилна Р везан за фулво киселине → Р везан за хуминске киселине → резистентна фракција. Такође, у овом делу приказа резултата, додати су и резултати базне и киселе фосфатазе, као једаног од важних показатеља процеса синтезе органског фосфора. У статистичку обраду код ових параметара, због обимности хемијских анализа, уврштени су узорци само на крају вегетације (октобар) из 2009. и 2010. године.

Табела 26. Дистрибуција органских фракције фосфора ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), базе и киселе фосфоатазе ($\mu\text{g p-np} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) по третманима огледа

Третман	Дубина (cm)	Лабилна		Умерено лабилна		Резистентна		Ензими	
		Лабилна NaHCO_3	Р микроб. масе	Умерено лабилна HCl	Умерено лабилна Фулвинска кис.	Резистент Хуминска	Резидуални високо резистентна	База Фосфатаза	Кис. Фосфатаза
Контрола	0-20	9,89 fg	9,07 fg	128,32 cdef	160,19 defgh	117,73 def	62,50 hi	218,56 ef	110,58 cd
	20-40	9,48 fg	6,33 fg	128,17 def	155,76 efgh	116,33 ef	55,00 i	214,06 fg	105,33 d
	40-60	5,22 g	3,73 g	117,61 f	160,95 defgh	92,80 gh	50,00 i	177,22 hi	63,97 f
NPK	0-20	14,54 dfg	9,09 fg	170,14 cde	175,00 abcd	125,83 cde	98,33 defgh	240,56 d	81,19 e
	20-40	11,67 fg	6,04 fg	138,52 def	185,08 a	114,09 ef	88,33 efghi	239,50 de	78,92 e
	40-60	11,76 fg	2,66 g	108,59 f	144,55ghi	75,87 i	85,00 fghi	172,22 i	47,58 g
NPK + Кукуруз	0-20	10,93 fg	13,76 ef	181,40 c	162,92 defg	126,67 cde	65,00 ghi	253,33 d	124,33 b
	20-40	10,88 fg	8,66 fg	175,83 cd	165,27 bcdef	135,15 abc	65,00 ghi	242,83 d	113,97 bcd
	40-60	11,39 fg	3,09 g	141,65 def	135,95 i	90,72 hi	69,18 ghi	165,61 i	58,97 fg
NPK + Стајњак	0-20	32,78 ab	35,66 b	238,15 a	172,92 abcde	123,75 cde	129,17 cde	275,00 c	149,72 a
	20-40	26,20 bc	23,28 cd	236,54 a	185,42 abcde	107,08 fg	137,50 bcd	251,33 d	145,39 a
	40-60	11,67 fg	4,58 g	133,95 cde	164,17 cdef	83,75 hi	112,50 def	163,56 i	63,67 f
ДВС+NPK	0-20	31,67 abc	46,96 a	289,14 a	182,39 abc	149,28 a	170,83 abc	373,72 a	118,31 bc
	20-40	36,48 a	38,68 ab	305,43 a	184,20 ab	143,30 ab	163,33 bc	358,00 a	120,64 bc
	40-60	12,22 fg	5,11 fg	145,76 cdef	150,76fghi	97,30 gh	136,67 bcd	195,67 gh	62,31 f
ДВС	0-20	23,06 cde	30,01 bc	271,06 a	176,17 abcd	131,74 bcd	212,50 a	358,61 a	108,81 cd
	20-40	15,74 ef	20,99 de	212,48 b	170,72 abcde	118,03 def	211,67 a	331,89 b	116,92 bcd
	40-60	10,74 fg	7,66 fg	119,1 ef	142,31 hi	85,19 hi	174,17 ab	177,39 hi	57,67 fg

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0,05$

Највеће вредности су забележене на дубини од 0-20 cm код свих анализираних параметра и третмана (табела 26). Од овога одступају лабилна, умерено лабилна фракција и кисела фосфатаза код третмана ДВС+NPK, где су констатоване нешто веће вредност на дубини 20-40 cm. Код наведених фракција између прве две дубине нису забележене статистички значајне разлике. У случају фосфора везаног за хуминске киселине, може се уочити слична ситуација распореда по дубини испитиваних слојева као код предходних третмана.

Код лабилне фракције за већину вредности ни по третману, ни по дубинама нису утврђене статистички значајне разлике изузев код третмана NPK+стајњак и третмана ДВС+NPK са осталим третманима на дубини 0-20 cm и 20-40 cm и у поређењу вредности ове две дубине са дубином 40-60 cm. Између ова два третмана на дубинама 0-20 cm и 20-40 cm не постоје статистички значајне разлике.

Посматрајући фракцију фосфора везаног за микробиолошку биомасу на другом месту налазе се вредности пореклом са дубине земљишта 20-40 cm. Оне су за трећину вредности мање у односу на вредности пореклом са дубине испитивања 0-20 cm, а између ове две дубине постоје статистички значајне разлике код третмана NPK+стајњак и ДВС. Још мање вредности забележене су на дубини 40-60 cm, које су чак два до пет пута мање у односу на дубину 20-40 cm и три до осам пута мање у односу на дубину 0-20 cm. Статистички значајних разлика између све три дубине нема изузев код контроле и третмана NPK. Разлике између третмана по дубинама јасно издвајају варијанте са употребом стајњака у односу на све остале варијанте, изузев код дубине 40-60 cm. Третман NPK+кукурузовина се такође разликује од третмана контрола и NPK.

Код умерено лабилне фракције на дубини 0-20 cm статистички значајне разлике нису утврђене између контроле, NPK и NPK+кукурузовина са једне стране и NPK+стајњак, ДВС+NPK и ДВС са друге стране, док између ове две тзв. групе постоје статистички значајне разлике. Статистички значајних разлика нема између дубина 0-20 cm и 20-40 cm код свих третмана, изузев третмана ДВС. Вредности на дубини 40-60 cm се статистички значајно разликују од осталих дубина код свих третмана изузев контроле.

Анализа умерено лабилне фракције везана за фулво киселене не показује статистички значајне разлике између испитиваних варијанти. Једини изузетак представља третман контрола који показује значајно ниже вредности у односу на варијанте пореклом са двопоља. Такође, као и код предходне лабилне фракције дубина земљишта 40-60 cm разликује се од осталих дубина на свим третманима.

Посматрајући резистентну фракцију фосфора везаног за хуминске киселине уочава се слично кретање као код предходног третмана. На дубини 0-20 cm између третмана не постоје статистички значајне разлике изузев третмана ДВС+NPK са осталим анализираним третманима. Вредности на дубини 40-60 cm се статистички значајно разликују код свих анализираних третмана. Само код третмана NPK+стајњак уочава се статистичка значајност између дубине 0-20 cm и 20-40 cm. У просеку највећа вредност умерено резистентне фракције забележена је на третману ДВС+NPK, а најнижа на варијантама контрола и NPK. Ако упоредимо варирања вредности које су остварена по третманима и упоредимо га са другим резултатима органских фракција можемо уочити веома мала одступања између третмана, односно уједначеност резултата. Ово може потврдити и

одсуство статистичке значајности у већини посматраних случајева. Изузетак представља третман ДВС+НРК који се у прва два слоја земљишта статистички разликује у односу на све остале третмане.

Резистентна фракција показује слична кретања као и умерено лабилна. Одсуство статистичке значајности забележене су на свим третманима између дубина 0-20 и 20-40 cm. Највеће вредности карактеристичне су за третман ДВС по свим испитиваним дубинама. Најмање вредности везују се за третман контрола. У погледу резистентне фракције статистички јасно се уочавају два блока. Први у којем се налазе искључиво третмани са монокултуре (контрола, НРК, НРК+кукурузовина) и други третмани са употребом стајњака. Унутар ове групе, између варијанти НРК+стајњак и ДВС+НРК не постоји статистичка значајност. Третман ДВС разликује се по свим посматраним дубинама у односу на варијанту са монокултуре (НРК+стајњак) док се у односу на третман са двопоља статистички значајно разликује искључиво на дубини земљишта 20-40 cm.

Код базне фосфатазе између третмана на дубини 0-20 cm код већине третмана су констатоване статистички значајне разлике, изузев између ДВС+НРК и ДВС и између НРК и НРК+кукурузовина. Између дубина 0-20 cm и 20-40 cm статистички значајне разлике постоје једино код третмана НРК+стајњак и ДВС.

У односу на киселу фосфатазу код свих третмана нису констатоване статистички значајне разлике између прве две дубине посматрања. Код дубина 0-20 cm и 20-40 cm статистички значајне разлике утврђене су између следећих третмана: контроле са НРК и контроле и НРК+кукурузовина, између НРК и НРК+стајњак са осталим третманима на истој дубини, између НРК+кукурузовина и ДВС. Између осталих третмана и дубина нема статистички значајних разлика.

Најмање вредности које се статистички значајно не разликују између себе утврђене су на дубини 40-60 cm код свих анализираних параметара и третмана. Код фракције фосфора везаног за хуминске киселене и киселе фосфатазе статистички значајне разлике на дубини 40-60 cm утврђене су само између НРК са контролом и ДВС+НРК, а код киселе фосфатазе и између контроле и НРК+стајњак.

Посматрајући појединачно третмане највеће вредности код свих фракција, изузев киселе фосфатазе, констатоване су код третмана ДВС+НРК, а најмање на контролним узорцима. Код киселе фосфатазе највеће вредности забележене су код третмана НРК+стајњак, а најмање код третмана НРК.

5.5. ОДНОСИ ФОСФОРА И ЊЕГОВИХ ФРАКЦИЈА СА НЕКИМ ОД ВАЖНИЈИХ АГРОХЕМИЈСКИХ И ФИЗИЧКИХ ОСОБИНА ЗЕМЉИШТА

5.5.1. ДИФЕРЕНЦИЈАЦИЈА ИСПИТИВАНИХ ТРЕТМАНА У ОДНОСУ НА ФОСФОР И НЕКА АГРОХЕМИЈСКА СВОЈСТВА ЗЕМЉИШТА

У овом делу приказани су утицаји различитих облика фосфора и неких од најважнијих агрохемијских и физичких својстава земљишта на раздвајање између посматраних третмана у зависности од система ратарења и ђубрења. Анализирани подаци подразумевају податке прикупљене из свих периода посматрања. Статистичка анализа обухватила је укупно 324 узорка. Представљање података извршено је по дубини земљишног профила, обзиром да су разлике између дубина очигледне како су представљене у предходним поглављима.

Дубина земљишта 0-20 см. Анализа основних компоненти (РСА) анализираних особина земљишта на дубини 0-20 см показује да се испитивани карактери читавају на четири осе које обухватају 82,96% укупне варијабилности. Највећи допринос од 53,21% у формирању варијабилности имају карактери који се читавају на првој оси: укупни и органски фосфор, P_2O_5 , базна фосфатаза, Б и Ц фракција, укупни и органски угљеник, укупни азот и K_2O (табела 27).

Табела 27. РСА анализа за појединачне особине земљишта на дубини 0-20 см

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Укупни Р	-0,911436*	0,074769	0,339497	0,127742
Органски Р	-0,798046*	-0,010222	0,554128	0,267319
P_2O_5	-0,935201*	0,108468	0,002285	-0,133362
Базна фосфатаза	-0,772147*	-0,264038	-0,308782	0,044057
Кисела фосфатаза	-0,236067	0,666410	-0,364481	-0,360936
А Фракција	-0,635785	0,563467	0,287236	-0,076079
В Фракција	-0,863936*	0,255948	0,165089	-0,107356
С Фракција	-0,792925*	-0,199010	0,106331	0,005789
Органски С	-0,863973*	0,070552	-0,166150	0,090739
укупни С	-0,856231*	-0,369350	-0,157085	-0,100777
укупни N	-0,780945*	0,177924	-0,337428	0,441813
однос С/N	-0,223652	-0,604326	0,252116	-0,691010
pH у KCl	-0,363099	-0,747419*	0,013548	0,193079
$CaCO_3$	-0,301374	-0,780928*	-0,207030	0,053039
Хумус	-0,662386	-0,054676	-0,194879	-0,232407
K_2O	-0,873304*	0,294285	-0,127939	-0,120618
Укупна варијабилност (%)	53,21	16,29	6,87	6,59

* присуство статистичке значајности

РСА анализом посматрани третмани се јасно раздвајају две различите групе, (график 8). Првој групи припадају третмани: контрола, третмани NPK и NPK+кукурузовина, а у другој се издвајају: NPK+стајњак, ДВС+NPK и ДВС. Виши ниво хетерогености се запажа код друге групе.

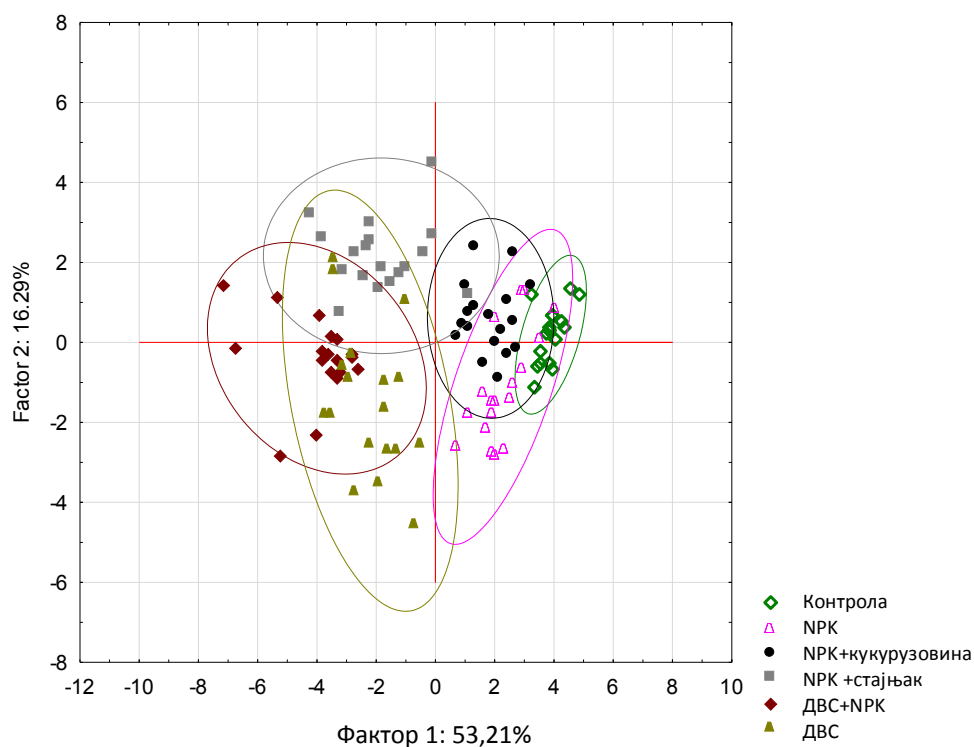


График 8. Анализа основних компоненти (РСА) анализираних третмана на дубини 0-20 cm

Као и код РСА анализе и на основу укупних еуклидијевих дистанци долази до раздвајања анализираних третмана (график 9). Запажа се раздвајање у две јасно дефинисане групе. Прву групу чине контрола, третмани NPK и NPK+кукурузовина, а другу NPK+стајњак, ДВС+NPK и ДВС.

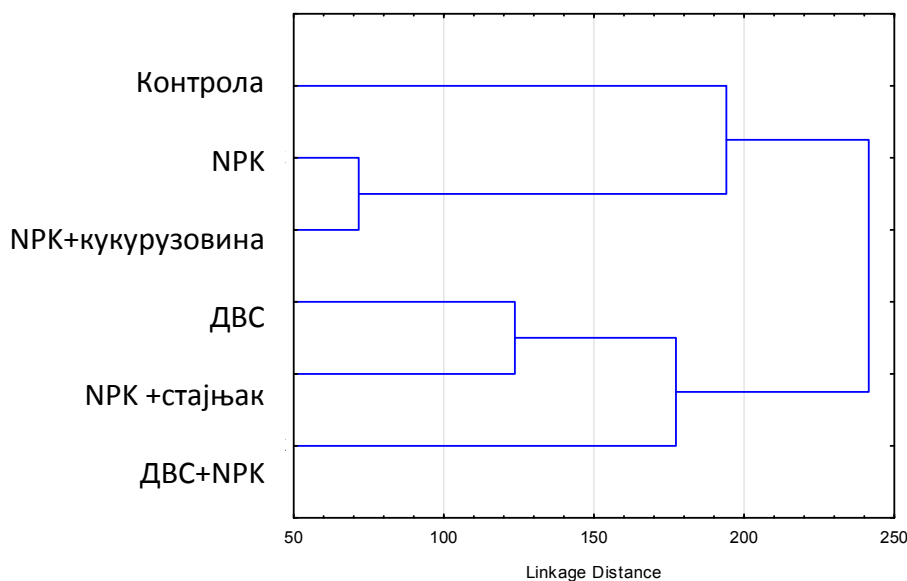


График 9. Еуклидијеве дистанце између анализираних третмана на дубини 0-20 cm

Дубина земљишта 20-40 cm. Резултати анализе основних компоненти код анализираних особина земљишта на дубини 20-40 cm показују да прве четири осе обухватају 79,18% укупне варијабилности (табела 28).

Табела 28. РСА анализа за појединачне особине земљишта на дубини 20-40 cm

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Укупни Р	-0,900256*	-0,050679	-0,373824	-0,046540
Органски Р	-0,694168*	-0,120037	-0,589665	-0,136104
P ₂ O ₅	-0,926863*	0,037888	0,018707	0,164887
Базна фосфатаза	-0,708670*	-0,337527	0,340964	-0,035946
Кисела фосфатаза	-0,373998	0,466464	0,554368	0,038853
А Фракција	-0,670838	0,429591	-0,327677	-0,021948
В Фракција	-0,857692*	0,144049	-0,138891	0,123235
С Фракција	-0,729428*	-0,147410	-0,171920	0,112829
Органски С	-0,814452*	0,129800	0,198600	0,123904
укупни С	-0,546350	-0,591472	0,187196	-0,242732
укупни N	-0,470523	0,172399	0,208863	-0,802417*
однос C/N	0,163168	-0,867289*	0,005028	0,343221
pH у KCl	-0,316696	-0,739515*	0,036260	-0,154918
CaCO ₃	-0,087718	-0,915986*	0,047446	-0,096527
Хумус	-0,726081*	-0,007745	0,326936	0,288299
K ₂ O	-0,891173*	0,190016	0,145204	0,151126
Укупна Варијабилност (%)	44,69	19,67	8,23	6,59

* присуство статистичке значајности

Најзначајнији допринос од 44,69% у формирању варијабилности имају карактери који се читавају на првој оси: укупни и органски фосфор, P₂O₅, базна

фосфатаза, Б и Ц фракција, органски угљеник, процентуални удео хумуса и K_2O . Након њих, по значају у дефинисању структурне варијабилности јављају се карактери који се читава на другој оси (однос C/N, pH (KCl) и $CaCO_3$), а њихов допринос укупној варијабилности износи 19,67%. На трећој оси се не читава ни један значајан карактер, а на четвртој оси се читава само један значајан карактер – укупни азот који доприноси укупној варијабилности са 6,59%. Параметри који не доприносе статистички значајној варијабилности су: кисела фосфатаза, фракција А и укупни угљеник.

Као и код PCA анализе карактера земљишта на дубини 0-20 cm и на дубини 20-40 cm су анализирани третмани јасно одвојени у исте две различите групе (график 10). У једној групи су: контрола, третмани NPK и NPK+кукурузовина, а у другој NPK+стајњак, ДВС+NPK и ДВС.

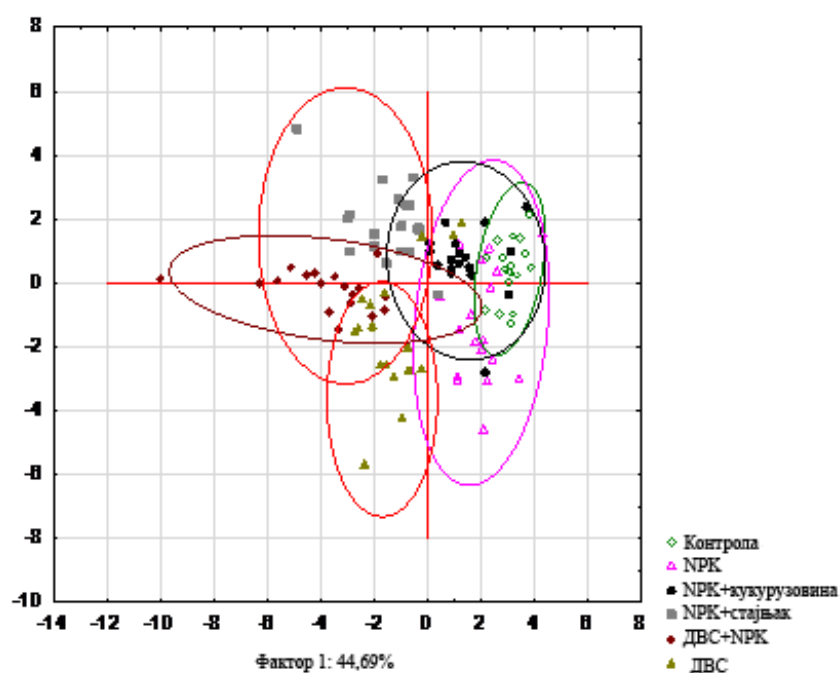


График 10. Анализа основних компоненти (PCA) анализираних третмана на дубини 20-40 cm

Раздвајање третмана јасно се уочава и на основу укупних еуклидијевих дистанци (график 11). По овој анализи, на основу анализираних карактера третмани NPK и NPK+кукурузовина формирају кластер, за кога се са одређеном дистанцом везује контрола. За ову групу се на одређеној дистанци везују

третмани NPK+стајњак и ДВС, а са знатно већом дистанцом се ови третмани везују за третман ДВС+NPK.

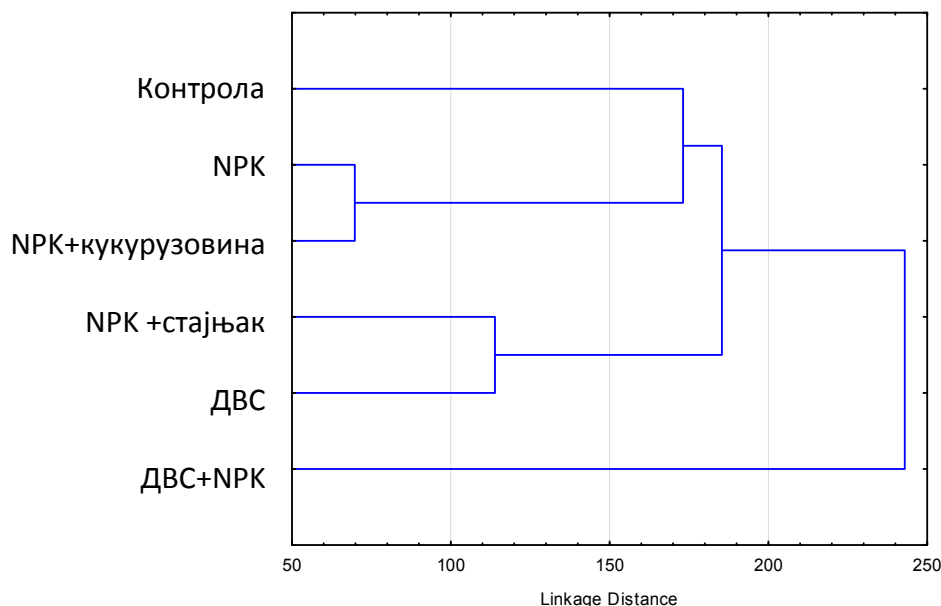


График 11 . Еуклидијеве дистанце између анализираних третмана на дубини 20-40 cm

Дубина земљишта 40-60 cm. PCA анализа показује да се испитивани карактери читавају на три осе које обухватају 66,95% укупне варијабилности (табела 29). Највећи допринос од 41,24% у формирању варијабилности имају карактери који се читавају на првој оси: укупни и органски фосфор, однос C/N и процентуални удео хумуса. Након ових карактера, по значају у дефинисању структурне варијабилности јавља се један карактер који се читава на другој оси: укупни угљеник, а његов допринос укупној варијабилности износи 15,76%. На трећој оси се не читава ни један статистички значајан карактер. Параметри који не доприносе статистички значајној варијабилности су: P_2O_5 , базна и кисела фосфатаза, А, Б и Ц фракција, органски угљеник, укупни азот, pH (KCl), $CaCO_3$ и K_2O . На основу типа варијабилности не постоји јасна диференцијација између анализираних третмана (график 12), односно анализирани третмани представљају компактну целину у којој је тешко уочити трендове у диференцијацији.

Табела 29. РСА анализа за појединачне особине земљишта на дубини 40-60 cm

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Укупни Р	-0,770745*	-0,402011	-0,399203
Органски Р	-0,749835*	-0,348466	-0,529216
P ₂ O ₅	-0,626486	-0,546697	0,129271
Базна фосфатаза	-0,548476	-0,362073	0,604329
Кисела фосфатаза	-0,666637	-0,028262	0,528705
А Фракција	-0,585862	-0,217832	-0,476807
В Фракција	-0,656629	-0,372665	-0,185900
С Фракција	-0,593685	-0,140220	-0,129330
Органски С	-0,640653	0,040814	-0,096498
укупни С	0,620306	-0,728726*	0,009299
укупни N	-0,588291	-0,223272	0,206254
однос C/N	0,805845*	-0,497089	-0,074385
pH у KCl	0,518220	-0,435258	0,242702
CaCO ₃	0,485147	-0,610134	0,048719
Хумус	0,777251*	-0,576404	-0,001742
K ₂ O	-0,543754	-0,150771	0,235243
Укупна Варијабилност (%)	41,24	15,76	9,95

* присуство статистичке значајности

Анализа укупних еуклидијевих дистанци показује да се сви анализирани третмани међусобно везују на краткој дистанци формирајући кластер (график 13). Највеће сличности имају третмани NPK и NPK+кукурузовина за које се везује третман ДВС, ДВС+NPK и NPK+стајњак. На много већој дистанци се везује контрола за све анализирани третмане.

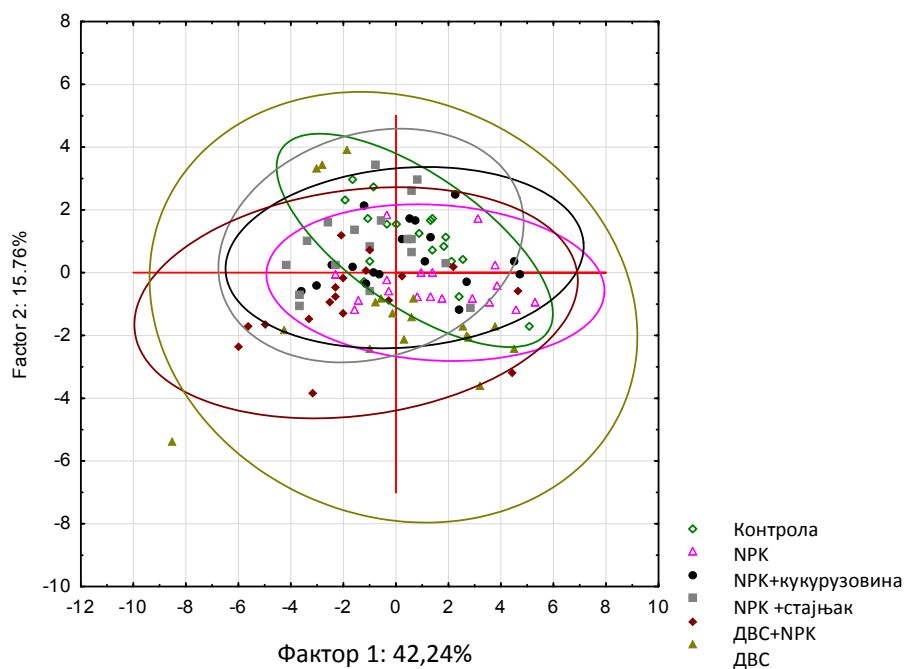


График 12. Анализа основних компоненти (РСА) анализираних третмана на дубини 40-60 cm

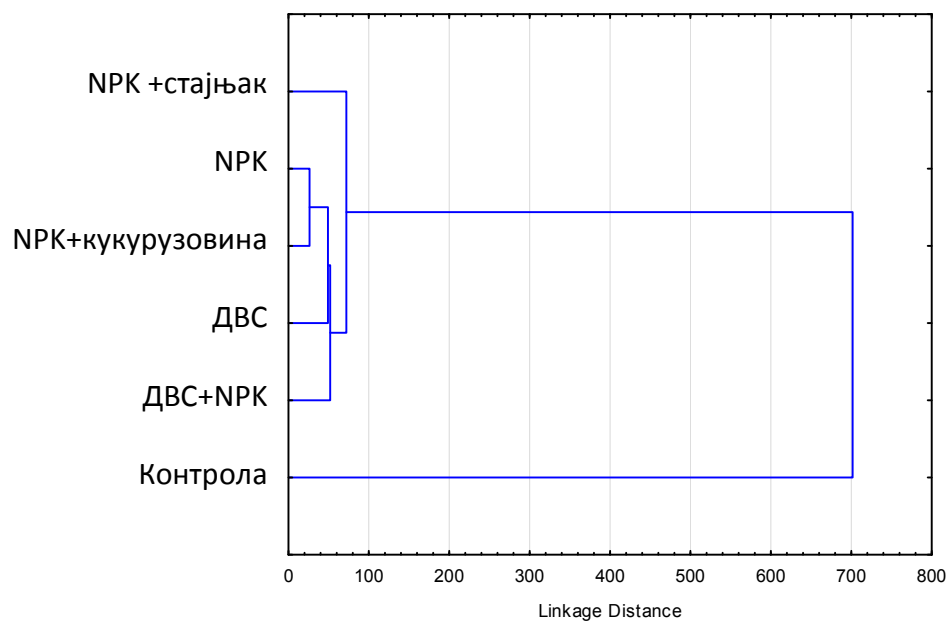


График 13. Еуклидијеве дистанце између анализираних третмана на дубини 40-60 см

5.5.2. КОРЕЛАЦИОНИ ОДНОСИ РАЗЛИЧИТИХ ОБЛИКА ФОСФОРА СА ФИЗИЧКИМ И ХЕМИЈСКИМ ОСОБИНАМА ЗЕМЉИШТА

Корелациона анализа обухватила је укупно 324 узорка прикупљених током шест периода посматрања (октобар 2009., мај, јун, јул, август и октобар 2010.). У анализи су обухваћене и све испитиване дубине.

Посматрајући корелације између испитиваних особина земљишта уочавају се сличности у оквиру група (табела 30). Наиме, укупни и органски фосфор показују скоро индентичне корелације са осталим испитиваним особинама земљишта. Они су међусобно у веома високој позитивној статистички значајној корелацији ($r=0,93^*$). Такође, и органски и укупни фосфор показују статистички значајну и позитивну корелацију са: агрегатима $<53 \mu\text{m}$, са свим испитиваним величинама честица код органског фосфора и органског угљеника ($0,55^*-0,80^*$) од механичког састава су у корелацији са крупним песком ($r=0,47^*$), са базном и киселом фосфатазом ($r=0,26^*-0,67^*$), са свим фракцијама неорганског фосфора (А, Б, Ц; висока корелација од 0,56 до 0,90*), са органским угљеником (висока корелација 0,78* и 0,79*). У односу са основним хемијским особинама земљишта, корелације се могу успоставити са садржајем хумуса ($r=0,52^*-0,62^*$), лакоприступачним P_2O_5 ($r=0,70^*-0,80^*$) и лакоприступачним K_2O ($r=0,73^*-0,86^*$). Статистички значајна али негативна корелација постоји са: агрегатима величине $>2000 \mu\text{m}$ и $250-2000 \mu\text{m}$ ($r=0,27^*-0,58^*$), од механичког састава земљишта са глином ($r=0,38^*-0,43^*$), а од хемијског састава земљишта са CaCO_3 ($r=0,31^*-0,41^*$).

Посматрајући садржај органског фосфора у фракционисаним честицама констатоване су статистички значајне корелације и то углавном позитивне са већином анализираних особина земљишта. Одсуство статистички значајних разлика садржаја фосфора код свих анализираних фракционисаних честица утврђено је са: агрегатима величине $>2000 \mu\text{m}$ и $53-250 \mu\text{m}$ и са прахом и ситним песком. Код садржаја фосфора у честицама величине $>2000 \mu\text{m}$ и $250-2000 \mu\text{m}$ утврђено је одсуство статистички значајних корелација и са рН у KCl , а код садржаја фосфора у честицама величине $53-250 \mu\text{m}$ и $<53 \mu\text{m}$ са глином. Скоро идентична статистички значајна корелација постоји и између садржаја органског

угљеника у фракционисаним честицама и осталих анализираних особина земљишта (статистички значајна са већином особина). Разлике у односу на садржај фосфора фракционисаних честица постоје код садржаја органског угљеника у честицама величине 53-250 μm са глином и садржаја органског угљеника у честицама величине $>2000 \mu\text{m}$ и 250-2000 μm са рН (KCl), док је код честица величине $>2000 \mu\text{m}$ разлика утврђена са оствареним вредностима приступачног гвожђа естрахованог у EDTA.

Посебну групу чине базна и кисела фосфатаза као и све фракције неорганског фосфора (А, Б, Ц) у оквиру које су констатоване веома сличне статистички значајне корелације уједначене у односу на већину земљишних својстава. Одсуство статистички значајних корелација код ових особина земљишта утврђене су са: агрегатима величине 53-250 μm , са прахом и ситним песком и са агрегатима величине $>2000 \mu\text{m}$ (изузев киселе фосфатазе која се са овом особином налази у статистички значајној позитивној корелацији). Фракција А није у статистички значајној корелацији још и са глином, кисела фосфатаза са агрегатима величине $<53 \mu\text{m}$ и са крупним песком, а базна фосфатаза, Б и Ц фракције са рН (KCl).

Органски угљеник је са већином анализираних особина земљишта у статистички значајно високој корелацији. Позитивна и статистички значајна корелација констатована је са укупним и органским фосфором ($r=0,68^*-0,78^*$), са агрегатима величине $<53 \mu\text{m}$, свим фракционисаним честицама фосора и органског угљеника ($r=0,38^*-0,83^*$), са крупним песком, базном и киселом фосфатазом и са фракцијама неорганског фосфора (А, Б и Ц) ($r=0,35^*-0,75^*$), а од хемијских особина земљишта са хумусом, P_2O_5 и K_2O ($r=0,76^*-0,82^*$) и са EDTA Fe mg/kg ($r=0,47^*$). Негативна статистички значајна корелација забележена је са: агрегатима величине 250-2000 μm ($r=0,43^*$) и са рН (KCl) и са CaCO_3 ($r=0,34^*-0,68^*$).

Код хемијског састава земљишта најмањи број статистички значајних корелација утврђен је код рН (KCl) у односу на CaCO_3 , хумус, P_2O_5 и K_2O . Реакција земљишта, рН у KCl, показује статистички значајну углавном негативну корелацију са: агрегатима величине $>2000 \mu\text{m}$, садржајем органског фосфора и угљеника код честица величине 53-250 μm и $<53 \mu\text{m}$, глином, базном и киселом фосфатазом, органским угљеником, хумусом, K_2O и са приступачним гвожђем естрахованим у EDTA. Остале хемијске особине земљишта, међусобно, показују

углавном статистички значајну корелацију. Одсуство статистички значајних разлика између основних хемијских особина земљишта (CaCO_3 , хумуса, P_2O_5 и K_2O) постоји са: агрегатима величине 53-250 μm , агрегатима величине $>2000 \mu\text{m}$ (изузев CaCO_3 који је у статистички значајној негативној корелацији) и прахом (изузев хумуса који је у статистички значајној негативној корелацији). Такође, статистички значајне корелације нису констатоване и између: CaCO_3 и агрегата величине $<53 \mu\text{m}$; хумуса и глине; CaCO_3 и K_2O са ситним песком; рН (KCl) и P_2O_5 као и P_2O_5 са приступачним гвожђем естрахованим у EDTA.

Приступачно гвожђе естраховано у EDTA је са већим бројем анализираних особина земљишта у статистички значајној корелацији. Позитивна корелације Fe констатована су са: укупним и органским фосфором, агрегатима величине $>2000 \mu\text{m}$, са свим величинама честица код садржаја органског фосфора, са свим величинама честица код садржаја органског угљеника (изузев са величином честица $>2000 \mu\text{m}$), базном и киселом фосфатазом, А и Б фракцијом, органским угљеником, хумусом и са K_2O . Негативна статистички значајна корелација утврђена је са: ситним и крупним песком, рН (KCl) и CaCO_3 .

Код механичког састава земљишта највећи број статистички значајних корелација, већином позитивних, утврђен је код крупног песка. Код глине констатоване су углавном статистички значајне негативне корелације са: укупним и органским фосфором, агрегатима величине $<53 \mu\text{m}$, садржајем органског фосфора и угљеника честица величине $>2000 \mu\text{m}$ и 250-2000 μm , са прахом, ситним и крупним песком, базном фосфатазом, фракцијама Б и Ц и са скоро свим хемијским особинама земљишта, изузев хумуса (висока корелација од 0,71* са рН (KCl)). Позитивна и статистички значајна корелација констатована је са агрегатима величине $>2000 \mu\text{m}$ и 250-2000 μm , киселом фосфатазом и са приступачним гвожђем естрахованим у EDTA. На садржај фракције праха и ситног песка утврђено је мало статистички значајних корелација. Са прахом статистички значајна позитивна корелација постоји у односу на агрегате величине 250-2000 μm и са рН (KCl), а негативна са агрегатима величине $<53 \mu\text{m}$, глином, ситним песком и са хумусом. Код ситног песка поред ових статистички значајних корелација постоје још и корелације са: агрегатима величине $>2000 \mu\text{m}$ (негативна корелација), крупан песак (позитивна корелација) и са P_2O_5 (такође позитивна корелација). Разлике у односу на прах је да ли су корелације позитивне или негативне. Код праха тамо где је корелација са агрегатима позитивна, код

ситног песка је негативна и обрнуто. Исто је и са хумусом. Као што је већ напоменуто, крупан песак је са већином анализираних особина земљишта у статистички значајним корелацијама. Одсуство статистичких значајности је констатовано са: агрегатима величине 53-250 μm , прахом и киселом фосфатазом.

Између агрегата различитих величина, статистички значајне корелације констатоване су код агрегата величине 250-2000 μm и <53 μm у односу на остале. Агрегати величине >2000 μm су у статистички значајно позитивној корелацији са: агрегатима величине 250-2000 μm , са киселом фосфатазом и од механичког састава са глином.

Статистички значајна негативна корелација констатована између агрегата величине 53-250 μm и <53 μm са механичким саставом земљишта (ситним и крупним песком), а од хемијских својстава земљишта са рН (KCl) и CaCO₃. Агрегати величине 250-2000 μm и <53 μm , се са скоро свим анализираним особинама земљишта налазе у статистички значајној корелацији. Одсуства статистички значајних разлика су утврђене са: рН (KCl) и CaCO₃ и приступачним гвожђем естрахованим у EDTA, а код агрегата величине <53 μm и са киселом фосфатазом и са агрегатима величине 53-250 μm . Агрегати величине 53-250 μm се налази у статистички значајној корелацији само са: агрегатима величине >2000 μm и 250-2000 μm (негативна корелација) и са рН (KCl) (позитивна корелација).

Табела 30. Вредности корелационих коефицијената између различитих облика фосфора и неких важнијих физичких и хемијских особина земљишта

	Укупни Р	Органски Р	Агрегати >2000 μm	Агрегати 250-2000	Агрегати 53-250	Агрегати <53	Р орг. % >2000 μm	Р орг. % 250-2000	Р орг. % 53-250	Р орг. % <53	С орг. % >2000 μm	С орг. % 250-2000	С орг. % 53-250	С орг. % <53	Глина	Праш	Ситан лесак	Крупан лесак	База фосфатага	Кисела фосфатага	А Фракција	В Фракција	С Фракција	С% Органски	pH у KCL	СаСО ₃	Хумус %	Р ₂ О ₅	К ₂ О	EDTA Fe mg/kg
Укупни Р	1,00	0,93*	-0,27*	-0,58*	0,17	0,50*	0,65*	0,77*	0,78*		0,69*	0,80*	0,79*	0,55*	-0,38*	0,03	0,13	0,47*	0,67*	0,42*	0,81*	0,90*	0,68*	0,78*	-0,03	-0,41*	0,62*	0,81*	0,85*	0,29*
Органски Р	0,93*	1,0	-0,35	-0,47*	0,14	0,47*	0,56*	0,64*	0,62*	0,62*	0,65*	0,71*	0,67*	0,46*	-0,43*	0,09	0,11	0,46*	0,56*	0,26*	0,66*	0,77*	0,56*	0,68*	0,08	-0,31*	0,52*	0,71*	0,73*	0,20*
Агрегати >2000 μm	-0,27*	-0,35	1,00	0,36*	-0,31*	-0,45*	-0,14	-0,12	0,01	0,02	-0,13	-0,09	0,03	0,14	0,48*	0,008	-0,27*	-0,26*	0,04	0,39*	-0,002	-0,12	-0,001	0,06	-0,48*	-0,26*	0,08	-0,12	-0,02	0,36*
Агрегати 250-2000	-0,58*	-0,47*	0,36*	1,00	-0,34*	-0,87*	-0,31*	-0,43*	-0,40*	-0,33*	-0,42*	-0,52*	-0,48*	-0,38*	0,31*	0,30*	-0,43*	-0,39*	-0,49*	-0,24*	-0,42*	-0,54*	-0,43*	-0,43*	0,005	-0,26*	0,08	-0,12	-0,04	0,36*
Агрегати 53-250	0,17	0,14	-0,32*	-0,34*	1,00	1,00	0,17	0,14	0,06	0,05	-0,01	0,09	-0,002	0,04	-0,15	0,18	-0,09	0,04	0,10	0,03	0,12	0,18	-0,06	0,01	0,22*	0,03	-0,1	0,05	0,08	-0,04
Агрегати <53	0,50*	0,47*	-0,45*	-0,87*	-0,10	1,00	0,24*	0,37*	0,34*	0,28*	0,44*	0,48*	0,45*	0,30*	-0,35*	-0,38*	0,53*	0,42*	0,40*	0,10	0,34*	0,46*	0,43*	0,38*	0,01	-0,09	0,48*	0,51*	0,44*	-0,04
Р орг. % >2000 μm	0,65*	0,56*	-0,14	-0,31*	0,17	0,24*	1,00	0,87	0,65*	0,63*	0,56*	0,67*	0,62*	0,46*	-0,24*	-0,0008	0,09	0,40*	0,46*	0,29*	0,53*	0,68*	0,51*	0,57*	-0,06	-0,24*	0,26*	0,60*	0,56*	0,28*
Р орг. % 250-2000	0,77*	0,65*	-0,13	-0,43*	0,14	0,37*	0,87*	1,000	0,76*	0,73*	0,57*	0,71*	0,73*	0,48*	-0,25*	-0,04	0,13	0,41*	0,53*	0,38*	0,68*	0,79*	0,65*	0,66*	-0,12	-0,32*	0,45*	0,71*	0,71*	0,33*
Р орг. % 53-250	0,78*	0,62*	0,01	-0,40*	0,063	0,34*	0,65*	0,76*	1,00	0,97*	0,49*	0,66*	0,78*	0,54*	-0,02	0,06	0,25*	0,53*	0,62*	0,79*	0,82*	0,61*	0,68*	-0,36*	-0,54*	0,48*	0,67*	0,80*	0,53*	0,53*

0,67*	0,47*	0,13	0,03	-0,38*	Глина	С орг. % <53	С орг. % 53-250	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	Р орг. % <53	Укупни Р
0,56*	0,46*	0,11	0,09	-0,43*	Прах	С орг. % <53	С орг. % 53-250	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,75*	Органски Р
0,04	-0,26*	-0,27*	0,008	0,48*	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,02	Агрегати >2000 µm
-0,49*	-0,39*	-0,43*	0,30*	0,31*	Крупан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	-0,33*	Агрегати 250-2000
0,10	0,043	-0,09	0,18	-0,15	Базна фосфатаза	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,05	Агрегати 53-250
0,40*	0,42*	0,53*	-0,38*	-0,35*	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,28*	Агрегати <53
0,46*	0,40*	0,09	-0,008	-0,24*	Крупан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,63*	Р орг. % >2000 µm
0,53*	0,41*	0,13	-0,04	-0,25*	Базна фосфатаза	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,73*	Р орг. % 250-2000
0,53*	0,25*	0,06	-0,08	-0,02	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,97*	Р орг. % 53-250
0,53*	0,19*	0,05	-0,06	-0,03	Крупан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	1,00	Р орг. % <53
0,58*	0,67*	0,19	-0,05	-0,38*	Базна фосфатаза	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,46*	С орг. % >2000 µm
0,66*	0,60*	0,18	-0,11	-0,26*	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,62*	С орг. % 250-2000
0,72	0,3183 52	0,08	-0,10	-0,04	Крупан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,73*	С орг. % 53-250
0,642	0,19*	0,06	-0,13	0,07	Базна фосфатаза	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,53*	С орг. % <53
-0,352	-0,63*	-0,33*	-0,19*	1,00	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	-0,03	Глина
0,02	-0,13	-0,85*	1,00	-0,19*	Прах	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	-0,06	Прах
0,14	0,37*	1,00	-0,85*	-0,33*	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,05	Ситан песак
0,37	1,00	0,37*	-0,13	-0,63*	Крупан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,19*	Крупан песак
1,00	0,37*	0,14	0,026	-0,35*	Базна фосфатаза	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,53*	Базна фосфатаза
0,58*	-0,008	-0,01	-0,15	0,26*	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,61*	Кисела фосфатаза
0,48	0,24*	-0,07	0,06	-0,04	Крупан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,74*	А Фракција
0,66*	0,50*	0,11	0,02	-0,33*	Базна фосфатаза	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,79*	В Фракција
0,53*	0,39*	0,18	-0,04	-0,32*	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,60*	С Фракција
0,71*	0,35*	0,08	-0,09	-0,06	Крупан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,65*	С% Органски
-0,07	0,31*	0,05	0,34*	-0,71*	Базна фосфатаза	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	-0,33*	рН у KCL
-0,45*	0,19*	0,15	0,12	-0,47*	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	-0,55*	СаСО ₃
0,61*	0,42*	0,25*	-0,26	-0,08	Крупан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,44*	Хумус %
0,60*	0,70*	0,27*	-0,14	-0,37*	Базна фосфатаза	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,61*	Р ₂ O ₅
0,67*	0,53*	0,16	-0,10	-0,23*	Ситан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,77*	К ₂ O
0,21*	-0,26*	-0,23*	-0,06	0,53*	Крупан песак	Глина	С орг. % <53	С орг. % 250-2000	С орг. % >2000 µm	0,52*	EDTA Fe mg/kg

	Укупни Р	Органск и Р	Агрегати >2000 µm	Агрегати 250-2000	Агрегати 53-250	Агрегати <53	Р орг % >2000 µm	Р орг % 250-2000	Р орг % 53-250	Р орг % <53	С орг % >2000 µm	С орг % 250-2000	С орг % 53-250	С орг % <53	Глина	Праш	Ситан песак	Кручан песак	фосфатаз	Кисела фосфатаз	Фракциј А	Фракциј Б	Фракциј В	Органск	рН у KCL	СаСО ₃	Хумус %	Р ₂ О ₅	К ₂ О	EDTA Fe mg/kg
Кисела фосфатаза	0,42*	0,26*	0,39*	-0,24*	0,03	0,10	0,29*	0,38*	0,62*	0,61*	0,31*	0,45*	0,62*	0,67*	0,26*	-0,15	-0,01	-0,008	0,58*	1,00	0,59*	0,50*	0,33*	0,57*	-0,62*	-0,61*	0,47*	0,36*	0,58*	0,69*
А Фракција Минерални Р	0,81*	0,66*	-0,002	-0,42*	0,12	0,34*	0,53*	0,68*	0,79*	0,74*	0,51*	0,70*	0,75*	0,51*	-0,04	0,06	-0,07	0,24*	0,48*	0,59*	1,00	0,82*	0,51*	0,70*	-0,32*	-0,47*	0,53*	0,66*	0,79*	0,58*
В Фракција Минерални Р	0,90*	0,77	-0,12	-0,54*	0,18	0,46*	0,68*	0,79*	0,82*	0,79*	0,71*	0,83*	0,80*	0,54*	-0,33*	0,02	0,11	0,50*	0,66*	0,50*	0,82*	1,00	0,66*	0,75*	-0,13	-0,40*	0,63*	0,85*	0,90*	0,37*
С Фракција Минерални Р	0,68*	0,56*	-0,001	-0,43*	-0,06	0,43*	0,51*	0,65*	0,61*	0,60*	0,61*	0,61*	0,56*	0,40*	-0,32*	-0,04	0,18	0,39*	0,53*	0,33*	0,51*	0,66*	1,00	0,59*	0,007	-0,34*	0,50*	0,70*	0,09	
Органски С%	0,78*	0,68*	0,06	-0,43*	0,01	0,38*	0,57*	0,66*	0,68*	0,65*	0,69*	0,83*	0,86*	0,71*	-0,06	-0,09	0,08	0,35*	0,71*	0,57*	0,70*	0,75*	0,59*	1,00	-0,34*	0,78*	0,76*	0,82*	0,47*	
рН у KCL	-0,03	0,08	-0,48*	0,005	0,22*	0,01	-0,06	-0,11	-0,36*	-0,33*	0,003	-0,15	-0,40*	-0,40*	-0,71*	0,34*	0,05	0,31*	-0,07	-0,62*	-0,32*	-0,13	0,007	-0,34*	1,00	0,60*	-0,32*	-0,08	-0,23*	-0,82*
СаСО ₃	-0,41*	-0,31*	-0,26*	0,15	0,03	-0,09	-0,24*	-0,32*	-0,54*	-0,55*	-0,30*	-0,45*	-0,63*	-0,63*	-0,47*	0,12	0,15	0,19*	-0,45*	-0,61*	-0,47*	-0,40*	-0,34*	-0,68*	1,00	-0,54*	-0,30*	-0,48*	-0,61*	
Хумус %	0,62*	0,52*	0,08	-0,47*	-0,11	0,48*	0,26*	0,45*	0,48*	0,44	0,70*	0,70*	0,53*	-0,08	-0,26	0,25	0,42*	0,61*	0,47*	0,53*	0,63*	0,50*	0,78*	-0,32*	1,00	0,78*	1,00	0,78*	0,29*	
Р ₂ О ₅	0,81*	0,71*	-0,12	-0,53*	0,05	0,51*	0,60*	0,71*	0,67*	0,61*	0,88*	0,92*	0,70*	0,47*	-0,37*	-0,14	0,27*	0,70*	0,60*	0,36*	0,66*	0,85*	0,70*	0,76*	-0,08	-0,30*	0,78*	1,00	0,92*	0,17
К ₂ О	0,86*	0,73*	-0,02	-0,50*	0,08	0,43*	0,58*	0,71*	0,80*	0,77*	0,79*	0,88*	0,78*	0,56*	-0,23*	-0,10	0,16	0,53*	0,67*	0,58*	0,79*	0,90*	0,72*	0,82*	-0,23*	-0,48*	0,75*	0,92*	1,00	0,37*
EDTA Fe mg/kg	0,29*	0,20*	0,36*	-0,04	-0,04	-0,04	0,29*	0,33*	0,53*	0,52*	0,10	0,28*	0,54*	0,51*	-0,06	0,23*	0,23*	0,26*	0,21*	0,69*	0,58*	0,37*	0,09	0,47*	0,82*	0,61*	0,29*	0,17	1,00	

*-постоје статистички значајне разлике

5.6. ПРИНОС, КОМПОНЕНТЕ ПРИНОСА И АНАЛИЗА БИЉНОГ МАТЕРИЈАЛА У ЗАВИСНОСТИ ОД СИСТЕМА ЋУБРЕЊА

Принос зрна и садржај хранива у биљци одређује велики број фактора почев од климатских услова током читавог периода вегетације, својстава земљишта, као и карактеристика генотипа. У поглављу су приказане следеће компоненте приноса: принос зрна кукуруза, маса 1000 зрна, пречник клипа, дужина клипа, број редова и број зрна у реду. Аналитика биљног материјала (листа кукуруза) обухватила је утврђивање садржаја следећих хранива: азота, фосфора, калијума, калцијума, магнезијума, натријума, мангана, гвожђа и цинка.

5.6.1. ПРИНОС, КОМПОНЕНТЕ ПРИНОСА И МОРФОЛОШКЕ ОСОБИНЕ

Један од основних агрономских показатеља на основу којег се стичу сазнања о примењеној агротехници и агроколошким условима који дефинишу ниво производње, представља принос. Због тога анализа приноса у дужем временском периоду може бити показатељ одрживости производње.

Највећи принос је забележен код хибрида НС 6010, а најмањи код НС 3014. Статистички значајне разлике су утврђене између хибрида НС 6010 са хибридима НС 6030, НС 4015 и НС 3014 и хибрида НС 6030 са хибридима НС 4015 и НС 3014 (табела 31).

Табела 31. Принос различитих генотипова кукуруза у 2010. години ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Третман (А)/ хбрид (В)	НС 6010	НС 6030	НС 7020	НС 5043	НС 4015	НС 3014	Просек третман (В)
Контрола	2.749,6	2.453,9	2.243,0	3.261,7	2.527,9	2.120,6	2.559,5 d
НРК	9.232,6	9.015,4	8.922,0	8.250,3	6.939,2	8.997,6	8.559,5 c
НРК + кукурузовина	9.427,6	8.448,2	9.368,7	9.064,8	8.839,4	8.847,3	8.999,4 c
НРК + стајњак	11.517,0	8.907,4	9.840,4	8.855,7	8.832,3	8.124,8	9.346,2 b
ДВС+НРК	11.345,0	10.509,0	10.283,0	10.016,0	9.531,4	9.013,0	10.116,0a
ДВС	9.621,3	9.131,4	10.311,0	10.522,0	8.991,2	8.334,6	9.485,2 b
Просек хбрид (А)	8.982,2 a	8.077,6 b	8.494,7 ab	8.328,5 ab	7.610,2 c	7.573,0 c	

*вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Код просека третмана највећи принос је констатован за третман ДВС+НРК, а најмањи на контролној варијанти. Одсуство статистички значајних разлика постоји само између третмана НРК и НРК+кукурузовина и између третмана НРК+стајњак и ДВС.

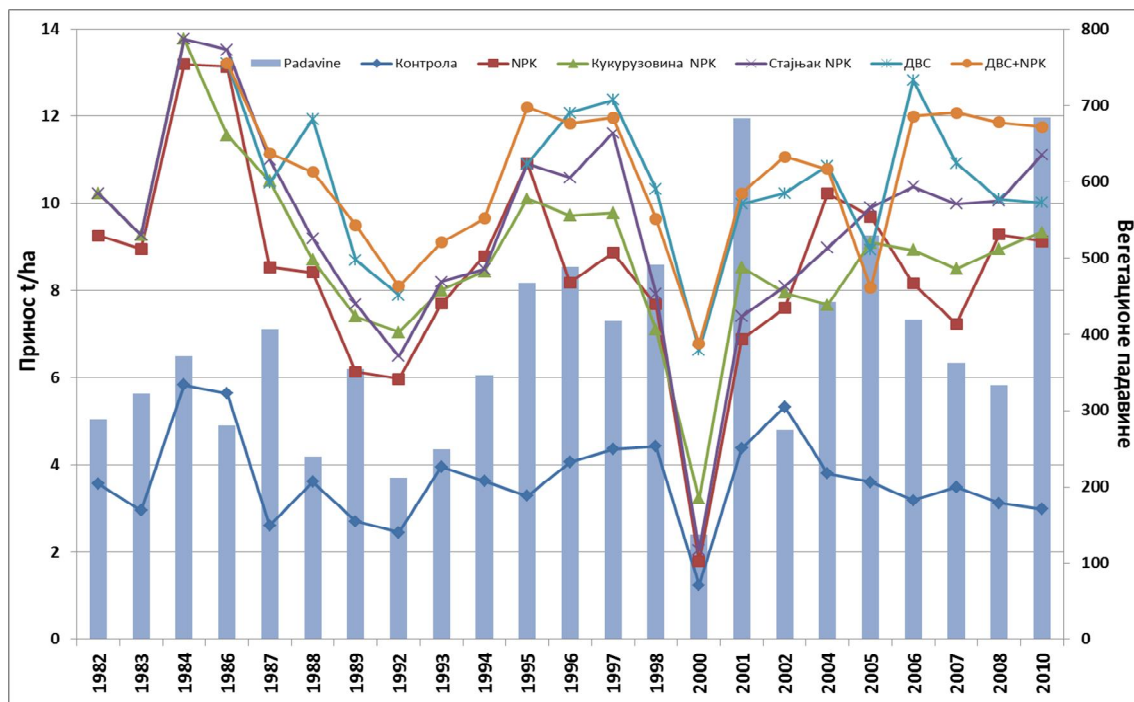


График 14. Принос генотипова кукуруза ФАО група 600 у периоду 1982-2010. година ($t \cdot ha^{-1}$)

Ако принос кукуруза посматрамо кроз временски период од 30 година у зависности од система производње и ђубрења можемо уочити одређене правилности. Најмање вредности приноса карактеристичне су за третман контрола за све наведене године испитивања. У највећем броју посматраних година највиши приноси забележени су на третманима двопоља (ДВС и ДВС+НРК). Такође, варијанта у монокултури са стајњаком и минералним ђубривом истиче се као најприносија варијанта од свих третмана у монокултури (график 14).

У годинама са изразито ниским вегетационим падавинама (1988., 1992. и 2000.) најстабилнији приноси карактеристични су управо за третмане пореклом са двопоља, чак за 1/4 до 1/3 већи у односу на третмане са монокултуре. У годинама са вегетационим падавинама које подмирују потребе кукуруза током читавог периода гајења, може се уочити следећи редослед у величини приноса ДВС (оба третмана) > стајњак + НРК > кукурузовина + НРК > НРК > контрола.

Маса 1000 зрна, као квантитативна особина, у позитивној је корелацији са приносом зрна, дужином вегетационог периода, дужином клипа, бројем зрна на клипу и масом зрна по клипу (Јефтић, 1986). У табели 32 приказане су вредности масе 1000 зрна кукуруза по посматраним третманима и генотиповима кукуруза.

Табела 32. Маса 1000 зрна различитих генотипова кукуруза у 2010. години (g)

Третман (А)/ хибрид (В)	НС 6010	НС 6030	НС 7020	НС 5043	НС 4015	Просек третман (В)
Контрола	216,5	260,7	252,3	243,7	260,4	246,7 c
НРК	277,9	330,1	343,7	307,3	342,4	320,3 b
НРК + кукурузовина	295,2	336,2	327,5	301,2	324,6	316,9 b
НРК + стајњак	332,5	363,9	368,7	306,4	391,4	352,6 a
Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	342,6	368,9	381,1	346,1	369,6	361,7 a
Двопоље+ стајњак (ДВС)	273,2	289,7	340,5	277,2	348,8	305,9 b
Просек хибрид (А)	289,7 b	324,9 a	335,63 a	297,0 b	339,5 a	

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Анализом варијансе за масу 1000 зрна утврђен је статистички значајан ефекат између различитих система ђубрења, као и између појединих хибрида кукуруза. Средња вредност масе 1000 зрна варирала је по испитиваним варијантама, у интервалу од 246,6 g на контролној варијанти, до 361,7 g на третману ДВС+стајњак. Статистички значајне разлике забележене су између свих третмана и контролне варијанте, док је одсуство статистичке значајности карактеристично за третмане НРК, НРК+кукурузовина и ДВС. Највеће вредности забележене су на третманима НРК+стајњак и ДВС+стајњак, које бележе сигнификантне разлике у односу на остале посматране третмане. Код анализираних хибрида највеће вредности забележене су код хибрида НС4015, а најмања код хибрида НС6010. Статистички значајне разлике уочавају се између две групе хибрида са једне стране НС4015, НС7020 и НС6030 у односу на хибриде НС5043 и НС 6010 са друге стране (табела 32).

Резултати статистичке анализе за дужину клипа приказани су у табели 33. Анализом варијансе за дужину клипа утврђени су статистички сигнификантне разлике између појединих третмана, као и хибрида кукуруза. Највећа вредност забележена је на варијанти двопоља (ДВС и ДВС+НРК), између којих није

утврђена статистичка значајност. Најмања вредност дужине клипа карактеристична је за третман контрола и статистички се разликује у односу на све посматране третмане. Остали третмани са монокултуре (NPK, NPK+кукурузовина и NPK+стајњак) међусобно се не разликују. У погледу разлике између испитиваних хибрида највећа вредност дужине клипа карактеристична је за хибрид HC4015 и статистички се значајно разликује у односу на све остале хибриде. Најмања вредност дужине клипа забележена је код хибрида HC5043, HC7020 и HC6030.

Табела 33. Дужина клипа различитих генотипова кукуруза у 2010. години (cm)

Третман (А)/ хибрид (В)	HC 6010	HC 6030	HC 7020	HC 5043	HC 4015	Просек третман (В)
Контрола	12,6	13,3	12,7	12,4	14,5	13,1 c
NPK	16,5	16,0	15,1	16,2	18,8	16,6 b
NPK + кукурузовина	16,6	15,3	15,6	15,8	19,4	16,5 b
NPK + стајњак	15,7	15,1	16,1	15,4	18,6	16,2 b
Двопоље+ стајњак + NPK (ДВС+NPK)	17,8	16,2	15,8	16,0	20,9	17,4 a
Двопоље+ стајњак (ДВС)	17,9	16,2	16,7	16,0	21,2	17,6 a
Просек хибрид (А)	16,3 b	15,3 c	15,4 c	15,3 c	18,9 a	

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

У табели 34 приказане су средње вредности пречника клипа по испитиваним третманима и хибридима. У погледу овог својства, између посматраних третмана статистичка значајност карактеристична је искључиво за контролну варијанту у односу на остале системе ђубрења као најнижу добијену вредност. Одсуство статистичке значајности бележи се између свих осталих третмана. У погледу хибрида највеће вредности забележене су код хибрида HC5043 и HC7020, а најмања вредност забележена је код хибрида HC4015.

Број редова зрна на клипу представља својство приноса које је у основи под снажним генетски утицајем (табела 35). Анализом варијансе, за особину број редова зрна на клипу, утврђена су слична варирања као и код особине пречник клипа. Наиме, статистичку значајност у односу на остале третмане бележи искључиво контролна варијанта као најнижа вредност. Највећи број

редова зрна регистован је код хибрида НС5043, статистички сигнификантан у односу на све остале третмане. Најмања вредност је утврђена за хибрид НС4015.

Табела 34. Пречник клипа различитих генотипова кукуруза у 2010. години (cm)

Третман (А)/ хибрид (В)	НС 6010	НС 6030	НС 7020	НС 5043	НС 4015	Просек третман (В)
Контрола	3,09	3,59	3,81	4,04	3,36	3,60 б
НРК	3,99	4,11	4,14	4,26	3,61	4,02 а
НРК + кукурузовина	3,83	4,01	4,2	4,10	3,62	3,96 а
НРК + стајњак	3,87	4,08	6,59	4,03	3,46	4,41 а
Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	4,22	4,40	4,65	4,62	3,99	4,37 а
Двопоље+ стајњак (ДВС)	4,09	3,99	4,17	4,28	4,00	4,11 а
Просек хибрид (А)	3,87 bc	4,03 bc	4,60 а	4,22 ab	3,67c	

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Табела 35. Број редова зрна на клипу различитих генотипова кукуруза у 2010. години (cm)

Третман (А)/ хибрид (В)	НС 6010	НС 6030	НС 7020	НС 5043	НС 4015	Просек третман (В)
Контрола	12,0	12,6	13,4	15,5	11,2	13,0 б
НРК	15,0	14,1	14,7	16,2	12,0	14,4 а
НРК + кукурузовина	14,8	14,1	13,8	16,3	12,0	14,2 а
НРК + стајњак	14,2	13,4	16,2	16,1	10,5	14,1 а
Двопоље+ стајњак + НРК (ДВС+НРК)	14,9	14,0	14,2	16,0	12,5	14,3 а
Двопоље+ стајњак (ДВС)	14,8	14,2	14,2	15,8	12,2	14,2 а
Просек хибрид (А)	14,4 б	13,7 c	14,4 б	16,0 а	11,7 d	

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Анализа броја зрна у реду клипа показује постојање статистички значајне разлике између посматраних третмана (табела 36). Највеће вредности остварене су на третманима пореклом са двопоља и то ДВС (37,4) као варијанта са највећим бројем зрна, а затим и ДВС+НРК, између којих је забележена значајна

разлика. Најмања вредност овог параметра карактеристична је за третман контрола и износи 24,3. На третманима пореклом са монокултуре нема статистички значајних одступања изузев варијанте NPK+стајњак, код које је забележена статистички најмања вредност у односу на преостале третмане. У погледу различитости појединих хибрида у зависности од ове особине издвајају се хибрид НС4015 који је имао највећи број зрна у реду (34,2) а хибрид НС7020 најмањи (28,6).

Табела 36. Број зрна у реду различитих генотипова кукуруза у 2010.години

Третман (А)/ хибрид (В)	НС 6010	НС 6030	НС 7020	НС 5043	НС 4015	Просек третман (В)
Контрола	20,6	25,4	23,4	27,4	24,1	24,3 е
NPK	29,8	32,4	28,0	33,8	32,9	31,3 с
NPK + кукурузовина	32,8	30,2	29,9	32,6	37,7	32,6 с
NPK + стајњак	27,5	26,9	23,7	28,6	29,1	27,2 d
Двопоље+ стајњак + NPK (ДВС+NPK)	37,8	34,8	32,5	34,4	40,0	35,9 b
Двопоље+ стајњак (ДВС)	40,3	37,2	33,9	33,8	41,8	37,4 а
Просек хибрид (А)	31,8 b	31,2 b	28,6 с	31,8 b	34,2 а	

* вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

5.6.2. САДРЖАЈ МИКРО И МАКРОЕЛЕМЕНАТА У ЛИСТУ КУКУРУЗА

Садржај појединих макро и микро елемената у листу кукуруза приказан је у табели 37. Посматрајући састав биљног материјала по третманима највеће вредности азота, фосфора и мангана забележене су на третману ДВС+NPK, калијума и гвожђа на третману NPK+кукурузовина, калцијума, магнезијума и цинка на третману NPK, а натријума на третману ДВС.

За већину елемената најмање вредности су констатоване на контролном узорку. Изузетак од овога јесте садржај натријума и гвожђа (најмање вредности су забележене на третману ДВС+NPK), као и цинка (најмање вредности су забележене на третману NPK+стајњак).

Табела 37. Садржај макро и микро елемената у сувој материји листа кукуруза у зависности од система ђубрења, просечно за све хибриде, у 2010. години

Третман/ садржај хранива	N	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	Fe	Zn
	%						(mg·kg ⁻¹)		
Контрола	1,51e	0,17 d	0,986 d	0,523 e	0,177 d	0,0152 b	41.06 c	103.59 d	8.39 b
НРК	2,20 cd	0,225 c	0,995 d	0,776 a	0,269 a	0,0170 a	62.46 ab	132.06 b	196.85 a
НРК + кукурузовина	2,33 bc	0,217 c	1,099 a	0,715 b	0,234 b	0,0168 a	60.16 ab	151.85 a	15.12 b
НРК + Стајњак	2,40 ab	0,240 b	1,159 bc	0,631 d	0,201 c	0,0142 b	58.93 b	141.08 ab	4.15 b
ДВС	2,16 d	0,214 c	1,133 c	0,674 c	0,195 c	0,0172 a	60.98 ab	118.29 c	43.93 b
ДВС+НРК	2,48 a	0,258 a	1,178 b	0,663 c	0,195 c	0,0120 c	63.64 a	103.20 d	19.99 b

*вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Садржаја азота на контролној варијанти се истиче као најмања вредност а варијанта ДВС+НРК као највећа вредност и статистички значајно се разликују од свих анализираних третмана. Статистичке значајности нису забележене код третмана: НРК+стајњак и ДВС+НРК, НРК+стајњак и НРК+кукурузовина, НРК и НРК+кукурузовина и НРК и ДВС. У односу на садржај фосфора не постоје статистички значајне разлике само између третмана НРК, НРК+кукурузовина и ДВС, док између осталих третмана постоје статистички значајне разлике. Посматрајући садржај калијума утврђено је да статистички значајне разлике не постоје између контроле и НРК и између НРК+стајњак и ДВС+НРК. Код садржаја калцијума статистички значајне разлике једино не постоје између третмана ДВС и ДВС+НРК, а код садржаја магнезијума и између третмана НРК+стајњак са третманима ДВС и ДВС+НРК. Код садржаја натријума у листу кукуруза констатовано је присуство три групе између којих постоје статистички значајне разлике, а унутар њих не постоје. Прву групу чине третмани НРК, НРК+кукурузовина и ДВС, другу контрола и третман НРК+стајњак, а трећу групу само третман ДВС+НРК. Посматрајући садржај мангана статистички значајне разлике постоје само између контроле и анализираних третмана и између третмана НРК+стајњак и ДВС+НРК. Статистички значајних разлика код гвожђа не постоји између третмана НРК+стајњак са третманима НРК и НРК+кукурузовина и између контроле и третмана ДВС+НРК. Код садржаја цинка статистички значајне разлике постоје само између контроле и

анализираних третмана, док између третмана нису констатоване статистички значајне разлике.

Садржај испитиваних хранива разликују се међу испитиваним хибридикама. Највеће вредности азота и натријума су забележене код хибридика НС 7020, фосфора код хибридика НС 4015, калијума, калцијума, магнезијума и мангана код хибридика НС 6030, гвожђа код хибридика НС 5043, а цинка код хибридика НС 6010 (табела 38). Најмање вредности азота и фосфора су констатоване код хибридика НС 6010, калијума и мангана код хибридика НС 5043, калцијума, магнезијума, гвожђа и цинка код хибридика НС 3014, а натријума код хибридика НС 4015.

Табела 38. Садржај макро и микро елемената у сувој материји листа различитих генотипова кукуруза у 2010. години

Хибрид/ садржај хранива	N	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	Fe	Zn
	%						(mgkg ⁻¹)		
НС 5043	0,25 b	0,200 c	0,989 c	0,641 c	0,215 ab	0,015 b	43.98 d	134.36 a	57.60 ab
НС 7020	0,23 a	0,236 ab	0,109 b	0,670 b	0,206 b	0,016 a	60.22 bc	122.75 bc	31.62 ab
НС 3014	0,21 b	0,207 c	1,115 ab	0,633 c	0,189 c	0,015 b	60.78 b	116.62 c	27.57 b
НС 4015	0,22 ab	0,238 a	1,126 a	0,634 c	0,214 ab	0,014 b	56.44 c	126.57 abc	30.73 ab
НС 6010	0,20 b	0,199 c	1,100 ab	0,697 a	0,223 a	0,015 b	57.14 bc	120.91 bc	98.18 a
НС 6030	0,22 ab	0,224 b	1,129 a	0,7087 a	0,223 a	0,014 b	68.68 a	128.88 ab	42.73 ab

*вредности нивоа фактора означених са истим словом се не разликују на нивоу значајности $P < 0.05$

Посматрајући садржај азота статистички значајне разлике постоје код хибридика НС 7020 са хибридикама НС 5043, НС 3014 и НС 6010. Статистички значајних разлика у садржају фосфора нема између хибридика НС 7020 и хибридика НС 4015 и НС 6030, као и између три хибридика: НС 5043, НС 3014 и НС 6010. У садржају калијума статистички значајне разлике постоје између хибридика НС 5043 и свих осталих анализираних хибридика и хибридика НС 3014 са хибридикама НС 7020 и НС 4015. Присуство три групе између којих постоје статистички значајне разлике, а унутар њих не постоје, констатовано је у садржају калцијума. Прву групу чине хибриди НС 6010 и НС 6030, другу хибрид НС 7020, а трећу хибриди НС 5043, НС 3014 и НС 4015. У садржају магнезијума једино се хибрид НС 3014 статистички значајно разликује од осталих анализираних хибридика. Такође, разлике постоје и код хибридика НС 7020 са хибридикама НС 6010 и НС 6030. Статистички значајне разлике у садржају натријума су утврђене само између

хбрида НС 7020 и осталих анализираних хбрида. У садржају мангана статистички значајне разлике постоје код хбрида НС 5043 и НС 6030 и осталих анализираних хбрида и између хбрида НС 3014 и НС 4015. Присуство статистички значајних разлика у садржају гвожђа утврђена је између хбрида НС 5043 и хбрида НС 7020, НС 3014 и НС 6010 и између хбрида НС 3014 и НС 6010, док у садржају цинка статистички значајне разлике постоје једино између хбрида НС 3014 и НС 6010.

6. ДИСКУСИЈА

6.1. АГРОХЕМИЈСКА СВОЈСТВА ЗЕМЉИШТА

Хемијска својства земљишта, директно и индиректно, одређују ниво и динамику хранива, односно фосфора и његових фракција у земљишту. Због тога су промене основних хемијских својстава један од најважнијих показатеља плодности земљишта, односно стања у којем се оно налази. Познавање приступачности и количине хранљивих елемената у земљишту и потребе биљака за хранивима омогућује добру процену потребне дозе ђубрива (Убавић и Богдановић, 2001).

Вишегодишња примена минералних и органских ђубрива, различито се одразила на садржај хумуса и укупног азота. У овим истраживањима утврђено је да је вишегодишње гајење кукуруза у систему монокултуре и двопоља, довело до значајних разлика у садржају укупне органске материје, али и губитка у односу на почетни ниво. Сматра се да значајне промене садржаја органске материје земљишта започињу интензивирањем пољопривреде, што је у највећој мери објашњено тумачењем резултата у вишегодишњим огледима (Reeves, 1997). Прва истраживања садржаја органске материје чернозема на локалитету Римски Шанчеви обавио је Богдановић (1954), у којима констатује садржај органске материје од 4,47%, што може се да се узме као њен почетни садржај за испитивани локалитет. Нејгебауер (1951) наводи да је војвођански чернозем од времена разоравања изгубио око 50% хумуса, од почетних 7-8% на 3-5%, који су забележени 40-их година 20-ог века. Каснија истраживања Вучића (1987) показују да годишњи губитак хумуса у земљиштима Војводине износи приближно 1000 kg ha⁻¹. Курепников et al. (2011) анализом чернозема у Молдавији су такође утврдили значајан губитак ОМ са почетних 5-6% (1897. године) на 3-3,5%, са тенденцијом даљег смањивања.

У овим истраживањима утврђено је да вишегодишње гајење кукуруза у систему монокултуре и двопоља, довело до значајних разлика у садржају органске материје, али и губитку у односу на почетни ниво. Највећи садржај органске материје у овом раду утврђен је на варијанти двопоља са стајњаком и

минералним ђубривима. Међутим и поред статистички значајно веће вредности садржаја органске материје на варијанти ДВС+NPK, како у слоју 0-20 cm тако и 20-40 cm, у односу на друге системе гајења кукуруза и на овом третману утврђен је негативан тренд садржаја органске материје тј. губитак у поређењу са почетним вредностима. Вредности садржаја органске материје на контролној парцели кукуруза без ђубрења (контрола) сличне су нивоу органске материје (2-2,25 %) утврђене на огледу „Плодореди“ заснованом 1946/47. године (Шеремешкић, 2012). У апсолутним вредностима око 2% органске материје изгубило се изостављањем ђубрења током 50 година. Осиромашење у ОМ на контролној варијанти је углавном везано са недостатком у фотосинтетички фиксираном С, који се потенцијално може унети у земљиште кроз биљне остатке (Dick и Gregorich, 2004; Christensen и Johnson, 1997). Узимајућу у обзир значај који има органска материја, као и њен значајан губитак на свим парцелама, намеће се потреба детаљног испитивања узрока и последица. Смањење садржаја органске материје се може тумачити на 3 начина: (1) природни губитак ОМ који је започео заснивањем оранице, (2) губитак услед обраде и/или продубљивања ораничног слоја, (3) губитак који се може приписати интензивирању минерализације услед повећања температуре (Sleutel et al., 2006). У пракси се најчешће губитак ОМ из земљишта повезује са губитком природне плодности путем орања, као и нарушавањем водног, ваздушног и топлотног режима (Diaz-Zorita et al., 1999), али и недовољног уноса биљних остатака. Janzen et al. (1998) анализом вишегодишњих огледа у Канади тврде да највећи губитак ОМ постоји у првих 20 година од заснивања огледа, а касније се новонастали равнотежни ниво одржава дужи низ година. Поређењем са другим вишегодишњим стационираним огледима у свету претпоставка је да је садашњи ниво органске материје на испитиваним третманима „стабилизован“ након 20-30 година континуиране примене агротехнике на шта указују радови аутора који су проучавали овај проблем на вишегодишњим огледима (Buyanovsky и Wagner, 1987; Wagner, 1989; Jankinson, 1991; Post et al., 2001). У овом истраживању садржај хумуса креће се у опсегу од 1,88 до 2,98% и у високој је корелацији са укупним садржајем азота. Најниже вредности код свих третмана забележене су на дубини земљишта 40-60 cm што је и карактеристика земљишта типа карбонатни чернозем. Највеће вредности карактеристичне су за третмане у којима је укључен стајњак заједно са минералним ђубривом (ДВС+NPK, ДВС, Стајњак+NPK) у прва два слоја

посматрања (0-20 и 20-40 cm). На третманима без примене стајњака (контрола, NPK, NPK+кукурузовина) садржај хумуса и укупног азота је нешто нижи у односу на стање пре извођења огледа. То указује да су процеси минерализације на овим третманима бржи и израженији од процеса синтезе што је у складу и са другим истраживањима (Асмус, 1983; Благојевић, 1987). Такође, Шеремешкић (2011) наводи да садржај органске материје од око 2% у површинском слоју на земљишту типа карбонатни чернозем представља стабилизациону вредност тзв. „нови равнотежни ниво“. Односно, вредност настала формирањем равнотежног стања, тзв. „еквилибријума“, органске материје при дужем временском периоду и систему производње. Ови процеси могу појаснити уједначеност садржаја органске материје на третманима без примене органских ђубрива или кукурузовине (NPK+кукурузовина, NPK, контрола).

Поповић (1985) као и Tinglu et al. (2007) констатују да постоји позитиван ефекат примене органских и минералних ђубрива на повећање садржаја OM у земљишту. Сличне резултате остварио је и Svetkov et al. (2010.) на IOSDV огледу, и констатују да је стајњак значајно повећао укупан садржај OM у земљишту за разлику од уношења биљних остатака, код којих није утврђен такав ефекат. Körschens et al. (1998), Jarecki et al. (2005), такође, сматрају да редовна примена стајњака неизоставно доводи до повећања OM. Утицај уношења кукурузовине уз минерално ђубриво има незнатни, мали утицај на садржај хумуса у земљишту. Ове резултате потврђују и Fink (1982), Поповић (1985) и Благојевић (1987). Такође, у педесетогодишњем испитивању утицаја различитих врста органских додатака у биљној производњи Buyssea et al. (2013) наводе да је садржај органског угљеника («SOC») значајно повећан код третмана са стајњаком, значајно смањен код третмана где је вршено уклањање биљних остатака и непромењен код третмана са уносом жетвених остатака. Kong et al. (2005) су утврдили да постоје разлике у способностима појединих система ратарења да конвертују приступачан C (биљни остаци, педофауна, стајњак и др.) у органску материју. Резултати добијени у нашим истраживањима потврђују ове наводе. Примена стајњака је одржала или утицала на повећање нивоа хумуса у земљишту у односу на почетно стање. Такође, резултати анализе укупног и органског C налазе се у корелацији са садржајем хумуса (0,78*) што нам указује на одрживост органске материје у системима са применом стајњака. Rogasik et al. (2004) на основу вишегодишњих експеримената налазе да на количину ускладиштеног угљеника у земљишту у

значајној мери утиче систем гајења усева и то преко количине биљних остатака, дужине покривености земљишта усевима и интензитета примењене механизације. Исти аутори наглашавају да је за очување органске материје неопходно применити органска и минерална ђубрива.

Реакција земљишта и садржај калцијум карбоната имају значајну улогу у дистрибуцији и приступачности хранива, нарочито фосфора и његових једињења. При разматрању промене рН вредности и садржаја слободног калцијума, треба имати у виду да су вишегодишњи огледи засновани на земљишту типа чернозем, са веома повољним физичко-хемијским својствима, а пре свега доброј пуферној способности, како адсорптивног комплекса, тако и земљишног раствора (Белић и сар., 1986; Vasinetal., 2002). Оваква својства чернозема, у краткорочном периоду, омогућују земљишту да се одупре променама услед деловања негативних чиниоца (обрада земљишта, ђубрење, системи гајења). Међутим, дугорочно посматрано, утицај различите производне праксе неизоставно оставља одређене последице у односу на квалитативна својства земљишта. У вишегодишњим истраживањима McIrgew и Malhi (1992), као и Chen et al. (2011) наводи се да прекомерна акумулација слободних фосфата и јона калијума у површинском слоју може створити јаке киселине и утицати на разменљиви калцијум и магнезијум и самим тим утицати на закишељавање и пуферну способност земљишта.

Из табеле 14 може се уочити да реакција земљишта има различите вредности, како између варијанти, тако и у односу на првобитно стање пре извођења огледа. Статистички значајно ниже вредности утврђене су на све три варијанте без употребе стајњака, што нам говори у прилог тезе закишељавања земљишта под утицајем минералних ђубрива. Ови резултати у сагласности су са тридесетогодишњим испитивањима Li et al. (2008) који наводе статистички значајно смањење рН вредности на третманима минералног ђубрива, као и минералног ђубрива и жетвених остатака. У вишегодишњем истраживању дугорочних огледа утицаја ђубрења на приступачност фосфора Wang et al. (2014) наводи статистички значајно смањење рН вредности у површинском слоју земљишта на третману са минералним ђубривом у односу на поједине третмане са органским ђубривима. Смањење рН вредности након шест година испитивања под утицајем минералног ђубрива у односу на примену компоста констатују Bedada et al. (2014). Такође, Бошковић-Ракочевић и сар. (2012) наводе повећање киселости земљишта приликом употребе различитих нивоа азотног ђубрива на два

различита типа земљишта. На проблем закишељавања пољоприведних земљишта Србије указују и Личина и сар. (2011), који као узрок наводе смањење употребе органских ђубрива и повећање употребе азотних минералних ђубрива.

Третмани у систему двопоља и континуираног уноса стајњака одржавају ниво почетног стања рН вредности у односу на анализу земљишта пре постављања огледа. Sharpley et al. (2004) уочавају да се земљишта код којих је заступљено континуирано уношење стајњака имају значајно веће рН вредности у односу на земљишта без уношења стајског ђубрива. Ово повећање се може кретати од 0,4 (свињски стајњак) па све до 1,5 (живински стајњак) рН јединица.

Такође, садржај калцијум-карбоната на варијантама монокултура кукуруза (изузев третмана NPK) има значајно ниже вредности у односу на варијанте са двопоља. Ово нам указује да поред примене минералних и органских ђубрива одређени утицај на реакцију земљишта и садржај CaCO_3 има и плодоред. Са повећањем дубине повећава се и рН вредност на свим испитиваним варијантама. Промена реакције земљишта по дубини профила у директној је вези са садржајем карбоната. Поред овог, корелациони однос рН вредности и садржаја CaCO_3 (0,60*) може бити доказ који указује на премештање карбоната у дубље слојеве те закишељавања земљишта у слојевима 0-20 и 20-40 cm.

Садржај карбоната у пољопривредним земљиштима првенствено зависи од особина матичног супстрата, односно геолошке подлоге, процеса педогенезе, али у великој мери и од начина коришћења земљишта. Лес представља матични супстрат на којем је створено земљиште типа карбонатни чернозем. Садржи око 30% CaCO_3 и може се лако активирати растварањем, при чему се ослобађа Са јон (Шеремешкић, 2011).

Поред природне обезбеђености, промене карбоната у земљишту можемо објаснити и повећаном деградацијом и минерализацијом органске материје а које има за последицу растварање једног дела калцијум-карбоната (нарочито изражено у површинском слоју) и његово премештање у дубље слојеве земљишта. Насупрот, већа обезбеђеност земљишта калцијумом на неким третманима може указати на процесе губитка ораничног слоја путем ерозије или смањењу моћности хумусно-акумулативног хоризонта. Директна теренска мерења извршена у близини огледног поља су показала да просечна редистрибуција земљишта услед еолске ерозије износи приближно $0,25 \text{ т ha}^{-1} \text{ год}^{-1}$ (Савић, 2000). Један од

значајнијих разлога варирања садржаја калцијума по варијантама може бити и недовољна хомогеност терена на коме је оглед изведен.

Примена минералних и органских ђубрива различито се одразила на садржај лакоприступачног калијума након четрдесет година. Анализиране вредности варирају у интервалу од 14,0 до 53,1 mg K₂O 100g⁻¹. Карактеристично за све третмане је да се вредности калијума по дубини разликују само на дубини 40-60 cm, док се на дубинама земљишта 0-20 и 20-40 cm налазе у врло сличним односима. Третмани контрола и уношење искључиво минералних ђубрива имају нижу вредност лакоприступачног калијума од почетног стања, иако се његова вредност на овим варијантама задржала у опсегу оптималне обезбеђености. Сличне резултате, на огледима плодоредом, код неђубрених варијанти остварили су и Молнар и сар. (1997) и Шеремешкић (2011) који уочавају да је након одређеног времена праћења дошло до стабилизације, односно равнотежног стања овог макрохранива у земљишту. Значајно веће вредности на третманима у којима су заступљена органска ђубрива може се објаснити уношењем овог елемента путем органских или минералних и органских ђубрива (Благојевић, 1987; Schlegel, 1992; Liu et al., 2010; Yazdanpanah et al., 2013). Такође, на третманима двопоља (ДВС+НПК 23,94% и ДВС 25,28% остали: 27,69-28,87%) евидентирани су и ниже вредности садржаја глине зашто би могло значити да је дошло до већег ослобађања калијума (везаног за глинене минерале) у земљишни раствор. Кастори (2013) наводи да ослобађање калијумовог јона из примарних и секундарних минерала настаје разлагањем, под утицајем влаге, деловањем слабих киселина, температуре и силикатних бактерија, који омогућују повећање приступачне форме овог елемента. Поред овог, Calvaruso et al. (2009) и Jouquet et al. (2007) наводе да у хемијски реактивним земљиштима може доћи до рапидне модификације глине под утицајем корена биљака и активности глиста. Сматра се да се у току распадања минерала, годишње ослобађа око 40 kg/ha калијума. Истраживања Богдановићи сар. (1993), Васин и сар. (2008), Милић и сар. (2011) наводе да у земљиштима Војводине обезбеђеност ораница калијумом у највећем проценту припадају класама оптималне или високе обезбеђености, што говори у прилог геохемијског порекла калијума карактеристичном за испитивано подручје.

Динамика приступачног калијума током вегетационог периода прилично је уједначена у односу на сваки третман. Добијене вредности су стабилне и одржавају се у оквиру просечних за сваки третман током читавог периода

посматрања. Најмање вредности, као и најмања одступања регистована су на варијантама контрола, NPK и NPK и кукурузовина. Код свих третмана са стајњаком ниже вредности забележене су током јула и августа месеца. Ово можемо објаснити интензивним усвајањем калијума од стране кукуруза и повољним агроеколошким условима у овом периоду. Grzebisz et al. (2010) наводе да је највеће усвајње калијума у фазама од 55 до 75 (ВВСН – скала фенолошких фаза) које у нашим условима можемо везати за период јуна, јула и почетка августа. Са друге стране, земљиште такође може бити индикатор интензивног процеса усвајања калијума од стране кукуруза. Sheldrick et al.(2003) указује да највећи део усвојеног калијума, у системима производње са мањим уношењем овог елемента, потиче из резерви земљишног калијума.

Утицај појединих третмана, односно система гајњења, различито се испољио и у погледу лакоприступачног фосфора. Након 40 година од заснивања огледа на контролном третману, третману NPK и NPK+кукурузовина измерено је значајно смањење лакоприступачног фосфора у односу на почетно стање. Такође, након истог периода праћења, Стевановић и Молнар (1985), Molnar (1999) и Шеремешкић (2005) утврдили су низак садржај лакоприступачног фосфора на третманима без примене ђубрива. Поред тога, на неђубреним варијантама плодореда аутори региструју успостављање равнотежног стања, а постигнути ниво обезбеђености се одржава до данас (Шеремешкић, 2005, 2011).

При упоређивању испитиваних третмана највећа вредност лакоприступачног фосфора измерена је на третману двопоље са органским и минералним ђубривом на свим посматраним дубинама. Редослед варијанти у зависности од обезбеђености лакоприступачним фосфором је: ДВС+NPK> стајњак+NPK>ДВС>NPK+кукурузовима, NPK> контрола. Повећање садржаја лакоприступачног фосфора сходно примењеном стајњаку је добро проучена чињеница на великом броју различитих типова земљишта (Манојловић, 1962; Meek et al., 1982; Благојевић и Жарковић, 1997; Жарковић и сар., 2000; Vogeler et al., 2009; Pizzeghello et al., 2014). Оцењени ниво лакоприступачног фосфора на контролној варијанти је врло низак –мелиоративан док је на третману (ДВС+NPK) врло висок (Манојловића 1986; Убавић и Богдановић, 2008).

Највећа количина лакоприступачног фосфора утврђена је на варијантама огледа где су примењена органска и минерална ђубрива, што се може објаснити на више начина. Као прво, директним уношењем овог елемента путем минералних

и органских ђубрива. Такође, повећано присуство органских компоненти смањују везивање додатог фосфора за адсорпциони комплекс земљишта, због конкуренције на сорпциона места (Delgado et al., 2002; Perassi и Borgnino, 2014). На овај начин стварају се хелатни комплекси органских једињења са јонима Ca, Mg, Al и Fe и спречава превођење фосфата у тешко растворљива једињења. Смањење везивања фосфорних јона на сличним третманима показују и резултати одређивања капацитета за фиксацију фосфора (Благојевић и Жарковић, 1997). Поред овог, у обзир се мора узети и повећана микробиолошка активност на третманима са континуираним уношењем органске материје, која за резултат могу имати повећану минерализацију органског фосфора и одређени утицај на растварање теже растворљивих фосфата (Hunt, 2006). Врло занимљиви резултати садржаја лакоприступачног фосфора, са аспекта органске производње, остварени су на треману ДВС. Они указују на одрживост фосфора у систему производње без минералних ђубрива на истом нивоу као и у тренутку постављања огледа пре 40 година.

У погледу промене садржаја фосфора током вегетације могу се уочити одређене правилности. Најмање вредности приступачног фосфора, код свих испитиваних третмана, карактеристичне су за период јун, јул и август. Ове промене су интензивније код третмана са оптималним и високим садржајем фосфора и могу се објаснити интензивним усвајањем фосфора од стране биљака. Ма et al. (2009), као и Zhang et al. (2011) такође наводе смањење количине приступачног фосфора због његовог усвајања од стране биљака. Осим тога, исти аутори наводе повећање вредности приступачног фосфора у периодима мај и новембар, што је у сагласности са нашим истраживањем. Повећање лакоприступачног фосфора на свим третманима на почетку вегетације може се приписати уношењу фосфора кроз ђубрива (Sharpley, 1984). Испитивања динамике приступачног фосфора од стране He et al. (1997) потврђују резултате наших истраживања у смислу осцилација током вегетације на третманима са стајњаком, као и сличним променама на контролној и варијанти са минералним ђубривом. Аутори наводе да су ове промене под утицајем већег броја фактора, а пресудну улогу имају влажност земљишта, усвајање биљака, микробиолошка активност и начин ђубрења.

6.2. ДИСТРИБУЦИЈА РАЗЛИЧИТИХ ОБЛИКА ФОСФОРА

Садржај укупног фосфора значајно варира у испитиваним третманима, као и по дубина посматрања. Његово кретања налази се у широком интервалу између $684 \text{ mgP} \cdot \text{kg}^{-1}$ на дубини земљишта 40-60 cm (неђубрена варијанта) све до $1219 \text{ mgP} \cdot \text{kg}^{-1}$ на дубини земљишта 0-20 cm (ДВС+НРК). Повећање укупног садржаја фосфора у односу на контролну варијанту износи од 23% (третмани НРК; НРК кукурузовина) до 70% на третману двопоље стајњак са минералним ђубривом, што је у сагласности са резултатима Graetz и Nair (1995) који региструју повећање од 50%. Сличне вредности наводи и Благојевић (1987) на земљишту типа карбонатни чернозем, који региструје повећано накупљање укупног фосфора на третманима са уносом стајњака, као и одсуство разлика између варијанти са минералним ђубривом и минералним ђубривом и уносом кукурузовине. Такође, Liu et al. (2010) као и Lee et al. (2004) након тридесет година примене различитих врста ђубрива региструју значајно повећање садржаја укупног фосфора у ораничном слоју на третману у комбинацији минералног и органског ђубрива и приписују га већем уношењу овог елемента у односу на изношење биљком.

Варирање садржаја укупног фосфора током периода посматрања показује сличан образац као и динамика приступачног облика фосфора. Највеће вредности код свих третмана карактеристичне су за месец мај и јун и могу се објаснити повољнијим условима за минерализацију, односно трансформацију фосфорових једињења из органске материје створене у предходној вегетацији или прерасподелом фосфора из дубљих у површинске слојеве земљишта кореном биљака (Благојевић, 1987). Значајно смањење вредности укупног фосфора на свим третманима регистрован је од јула месеца, што се може објаснити његовим интензивним усвајањем од стране кукуруза у овом периоду. Zhang et al. (2011) у истраживању сезонских промена фосфора, такође наводе смањење укупног P у септембру месецу, објашњавајући да одређени део укупног фосфора остаје заробљен у биљним остацима у земљишту.

Варирање вредности садржаја органског фосфора по испитиваним третманима у складу су са вредностима укупног фосфора. Највећи садржај забележен је на третманима са примењеним стајњаком. Дугогодишњим уношењем P ђубрива, у количини већој од потреба биљака, може се значајно повећати садржај како органског, тако и неорганског облика фосфора (Singh et al., 2007).

Међутим, ако се у ораничном слоју земљишта посматра удео органског у укупном садржају фосфора, може се уочити да је овај проценат већи на третманима са мањим садржајем укупног органског фосфора: контрола, NPK као и NPK+кукурузовина (49-50%). Смањени удео органског фосфора ораничног слоја (0-20 и 20-40 cm) на третманима са континуираном применом стајњака (44-48%) може бити последица појачане микробиолошке активности и његове минерализације (Oehl et al., 2002, 2004). Такође, Sharpley et al. (2004) констатују повећање неорганског облика фосфора (49-80%) у односу на органски облик на земљиштима са дугогодишњим уносом стајњака, насупрот земљишта на којима није коришћен стајњак (43-74%). Поред овог и истраживања са вишегодињом применом органских ђубрива других аутора (Galeetal., 2000; Motavalli и Miles, 2002) потврђују ове наводе.

Промене органског фосфора током времена посматрања прате кретање укупног фосфора са нешто наглашенијим прелазима између потпериода. Највеће вредности на свим третманима забележене су током јуна месеца, док су у каснијим периодима - интензивног усвајања фосфора (цветање, оплодња, наливање зрна), ове вредности биле знатно ниже. Слична запажања износи и Sharpley (1985) који наводи да је трансформација органског фосфора (минерализација) најинтензивнија у периоду мај-септембар и карактеристична је како за неђубрена, тако и за ђубрена земљишта. Количина фосфора која се минерализује се може представити као разлика остварена између ових периода. Chater и Mattingly (1980) у неколико енглеских земљишта дефинишу да максимална стопа минерализације од $8,5 \text{ kg}^{-1}\text{ha}^{-1}\text{god}^{-1}$ представља отприлике половину годишњих потреба просечног усева цералија. Такође, Greb и Olsen (1967) и Dorraar (1972) на карбонатном и земљишту типа чернозем наводе нешто веће вредности које варирају од 10 до $51 \text{ kg}^{-1}\text{ha}^{-1}\text{god}^{-1}$.

Perrott et al. (1990) као и McGrath et al. (2000) наводе да су трансформациони процеси земљишног фосфора, нарочито минерализација / имобилизација, под снажним утицајем температуре, влажности, раста биљака и активности корена, као и акумулације органске материје кроз биљне остатке (надземне и подземне).

Фракционација минералног фосфора изведена је по основним принципима методе Chang и Jackson (1957) а која је временом прошла кроз неколико модификација (Peterson и Corey, 1966; Smillie и Syers, 1972; Hedley et al., 1982;

Kuo, 1996). Упркос томе што се аналитички методама фракционације земљишног фосфора могу пронаћи одређени недостаци, ова метода је и даље актуелна (Wright, 2008).

Како је оглед изведен на карбонатном чернозему образованом на лесу са природно високим садржајем калцијум-карбоната, искоришћена је секвенцијална анализа неорганског фосфора по Куо (1996), прилагођена карбонатном земљишту. У првом кораку издвајају се растворљиви и слабо везани фосфати, односно лабилне форме фосфата (фракција А). У другом кораку екстрахује се оклудовани фосфор везан за оксиде гвожђа-редукована приступачност (фракција А), да би се на крају издвојила фракција фосфата везаних за калцијум примарних минерала-групе апатита, тешко растворљивих фосфата (фракција Ц).

Секвенцијална анализа различитих фракција фосфора на свим испитиваним третманима указује на доминацију фосфата везаних за калцијум. Садржај ове фракције у укупном неорганском фосфору креће се од 56,5% до 86,1% у зависности од третмана. Shen et al. (2004) такође наводе да је доминантна форма неорганског фосфата на карбонатном земљишту Ca-P и чини 69-71% неорганског фосфора. Овакве резултате наводе и други аутори (45–83% Hao et al., 2008 и 39-77% Solis и Torrent, 1989). У зависности од заступљености различитих форми неорганског фосфора, уочава се следећи распоред Ca-P > Fe и Al -P > растворљиви P и карактеристичан је за све варијанте. Идентичан распоред неорганских фракција на чернозему наводи и Благојевић (1987), као и други аутори у испитивању карбонатних земљишта (Alvarez-Rogel et al., 2007; Jalali и Ranjbar 2010). Статистички значајне разлике између посматраних третмана могу се приказати у опадајућем низу по следећој градацији: двопоље NPK+стајњак > монокултура NPK+стајњак > ДВС > монокултура NPK+кукурузовина > монокултура NPK+кукурузовина > контрола. Врло сличне резултате вишегодишњег огледа (44 године) на три типа карбонатног земљишта приказују Pizzeghello et al. (2011; 2014), који наводе да је повећање свих фракција минералног фосфора, највеће на третману са стајским ђубривом, затим третману са минералним ђубривом и на крају нетретираном варијантом (контрола). У нашим испитивањима на третманима без употребе органске материје утврђене су статистички значајно најмање вредности свих фракција неорганског фосфора. Међутим, ако се упореди њихова дистрибуција унутар третмана, односно њихов удео у укупном неорганском фосфору, може се уочити да је највећа заступљеност

фракције Са-Р баш на овим третманима. Слично запажање наводе и Yang et al. (2012), који потврђују да је на карбонатним земљиштима без примене ђубрива најзаступљенија фракција Са-Р (79,1%), док уз примену минералних ђубрива ова вредност износи 72%. Lai et al. (2003) и Wang et al. (2014) потврђују ова запажања и наводе смањење удела оклудованих/неприступачних фракција са порастом дозе минералног ђубрива. Једно од објашњења може бити то да су на овим третманима приступачне и делимично приступачне форме фосфата усвојене од стране биљака и микроорганизама, те су временом преостала само тешко растворљива Са једињења, везана за минералну компоненту. Такође, разлог може бити и то да је услед континуирано ниске количине приступачних фосфата у земљишту, фиксациона моћ земљишта знатно већа у односу на остале третмане. У испитивањима дуготрајне примене минералних и органских ђубрива Благојевић и Жарковић (1997) наводе да дијаграм растворљивости показује највећи потенцијал за фосфор управо на контролној варијанти, а као доминантна форма калцијум фосфата наводи се хидроксиапатит. Аутори бележе да је у погледу облика калцијум фосфата, који одређује концентрацију фосфора у земљишном раствору, већина варијанти интермедијарна између хидроксиапатита и трикалцијум фосфата са преминацијом овог задњег облика.

Насупрот томе, на третманима са уношењем органске материје, фракција везана за ову групу има знатно нижи удео у укупном, неорганском фосфору. У овом се истичу третмани монокултура NPK+стајњак и двопоље NPK+стајњак. Истовремено, на овим третманима, измерено је значајно повећање лабилне фракције, као и Al и Fe фракције. Овакав распоред фракција може се приписати примени органске материје и њеном утицају на смањење таложења Са фосфата (McDowell и Condron, 2001). Wang et al. (1993) износе да Fe P и Al P могу имати одлучујућу улогу у регулацији приступачног фосфора карбонатних земљишта. Комбинована примена органских и неорганских облика фосфора може значајно побољшати приступачност и усвајање земљишног фосфора од стране биљака (Ayaga et al., 2006). Стајњак вишеструко може утицати на приступачност фосфора кроз: конкуренцију органских киселина на фиксациона места фосфора, фаворизујући формирање металних комплекса фосфо-хумата (Von Wiruszka, 2006) и смањење стварања нерастворљивих Са фосфата-спречавање таложења (Vu et al., 2010).

Дугорочно посматрано, примена минералног ђубрива и стајњака као и самостална примена стајњака, повећавају све форме неорганског фосфора (стабилне, делимично лабилне и лабилне). Ово повећање најизраженије је у површинском слоју, односно зони депоновања хранива. Континуирано уношење стајњака, нарочито уз примену минералног ђубрива, у значајној мери може допринети прекомерном нагомилавању фосфора у земљишту и потенцијално угрозити површинске и подземне воде (Pizzeghello et al., 2011).

У нашим испитивања анализом приступачних/лабилних форми фосфора утврђени су високи нивои обезбеђености на третманима са применом стајњака. Бројни аутори наводе да уношење стајњака у сврху задовољења потреба биљака за азотом може резултирати прекомерним уношењем фосфора (McDowell и Sharpley, 2004; Morari et al., 2011). Иако је повећање фосфора регистровано, на карбонатном чернозему опасност од угрожености животне средине сведена је на минимум. Превасходно јер се код овог типа земљишта са дубином прогресивно повећава садржај калцијума, једног од најважнијих фиксатора фосфора у карбонатним земљиштима. Садржај фосфора значајно опада по дубини земљишта и код свих варијанти има релативно уједначен садржај на дубини 40-60 cm. Pizzeghello et al. (2014) у испитивању мобилности фракција фосфора по дубини земљишта наводи да се карбонатна земљишта одликују великом реактивношћу према фосфору и да генерално, спречавају његово кретање у дубље слојеве. Lauer (1988) наводи да је кретање фосфора на наводњаваним, глиновитим земљиштима 7 cm, а на песковитим 1 cm, што може бити индикатор смањене покретљивости.

У погледу динамике неорганских облика фосфора и њихове дистрибуције током вегетационог периода, можемо констатовати да су најинтензивније промене карактеристичне за лабилну, као и Al-P и Fe-P фракцију. Suman (2004) у испитивању 11 локалитета наводи да је лабилна фракција неорганског фосфора у највећој мери фракција коју користе биљке, док се промене код делимично приступачне фракције могу очекивати искључиво код неђубрених земљишта. Wang et al. (2014) наводе да су делимично приступачне фракције (Fe и делимично лабилни Ca-P) од највећег значаја у одржавању приступачне фракције фосфора, као и да је фракција Fe-P могући посредник у трансформацијама неорганског фосфора. Промене фракције оклудованих/ неприступачних форми фосфора, слабије су изражене, а најмање вредности забележене су током јула и августа месеца. Такође, између ове три фракције утврђене су високо позитивне корелације

(табела 30). Shen et al. (2004) проналази да у карбонатним земљиштима лабилне форме фосфора лако могу бити фиксиране у слабије приступачне форме (Fe-P и оклудоване форме P), као резултат асоцијације са Fe оксидима, као и једињењима калцијума. На свим третманима, можемо потврдити сличност кретања лабилне фракције са динамиком кретања укупног и органског фосфора.

Секвенционални приступ при карактеризацији различитих облика органског фосфора примењује се у дужем временском периоду, са мање или више успеха и тежњом за усавршавањем и побољшањем метода (Bowman и Cole, 1978; Hedley et al., 1982; Sharpley и Smith, 1985; He и Li, 1987; Sharpley и Smith, 1993; Ivanoff et al., 1998; Fan et al., 1999). Обзиром на природу различитих фракција органског фосфора у земљишту, њихову екстракцију, као и чињеницу да су ови облици недовољно дефинисани у односу на неорганске фракције (Stewart и Tiessen, 1987) методе за одређивање фосфора су и даље у развоју у правцу дефинисања органских једињења, њихове дистрибуције и понашања у животној средини (Turner и Engelbrecht, 2011).

У нашим истраживањима коришћена је секвенцијална анализа описана од стране Bowman и Cole (1978) и Ivanoff et al. (1998) модификована у правцу побољшања ефикасности екстракције органских P фракција и раздвајању органске и неорганске фракције у сваком од екстрата.

Концентрација различитих фракција органског фосфора у нашим испитивањима показује јасно разграничење између посматраних третмана. Значајне разлике на свим посматраним фракцијама и дубинама раздвајају две основне групе, са и без употребе органских ђубрива, при чему су највеће вредности регистроване управо на третманима са применом стајњака. Sharpley et al. (2004), Reddy et al. (2000) као и Zhang et al. (1994) такође наводе повећање органских фракција фосфора на земљиштима која имају континуирану примену органских ђубрива. Фракције лабилног органског фосфора на третманима са применом стајњака имају веће вредност у површинским слојевима, сходно уносу органске материје, њене деградације и процесима трансформације. Овакав распоред по дубини земљишног профила није заступљен код третмана без уноса стајњака, а вредности на сва три посматрана слоја су изједначене и не прелазе 14 mg kg⁻¹. Повећане вредности ове фракције у површинском слоју наводи и Min et al. (2013) и као разлог наводи накупљање органских компоненти у овом слоју.

Значајна повећања лабилног и фосфора везаног за микробиолошку масу односе се на третмане у којима се врши континуиран унос органског и минералног ђубрива. Ове вредности превазилазе 2-3 пута вредности које су карактеристичне за третмане: контрола, NPK, и NPK+кукурузовина. Благојевић (1987) у испитивању утицаја различитих система ђубрења, такође бележи повећање лабилне фракције на третманима са употребом стајњака у односу на остале третмане и објашњава је трансформацијом једног дела умерено лабилне фракције у правцу стварања лабилних органофосфорних једињења. Chen et al. (2002) указује да се значајне количине органског P могу минерализовати, а затим и асимилирати од стране биљке у кратком временском периоду, а однос количине и интензитета у највећој мери зависи од типа земљишта, као и биљне врсте.

Такође и садржај умерено лабилне фракције има значајно повећане вредности на третманима са применом органске материје, што је у сагласности са резултатима Sharpley et al. (1984) као и Pizzeghello et al. (2011). Makarov et al. (2002) сугеришу да је највећи део умерено лабилне фракције води порекло од микроорганизама, обзиром да у екстракционом кораку издвајања ове фазе превладавају фосфолипиди. Ово такође може објаснити акумулацију посматране фракције у слојевима земљишта где је коренов систем биљака најзаступљенији, обзиром да је микробиолошка активност у кореновој зони најинтензивнија (Perkins и Underwood, 2001). Према Zhang et al. (1988) садржај лабилне и умерено лабилне фракције органског фосфора одређен овом методом (Bowman и Cole, 1978) може бити користан индекс у процени обезбеђености земљишта фосфором и органском материјом.

Кретање фракција (лабилне фракције и умерено лабилне) на третманима са органским ђубривом потврђују и добијене вредности садржаја микробиолошки везаног P и алкалне фосфатазе. Наиме, вредности ових параметара такође потврђују чињеницу о трансформацији фосфора, која се одиграва између ове две фазе. Највеће вредности фосфора везаног за микробиолошку масу карактеристичне су управо за третмане са стајњаком и везане су за дубину земљишта 0-20 и 20-40 cm. У лабораторијском испитивању (Huang et al., 2004) доказано је да се након уноса органских ђубрива врши активација неоргански фиксираног фосфора (везан за Fe) и да се овај облик у највећем делу трансформише у органски резервоар/залиху кроз фосфор микробиолошке биомасе. У погледу ове анализирани компоненте третман ДВС+стајњак+NPK

показује статистички значајно веће вредности у односу на све остале варијанте. Кретање микробиолошки везаног фосфора и фосфатазе на дубини земљишта 40-60 cm показује одсуство статистичке значајности између свих испитиваних третмана. У прилог значаја микроорганизама у процесима трансформације фосфора може бити придодата и висока међузависност лабилне и умерено лабилне форме фосфата са овим параметрима у прве две дубине испитивања (tabela 16). Према Oberson et al. (2001) земљишни микроорганизми представљају врло важан динамичан резервоар хранљивих материја потенцијално приступачних за биљку. Они имају фундаменталну улогу у трансформацији органског фосфора у земљишту преко излучивања фосфатазе, растварање умерено лабилне форме фосфатних једињења, као и синтезе органског фосфора. Такође, Conte et al. (2002) наводи да микроорганизми спречавају сорпцију фосфата од стране неорганских колоида кроз имобилизацију фосфора у ткиво. Касније након одумирања и распадања ћелија микроорганизама, P може бити отпуштен сходно захтевима биљака (Martinazzo et al., 2007).

Поред овог, повећање вредности базне фосфатазе најизраженије су на третманима пореклом са двопоља, што сугерише да смена усева и уношење стајњака има врло значајан утицај на активност микроорганизама, који учествују у синтези и разградњи фосфорних једињења а самим тим и кретање фосфора у систему земљиште биљка. Dick et al. (1984) наводе да је активност ензима фосфатазе под значајним утицајем ротације усева и наглашава да је највиша вредност добијена при ротацији кукуруза и ражи, као и да је 92% варијације ензимске активности објашњено садржајем органског угљеника. Вишегодишња испитивања примене стајњака указују да његова континуирана примена повећава активност базне и киселе фосфатазе у земљишту (Dick et al., 1988; Colvan et al., 2001).

Испитивања великог броја аутора (Matsuoka et al., 2003; Carneiro et al., 2004; Gatiboni et al., 2008) наглашавају да се динамика органског фосфора при различитим системима гајења и ротације усева, најбоље може разумети коришћење микробиолошких и биохемијских параметра осетљиве на ове промене, као што су микробна биомаса и активност фосфатазе.

Резултати садржаја умерено лабилне фракције органског фосфора (везаног за фулвокиселине) показују најмања одступања од свих органских фракција фосфора између посматраних третмана исте дубине. Ivanoff et al. (1998) такође

указују на стабилност ове фракције, док Lee et al. (2004), који у испитивању дугогодишње примене минералног и органског ђубрива (30 година) наводе да ни на једном од посматраних третмана нема очигледних промена умерено лабилне фракције фосфора. У нашим истраживањима статистички значајне разлике показује само третман ДВС+НРК, као највиши, у односу на све остале третмане. Узрок повећања садржаја ове фракције на варијанти ДВС+НРК може бити повећан садржај како лабилних форми тако и резистентних форми фосфора на овом третману односно трансформације фосфора кроз ове облике. Врло сличне резултате истраживања на карбонатном чернозему наводе и Благојевић и Жарковић (1998) код којих варијанте са органским и минералним ђубривом бележе највеће вредности (131,9 и 143,2 mg·kg⁻¹) и наглашавају да примена минералних и органских ђубрива, на већини третмана, нема значајан ефекат на садржај умерено лабилне фракције. Ако вредност ове фракције посматрамо по дубини земљишта, по третманима, разлике се могу свести на однос између прве две дубине и дубине земљишта 40-60 cm, док разлике на овој дубини између третмана нису уочене.

На основу приказаних резултата, односа између третмана, резистентну фракцију везану за хуминске киселине можемо окарактерисати као слабо варијабилну компоненту органског фосфора. Наиме, као и код претходне варијанте нема јасно дефинисане, статистички оправдане значајности између већине посматраних третмана. Мали утицај дугогодишњег ђубрења минералним и органским ђубривом показују и резултати Sharpley et al. (1984), као и Благојевић (1987) и Благојевић и Жарковић (1998). Једини третман који се издваја као значајан јесте ДВС+НРК који се у прва два слоја посматрања статистички значајно одваја од свих осталих третмана. Ово је вероватно резултат повећаног садржаја свих облика фосфора на овом третману сходно систему гајења и унетој количини минералних и органских ђубрива. Динамика ове фракције по дубини земљишта у свим варијантама показује непостојање разлика између дубина посматрања у слојевима 0-20 и 20-40 cm. Насупрот слоју 40-60 cm који се код свих третмана разликује од прве две дубине посматрања. Оваква дистрибуција указује на слабу покретљивост фракције органског фосфора по дубини земљишта, односно његово задржавање у зони уношења.

У анализи резидуалних (јако резистентних) форми органског фосфора можемо издвојити две групе: прва са монокултуре, без примене стајњака

(контрола, NPK и NPK+кукурузовина) и друга третмани са континуираном употребом стајског ђубрива. Највеће вредности карактеристичне су за третман ДВС без примене минералног ђубрива. У истраживању Linquist et al. (2011) наводи се да је највећи садржај резидуалне фракције органског фосфора управо на земљиштима са искључивом применом стајњака (органска производња). Такође, Li et al. (2013) у истраживању дугорочног утицаја фосфорових ђубрива наводе да уношење органске материје, као главни фактор, значајно утиче на повећање резидуалне фракције, као и осталих органских фракција (лабилне, делимично лабилне). Изузетак представља резистентни облик, код којег нису утврђене разлике. У истом истраживању примена минералних ђубрива није утицала ни на једну групу органских фракција.

На основу добијених резултата у односу на заступљеност органских фракција може се уочити различита расподела у зависности од третмана, односно група третмана.

Прву групу чине варијанте без примене стајског ђубрива према следећем распореду:

- умерено лабилна (фулвокиселене) > умерено лабилна (HCL) > резистентна (хуминске киселине) > резидуални (јако резистентна) > лабилна > лабилна (микробиолошки фосфор).

Другу групу чине варијанте са применом стајњака, карактеристичан распоред за систем двопоља:

- умерено лабилна (HCL) > умерено лабилна (фулвокиселене) > резидуални (јако резистентна) > резистентна (хуминске киселине) > лабилна (микробиолошки фосфор) > лабилна.

Такође, ако третмане посматрамо збирно на основу поделе о приступачности појединих фракција органског фосфора, можемо закључити да је садржај фракције умерено лабилних форми (лабилна и везана за фулвокиселине) најзаступљенија форма, на свим испитиваним варијантама, на супрот лабилној фракција која чини најмањи удео у укупном органском фосфора. Слична запажања износе и Благојевић (1987) и Sharpley et al. (1984).

Трансформације фосфора у земљишту које настају дугогодишњом применом различитих система производње и ђубрења у значајној мери могу утицати на односе његових органских и минералних форми. Поред овог, акумулације фосфора и промене његових фракција интензивно су повезане са

физичко-хемијским својствима земљишта, климатским и сезонским варирањем у зависности од локалитета испитивања (Magid и Nielsen, 1992), приступачности осталих хранива (Malhi et al., 2011), као и дренажности земљишта (Patrick и Mahapatra, 1968).

Анализа основних компоненти (РСА) узима у обзир најважније особине земљишта у циљу сагледавања основних фактора на основу којих је дошло до раздвајања између третмана, као и што бољег разумевања њихових међусобних односа. Наша истраживања јасно показују да је у основи раздвајање посматраних варијанти настало примарно услед различите акумулације фосфора и његове дистрибуције. У значајној мери утицај на формирање разлика имале су особине земљишта: реакција земљишта, садржај хумуса, садржај органског С, садржај укупног N и садржај лакоприступачног калијума. Врло сличне резултате анализе основних компоненти, на карбонатном земљишту, приказују и Jalali и Ranjbar (2010). Они наводе да је највећа варијабилност карактера на првој оси посматрања (фактор 1, објашњава 77,1% укупне варијације) у највећој мери корелисан са параметрима већине фракција неорганског фосфора називајући га фактором варијације фосфора.

Раздвајање третмана кроз компонентну анализу карактеристична је за прве две дубине посматрања (0-20 и 20-40 cm) док у односу на дубину 40-60 cm нема јасног одвајања што указује на сличну варијабилност карактера у овом слоју. Ово потврђују и остварене статистичке значајности НЗР теста између анализираних компоненти као и директни корелациони односи између посматраних особина. Zhang et al. (2011) анализом основних компоненти (РСА) наводи да су главне особине које имају утицај на концентрацију P фракција у земљишту влажност и садржај органске материје. Корелациони односи у нашим испитивањима показују слична кретања. Садржај хумуса и органског угљеника као основне компоненте органске материје показују позитивне корелације са укупним и органским фосфором, као и са минералним фракцијама појединачно. Такође, наши резултати потврђују испитивања Pizzeghello et al. (2011), утицаја стајњака на фракције фосфора, који наводе да при анализи основних компоненти долази до раздвајања третмана са стајњаком, минералним ђубривом и контроле. Поред овог, аутори бележе да у оквиру укупне варијације (86%) постоји позитивна корелација фактора са органском материјом, глином, органским фосформ и фосфором

везаним за Al и Fe, а негативна корелација са реакцијом земљишта и садржајем карбоната.

Испитивање еуклидијевих дистанци кластер анализе такође указује на раздвајање варијанти посматрања. Наиме, дискриминација у две основне групе јасно разграничава третмане са употребом стајњака од третмана без примене стајског ђубрива. У оквиру ове последње контролни третман издваја се самостално, док третмани NPK и NPK+кукурузовина бележе нешто краћу удаљеност, што нам говори о њиховој сличности. У другој групи третмана са стајњаком по својим особинама издваја се третман ДВС+стајњак у односу на преостала два која у оквиру ове групе формирају карактеристични подскуп. Овај концепт раздвајања формиран на основу еуклидијевих дистанци примењив је искључиво у прве две дубине посматрања (0-20 и 20-40 cm). Дубљи слој земљишта (40-60 cm) на основу кластер анализе у основи издваја само контролну варијанту у односу на све остале варијанте што упућује на изједначеност посматраних варијанти.

Статистичка обрада података анализом варијансе НЗР тест, анализа основних компонентни (РСА), као и анализа еуклидијевих дистанци (кластер), недвосмислено указује на раздвајање посматраних третмана. Такође, садржај фосфора и дистрибуција његових облика чине једну од најважнијих компонентни који утичу на овакав распред.

6.3. БИОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЗЕМЉИШТА

Микроорганизми имају кључну улогу у минерализацији органских једињења до неорганских и у мобилизацији тешко растворљивих неорганских једињења у земљишту, чиме обезбеђују биљке асимилативима и учествују у формирању приноса гајених биљака. Већина биолошких процеса у земљишту (80-90%) одвија се захваљујући активношћу ензиматских система микроорганизама (Nannipieri et al., 2003). Структуру и функционисање микробиолошких заједница одражавају интеракције бројних абиотичких и биотичких фактора у земљишту. На бројност, разноврсност и активност микроорганизама утичу физичко-хемијске карактеристике земљишта, климатски услови, агротехничке мере, биљна врста,

присуство тешких метала и загађивача као и међусобни однос микробне популације (Lurwayi et al., 2010).

Међу земљишним микроорганизмима најбројније су бактерије (10^8 - 10^9 g⁻¹ земљишта), актиномицете (10^7 - 10^8 g⁻¹ земљишта) и гљиве (10^5 - 10^6 g⁻¹ земљишта) (Chen et al., 2003; Islam и Wright, 2005). Према истраживањима Tintor et al. (2009) код земљишта типа чернозем повољна физичко-хемијска својства, стабилна структура и обиље хранљиве материје значајно утиче на изразито високу бројност укупног броја микроорганизама ($\times 10^7$ g⁻¹ апсолутно сувог земљишта).

Наша истраживања обухватила су испитивање присуства и бројности различитих систематских и физиолошких група микроорганизама (табела 21-23). Азотобактер је један од најзначајнијих слободних, аеробних азотофиксатора и важан је показатељ плодности земљишта. Амонификатори учествују у процесима разлагања и трансформације протеина, док олигонитрофили спадају у слободне азотофиксаторе. У оквиру укупног броја микроорганизама у земљишту највећи део чине бактерије. Групу олиготрофа обухватају бактерије прилагођене на живот у средини са мањим садржајем угљеника, док копиотрофи за неометан раст и активност захтевају веће концентрације овог елемента. Гљиве и актиномицете продукују велики број ензима неопходних за разлагање сложених органских једињења (целулоза, лигнин, пектин и др.).

У површинском слоју земљишта 0-40 cm где има највише органске материје, довољно влаге и кисеоника, највише су заступљени аеробни микроорганизми чија је активност и најзначајнији за биљну производњу.

Различите агротехничке мере као што су обрада, плодород, наводњавање, примена пестицида и ђубрива значајано утичу на присуство и активност микроорганизама у земљишту (Hengeveld, 1996). Примена минералних ђубрива је једна од најзначајнијих агротехничких мера у савременој пољопривредној производњи, усмерена првенствено на повећање приноса, при чему се често занемарују промене у хемијским и биолошким особинама земљишта. Утицај минералних ђубрива на микробиолошку активност зависи од количине и врсте ђубрива, времена примене, типа земљишта, биљне врсте и врсте и својстава микроорганизама (Lurwayi et al., 2012).

Резултати ових истраживања показали су да је, у просеку за све дубине, у поређењу са контролом, примена NPK ђубрива највише утицала на повећање бројности гљива. Ово може бити објашњено тиме да се гљиве боље развијају у

земљиштима киселе реакције, јер су ацидофили. Како је баш на овим третманима забележена нижа рН вредност као и чињеница да минерална ђубрива стимулишу микробиолошке процесе могућ резултат јесте и повећана активност гљива. Истраживања Zhong et al. (2010) показала су да је при различитим системима ђубрења (минерална и органска) примена само минералних NPK ђубрива, такође, највише утицала на повећање бројности гљива. Nakhro и Dkhar (2010) у својим истраживањима показали су да континуирана примена минералних ђубрива није утицала на бројност бактерија и микробну биомасу, али је значајно стимулисала развој гљива.

На дубини 0-20 cm примена NPK ђубрива стимулисала је развој актиномицета, а на дубини 20-40 cm и раст азотобактера, олигонитрофила гљива и копиотрофа. Зона уношења минералног ђубрива, као и мобилност минералног азота по дубини земљишта може објаснити већи утицај примене NPK ђубрива на бројност микроорганизама на дубини 20-40 cm сходно чињеници да примена минералних ђубрива стимулише микробиолошке процесе (Јарак и Чоло, 2007). На већим дубинама (40-60 cm) NPK ђубрива су позитивно утицала на бројност гљива, али на овој варијанти ђубрења бројност амонификатора је значајно мања у поређењу са контролом. Према резултатима истраживања Milić et al. (2011) примена већих количина минералних ђубрива негативно се одразила на укупан број микроорганизама, бројност азотобактера, амонификатора, олигонитрофила, али је стимулисала развој гљива. Резултати Lupwayi et al. (2011) и Zhang et al. (2008) указују да примена препоручених доза минералних ђубрива или нема утицаја или повећава укупну микробну биомасу у земљишту, док примена већих доза има негативан утицај. Минерална ђубрива су извор лакоприступачних хранива за микроорганизме, што позитивно утиче на њихов развој и активност. Стога уношење оптималних количина минералних ђубрива може стимулисати развој и активност микроорганизама, нарочито у мање плодним земљиштима. Да примена мањих количина минералних ђубрива може имати позитиван ефекат на развој и активност и различитих физиолошких група бактерија, гљива и актиномицета указују и бројна истраживања (Barabasz et al., 2002; Kang et al., 2005; Zhang et al., 2008; Nakhro и Dkhar, 2010.; Lupwayi et al., 2011; Milić et al., 2011).

У процесу минерализације, који се одвија захваљујући ензиматској активности микроорганизама, из органске материје се ослобађају хранива која

биљке користе, а микроорганизми тако чине незаобилазну карику у одржавању плодности земљишта. Органска материја је један од најзначајнијих извора енергије и харнива за хетеротрофне микроорганизме (Smith и Paul, 1990), а заоравњем жетвених остатака и применом стајњака у земљиште се уноси органска материја неопходна за развој и активност микроорганизама.

У овим истраживањима заоравање кукурузовине и уношење стајњака позитивно је утицало на бројност испитиваних група микроорганизама. Већи утицај унете органске материје испољава се у прва два слоја посматрања (0-20 cm и 20-40 cm), што се може објаснити повољнијим еколошким условима који омогућавају разградњу органске материје као и зоном депоновања хранива у ове слојеве. Бројност и биодиверзитет микроорганизама смањује се са дужином земљишта јер се значајно мењају физичко-хемијска својства, али и ваздушно-водни и топлотни режим земљишта (Говедарица и сар., 1993; Милошевић и сар., 2000, 2003; Кастори и сар., 2006). Уношење органске материје највише је утицало на повећање бројности различитих физиолошких група бактерија, а нешто мање на заступљеност актиномицета. Резултати истраживања (Valpassos et al., 2001; Bending et al., 2002) показали су да се микробна биомаса повећава са повећањем садржаја органске материје у земљишту, а уношење жетвених остатака стимулише активност микроорганизама (Cookson et al., 1998). Kang et al. (2005) указују да уношење органских ђубрива повећава микробиолошку активност, док примена само минералних ђубрива резултира смањеном активношћу микроорганизама и плодношћу земљишта.

Бројност гљива значајно се повећала само у површинском слоју земљишта (0-20 cm) где је поред минералних NPK ђубрива заорана и кукурузовина. На истој варијанти ђубрења на дубини 20-40 cm, у поређењу са контролом, повећао се укупан број микроорганизама и бројност олигонитрофила, а у дубљим слојевима земљишта (40-60 cm) поред олигонитрофила забележено је и веће присуство азотобактера и копиотрофа. Значајнији утицај на бројност микроорганизама имала је примена стајњака. Применом стајњака у земљиште се уносе корисни микроорганизми и фитохормони, повећава се количина органске материје побољшава се водно-ваздушни режим у земљишту, што резултира интензивирањем процеса минерализације, повећањем бројности и ензиматске активности микроорганизама (Menzies et al., 2007; Zhong et al., 2010).

Већи ефекти уношења стајњака уочавају се у површинским слојевима земљишта (0-20 cm и 20-40 cm). На варијантама ђубрења где је примењен стајњак забележена је значајно већа бројност првенствено олигонитрофила и копиотрофа, затим бројност азотобактера, актиномицета и укупан број микроорганизама. Примена стајњака најмање је утицала на бројност амонификатора, док се присуство гљива није значајније мењало ни на једној варијанти где је уношен стајњак. Примена стајњака стимулише развој бактеријске микрофлоре која показује мања варирања у току сезоне у поређењу са земљишним гљивама и актиномицетама (Balakrishnan et al., 2007; Lalfakzuala et al., 2008; Ndubuisi-Nnaji et al., 2011). У истраживањима Mandal et al. (2011) укупан број микроорганизама, бројност азотобактера, олигонитрофила и актиномицета значајно су већи у поређењу са контролом, што је у сагласности са нашим резултатима. Према резултатима Zhong et al. (2010.) примена стајњака, као и примена стајњака заједно са NPK ђубривима, утицала је на значајно повећање бројности бактеријске популације у земљишту. Исти аутори наводе да се применом чистог стајњака повећала бројност гљива, међутим применом стајњака у комбинацији са NPK ђубривима није се значајно мењала бројност ове групе микроорганизама у поређењу са контролом. Заоравање кукурузовине као ни примена стајњака у резултатима наших истраживања нису утицали на бројност олигонитрофила.

Резултати ових истраживања показали су постојање корелација у активности киселе и базне фосфатазе и бројности испитиваних група бактерија, гљива и актиномицета. Истраживања Kumar et al. (2001) показала су да и врсте рода *Azotobacter* имају способност фосфосолубилизације, а у овим истраживањима утврђена је позитивна корелација активности киселе и базне фосфатазе и бројности азотобактера. Учешће актиномицета у фосфосолубилизацији све више је предмет интересовања и истраживања (Sharma et al., 2013), а резултати Hamdali et al. (2008) указују да приближно 20% врста актиномицета у земљишту може да врши фосфосолубилизацију. У овим истраживањима забележена је корелација у активности базне фосфатазе и бројности актиномицета. Резултати ових истраживања показали су постојање корелација у активности киселе и базне фосфатазе и бројности гљива у земљишту. Микроорганизми који имају способност фосфосолубилизације најчешће припадају бактеријским врстама *Pseudomonas* и *Bacillus* и врстама гљива *Aspergillus* и *Penicillium* (Sharma et al., 2013).

У нашим истраживањима више корелација утврђено је између активности базне фосфатазе и бројности испитиваних група микроорганизама (све групе осим амонификатора) у поређењу са корелацијама активности киселе фосфатазе. Иако корен биљака може да излучује киселе фосфатазе, ипак ређе продукује базне фосфатазе, што представља потенцијалну нишу за микроорганизме фосфоминерализаторе (Juma и Tabatabai, 1998; Criquet et al., 2004).

6.4. ФИЗИЧКО ХЕМИЈСКА СВОЈСТВА ЗЕМЉИШТА

Сва земљишта представљају дисперзивну средину, и то поли дисперзивну, јер се у њој налазе честице различитог пречника чија се величина мери милиметрима, сантиметрима до колоидних честица, које се приближавају размерама молекула. Елементарна честица земљишта која се под дејством благих сила не може делити, односно уситњавати назива се механички елемент или примарна честица. Механички састав представља процентуали однос различитих механичких елемената (синоними: фракција, елементарних честица, примарних честица). Од механичког састава зависи водни, ваздушни и топлотни режим земљишта, а од карактеристика наведених режима зависе многа биолошка и хемијска својства земљишта. Свакој механичкој фракцији припада одговарајућа улога и функција у земљишту. Суштинска разлика у физичком понашању појединих механичких фракција лежи управо у променљивости специфичне – активне површине честице која зависи од њихове величине и облика (Миљковић, 2005).

Одређивање механичког састава најчешће претходи тумачењу већине физичких и хемијских својстава земљишта. Анализа механичког састава на огледом пољу Римских Шанчева (плодореди) урађена је 1986. године, када је утврђено да се оранични слој земљишта може класификовати као иловаста глина (Милошев, 2000). Такође, узорци ораничног слоја анализирани 2003. године су окарактерисани као иловаста глина (Шеремешкић, 2005), што је у складу са нашим резултатима. Наша истраживања потврђују претходна испитивања где је уочен пораст фракција праха и крупног песка по дубини земљишта а смањење садржаја глине у ораничном слоју.

Проучавању структуре земљишта, као једног од најзначајнијих физичких својстава, поклања се посебна пажња због тога што директно или индиректно утиче на водни, ваздушни и топлотни режим земљишта, а истовремено служи и као показатељ његове плодности (Vučić, 1987; Hornet al., 1993; Dexter, 1997; Hillel, 1998; Belić et al., 2004; Pagliali et al., 2004). Важно је истаћи да структура није статично него веома динамично својство земљишта. Земљиште које се карактерише повољном структуром пружа мањи отпор при обради, условљава мање губитке воде испаравањем, ствара слабију и тању покорицу. Нарушавање структуре најчешће настаје због неадекватне обраде земљишта, гажења, смањења садржаја Ca^{2+} и органске материје.

Са агрономске тачке гледишта, оцена структуре се не може дати само разматрањем односа и величине појединих фракција структурних агрегата, али се поуздано може рећи да је заступљеност макроагрегата предпоставка формирања повољних водно-ваздушних и топлотних својстава земљишта (Вучић, 1987). Модификација структуре земљишта од стране гајених биљака произилази из морфолошких и физиолошких карактеристика корена и количине биљних остатака након њиховог гајења. Коренови ексудати и остале желатинозне супстанце које корен излучује у земљиште играју значајну улогу у стабилизацији агрегата земљишта (Вучић, 1992; Horn et al., 1993; Chan и Heenan, 1996; Traoré et al., 2000). Правилна агротехника, примена органских ђубрива и плодореда (Кау, 1990) су предпоставке очувања повољне структуре земљишта.

Физичка својства земљишта и садржај ОМ вишеструко су повезани. Континуиран губитак органске материје намеће потребу увођења нових технологија у савремену пољопривредну производњу (машина, сорти/хибрида, заштите и др.). Због тога се у будућности мора рачунати са променама ОМ земљишта, које ће бити последица усаглашавања система ратарења са агроеколошким условима. Фракционација земљишта и анализа угљеника у појединим агрегатним фракцијама даје значајан допринос у објашњавању утицаја система гајања кукуруза на промене структуре и динамику укупне органске материје. Дезинтеграција структурних агрегата често долази као последица обраде земљишта, али и извођења операција ван оптималне влажности земљишта што доводи до повећања минерализације ОМ. Велик број истраживања је потврдио да постоји позитиван утицај агрегације земљишта на повећање садржаја ОМ (Angers и Chenu, 1997; Besnard et al., 1996; Cambardella и Elliott, 1993; Gale et

al., 2000; Golchin et al., 1995; Jastrow, 1995; Paustian et al., 1997; Six et al., 1999, 2000b; Von Lutzow et al., 2006; Cheng et al., 2009).

Анализа агрегатних фракција након мокрог просејавања земљишта после бербе кукуруза је показала да доминирају микроагрегати (<250 μm) и то на све три истраживане дубине. Највећа заступљеност ситних макроагрегата (<53 μm) је утврђена код ДВС+НПК и НПК варијанти гајења кукуруза, што говори о распрашености земљишта у слоју 0-20 cm. У слоју 20-40 cm повећава се удео макроагрегата (53-250 μm) и процентуална заступљеност је највећа, изузев на варијанти ДВС. У слоју земљишта 40-60 cm изражена је доминација агрегатних фракција 53-250 μm . У све три дубине земљишта (0-60 cm) најмањи је процентуални удео крупних макроагрегата (>2000 μm). Узимајућу у обзир добијене резултате, на испитиваним варијантама огледа земљиште има тенденцију губитка органске материје, јер она није заштићена унутар макроагрегата тј. настајањем крупних макроагрегата (Tisdall и Oades, 1982). Ово је у складу са ранијим истраживањима Chen et al. (2010) који су такође утврдили да је учешће макроагрегата приближно 1% од суве масе земљишта. Иако се ОМ сматра за најважнију везивну материју у земљишту, промене у заступљености водоотпорних агрегата у различитим системима ратарења нису увек условљене њеним садржајем (Baldock et al., 1987). Анализа стабилних структурних агрегата је показала да код плодосмена где је примењиван стајњак и заоравани жетвени остаци није утврђено веће учешће водостабилних агрегата, што је у супротности са нашим очекивањем. То се може објаснити, пре свега, неадекватном агротехником (орање и предсетвена припрема изван оптималне влажности) и стањем парцеле приликом узорковања. Без обзира на примењене третмане каснија обрада земљишта, услови њеног извођења, интензитет и начин у већој мери утичу на удео појединих фракција. Такође, треба узети у обзир да се дејство стајњака модификује, а примарни ефекат на структуру има интензитет и учесталост обраде. Позитиван утицај стајњака на стабилност макроагрегата Wortmann и Shapiro (2008) објашњавају консолидацијом микроагрегата путем свеже органске масе. Skøen (1993) за огледе у Ас (Норвешка) наводи да у поређењу са контролом примена стајњака позитивно утиче на структуру земљишта, док заоравање жетвених остатака даје слабије ефекте. Он сматра да није увек могуће утврдити директну зависност између водо-отпорних агрегата и ОМ, наводећи да ОМ не мора бити једина цементна материја у земљишту, али и

да није увек битна количина већ и квалитет ОМ који се уноси у земљиште. Franzlubbers (2002) сматра да је стварање земљишних агрегата у површинском слоју земљишта условљено присуством биљних остатака који се не инкорпорирају у земљиште, јер они имају заштитну улогу на површини земљишта.

Једно од тумачења смањења учешћа макроагрегата и повећања учешћа микроагрегата на третманима са стајњаком дају Whalen и Chang (2002) наводећи да стајњак садржи значајне количине моновалентних катјона (примарно Na и K), NH₄ и позитивно наелектрисане органске анјоне. Ова једињања су позната по томе што имају могућност дисперзије земљишних колоида и могу допринети распадању крупнијих земљишних колоида (Gillman, 1974; Haynes и Naidu, 1998). Приликом примене органских ђубрива долази до накупљања растворљивих Na, Mg, Ca и њихове расподеле у измењивачком комплексу (Chang et al., 1991; Miller et al., 1999). Предпоставка је да применом стајњака долази до концентровања Na и премештања Ca и Mg, што може довести до дестабилизације крупнијих земљишних агрегата. Такође, једна од могућности која може бити разлог промене у агрегацији земљишта јесте и да земљиште које се налази у товилиштима садржи песак, прах и глину, те се континуираном употребом стајњака у обрадиво земљиште уносе и одређене количине ове подлоге што у дугорочном смислу може утицати на структуру испитиваног земљишта (Gao и Chang, 1996; Miller et al., 1999).

Значајан утицај на формирање макроагрегата може имати и брзина разлагања унетог стајњака. Органски материјали који се разлажу брже могу узроковати рапидно повећање агрегације, али краткорочног ефекта. Насупрот, органски материјали који се разлажу спорије могу произвести мање али дугорочне ефекте у унапређењу агрегације (Khaleel et al., 1981; Sun et al., 1995). Аоуама et al. (1999a; 1999b) сугерише да примена стајњака краткорочно повећава залиху органске материје у земљишту и промовише стварање макроагрегата, док дугорочно посматрано, стајњак може бити трансформисан у органо-минералне комплексе и побољшати стабилност микроагрегата.

Поред обраде земљишта примене стајског ђубрива и заоравања жетвених остатака значајан утицај на стабилност агрегата имају минерална ђубрива. У испитивању Fonte et al. (2009) утицаја ђубрива и биљних остатака на стабилизацију органске материје у земљишним агрегатима установљено је да минерална азотна ђубрива

могу утицати на смањење агрегатне стабилности. Аутори наводе да се утицај минералног ђубрива испољава у правцу повећања микроагрегата што је у складу са добијеним резултатима и на нашем огледу. Ова испитивања потврђују постављену хипотезу и сугеришу да синтетичка ђубрива у односу на агрегацију имају мање изражену, али сличну улогу у поређењу са утицајем обраде земљишта (Six et al., 2000a). Промене у заступљености појединих агрегата могу се приписати убрзаном распаду органских везујућих агенаса у оквиру агрегата, више него утицају механичких сила обраде (Fonte et al., 2009). Такође, стабилност агрегата описана у нашим истраживањима може сугерисати ове промене. Наиме, код третмана са употребом минералног ђубрива, као и минералног ђубрива и стајњака можемо уочити значајније формирање микроагрегата (глина и прах) у односу на макроагрегате у поређењу са контролном варијантом. Поред овог, уочене су и значајне негативне корелације макроагрегата са појединим основним хранивима (укупни и органски фосфор, минералне фракције фосфора, садржај карбоната, рН вредности).

Како су ензимске активности, као и укупна микробиолошка активност, најзначајније управо на третманима на којима су промене агрегатне стабилности агрегата најзаступљеније можемо предпоставити да је хипотеза о распаду везујућих агенаса тачна. Очигледно смањење укупне стабилности као последица уношења минералног ђубрива у супротности је са другим студијама код којих је забележена повећана агрегација након примене ђубрива (Nati et al., 2006). Ова истраживања углавном упућују да је повећање агрегације настало накупљањем органске материје у земљишту сходно повећању употребе минералног ђубрива, односно већем накупљању биомасе која остаје у земљишту путем биљних остатака или консолидацијом микроагрегата путем свеже органске масе (горе наведено). Са друге стране, Sarkar et al. (2003) у пољским огледима проналазе да употреба ђубрива смањује стабилност агрегације упркос повећању надземне масе и значајних количина биљних остатака. У истраживањима Bossuyt et al. (2001) инкубационих огледа, потврђује се смањење агрегације приликом употребе сламе са и без минералног ђубрива.

Поређење укупног садржаја ОМ и диференцијалног садржаја SOC у различитим фракцијама структурних агрегата, показује да макроагрегати (>250 μm) имају значајно већи садржај SOC од укупног садржаја ОМ у земљишту. Сличне резултате износе и De Gryze et al. (2004) поредећи фракције истих

димензија са укупним садржајем ОМ. Према нашим резултатима, на свим парцелама су добијене веће вредности садржаја С у макроагрегатима у поређењу са микроагрегатима. Међутим како макроагрегати имају најчешће мању заступљеност у земљишту, њихов садржај није реципрочан укупном нивоу ОМ у земљишту (Шеремешкић и сар., 2011). Фракције макроагрегата чине приближно 1-4,58% ораничног слоја земљишта у појединачном узорку, изузев контроле на којој постоји знатно више макроагрегата (6-7,8 %). Већи садржај ОМ код макроагрегата сматра се да је последица слепљивања микроагрегата од стране честичне ОМ. Истовремено ОМ која служи као »лепак« у процесу слепљивања микроагрегата је квалитативно лабилнија и налази се на нижем степену хумификације, те је губитак ОМ у земљишту последица минерализације услед нестабилности веза које постоје између микроагрегата. Jastrow (1995) наводи да свежа ОМ, након инкорпорације, прво улази у макроагрегате као "честична" те се тако физичким путем штити од даље разградње и потпомаже формирању стабилних микроагрегата унутар макроагрегата. Dalal и Mayer (1986) су проучавајући утицај обраде на различитим типовима земљишта утврдили већи губитак ОМ из крупнијих честица земљишта које садрже већу количину ОМ. На испитиваним системима ратарења у свим дубинама садржај С се смањује са смањењем величине агрегата. Вредности садржаја С у агрегатима земљишта добијени у нашим истраживањима су у сагласности са истраживањима Elliott (1986), Cambardella и Elliott (1992, 1994), Six et al. (1998, 1999, 2000a), Simpson et al. (2004), John et al. (2005), Wright и Hons (2005), Chen et al. (2010) и др. Када је анализиран садржај С у агрегатима код различитих система ратарења у слоју 0-20 cm утврђено је да примена стајњака утиче на повећан садржај С у макроагрегатима, што потврђују и резултати Huang et al. (2010). У нашим истраживањима позитиван ефекат стајњака на акумулацију ОМ у макроагрегатима је утврђен и на дубини 0-40 cm, док у дубљим слојевима изостаје, јер се стајњак уноси на дубину орања. Gerzabek et al. (2001) коришћењем физичке фракционације земљишта и $\delta^{13}\text{C}$ наводе да се садржај С у агрегатима земљишта пореклом из органског ђубрива пропорционално смањује са величином честица. Sleutel et al. (2006) на огледима Martonvásár и Keszthely констатују већи садржај С у мањим макроагрегатима након примене стајањака доза већих од 40 t ha⁻¹ год⁻¹, односно 35 t ha⁻¹ год⁻¹. Aoyama et al. (1999a) на основу вишегодишњег експеримента са NPK и стајњаком (20 t ha⁻¹ год⁻¹) износи да минерална ђубрива, за

разлику од стајњака, нису утицала на повећање садржаја С у микроагрегатима (250-1000 μm). Tisdal и Oades (1982) наводе да стајњак садржи полисахариде, алифатичне и ароматичне, што потпомаже стварању органо минералних комплекса. Са смањењем величине честица специфична реактивна површина се повећава (Von Lützow et al., 2006) као и период обнављања ОМ (Balesdent et al., 2000), што заједно даје на значају стварању органо-минералних комплекса у земљишту. То практично значи да је величина структурних агрегата директно пропорционална динамичким променама ОМ у њима. Dexter et al. (2008) полазећи од односа $\text{ОМ}/\text{ОС}=1,724$ налазе да 1 g ОМ може везати 5,8 g глине. Ако узмемо да је густина ОМ 1 t m^{-3} , а специфична маса глине $2,75 \text{ g cm}^{-3}$, тада је однос запреминске јединице ОМ и глине 1:2. Међутим и поред евидентног везивања свеже органске материје за честице праха и глине и стварања органо-минералних комплекса, треба напоменути да њихов садржај није у директној корелацији са укупним садржајем ОМ (Hassink, 1997). Из тога произилази да „секундарни“ или „терцијарни“ облици удруживања, односно макро структура, у већој мери утичу на садржај органске материје у земљишту од садржаја С у органо-минералним комплексима са појединачним - елементарним честицама, због тога што је ОМ у њима већим делом недоступна микроорганизмима.

Поред снажног утицаја агрегације на садржај угљеника, формирање земљишних агрегата има значајан утицај и на сорпцију и биодоступност фосфора у земљишту. Дистрибуција фосфора и његових форми у односу на фракције агрегата може зависити од типа и врсте ђубрива које се примењује, као и начина управљања земљиштем-пољоривредном праксом (Bhatnagar et al., 1985; Whalen и Chang, 2002; Green et al., 2005). Поред тога, везивање фосфора за земљишне агрегате у директној је спрези са величином земљишних честица (Wiersum, 1962; Hao et al., 2004; Linqvist et al., 1997; Whalen и Chang, 2002). Већина истраживања примене стајњака и садржаја фосфора у агрегатним фракцијама говоре у прилог повећане концентрације укупног С, N, и P у макроагрегатима ($>0.25 \text{ mm}$) у односу на микроагрегате (Bhatnagar et al., 1985; Bhatnagar и Miller, 1985; Mbagwu и Piccolo, 1990; Aoyama et al., 1999). Наши резултати су у складу са овим истраживањима. Међутим, у другим истраживањима наводе се различити резултати, већа концентрација органског С, као и укупног P у микроагрегатима ($<0.1 \text{ mm}$) него у макроагрегатима (He et al., 1995; Wan и El Swaify, 1996; Maguire et al., 1998).

Наша истраживања показују да садржај фосфора у појединим фракцијама агрегата прате садржај органског угљеника што је у складу са позитивним корелационим односом ових испитиваних компоненти (табела 30). У погледу обезбеђености фосфором истичу се третмани са употребом стајњака у готово свим испитиваним структурним агрегатима, а третман ДВС+НПК карактерише се највећим вредностима како у свим величинама агрегата, тако и по дубини земљишта. До сличних закључака дошли су и Whalen и Chang (2002) који наводе да се садржај укупног фосфора и угљеника повећава са повећањем количине унетог стајњака. Значајно је нагласити да се, као и у случају органског угљеника, вредности у погледу садржаја фосфора разликују искуључиво на првим и дубинама испитивања (0-20 и 20-40 cm) односно зони обраде земљишта и депоновања хранива.

Код дубине земљишта 40-60 cm карактеристично је одсуство значајности садржаја P у структурним агрегатима, као и код већине испитиваних параметара. Овакав распоред по дубини земљишта је очекиван обзиром да је повећање садржаја укупног C, N и P уношењем стајњака значајно у ораничном слоју земљишта до 30 cm (Chang et al., 1991; Chang и Janzen, 1996; Miller et al., 1999; Whalen и Chang 2001).

Обогаћивање фракција агрегата са елементима C, N и P и њихов однос у појединим фракцијама можемо донекле тумачити хијерархијским моделом организације структурних агрегата (Tisdall и Oades, 1982). Овај модел тумачи формирање земљишних агрегата кроз процес флокулације (таложење честица/пахуљичење) микроагегата при чему долази до настајања макроагегата. По овом моделу, највећи макроагегати садрже веће количине OM и хранива. Како се овај модел у нашем истраживању делимично објашњава дистрибуцију C и P по фракцијама агрегата додатно објашњење можемо пронаћи у алтернативном прегледу организације агрегата (Oades, 1984; Elliott и Coleman, 1988) који објашњава да се након формирања макроагегата настали микроагегати унутар њих стабилизују. Распадањем ових макроагегата механичким путем (обрада земљишта) или хемијским агенсима (ђубрива) ослабађају се мањи агрегати као и микроагегати који садрже нерастворена хранива и OM пореклом од иницијалног макроагегата (Gale et al., 2000b; Six et al., 2000b). Ова хранива и OM у појединим микро и малим агрегатима могу постати оклудавани и неприступачни микроорганизмима доводећи до стабилизације и обогаћења истих.

6.5. САДРЖАЈ МИКРОЕЛЕМЕНАТА И ТЕШКИХ МЕТАЛА У ЗЕМЉИШТУ

Земљишта садрже различите концентracије микроелемената (МЕ) и тешких метала (ТМ), што је условљено низом чинилаца. Њихов садржај у земљишту првенствено зависи од матичног супстрата и типа земљишта. Према ISO речнику (СРПС ISO 11074-1:2001) ова концентрација је названа *фонска концентрација* и дефинисана је као просечна концентрација супстанце геолошког и педогеног порекла у испитиваном земљишту.

Приказивање резултата извршено је по испитиваним дубинама, у односу на укупан и приступачан садржај. Основни разлог за овакав начин приказивања статистичких значајности је тај што се максимално дозвољене концентрације микроелемената и тешких метала – МДК (Сл. Гл. РС 23/94) односе на површински слој земљишта. Укупни садржај МЕ и ТМ се често аналитички одређује разарањем земљишта са јаким минералним киселинама. У ову фракцију спадају метали који се налазе у примарним и секундарним минералима, у облику теже растворљивих соли, у орoано-минералним комплексима, у адсорбованом облику и у земљишном раствору, али не и садржај метала који је везан за силикатне форме. Смеша јаких минералних киселина нераствара силикате и силикатне комплексе, па се у литератури овај садржај често назива псеудоукупни. Разарање силиката земљишта врши се са флуороводоничном киселином. Укупни садржај је параметар за који се прописује МДК у законодавним актима.

Према важећем Правилнику о дозвољеним количинама опасних и штетних материја (МДК) у пољопривредном земљишту (Сл. Гл. РС 23/94) као опасне материје означени су: Cd, Pb, Hg, As, Cr, Ni и F, а као штетне: Cu, Zn и В.

Неки од ових елемената су у групи неопходних елемената (Cu, Zn, Co...) и есенцијални за биљне и животињске организме, али истовремено у великим концентрацијама, могу бити токсични по живи свет. Главни извор ових елемената за биљке представља земљиште, било да су они у улози нутријента или токсиканта. Из овог разлога је веома важно познавати садржај и дистрибуцију микроелемената и тешких метала у земљишту.

Ђубрива су често извор контаминације пољопривредног земљишта тешким металима (Kabata-Pendias и Pendias, 2001; Dach и Starmans, 2005). Контаминација земљишта овим елементима представља први корак при њиховом укључивању у

ланац исхране (He et al., 2005). Будући да су тешки метали изразито постојани загађивачи који се снажно везују за поједине фракције земљишта, редовна употреба ђубрива може да доведе до њихове акумулације у ораничном слоју земљишта (Chang и Page, 2000; Nicholson et al., 2003). Насупрот, истраживања Сакмак et al. (2010) на стационарном огледу Младеновац (гајњача), након вишегодишње примене фосфатних минералних ђубрива (50 година), наводе да се садржај МЕ и ТМ у земљишту налазе испод МДК вредности без потенцијалне опасности од загађења пољоривредног земљишта.

У групи неорганских ђубрива, највећа концентрација тешких метала се налази у фосфатној стени која се користи као сировина за производњу фосфатних ђубрива (US EPA, 1999, Otero et al., 2005). Садржај тешких метала у фосфатној стени варира у зависности од њеног порекла (Nziguhebe и Smolders, 2008; Sabiha-Javied et al., 2009; Molina et al., 2009), а посебно високе могу бити концентрације Cd и As које могу достићи вредности од 170 mg/kg (Cd) односно 1200 mg/kg (As) (Kabata-Pendias и Pendias, 2001). У групи органских ђубрива, у стајњаку и компосту се често могу наћи повишене концентрације тешких метала, посебно Cd који води порекло од минералних адитива у сточној храни (Gupta и Charles, 1999; Nicholson et al., 1999).

Да би се спречило нагомилавање тешких метала у пољопривредном земљишту многе земље су законски дефинисале максимално дозвољене концентрације тешких метала (МДК) у ђубривима, као и максималне количине тешких метала које се могу унети у земљиште заједно са ђубривима (Canadian Food Inspection Agency, 1997; California Code of Regulations, 2001; AAPFCO, 2007). У нашој држави су дозвољени садржаји тешких метала у ђубривима, као и МДК тешких метала које се могу унети у земљиште са ђубривима дефинисане Правилником (Службени гласник РС број 78/2009).

Код већине посматраних параметара уочава се правилна расподела. Односно, разлике између прве две дубине нису изражене, док трећа дубина (40-60 cm) има значајно ниже вредности, што је у складу са дистрибуцијом микроелемената и тешких метала у незагађеним земљиштима (Kabata-Pendias и Mukherjee, 2007). У читавом истраживању од анализираних укупно 324 узорак земљишта, ни у једном узорку није детектован садржај кадмијума (Cd), односно његов садржај је био испод границе детекције примењене методе од 0,5 mg/kg. Обзиром на чињеницу да је примарни извор загађења овим елементом фосфатно

ђубриво, можемо извести закључак да је примена минералних ђубрива у овом вишегодишњем огледу није утицала на садржај овог елемента. У прилог овоме иду и истраживања Зеремски-Шкорић и сар. (2010), који наводе да према досадашњим истраживањима у нашој земљи, као и на основу анализе 119 неорганских и органских ђубрива која су била у примени у Републици Србији, садржај тешких металаније прелазио МДК вредност у свим анализираним неорганским ђубривима. Такође, аутори бележе да је просечан (теоријски) унос тешких метала у земљиште у Србији, под претпоставком да се годишње по хектару примени 20 kg P₂O₅, нижи од европског просека и близак подацима за Финску и Данску.

У површинском слоју земљишта, ниједан од испитиваних елемената не прелази МДК за пољопривредно земљиште. Сви посматрани МЕ и ТМ имају, генерално, униформни садржај у слоју земљишта 20-40 cm у односу на површински слој, што потврђује да не постоји антропогено загађење. Дистрибуција укупног садржаја МЕ и ТМ је униформна у земљиштима насталим на растреситим седиментима, као што је лес или песак (Mitchell, 1964). На дубини 40-60 cm јасно се уочава смањење укупног садржаја МЕ и ТМ у односу на испитиване слојеве земљишта 0-40 cm, што је у складу са дистрибуцијом микроелемената и тешких метала у незагађеним земљиштима (Kabata-Pendias и Mukherje, 2007).

Сви посматрани третмани у односу на контролу на дубини земљишта 0-20 cm, где је уочена статистички значајна разлика (у 18 случајева), имају мањи садржај појединих МЕ и ТМ, осим у једном случају за садржај бакра код третмана ДВС+НРК. Оваква дистрибуција метала је последица дугогодишњег изношења појединих МЕ и ТМ приносом. Добијени резултати истраживања су у складу и са предходним истраживањима Зеремски-Шкорић и сар (2010), где је доказано да примењена ђубрива у Републици Србији нису оптерећена тешким металима и да је просечан унос тешких метала у земљиште у Србији, нижи од европског просека. Иако је загађење земљишта тешким металима пореклом од примене ђубрива добро документовано, постоје истраживања у којима није потврђен овај утицај (Zhang et al., 2006).

Садржај Со је на уобичајеном нивоу за војвођанска земљишта, будући да се кобалта у земљишту Баната, у заштићеним природним добрима, креће у интервалу од 7,6 до 17,2 mg/kg (Бранков и сар., 2006). Укупан садржај мангана у

земљишту је пореклом из матичног супстрата. Све стене у Земљиној кори садрже манган у концентрацијама које су уопштено веће од свих других микроелемента, осим гвожђа. За садржај Mn, као и за садржај Co не постоје посебно прописани критеријуми МДК за земљиште. Садржај Ni је нешто виши у односу на просек за војвођанска земљишта према литератури, који износи 17,8 mg/kg (Убавић и сар., 1993). Међутим, према истраживањима Mrvić et al. (2013), просечан садржај никла у земљиштима типа чернозем износи 32,0 mg/kg. Садржај цинка у целом истраживању је виши у односу на раније утврђен просек за војвођанска земљишта од 60,3 mg/kg (Убавић и сар., 1993).

Према укупном садржају бакра статистички значајна разлика постоји само између третмана ДВС+НРК и осталих анализираних третмана, изузев третмана НРК+стајњак. Укупни садржај бакра је нешто виши у односу на просечан садржај у војвођанским земљиштима од 17 mg/kg (Убавић и сар., 1993). Будући да се бакар додаје као адитив сточној храни, примена органских ђубрива са оваквих фарми, такође може оптеретити земљиште са Cu (Skrivan et al., 2006). Према Alloway (1995) висок садржај Cu у површинском слоју земљишта (будући да је бакар веома тешко покретљив кроз земљиште), указује на контаминацију земљишта: из топионица, употребом минералних ђубрива, отпадних муљева, фунгицида и бактерицида, као и применом органског ђубрива са свињских и пилећих фарми где се бакар користио као суплемент при исхрани животиња.

Као што је већ наведено, садржај кадмијума није детектован ни у једном анализираном узорку, са границом детекције примењене аналитичке методе од 0,5 mg/kg. Szalai et al. (2002) наводе да ротација усева и унос хранива (посебно фосфора) није имало значајности на садржај кадмијума у земљишту. Основни разлог јесте да су сирови фосфати који су најчешће извор кадмијума увожени из бившег Совјетског Савеза односно руде фосфата која у себи садржи најмањи садржај овог елемента. Генерално посматрајући, за укупни садржај Cr, As и Pb добијене су релативно блиске вредности између третмана. Садржај ова три тешка метала је на уобичајеном нивоу за војвођанска земљишта према литератури (Убавић и сар., 1993).

Проблеми оптрећености земљишта тешким металима најчешће су последица прекомерне употребе минералних и органских ђубрива. Сходно овоме, њихова повећана концентрација карактеристична је за земљишта са

интензивном и високопрофитабилном производњом, што је у нашим агроеколошким условима карактеристично за повртарске и неке воћарске културе (Богдановић и сар., 2004). Повећану акомулацију ТМ, најчешће Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, As, као и Hg, нарочито бакра и цинка, забележена је на земљиштима са континуираном историјом гајења повртарских култура (отворено поље и затворени системи) (Wu, 2001; Huang и Jin, 2007).

Постоји више фактора који утичу на мобилност и приступачност метала у земљишту, генерално они су геохемијског, климатског и биолошког порекла (Kabata-Pendias, 2004). Трансфер тешких метала из земљишта у биљке је део хемијског кружења елемената у природи. То је веома сложен процес који зависи од бројних фактора било да су они природни или антропогени (Kabata-Pendias и Mukherje, 2007).

Током последње три деценије истраживања, недвосмислено је доказано да познавање укупног садржаја метала у животној средини није довољан податак за поимање геохемијских (мобилност, реактивност) и биолошких (приступачност, токсичност) особина метала (Kabata-Pendias, 2004; Pueyo et al., 2004; Zemberyova et al., 2006; Menzies et al., 2007). Из овог разлога, данас се непрестано развијају и примењују нове софистициране методе: унапређене технике узорковања земљишта, инструменталне аналитичке технике и математичко моделирање.

Постоје извесне недоумице у научној литератури око дефинисања термина приступачност. У домаћој литератури се поред израза приступачност, често користе и термини као што су биодоступност и лакаприступачност. Приступачност је концепт који је још увек тешко квантификовати, па самим тим и дефинисати. У литератури се приступачност третира у већој мери квантитативно, као део укупног садржаја МЕ и ТМ у земљишту који може бити усвојен кореновим системом посматране биљне врсте. Према ISO речнику (СРПС ISO 11074-1:2001) израз приступачност биљкама је дефинисан као способност неких супстанција да се премештају из земљишта у биљку, уз напомену да приступачност зависи од бројних фактора као што су услови земљишта, својства супстанције и природа биљке.

Садржај приступачних микроелемената и тешких метала често се одређује екстракцијом са ЕДТА. Фракције МЕ и ТМ са ЕДТА представљају: водорастворљиву фракцију, измењиву и удружену са карбонатима (Ramos, 2006).

Примена ЕДТА (етилен-диамино-тетра-сирћетна-киселина) је најстарија метода у погледу употребе хелатних агенаса за анализу микронутријената у земљишту и користи се од 1955. године (Peeverill et al., 1999). Хелатни агенси редукују активност слободних металних јона у раствору, тако што стварају растворљиве метал-хелатне комплексе. Количина екстрахованог метала помоћу хелатног агенса је функција два фактора: концентрације метала у земљишту и његове доступности. Из овог разлога, хелатни агенси могу симулирати природан процес уношења метала кореновим системом, односно могу се користе за одређивање приступачне концентрације метала. Хелатни агенси су најчешће пуферовани близу неутралне реакције земљишта (око рН 7,3) да би се онемогућила растворљивост карбоната који могу да садрже недоступну фракцију метала (Peeverill et al., 1999).

Садржај приступачних МЕ и ТМ је у високој корелацији са укупним садржајем, што је у складу са литературним наводима (Brun et al., 1998). Највеће и најмање вредности приступачних тешких метала на дубини 0-20 cm се разликују између испитиваних третмана. Највеће вредности за приступачан кобалт, манган, цинк и алуминијум су забележене на контролном узорку. У другом слоју земљишта, садржај МЕ и ТМ лагано опада, односно смањује се њихова приступачност биљкама у односу на површински слој. На дубини 20-40 cm највеће и најмање вредности се разликују између испитиваних третмана. Највеће вредности за већину приступачних тешких метала су забележене на третману НРК+стајњак. Објашњење можемо тражити у реакцији земљишта и садржају слободног калцијум карбоната. Према утврђеном мишљењу токсичност и мобилност тешких метала је већа у киселим земљиштима. На основу овог тумачења, процес десорбције тешких метала опада са растом рН вредности, услед ирверзибилног везивања тешких метала стварањем комплексних једињења, и обрнуто, при смањењу рН вредности, опада процес апсорбције тешких метала и повећава се њихова токсичност услед растварања органске материје (Alloway, 1995; Adriano, 2001; Kabata-Pendias и Pendias, 2001; Kabata-Pendias, 2004).

На основу навода истих аутора, висок садржај калцијум карбоната у земљишту смањује приступачност тешких метала, будући да се они специфично адсорбују на карбонате. У карбонатним земљиштима, токсичност тешких метала се знатно смањује будући да се они најчешће таложе у облику хидроксида или карбоната.

У трећем слоју земљишта, садржај МЕ и ТМ нагло опада у односу на горње анализиране слојеве земљишта 0-20 и 20-40 cm, што је у корелацији са укупним садржајем МЕ и ТМ. У земљишту As, Cd, Cu, Hg, Pb и Zn се налазе концентрисани у површинским хоризонтима као резултат њиховог рециклирања преко вегетације, атмосферског талога и адсорпције од стране органске материје земљишта (Kastori, 1997). Такође, у литератури се могу пронаћи различити резултати у погледу садржаја цинка утицаја ђубрива и повишених концентрација фосфора. Наши резултати у сагласности су са резултатима Манојловића и сар (1983) који наводе да високе дозе фосфора додатог кроз ђубрива не смањују садржај приступачног цинка на земљишту типа чернозем под усевом кукуруза. Насупрот резултатима (Norvell et al., 1987; Миал и Миал, 1990) који наводе да висок садржај фосфора у земљишту утиче на смањени садржај цинка.

У слоју земљишта 40-60 cm приступачни садржај метала Co, Mn, Ni, Fe и Al је повишен у третману ДВС и издваја се како од контроле, тако и од осталих третмана. Повећана приступачност појединих метала у овом третману је последица механичког састава земљишта. У овом слоју земљишта утврђене су статистички значајне разлике у нижем садржају ситнијих фракција земљишта (глине и праха) на рачун крупнијих механичких елеманата (крупног и ситног песка) у третману ДВС са контролом. Будући да су механички елементи примарни у приступачности појединих метала (Kabata-Pendias, 2004), у овом случају је смањена могућност везивања појединих МЕ и ТМ за честице глине и праха, те је повећана њихова приступачност.

Према поређењу свих пет примењених третмана ђубрења са контролом, садржај приступачних метала је доминатно нижи. Од 22 утврђене статистички значајне разлике примењених третмана у односу на контролу, у површинском слоју земљишта приступачни садржај МЕ и ТМ (на дубини 0-20cm), у 20 поређења, земљиште где су примењивани третмани ђубрења имају нижи садржај појединих метала од контроле. Забележен је једино нешто виши садржај приступачног гвожђа у третману NPK+стајњак и бакра у третману NPK+кукурузовина у односу на контролу. У слоју земљишта 20-40 cm постоји 16 утврђених статистички значајних разлика између примењених третмана и контроле, од чега је једино приступачни садржај гвожђа у третману NPK+стајњак виши у односу на контролу, док сви остали третмани имају нижи садржај појединих МЕ и ТМ. Оваква дистрибуција метала је последица дугогодишњег

изношења појединих МЕ и ТМ приносом, као што је већ наведено за укупни садржај МЕ и ТМ у земљишту. На основу табела 29-30, као и графикана 18, принос у свим примењеним третманима ђубрења је неколико пута виши у односу на контролу. Изношење из земљишта појединих МЕ и ТМ путем гајених биљних врста, односно транслокација метала из земљишта у биљне врсте је веома добро документована и опште прихваћена чињеница (Singh и Agrawal, 2007; Carbonell et al., 2011), која се потврђује и овим истраживањем.

У пракси дијагностика садржаја хранива у листу примењује се дужи временски период. Основни принцип на којем се заснива ова хемијска анализа јесте чињеница да се стање плодности земљишта директно одражава на хемијски састав биљака. Резултати фолијарне анализе показују само тренутни статус, концентрацију елемената у биљци, на основу којих је могуће извести закључке о потребама врсти и количини примењеног ђубрива. Садржај елемената у биљци преваходно зависи од фазе у којој се биљка налази и места (део биљке) узорковања.

Остварене вредности садржаја основних и корисних хранива и као микроелемената у листу испод клипа кукуруза током свилања по свим испитиваним елементима варирају у опсегу нормалних вредности за овај посматрани период (Cornforth и Steele 1981; Jones и Eck, 1973). Највећи садржај основних хранива (NPK) у листу кукуруза карактеристичан је за третмане у којим су заједно заступљена минерална и органска ђубрива. На третманима (NPK и NPK +кукурузовина) карактеристичне су статистички значајно највеће концентрације Mg, Ca, Na и појединих МЕ. Како се ради о третманима са ниским до средњим садржајем NPK хранива у земљишту и значајно већим приносом у односу на контролну варијанту, можемо предпоставити да је усвајање Mg, Ca, и Na представља компензацију недостатка примарних хранива. Оваква обезбеђеност хранивима у листу може бити и последица антагонистичног дејства калијумвог и фосфоровог јона. Познатао је да је калијум јак антагониста са Mg, Ca, и Na и може утицати на смањено усвајање ових хранива (Mengel, 2007). Parsons et al. (2007) налази значајно смањење усвајања калцијума на третманима са употребом стајњака код пшенице као и Leytem et al. (2011) на кукурузу. Негативан утицај фосфора на садржај цинка у биљкама у литератури је добро познат (Adriano et al., 1971; Christensen и Jackson, 1981; Singh et al., 1986). Међутим, истраживања (Raj и Gupta, 1986; Wong et al., 1999; Pagliari et al., 2009; Leytem et al., 2011) потврђују

повећан садржај цинка сходно употреби стајњака и приписују га садржају у стајњаку или органским киселинама из стајњака преко којих цинк може бити усвојен као хелатни агенс (Stevenson и Ardkani, 1972; García-Mina et al., 2004).

На садржај испитиваних елемената у листу највећи ефекат испољили су примењени третмани ђубрења, док је утицај генотипа био мање изражен.

6.6. ПРИНОС, КОМПОНЕНТЕ ПРИНОСА И МОРФОЛОШКЕ ОСОБИНЕ КЛИПА КУКУРУЗА

Принос представља агрономски показатељ којим најчешће долазимо до сазнања у којој мери је примењена агротехника усклађена са агроеколошким условима који владају на месту производње. Због тога анализа приноса у дужем временском периоду може представљати показатељ одрживости производње.

Потребне количине ђубрива неопходне за постизање економски оправданих приноса варирају и условљене су климатским условима, својствима земљишта, генотипским карактеристикама и технологијом производње (Богдановић и сар., 1998). Посматрањем приноса по различитим годинама истраживања уочава се висока зависност у односу на вегетационе падавине. Анализирајући принос кукуруза на вишегодишњем стационарном пољском огледу, Маринковић и сар. (2005) наводе да су временски услови имали велики утицај на испољавање ефекта ђубрења. Наша истраживања такође потврђују ову констатацију. Врло интересантан податак представља разлика у приносу између појединих третмана у годинама са малом количином падавинама. Наиме, у овим периодима истичу се варијанте пореклом са двопоља у којим предњачи третман са минералним и органским ђубривом. Значајно веће приносе на овим третманима можемо приписати позитивном синергичном утицају стајњака, минералног ђубрива и плодосмене. Wang et al. (2001) наводе да уношење стајњака индиректно утиче на побољшање структуре земљишта и режима влажности. Такође, Богдановић и сар. (2001) наводе да примена одговарајућих доза и односа NPK хранива може ублажити неповољан ефекат суше, јер је уочено да хармонична минерална исхрана смањује транспирациони коефицијент биљака, односно смањена је потрошња воде за синтезу јединице суве материје. Шеремешкић (2009) потврђује позитиван ефекат ђубрења и плодосмене код система дуготрајних огледа. Такође, ови третмани у погледу приноса доминирају кроз читав период

посматрања (30 година) захваљујући високој плодности земљишта. Поред утицаја на физичке особине земљишта органска материја може обезбедити основне, као и друге хранљиве материје које поспешују раст корена, као и само усвајање фосфора (Hunt, 2006).

У години испитивања, као и у вишегодишњем периоду посматрања, далеко најнижи принос испољила је варијанта контрола на монокултури кукуруза. Бројни резултати потврђују чињеницу остварених резултата на контролном третману повезивајући пад приноса и смањену могућност очувања садржаја ОМ (Franzlubbers et al., 1994; Varvel et al., 2002). У појединим годинама испољавање ефекта плодородне ротације (монокултуре) тесно је повезано са количином падавина (нарочито пролећним), појавом корова и способношћу земљишта да након примењених агротехничких мера ефикасно управља водним режимом (Halvorson et al., 2002). Истовремено на контролној варијанти забележени су врло ниски параметри плодности земљишта, што се у највећој мери одразило на принос кукуруза. Од свих елемената плодности највеће варирање међу третманима региструје се по питању фосфора. Садржај лакоприступачног калијума ни на једној варијанти не представља ограничавајући фактор обзиром да је најнижа вредност забележена на контролном третману, а његове вредности означавају оптималну обезбеђености земљишта за ратарске културе. Осиромашење земљишта са калијумом било је споро, јер су резерве калијума из земљишта постепено ослобађане (Füleky, 2005). Из овог можемо претпоставити да је један од главних параметара раздвајања по питању приноса садржај фосфора у земљишту. Поред фосфора, садржај азота у земљишту може значајно утицати на остварене разлике у приносу између различитих третмена. Ово потврђују и наши резултати обзиром да је на варијантама ДВС и ДВС+НПК утврђен највећи садржај укупног азота као и највећи остварени принос. Nel et al. (1996) у испитивању ефекта појединих основних хранива и примене стајњака (50 година) наводе да је саржај фосфора у земљишту високо сигнификантно повезан са оствареним приносом, као и да се најјачи ефекат испољио на крају посматраног периода, што је такође у сагласности са нашим резултатима.

Примена минералног НПК ђубрива у нашим испитивањима значајно се одразила на принос у односу на контролни третман. У 2010. години принос на третманима монокултуре НПК и НПК+курузовина задовољавајући је и варира у распону 8,5-9 t/ha што је карактеристично и за вишегодишњи тренд. Xu et al.

(2008) у дугорочном испитивању утицаја различитих норми ђубрења при ротацији усева пшеница/кукуруз наводе значајно повећање приноса на третманима са NPK ђубривом, као и NPK и курузовином. Наводећи да је примена азота и фосфора есенцијална у смислу остваривања високих и стабилних приноса ових култура на земљиштима са високом природном обезбеђеношћу лакоприступачним калијумом.

Значајан принос остварен је на третману двопоље са искључивом применом стајњака (ДВС). Како је на овој варијанти примена минералних ђубрива потпуно изостављена дужи временски период можемо је, у случају ђубрења, слободно поистоветити са органским концептом производње. Како се од њега статистички значајно разликује само третман ДВС+NPK као најприноснији од свих, индикативно је да искључива примена стајњака и минимална ротација усева кукуруза и јечма након 40 година испитивања може утицати на побољшање плодности земљишта уз остварење задовољавајућег приноса. У литератури постоје бројни наводи о утицају уношења органске материје на одржање плодности земљишта. Оно се највише огледа у побољшању структуре земљишта и ретенције влаге. Поред овог значајан утицај бележи се у обезбеђивању додатних хранива као и способности смањивања капацитета сорпције фосфота у земљишту (Nagarajah et al., 1970; Oades, 1984; Buresh et al., 1997; Vanlauwe et al., 2001; Cong и Merckx, 2005).

Ослањање на органске изворе хранива представља главну окосницу органског начина производње. Основни ограничавајући фактор ове производње представља низак приступачан ниво азота у земљишту који је најодговорнији за нижу продуктивност у односу на конвенционалне системе (Berry et al., 2002; Dawson et al., 2008). Међутим, ако се предпостави да разлика у примени азота представља разлику између третмана са и без примене минералног ђубрива на варијантама двопоља онда разлика у приносу од око 600кг/ha не представља значајно смањење, нарочито у економском смислу. Минерализациона способност земљишта типа карбонатни чернозем на којем је оглед изведен значајно може допринети искоришћавању азота у годинама са добрим распоредом падавина, као нпр. 2010. година. Максимална минерализација у нашим условима је крајем маја или почетком јуна, у зависности од временских услова (Богдановић, 1985). Током лета, услед недовољне влажности и високих температура микробиолошка активност се смањује, да би у септембру постигла други максимум. Латковић

(2009) наводи да у појединим годинама минерална способност земљишта може подмирити значајне количине потреба кукуруза за азотом. Количина нитратног азота по дубини земљишта директно зависи од процеса минерализације, а на чије одвијање утичу бројни чиниоци: састав и квалитет органске материје која се минерализује, влага, температура, рН вредност, садржај других неопходних макро и микроелемената, обрада, примена органских и минералних ђубрива, микроорганизми у земљишту, присуство биљака и др. (Derby et al., 2005; Ma et al., 2005, 2006; Bogdanović et al., 2010). Садржај укупног N директно је условљен садржајем органске материје у земљишту, која је његов најважнији резервоар (Brady и Weil, 2002) као и микробиолошком активношћу.

У зависности од примењених система ђубрења у односу на масу 1000 зрна испољене су значајне статистичке разлике. Највећа маса забележена је на третманима на којима је извршена примена стајњака (монокултура и двопоље 352,6 g и 361,7 g) а најмања на контролном третману (264,7g маса 1000 зрна). Такође, установљене су значајне разлике између посматраних хибрида. Према резултатима Максимовић (1997) ђубрење може знатно утицати на повећање масе 1000 зрна, и може имати непосредан утицај на повећање приноса од чак 30-40%. Највећа вредност масе 1000 зрна забележена је код хибрида НС 4015 (339,5 g), а најмање код хибрида НС 6010 (289,7g). Условљеност масе 1000 зрна у зависности од генотипа установили су и Обрадовић (1990) и Живановић (2005). El-Kholу et al. (2005) бележе да се принос зрна кукуруза налази у позитивној и значајној корелацији са висином биљке, висином стабла до клипа, масом клипа, дужином клипа, пречником клипа и масом зрна по клипу, као и у слабој корелацији са бројем редова зрна на клипу и бројем зрна у реду.

Дужина клипа кукуруза као квантитативна морфолошка особина је компонента родности која је у високој корелацији са приносом зрна кукуруза. У погледу овог својства између проучаваних третмана постоје статистички значајне разлике. Највеће вредности дужине клипа карактеристичне су за третмане пореклом са двопоља (ДВС+НРК 17,4 cm и ДВС 17,6 cm), а најмања вредност ове особине забележена је на третману контрола. У погледу генотипа статистички значајне разлике забележене су између хибрида НС 4015 као највећа вредност (18,9 cm) и осталих хибрида, док су најмање вредности забележили хибриди НС 6030 и НС 5043 (15,3 cm). У истраживањима Xu et al. (2008), истичу да је принос

зрна по биљци у високој корелацији са дужином клипа, бројем зрна у реду и пречником клипа.

Број редова зрна на клипу представља примарну компоненту приноса. Ово својство у највећој мери варира под утицајем генетичких фактора. У нашем истраживању нису утврђене значајне разлике између третмана различитих система ђубрења. Статистичка разлика у односу на све остале варијанте посматрања испољена је код контролног третмана као најмања вредност (13,0). Насупрот ова компонента приноса бележи значајно статистичко раздвајање између генотипова. Код хибрида НС 4015 забележен је најмањи број редова (11,7) насупрот хибрида НС 5043 код којег број редова зрна на клипу кукуруза износи 16. Пречник клипа кукуруза показује индентична кретања између третмана као и особина број редова зрна. Статистички значајно најмања вредност регистрована је на контролној варијанти (3,6 cm), док остали третмани нису показали статистички значајно раздвајање. Између посматраних генотипова постоје сигнификантне разлике. Највећи пречник клипа забележен је код хибрида НС 7020 (4,60 cm), а најмањи код хибрида НС 4015 (3,67 cm).

Број зрна у реду је особина клипа која је значајно варира у зависности од система ђубрења. Највеће вредности карактеристичне су за третмане пореклом са двопоља и статистички се разликују од свих осталих третмана (ДВС 37,4; ДВС+НРК 35,9). Најмања вредност забележена је код контролног третмана и износи 24,3 зрна. Статистичке разлике бележе се и између појединих генотипова. Највећа вредност карактеристична је за хибрид НС 4015 (34,2) а најмања за хибрид НС 7020 (28,6). На ову особину значајан утицај имају агроколошки услови, густина гајења и сам генотип што потврђују истраживања Срдића и сар. (2008). Такође, ђубрење може значајно утицати на број зрна у реду клипа (Шупут и сар., 1979).

7. ЗАКЉУЧАК

На основу добијених резултата експерименталних истраживања која се односе на испитивање утицаја вишегодишње примене различитих система гајења кукуруза на дистрибуцију и облике фосфора у карбонатном чернозему могу се извести следећи закључци:

- Вишегодишња примена минералних и органских ђубрива различито се одразила на садржај хумуса и укупног азота. Највећи садржај органске материје је добијен на варијанти двопоља са стајњаком и минералним ђубривима. Статистички значајно веће вредности садржаја органске материје утврђене су на варијантама ДВС+НПК, како у слоју 0-20 cm тако и 20-40 cm, у односу на друге системе гајења кукуруза. На свим парцелема утврђен је негативан тренд садржаја органске материје, тј. губитак у поређењу са вредностима пре постављања огледа.
- У погледу реакције земљишта и садржаја калцијум карбоната у варијанте у систему двопоља и континуиране примене стајњака налазе се на нивоу пре постављања огледа у нешто алкалнијој средини. Статистички значајно ниже рН вредности утврђене су на све три варијанте без употребе стајњака. Са повећањем дубине повећава се и рН вредност на свим испитиваним варијантама. Промена реакције земљишта по дубини у директној је вези са садржајем карбоната.
- Примена минералних и органских ђубрива различито се одразила на садржај лакоприступачног калијума након четрдесет година. Карактеристично за све третмане јесте да се вредности калијума по дубини анализираних слојева разликују само за дубину 40-60 cm, док су дубине земљишта 0-20 и 20-40 cm у врло сличним односима. Контрола и третмани са уношењем искључиво минералних ђубрива имају нижу вредност лакоприступачног калијума у односу на стање пре постављања огледа иако се његова вредност на овим варијантама задржала у опсегу оптималне обезбеђености.

- На контролном третману, третману NPK и NPK+кукурузовина измерено је значајно смањење лакоприступачног фосфора (AlP_2O_5) у односу на стање пре постављања огледа. Највећа вредност лакоприступачног фосфора забележена је на третману двопоље са органским и минералним ђубривом на свим посматраним дубинама. Редослед варијанти у зависности од обезбеђености лакоприступачним фосфором има следећу распоред: ДВС+NPK > стајњак+NPK > ДВС > NPK+кукурузовима и NPK > контрола. Резултати садржаја лакоприступачног фосфора остварени на третману двопоље стајњак, указују на одрживост фосфора у систему производње без минералних ђубрива на истом нивоу као и у тренутку постављања огледа пре 40 година. Ово може бити интересантан индикатор за органски начин производње.
- Садржај укупног фосфора значајно варира у испитиваним третманима, као и по дубини посматрања. Повећање укупног садржаја фосфора у односу на контролну варијанту износи од 23% (третмани NPK; NPK кукурузовина) до 70% на третману двопоље стајњак са минералним ђубривом. Варирање садржаја укупног фосфора током периода посматрања показује сличан распоред као и динамика приступачног облика фосфора. Највеће вредности код свих третмана карактеристичне су за месец мај и јун и могу се објаснити повољнијим условима за минерализацију, односно трансформацију једињења фосфора из органске материје створене у предходној вегетацији или прерасподелом фосфора из дубљих у површинске слојеве земљишта кореном биљака.
- Измерене вредности садржаја органског фосфора по испитиваним третманима у складу су са вредностима укупног фосфора. Највећи садржај забележен је на третманима са уносом стајњака. Процентуални удео органског фосфора у укупном садржају већи је на третманима са мањим садржајем укупног органског фосфора (контрола, NPK и NPK+кукурузовина) и варира у интервалу од 49 до 50%. Насупрот томе, мањи удео органског фосфора у ораничном слоју (0-20 и 20-40 cm) забележен је на третманима са континуираном применом стајњака (44-48%). Промене укупног органског фосфора током времена посматрања прате варирање укупног фосфора.

- Секвенцијална анализа различитих фракција фосфора на свим испитиваним третманима указује на доминацију фосфата везаних за калцијум. Садржај ове фракције у укупном неорганском фосфору креће се од 56,5% до 86,1% у зависности од третмана. Различите форме неорганског фосфора према њиховом садржају имају следећи распоред $\text{Ca-P} > \text{Fe}$ и $\text{Al} - \text{P} >$ растворљиви P и карактеристичан је за све варијанте. Статистички значајне разлике између посматраних третмана могу се приказати у опадајућем низу по следећој градацији: двопоље $\text{NPK} + \text{стајњак} >$ монокултура $\text{NPK} + \text{стајњак} >$ ДВС $>$ монокултура $\text{NPK} + \text{кукурузовина} >$ монокултура $\text{NPK} + \text{кукурузовина} >$ контрола и карактеристичне су за већину посматраних фракција неорганског фосфора. Највећа заступљеност фракције Ca-P утврђена је на третманима без употребе органске материје. Насупрот томе, на третманима са уношењем органске материје фракција везана за ову групу има знатно нижи удео у укупном, неорганском фосфору. Дугорочно посматрано, примена минералног ђубрива и стајњака као и самостална примена стајњака повећавају све форме неорганског фосфора (стабилне, делимично лабилне и лабилне). Ово повећање најизраженије је у површинском слоју, односно зони депоновања хранива.
- Карактеризација различитих облика органског фосфора показује јасно разграничење између посматраних третмана. Статистичке значајне разлике код свих посматраних фракција и дубина дефинишу раздвајање третмана у две основне групе, са и без употребе органских ђубрива, при чему су највеће вредности регистроване управо на третманима са применом стајњака. Фракције лабилног фосфора на третманима са уносом стајњака имају веће вредност у површинским слојевима. Значајна повећања лабилног и фосфора везаног за микробиолошку масу односе се на третмане у којима се врши континуиран унос органског и минералног ђубрива. Такође, и садржај умерено лабилне фракције има значајно повећане вредности на овим третманима. Резултати садржаја умерено лабилне фракције органског фосфора (везаног за фулвокиселине) показују најмања одступања од свих органских фракција фосфора између посматраних третмана исте дубине. Статистички значајне разлике показује само третман ДВС+NPK, као највиши, у односу на све остале третмане. Резистентна фракција, везана за хуминске киселине, може се окарактерисати као слабо

варијабилна компонента органског фосфора. У анализи резидуалних (јако резистентних) форми органског фосфора може се издвојити две групе: прва (пореклом са монокултуре), без примене стајњака (контрола, NPK и NPK+кукурузовина) и друга третмани са континуираном употребом стајског ђубрива. Највеће вредности карактеристичне су за третман ДВС без примене минералног ђубрива. Садржај фракције умерено лабилних форми (лабилна и везана за фулвокиселине) јесте најзаступљенија форма, на свим испитиваним варијантама, насупрот лабилној фракцији која чини најмањи удео у укупном органском фосфору. Веће вредности базне фосфатазе најизраженије су на третманима пореклом са двопоља, што показује да промена усева и уношење стајњака има врло значајан утицај на активност микроорганизама.

- Раздвајање третмана кроз компонентну анализу карактеристична је за прве две дубине посматрања (0-20 и 20-40 cm) док у односу на дубину 40-60 cm нема јасног одвајања што указује на сличну варијабилност карактера у овом слоју. Испитивање корелационих односа анализом основних компоненти (PCA) показује јасно раздвајање између третмана са стајњаком, минералним ђубривом и контроле. Највећи допринос у формирању варијабилности имају следећи карактери: укупни и органски фосфор, P_2O_5 , базна фосфатаза, В и С фракција неорганског фосфора, укупни и органски угљеник, укупни азот и K_2O . Ово потврђују и остварене статистичке значајности НЗР теста између анализираних компоненти као и директни корелациони односи између посматраних особина.
- Испитивање еуклидијевих дистанци кластер анализе такође указује на раздвајање варијанти посматрања. Наиме, дискриминација у две основне групе јасно разграничава третмане са употребом стајњака од третмана без примене стајског ђубрива. У оквиру ове последње контролни третман издваја се самостално, док третмани NPK и NPK+кукурузовина бележе нешто краћу удаљеност што нам говори о њиховој сличности.
- Резултати истраживања показали су да је, у просеку за све дубине, у поређењу са контролом, примена само NPK ђубрива највише утицала на повећање бројности гљива. Зона уношења минералног ђубрива као и мобилност минералног азота по дубини земљишта може објаснити већи утицај примене NPK ђубрива на бројност микроорганизама на дубини 20-

40 cm. На већим дубинама (40-60 cm) NPK ђубрива су позитивно утицала на бројност гљива, али се бројност амонификатора значајно мања у поређењу са контролом. Заоравање кукурузовине и уношење стајњака позитивно је утицало на бројност испитиваних група микроорганизама. Већи утицај унете органске материје испољава се у прва два слоја посматрања (0-20 cm и 20-40 cm), што се може објаснити повољнијим еколошким условима који омогућавају разградњу органске материје, као и зоном уношења хранива у ове слојеве. Уношење органске материје највише је утицало на повећање бројности различитих физиолошких група бактерија, а нешто мање на заступљеност актиноциета. Бројност гљива значајно се повећала само у површинском слоју земљишта (0-20 cm) где је поред минералних NPK ђубрива заорана и кукурузовина. Значајнији утицај на бројност микроорганизама имала је примена стајњака.

- Анализа агрегатних фракција након мокрог просејавања земљишта после кукуруза је показала да доминирају микроагрегати (<250 μm) и то на све три истраживане дубине. Највећа заступљеност ситних макроагрегата (<53 μm) је утврђена код варијанти ДВС+NPK и NPK. У слоју 20-40 cm процентуална заступљеност макроагрегата (53-250 μm) је највећа, изузев на варијанти ДВС. У слоју земљишта 40-60 cm изражена је доминација агрегатних фракција 53-250 μm . У све три дубине земљишта (0-60 cm) најмањи је процентуални удео крупних макроагрегата (>2000 μm). Анализа стабилних структурних агрегата је показала да код плодосмена где је примењиван стајњак и заоравани жетвени остаци није утврђено веће учешће водостабилних агрегата.
- У различитим фракцијама структурних агрегата утврђено је да макроагрегати (>250 μm) имају значајно већи садржај SOC од укупног садржаја OM у земљишту. Такође, анализом резултата садржаја C у агрегатима код различитих система ратерења утврђено је да примена стајњака утиче на повећан садржај C у макроагрегатима. Резултати показују да садржај фосфора у појединим фракцијама агрегата прате садржај органског угљеника, што је у складу са позитивним корелационим односом ових испитиваних компоненти. Као и у случају органског угљеника, вредности у погледу садржаја фосфора разликују се искуључиво

на првим дубинама испитивања (0-20 и 20-40 cm), односно зони обраде земљишта и уношења хранива.

- Садржај микроелемената и тешких метала има правилну расподелу по дубини земљишта. У површинском слоју земљишта, ниједан од испитиваних елемената не прелази МДК за пољопривредно земљиште. Сви посматрани МЕ и ТМ имају, генерално, униформни садржај у слоју земљишта 20-40 cm у односу на површински слој, што потврђује да не постоји антропогено загађење. У читавом истраживању није детектован садржај кадмијума Cd. Садржај Co је на уобичајеном нивоу за земљиште у Војводини. Укупан садржај Mn, Co и Ni у земљишту је пореклом из матичног супстрата.
- Садржај приступачних МЕ и ТМ је у високо позитивној корелацији са њиховим укупним садржајем. Садржај МЕ и ТМ опада по дубини земљишта, односно, смањује се њихова приступачност биљкама у односу на површински слој. Најмање и највеће вредности се разликују између испитиваних третмана. Највеће вредности установљене су за приступачан кобалт, манган, цинк и алуминијум су забележене на контролном узорку. Највеће вредности за већину приступачних тешких метала су забележене на третману NPK+стајњак.
- Остварене вредности садржаја основних хранива и микроелемената у листу испод клипа кукуруза током свилања, по свим испитиваним елементима варирају у опсегу нормалних вредности за посматрани период. Највећи садржај основних хранива (NPK) у листу кукуруза карактеристичан је за третмане у којим су заједно заступљена минерална и органска ђубрива. На третманима NPK и NPK+кукурузовина карактеристичне су статистички значајно највеће концентрације Mg, Ca, Na и појединих МЕ.
- Посматрањем приноса по различитим годинама истраживања уочава се висока зависност у односу на вегетационе падавине. У години испитивања, као и у вишегодишњем периоду праћења, најнижи принос остварен је на варијанти без ђубрења-контрола у монокултури кукуруза. Примена минералног NPK ђубрива значајно је утицала на принос у односу

на контролни третман. Значајан принос у односу на третману са монокултуре остварен је на третманима двопоља (ДВС и ДВС+НРК).

- На основу целокупног истраживања, извршених физичко хемијских анализа земљишта, анализираног биљног материјала и оствареног приноса можемо закључити да примена стајњака (са или без додатка минералног ђубрива) и минимална ротација усева кукуруза и јечма након 40 година испитивања утиче на побољшање плодности земљишта уз остварење високог и стабилног приноса. Насупрот, изостављање примене органског ђубрива (стајњака) у значајној мери утиче на деградацију и осиромашење земљишта што се у великој мери одражава на стабилност производње кукуруза.

С обзиром да кукуруз заузима значајно место у структури пољопривредне производње Србије, познавање захтева биљака, усвајања хранива као и њихов однос према условима средине, представљају кључни фактор у остварењу стабилне производње кукуруза. Унапређење производње кукуруза, уз истовремену одрживост агроекосистема са нагласком на земљиште као основни ресурс у пољопривреди, мора бити једина опција при гајењу ове високопродуктивне културе.

8. ЛИТЕРАТУРА

- AAPFCO (2007): Model for Fertilizers Regulation in North America. AAPFCO's statement of uniform interpretation and policy (SUIP#25). The heavy metal rule. Official publication N°60. American Association of Plant Food Control Officials.
- Aase, J.K., Bjorneberg, D.L., Westermann, D.T. (2001): Phosphorus runoff from two water sources on a calcareous soil. *J. Environ. Qual.* 30: 1315-1323.
- Adams, M.A., Byrne, L.T. (1989): ³¹P-NMR analysis of phosphorus compounds in extracts of surface soils from selected Karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forests. *Soil Biology and Biochemistry* 21: 523-528.
- Adriano, D.C., Paulsen, G.M., Murphy, L.S. (1971): Phosphorus-iron and phosphorus-zinc relationships in corn (*Zea mays* L.) seedlings as affected by mineral nutrition. *Agron. J.* 63: 36–39.
- Adriano, DC. (2001): Trace Elements In: "Terrestrial Environments, Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals", 867. Second Edition. Springer, New York.
- Afif, E., Matar, A., Torrent, J. (1993): Availability of phosphate applied to calcareous soils of west Asia and North Africa. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 756–760.
- Alloway, B.J. (Ed.) (1995): *Heavy Metals in Soils*. Second Edition: 368. Blackie Academic and Professional, UK.
- Alvarez, R., Evansa, L.A., Milhamb, P.J., Wilson, M.A. (2004): Effects of humicmaterial on the precipitation of calcium phosphate. *Geoderma* 118: 245–260.
- Alvarez-Rogel, J., Jimenez-Carceles, F.J., Egea-Nicolas, C. (2007): Phosphorus retention ina coastal salt marsh in SE Spain. *Sci. Total Environ.* 378: 71–74.
- Amelung, W., Rodionov, A., Urusevskaja, I.S., Haumaier, L., Zech, W. (2001): Forms of organic phosphorus in zonal steppe soils of Russia assessed by ³¹P NMR. *Geoderma* 103: 335-350.
- Anderson, J.P.E., Domasch, K.H. (1958): A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomas in soil. *Soil Boil. Biochem.* 10: 215-221.
- Anderson, G. (1986): Assessing organic phosphorus in soils. In: " The Role of Phosphorus in Agricure", 411–432, F. E. Khasawneh. E. C. Samule, E. J.

- Kamprath (Eds). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison.
- Anderson, G. and Malcolm, R. E. (1974): The nature of alkali-soluble soil organic phosphates. *Journal of soil science*, 25: 282–297.
- Angers, D.A., Chenu, C. (1997): Dynamics of soil aggregation and C sequestration. In: " Soil processes and Carbon Cycle", 199-206, Lal, R., Kimble, J., Follet, J., Stewart, B.A. (Eds.). CRC Press Boca Raton.
- Antibus, R.K., Croxdale, J.G., Miller, O.K., Linkins, A.E. (1981): Ecotomycorrhizal fungi of *Salix rotundifolia*. III. esynthesized mycorrhizal complexes and their surface phosphatase activities. *Can J Botany* 59:2458-2465.
- Aoyama, M., Angers, D.A., N'Dayegamiye, A. (1999): Particulate and mineral-associated organic matter in water-stable aggregates as affected by mineral fertilizer and manure applications. *Can. Soc., Soil Sci*: 79:295–302.
- Aoyama, M., Angers, D.A., N'Dayegamiye, A., Bissonnette, N. (1999): Protected organic matter in water stable aggregates as affected by mineral fertilizer and manure application. *Canadian Journal of Soil Science* 79: 419-425.
- Ashley, K., Cordellb, D., Mavinica, D. (2011): A brief history of phosphorus: From the philosopher's stone to nutrient recovery and reuse. *Chemosphere* 84 (6): 737–746.
- Attiwill, P. M., Adams, M. A. (1993): Nutrient cycling in forests. *New Phytologist*. 124: 561-582.
- Ayaga, G., Todd, A., Brookes, P.C. (2006): Enhanced biological cycling of phosphorus increases its availability to crops in low-input sub-Saharan farming systems. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 81-90.
- Balakrishnan, V., Venkatesan, K., Ravindran, K. C. (2007): The influence of halophytic compost, farmyard manure and phosphobacteria on soil microflora and enzyme activities. *Plant Soil Environ*. 53(4): 186-192.
- Baldock, J.A., Kay, B.D., Schnitzer, M. (1987): Influence of cropping treatments on the monosaccharide content of the hydrolysates of a soil and its aggregate fractions. *Canadian Journal of Soil Science* 67: 489-499.
- Baligar, V. C., Fageria, N.K., Elrashidi, M.A. (1998): Toxicity and nutrient constraints on root growth. *HortScience* 33: 960–965.

- Bartos, J. M., Mullins, G. L., Williams, J. C., Sikora, F.J., Copeland, J.P. (1992): Waterinsoluble impurity effects on phosphorus availability in monoammonium phosphate fertilizers. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 972–976.
- Barabasz, W., Albinska, D., Jaskowska, M., Lipiec, J. (2002): Biological effects of mineral nitrogen fertilization on soil microorganisms. *Pollut. J. Environ.* 11(3): 193-198.
- Beaton, J.D., R.C. Speer, G. Brown (1965): Effect of soil temperature and length of reaction period on water solubility of phosphorus in soil fertilizer reaction zone. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 29: 194.
- Beauchemin, S., Hesterberg, D., Chou, J., Beauchemin, M., Simard, R.R., Sayers, D.E. (2003): Speciation of phosphorus in phosphorus-enriched agricultural soils using x-ray absorption near-edge structure spectroscopy and chemical fractionation. *J. Environ. Qual.* 32: 1809-1819.
- Bending, G. D., Turner, M. K., Jones, J. E. (2002): Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional diversity of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(8): 1073-1082.
- Berry, P. M., Sylvester-Bradley, R., Philipps, L., Hatch, D. J., Cuttle, S. P., Rayns, F. W., Goslin, P. (2002): Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen? *Soil Use Manage.* 18: 248–255.
- Bedada, W., Karlton, E., Lemenih, M., Tolera, M. (2014): Long-term addition of compost and NP fertilizer increases crop yield and improves soil quality in experiments on smallholder farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 195: 193-201.
- Bedrock, C.N., Cheshire, M.V., Chudek, J.A., Goodman, B.A., Shand, C.A. (1994): Use of ³¹P-NMR to study the forms of phosphorus in peat soils. *The Science of the Total Environment* 152: 1-8.
- Balesdent, J., Chenu, C., Balabane, M. (2000): Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research* 53: 215-230.
- Белић, Б., Спасојевић, Б., Молнар, И., Стевановић, М., Цилитов, С. (1986): Дугогодишњи утицај система ратарења на принос пшеница и кукуруза као и на физичке и хемијске особине земљишта. XX Семинар Агронома: 61-81.

- Белић, М., Пејић, Б., Нацић, В., Бошњак, Ђ., Нешић, Љ., Максимовић, Л., Шеремешкић, С. (2004): Утицај наводњавања на структурно стање чернозема. Зборник радова Научног института за ратарство и повртарство Нови Сад 40: 141-151.
- Berg, A.S., Joern, B.C. (2006): Sorption dynamics of organic and inorganic phosphorus compounds in soil. *J. Environ. Qual.* 35: 1855-1862.
- Bertrand, I., Hinsinger, P., Jaillard, B., Arvieu, J. C. (1999): Dynamics of phosphorus in the rhizosphere of maize and rape grown on synthetic, phosphated calcite and goethite, *Plant and Soil* 211 (1): 111–119.
- Besnard, E., Chenu, C., Balesdent, J., Puget, P., Arrouays, D. (1996): Fate of particulate organic matter in soil aggregates during cultivation. *European Journal of Soil Science* 47: 495–503.
- Bhatnagar, V.K. , Miller, M.H. (1985): Sorption of carbon and phosphorus from liquid poultry manure by soil aggregates of differing size. *Can. J. Soil Sci.* 65: 467–473.
- Bhatnagar, V.K., Miller, M.J., Ketcheson, J.W. (1985): Reaction of fertilizer and liquid manure phosphorus with soil aggregates and sediment phosphorus enrichment. *Journal of Environmental Quality* 14: 246–251.
- Благојевић, С. (1987): Утицај вишегодишње примене минералних и органских ђубрива на режим фосфора карбонатног чернозема Земун поља, Докторска дисертација, 61-66. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет.
- Blagojević, S., Žarković, B. (1997): The solubility diagram as an important indicator of the phosphorus regime in a calcareous chernozem. *Zemljište i biljka* 46 (1): 25-32.
- Blagojević, S., Žarković, B. (1998): Effect of long-term fertilization on the organic phosphorus in a calcareous chernozem soil. *Zemljište i biljka* 47 (1): 1-8.
- Blair, N., Faulkner, R.D., Till, A.R., Poulton, P.R. (2006): Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. Part I: Broadbalk experiment. *Soil & Tillage Research* 91: 30-38.
- Богдановић, Д. (1985): Динамика минералног азота у чернозему и усвајање азота из земљишта и ђубрива усевом пшенице. Докторска дисертација, 70-73. Пољопривредни факултет, Нови Сад.

- Богдановић, Д., Малешевић, М., Старчевић, Љ., Манојловић, М. (1998): Утицај ђубрења на производне могућности чернозема. Савремена пољопривреда 46 (3–4): 173–178.
- Bogdanović, D., Malešević, M., Čuvarđić, M., Vujošević, Z. (2001): Fertilization practice following and extremely dry year. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo 35: 15–21.
- Богдановић, Д., Васин, Ј., Секулић, П., Зеремски-Шкорић, Т., Ралев, Ј. (2004): Стање плодности земљишта у заштићеним просторима на којима се производи поврће у Војводини. Зборник радова Научног института за ратарство и повртарство 40: 91-99.
- Богдановић, Д., Милошев, Д., Шеремешкић, С., Југ, И., Ђаловић, И. (2010): Mineral nitrogen dynamic in soil of different fertility as affected by agronomic practices. Савремена пољопривреда 59 (3–4): 278–287.
- Богдановић, Д., Малешевић, М. (2009.): Научна сазнања и адаптивност N мин. методе климатским и земљишним условима Србије. Летопис научних радова Пољопривредног факултета 33(1): 58-68.
- Богдановић, Д., Убавић, М., Дозет, Д. (1993): Хемијска својства и обезбеђеност земљишта Војводине неопходним макроелементима. Тешки метали и пестициди у земљишту - Тешки метали и пестициди у земљиштима Војводине. Пољопривредни факултет, Институт за ратарство и повртарство, НовиСад: 197-215.
- Богдановић, М. (1954): Одлике хумуса у главним типовима земљишта НР Србије. Докторска дисертација. Пољопривредни факултет Земун-Београд.
- Богдановић, Д., Убавић, М., Малешевић, М. (2005): Метода одређивања хумуса у земљишту као показатеља потреба ђубрења биљака азотом. У: "Азот, Агрохемијски, агротехнички, физиолошки и еколошки аспекти", 162-186, Кастори, Р. (Уред.). Нови Сад
- Bollin, B.(1977): Changes of land and biota and their importance for carbon cycle. Science 196: 613-615.
- Bolan, N.S., Robson, A.D., Barrow, N.J., Aylmore, L.A.G. (1984): Specific activity of phosphorus in mycorrhizal and non-mycorrhizal plants in relation to the availability of phosphorus to plants. Soil Biol Biochem 16: 299-304.

- Borgnino, L., Avena, M.J., De Pauli, C.P. (2009.): Synthesis and characterization of Fe(III)- montmorillonites for phosphate adsorption. *Colloids Surf. A* 341: 46–52.
- Bossuyt, H., Deneff, K., Six, J., Frey, S.D., Merckx, R., Paustian, K. (2001): Influence of microbial populations and residue quality on aggregate stability. *Appl. Soil Ecol.* 16: 195–208.
- Bošković-Rakočević, L., Pavlović, R., Zdravković, M., Zdravković, J. (2012): Uticaj đubrenja azotom na očuvanje plodnosti zemljišta. *Acta agriculturae Serbica* 17(34): 127-134.
- Бошњак, Ђ. (2004): Интензитет и дужина трајања суше и њен однос према приносу кукуруза у Војводини. III Међународна конференција “Здравствено безбедна храна”, Зборник радова: 61–68, Нови Сад.
- Бошњак, Ђ., Пејић, Б. (1998): Суша и рационалан режим наводњавања кукуруза. *Летопис научних радова Пољопривредног факултета* 22 (1–2): 62–69.
- Bowman, R.A., Cole, C.V. (1978): An exploratory method for fractionation of organic phosphorus from grassland soils. *Soil Sci.* 125: 95-101.
- Bowman, R.A. (1988): A rapid method to determine total phosphorus in soils. *Soil Science Society of America Journal* 52: 1301–1304.
- Bowman, R. A. (1989): A sequential extraction procedure with concentrated sulfuric acid and dilute base for soil organic phosphorus. *Soil Science Society of America Journal* 53: 362-366.
- Brady, N.C., Weil, R.R. (2002): *The nature and properties of soils*, 13th edition, 249-251. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Brady, N.C. (1990): *Nature and properties of soils*, 56. Macmillan Publishing Company, New York.
- Brady, N.C., Weil, R.R. (1999): *The Nature and Property of Soils*, 12th Ed, 350-352. Prentice Hall, New Jersey.
- Bramley, R.G.V., Barrow, N.J. (1992): The reaction between phosphate and dry soil. II. The effect of time, temperature and moisture status during incubation on the amount of plant available P,” *Journal of Soil Science* 43 (4): 759–766.
- Brankov, M., Ubavić, M., Sekulić, P., Vasin, J. (2006): Sadržaj mikroelemenata i teških metala u poljoprivrednim i nepoljoprivrednim zemljištima Banata. *Zbornik radova. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo.* 42: 169-177.

- Brink, J. (1977): World resources of phosphorus. Ciba Foundation Symposium, Sept 13–15, book of abstract: 23–48.
- Bromfield, S.M. (1967): An examination of the use of ammonium fluoride as a selective extractant for aluminium-bound phosphate in partially phosphated systems. *Australian Journal of Soil Research* 5: 225–234.
- Brun, L.A., Maillet, J., Richarte, J., Herrmann, P., Remy, J.C. (1998): Relationships between extractable copper, soil properties and copper uptake by wild plants in vineyard soils. *Environmental Pollution* 102: 151-161.
- Bünemann, E.K., Schwenke, G.D., Van Zwieten, L.(2006): Impact of agricultural inputs on soil organisms-a review. *Aust. J. Soil Res.* 44: 379-406.
- Butler, J.L., Bottomley, P.J., Griffith, S.M., Myrold, D.D. (2004): Distribution and turnover of recently fixed photosynthate in ryegrass rhizospheres. *Soil Biol Biochem* 36: 371–382.
- Bünemann, E.K., Prusisz, B., Ehlers, K. (2011): Characterization of phosphorus forms in soil microorganisms. In: " Phosphorus in action: biological processes in soil phosphorus cycling", 37-57, Bünemann, E., Oberson, A., Frossard, E. (Eds.). Springer, Heidelberg.
- Buresh, R. J., Sanchez, P.A., Calhoun, F. (1997): Replenishing soil fertility in Africa. *SSSA Spec. Publ.* 51: 111-150, SSSA: Madison.
- Buyanovsky, G.A., Wagner, G.H. (1987): Carbon transfer in winter wheat (*Triticum aestivum*) ecosystem. *Biology and Fertility of Soil* 5: 76-82.
- Buysea, P., Roisinb, C., Aubinet M. (2013): Fifty years of contrasted residue management of an agricultural crop: Impacts on the soil carbon budget and on soil heterotrophic respiration. *Arriculture, Ecosystems and Environment* 167: 52–59.
- Cade -Menun, B. J.(2005): Using phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy to characterize organic phosphorus in environmental samples, In: " Organic Phosphorus in the Environment", 21–44, Turner, B.L., Frossard, E. and Baldwin, D.S. (Eds.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Cade-Menun, B.J. (2005): Characterizing phosphorus in environmental and agricultural samples by ³¹P nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Talanta* 66: 359-371.
- Cairns, J. Sonder, E., K. Zaidi, P. Verhulst H., N., Mahuku G., Babu R., Nair S. K., Das B., Govaerts B., Vinayan M. T., Rashid Z., Noor J. J., Devi P., San Vicente

- F., Prasanna B. M. (2012): Maize Production in a Changing Climate: Impacts, Adaptation, and Mitigation Strategies. In: "Advances in Agronomy", 114: 1-58, Donald Sparks (Ed.). Burlington: Academic Press.
- Cakmak D., Saljnikov E., Mrvic V., Jakovljevic M., Marjanovic Z., Sikiric B., Maksimovic S. (2010): Soil properties and trace elements contents following 40 years of phosphate fertilization. *J Environ Qual.* 39 (2) : 541-7.
- California Code of Regulations (2001): Title 3: Food and agriculture, Division 4: Plant industry, Chapter 1: Chemistry, Subchapter 1: Fertilizing materials, Article 1: Standards and labeling, 2302: Non-nutritive standards.
- Calvaruso, C., Mareschal, L., Turpault, M.P. (2009.): Rapid clay weathering in the rhizosphere of Norway Spruce and oak in an acid forest ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73: 331–338.
- Cambardella, C.A., Elliott, E.T. (1992): Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. *Soil Science Society of American Journal* 56 (3): 777-783.
- Cambardella, C.A., Elliott, E.T. (1993): Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma* 56: 449-457.
- Cambardella, C.A., Elliot, E.T. (1994): Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated and grassland soils. *Soil Science Society of American Journal* 58: 123-130.
- Campbell, C.A., Read, D.W.L. , Winkelman, G.E., Andrews, D.W. (1984): First 12 years of a long-term crop rotation study in southwestern Saskatchewan — bicarbonate P distribution in soil and P uptake by the plant. *Can. J. Soil Sci.* 64:125–137.
- Canadian Food Inspection Agency (1997): Tradememorandum T-4-9, Standards for metals in fertilisers and supplements.
- Carbonell, G., Miralles de Imperial, R., Torrijos, M., Delgado, M., Rodriguez, J.A. (2011): Effects of municipal solid waste compost and mineral fertilizer amendments on soil properties and heavy metals distribution in maize plants (*Zea mays* L.). *Chemosphere* 85: 1614-1623.
- Carneiro, R.G., Mendes, I.C., Lovato, P.E., Arminda, M.C., Vivaldi, L.J. (2004): Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantioconvencional.(Soil biological indicators associated to the phosphorus cycle in a Cerrado soil under no-till and conventional

- tillage systems). *Pesquisa Agropecua'ria Brasileira (Brazilian Journal of Agricultural Research)* 39: 661–669.
- Celi, L., Barberis, E. (2005): Abiotic stabilization of organic phosphorus in the environment. In: "Organic phosphorus in the environment", 113–132, Turner, B.L., Frossard, E., Baldwin, D. (Eds.). CAB International, Wallingford, UK.
- Chan, K. Y., Heenan, D. P. (1996): The influence of crop rotation on soil structure and soil physical properties under conventional tillage. *Soil and Tillage Research* 37: 113-125.
- Chang, A., Page, A. (2000): Trace element slowly accumulating, depleting in soils. *California Agriculture* 54: 49–55.
- Chang, C. , Janzen, H.H. (1996): Long-term fate of nitrogen from annual feedlot manure applications. *J. Environ. Qual.* 25: 785–790.
- Chang, C., Sommerfeldt, T.G., Entz, T. (1991): Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. *J. Environ. Geoderma* 91:311.
- Cheng, H., Hou, R., Gong, Y., Li, H., Fan, M., Kuzyakov, Y. (2009.): Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions on wheat monoculture in Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research* 106: 85-94.
- Chang, S.C., Jackson, M.L. (1957) : Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science* 84: 133–144.
- Chater, M., Mattingly, G.E.G. (1980): Changes in organic phosphorus contents of soils from long continued experiments at Rothamsted and Saxmundham. Rothamsted Experimental Station Report for 1979, part 2: 41-61.
- Chen, C.R., Condron, L.M., Davis, M.R., Sherlock, R.R. (2002): Phosphorus dynamics in the rhizosphere of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and radiata pine (*Pinus radiata* D. Don.). *Soil Biology and Biochemistry* 34: 487–499.
- Chen, G., Zhu, H., Zhang, Y. (2003): Soil microbial activities and carbon and nitrogen fixation. *Research in Microbiology* 154: 393-398.
- Chen, Y., Zhang, X., He, H., Xie H., Yan, Y. et al. (2010.): Carbon and nitrogen pools in different aggregates of a Chinese Mollisol as influenced by long-term fertilization. *Journal of Soils and Sediments* 10 (6): 1018-1026.
- Chen, Z., Gao, J., Zhao, W., Wang, C., Zhou, J. (2011): Effects of application of phosphorus and potassium fertilizers on ion compositions of soil solution in solar greenhouse. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 27: 261-266.

- Chesters, D.R., Jeff, D.N., Konrad, J.C., Ostry, R.C., Robinson, J.B. (1980): Pollution from land runoff. *Environ. Sci. Tech.* 14:148-153.
- Chomchoei, R., Miro, M., Hansen, E.H. and Shiowatana, J. (2005): Automated sequential injection-microcolumn approach with on-line flame atomic absorption spectrometric detection for implementing metal fractionation schemes of homogeneous and nonhomogeneous solid samples of environmental. *Analytical Chemistry*. 77 (9): 2720-2726.
- Christensen, B.T., Johnson, A.E. (1997): Soil organic matter and soil quality-Lessons learned from the long-term experiments at Askov and Rothamsted. In: "Soil quality in Crop production and Ecosystem health", 399-430, Gregorich, E.G., Carter, M.R. (Eds.). Elsevier: Amsterdam.
- Christensen, N.W., Jackson, T.L. (1981): Potential for phosphorus toxicity in zinc-stressed corn and potato. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:904-909.
- Clark, R.B. (1982): Plant response to mineral element toxicity and deficiency. In: "Breeding plants for less favorable environments", 71-142, Christiansen, M.N., Lewis, C.F. (Eds.). New York: John Wiley & Sons.
- Cornforth, I.S., Steele, K.W. (1981): Interpretation of maize leaf analysis in New Zealand. *N.Z. Journal of Experimental Agriculture* 9: 91-96.
- Cong, P.T., Merckx, R. (2005): Improving phosphorus availability in two upland soils of Vietnam using *Tithonia diversifolia* H. *Plant Soil* 269: 11-23.
- Cookson, W.R., Beare, M.H., Wilson, P.E. (1998): Effects of prior crop residue management on microbial properties and crop residue decomposition. *Applied Soil Ecology* 7(2): 179-188.
- Cole, C.Y., Innis, G.S., Steward, J.W.B. (1977): Simulation of phosphorus cycling in semiarid grasslands. *Ecology*. 58 (1): 1-15.
- Cole, C.V., Olsen, S.R., Scott, C.O. (1953): The nature of phosphate sorption by calcium carbonate. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 1953 (17): 352-356.
- Celi, L., Barberis, E. (2005): Abiotic stabilization of organic phosphorus in the environment. In: "Organic phosphorus in the environment", 113-132, Turner, B.L. et al. (Eds.). CABI Publ., Wallingford, UK
- Colvan, S.R., Syers, J.K., O'Donnel, A.G. (2001): Effect of long-term fertiliser use on acid and alkaline phosphomonoesterase and phosphodiesterase activities in managed grassland. *Biol Fertil Soils* 34: 258-263.

- Condrón, L.M., Frossard, E., Newman, R.H., Tekely, P., Morel, J.L. (1997): Use of ^{31}P NMR in the study of soils and the environment. In: "Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy in Environmental Chemistry", 247-271, Nanny, M.A., Minear, R.A., Leenheer, J.A. (Eds.). Oxford University Press, New York.
- Condrón, L.M., Goh, K.M., Newman, R.H. (1985): Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by ^{31}P nuclear magnetic resonance analysis. *Journal of Soil Science* 36: 199-207.
- Conte, E., Anghinoni, I., Rheinheimer, D.S. (2002): Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicações de fosfato em solo no sistema plantio direto. (Phosphorus in the microbial biomass and acid phosphatase activity by phosphate application in soil under no-tillage system). *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Braz. Journal of Soil Science)* 26: 925–930.
- Cordell, D. (2001): Improving Carrying Capacity Determination: Material Flux Analysis of Phosphorus through Sustainable Aboriginal Communities. BE (Env) Thesis, University of New South Wales (UNSW), Sydney.
- Cordell, D., J.O. Drangert, S. White (2009): The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environ. Chang.* 19: 292-305.
- Cordell, D. (2010): The Story of Phosphorus: Sustainability implications of global phosphorus scarcity for food security. Doctoral thesis, 80. Collaborative PhD between the Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sydney (UTS) & Department of Thematic Studies - Water and Environmental, Linköping University, Sweden. Linköping University Press, Linköping.
- Criquet, S., Ferre, E., Farner, E. M., Le Petit, J. (2004): Annual dynamics of phosphatase activities in an evergreen oak litter – influence of biotic and abiotic factors. *Soil. Biol. Biochem.* 36: 1111–1118.
- Cvetkov, M., Šantavec, I., Kocjanačko, D., Tanjšek, A. (2010.): Soil organic matter content according to different management system within long-term experiment. *Acta agriculturae Slovenica* 95 (1): 79 - 88.
- Dach, J., Starmans, D. (2005): Heavy metals balance in Polish and Dutch agronomy: Actual state and provisions for the future. *Agriculture Ecosystems & Environment* 107(4): 309-316.
- Dalal, R.C. (1977): Soil organic phosphorus. *Biogeochemistry* 4: 41-60.

- Dalal, R.C., Mayer, R.J. (1986): Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland: III Distribution and Kinetics of Soil Organic Carbon in Particle-size Fractions. *Aust. J. Soil Res.* 24: 281-92.
- Delgado, A., Madrid, A., Kassem, S., Andreu, L., Campillo, M. (2002): Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids. *Plant Soil* 245: 277–286.
- Derome, A.E. (1987): *Modern NMR Techniques for Chemistry Research*. Pergamon Press: 280.
- De Gryze, S., Six, J., Paustian, K., Morris, S.J., Paul, E.A., Merckx, R. (2004): Aggregation and soil organic matter changes following possible land use changes in Michigan. *Global Change Biology* 10: 1120-1132.
- Dexter, A. R. (1997): Physical properties of tilled soil. *Soil and Tillage Research* 43: 41-63.
- Dexter, A.R., Richard, G., Arrouays, D., Cziż, E.A., Duval, J.C. (2008): Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma* 144: 620-627.
- Dick, R.P., Rasmussen, P.E., Kerle, E.A. (1988): Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system. *Biol Fertil Soils* 6: 159–164.
- Dick, W.A. (1984): Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 569–574.
- Dick, W.A., Gregorich, E.G. (2004): Developnig and maintaining soil organic matter levels. In: "Managing of soil quality: chalanges in modern agriculture", 103-121, Schjoning, P., Elmholt, S., Christensen, B.T. (Eds.). CABI Publishing.
- Diaz-Zorita, M., Buschiazzo, D.E., Peinemann, N. (1999): Soil organic matter and wheat productivity in the semi-arid Argentina Pampas. *Agronomy Journal* 91: 276–279.
- Dodd, J.C., Burton, C.C., Burns, R.G., Jeffries, P. (1987): Phosphatase activity associated with the roots and the rhizosphere of plants infected with vascular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 107: 163-172.
- Dormaar, J.F. (1972): Seasonal pattern of soil organic phosphorus. *Can. J. Soil Sci.* 52:107-112.
- During, C. (1984): *Fertilisers and Soils in New Zealand Farming*. Wellington, Ph.D., 354, Hasselberg, Government Printer.

- Dawson, J. C., Huggins, D. R., Jones, S. S. (2008): Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. *Field Crops Res.* 107: 89–101.
- Derby, N., Steele D., Terpstra J., Knighton R., Casey F., (2005): Interactionsof nitrogen weather, soil, and irrigation on corn yield. *Agron. J.* 97: 1342–1351.
- Eastin, J. D., C. Y. Sullivan (1984): Environmental stress influences on plant persistence, physiology, and production. In: "Physiological basis of crop growth and development", 201–236., M. B. Tesar (Ed.). Madison, WI: American Society of Agronomy.
- Edzwald, J.K., Toensing, D.C. and Leung, M.C. (1976): Phosphate Adsorption Reactions with Clay Minerals. *Environmental Science and Technology* 10: 485-490.
- EcoSanRes (2003): Closing the Loop on Phosphorus. Stockholm Environment Institute (SEI) funded by SIDA Stockholm: 1-2.
- EFMA- European Fertilizer Manufacturers Association(2000): Phosphorus-Essential Element for Food Production. European Fertilizer Manufacturers Association (EFMA), Brussels: 17-21.
- Egner, H., Riehm, H., (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden, II: Chemische Extraktionsmethoden zu Phosphorund Kaliumbestimmung. *Kunliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26: 199-215
- Elliott,E.T., Coleman, D.C. (1988): Let the soil work for us. *Ecol. Bull.* 39:23–32.
- Elliott, E.T. (1986): Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of American Journal*50: 627-633.
- El-Kholy Ma., El-Ashry S., Gomaa Am. (2005): Biofertilization of maize crop and its impact on yield and grains nutrient content under low rates of mineral fertilizers. *Journal of Applied Sciences Research* 1 (2): 117–121.
- Emsley, J. (2000): *The 13th Element: The Sordid Tale of Murder, Fire, and Phosphorus.* John Wiley & Sons: 327, New York.
- EPA (2003): National management measures for the control of nonpoint pollution from agriculture. U. S. Environmental Protection Agency. Office of Water, Washington, DC.: 5.
- Fageria, N. (2008): CRC Press, *The Use of Nutrients in Crop Plants:* 91-130.

- Fageria, N.K., Gheyi, H.R. (1999): Efficient crop production. Campina Grande, Paraiba, Brazil. Federal University of Paraiba: 31-90.
- Fageria, N.K., Stone, L.F. (2006): Physical, chemical, and biological changes in the rhizosphere and nutrient availability. *J. Plant Nutr.* 29: 1327–1356.
- Fageria, N.K., Slaton, N.A., Baligar, V.C. (2003): Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. *Adv. Agron.* 80: 63–152.
- Fan, Y., Xiong, H., Li, S. (1999): Some improvements of the fractionation method of organic phosphorus in calcareous soils. *Geoderma* 93: 195–206.
- FAOSTAT (2011): Food And Agriculture Organization Of The United Nations, The Statistics Division Of Fao (<http://faostat3.fao.org/home/E>).
- Fife, C.V. (1962): An evaluation of ammonium fluoride as a selective extractant for aluminumbound soil phosphate: detailed study of soils. *Soil Sci.* 96: 112-120.
- Fink, A. (1982): Introduction and practical guide to crop fertilization. Weinheim beach. Florida, based Verlag, Chemie. Fertilizer and Fertilization. 16: 44.
- Fließbach, A., Oberholzer, H.R., Gunst, L. and Mäder, P. (2007): Soil organic matter and biological soilquality indicators after 21 y ears of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosy stems &Env ironment* 118: 273–284.
- Fonte, S.J., Yeboah, E., Ofori, P., Quansah,G.W., Vanlauwe, B., Six, J. (2009): Fertilizer and residue quality effects on organic matter stabilization in soil aggregates. *Soil Science Society of America Journal* 73: 961-966.
- Foth, H.D., Ellis, B.G. (1988): Soil fertility: 212. New York: John Wiley & Sons.
- Fox, R.L., Kamprath, E.J. (1971): Adsorption and leaching of P in acid organic soils and high organic matter sand. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35:154-156.
- Franzlubbers, A. J., Hons, F. M., Zubber, D. A. (1994): Long term changes in soil carbon and nitrogen pools in wheat managment systems. *Soil Science Society of American Journal* 58: 1639–1645.
- Franzluebbers, A.J. (2002): Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage research* 66: 197-205.
- Fredeen, A.L., Raab, T.K., Rao, I.M., Terry,N. (1990): Effects of phosphorus nutrition on photosynthesis in Glyne max L. Merr. *Planta* 181: 399–405.
- Freeman, J.S., Rowell, D.L. (1981): The adsorption and precipitation of phosphate onto calcite. *J. Soil Sci.* 32: 75–84.

- Froelich, P.,N. (1988): Kinetic controls of dissolved phosphate in natural rivers and estuaries: A primer on the phosphate buffer mechanism. *Limnol Oceanogr* 33: 649-668
- Frossard, E., Brossard, M., Hedley, M.J., Metherell, A. (1995): Reactions controlling the cycling of P in soils. In: "Phosphorus in the global environment, transfers, cycles and management", 107-137, Tiessen, H. (Ed.). John Wiley & Sons, New York.
- Frossard, E., Condron, L.M., Oberson, A., Sinaj, S., Fardeau, J.C. (2000): Processes governing phosphorus availability in temperate soils. *Journal of Environmental Quality* 29(1): 15-23.
- Frossard, E., Achat, D.L., Bernasconi, S.M., Bünemann, E.K., Fardeau, J-C, Jansa, J., Morel, C., Rabeharisoa, L., Randriamanantsoa, L., Sinaj, S., Tamburini, F., Oberson, A. (2011): The use of tracers to investigate phosphate cycling in soil-plant systems. In: "Phosphorus in action: biological processes in soil phosphorus cycling. Soil biology", 26, Bünemann, E.K., Oberson, A., Frossard, E. (Eds.). Springer, Heidelberg.
- Furihata, T., Suzuki, M., Sakurai, H. (1992): Kinetic characterization of two phosphate uptake systems with different affinities in suspension-cultured *Catharanthus roseus* protoplasts. *Plant Cell Physiol* 33: 1151–1157.
- Füleky, G. (2005): Exhaustion of available soil potassium. *Proc. Fertilizers and fertilization, Polish fertilizers society-CIEC* 3(24): 133-140.
- García-Mina, J.M., Antolín, M.C., Sanchez-Diaz, M. (2004): Metal humic complexes and plant micronutrient uptake: A study based on different plant species cultivated in diverse soil types. *Plant Soil* 258: 57–68.
- Gale, P.M., Mullen, M.D., Cieslik, C., Tyler, D.D., Duck, B.N., Kirchner, M., McClure, J. (2000a): Phosphorus distribution and availability in response to dairy manure applications. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31: 553–565.
- Gale, W.J., Cambardella, C.A., Bailey, T.B. (2000b): Surface residue- and root derived Carbon in stable and unstable aggregates. *Soil Science Society of American Journal* 64: 196-201.
- Gao, G., Chang, C. (1996): Changes in CEC and particle size distribution of soils associated with long-term annual applications of cattle feedlot manure. *Soil Sci.* 161: 115–120.

- Gatiboni, L.C., Kaminski, J., Rheinheimer, D.S., Brunetto, G. (2008): Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. (Soil microbial biomass phosphorus and activity of acid phosphatases during decline of soil available phosphorus). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (Brazilian Journal of Agricultural Research) 43: 1085–1091.
- Gerretsen, F.C. (1948): The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. *Plant Soil* 1: 51–81.
- Gerzabek, M.H., Haberhauer, G., Kirchmann, H. (2001): Soil organic matter pools and Carbon-13 Natural Abundances in Particle-Size Fractions of a Long-term Agricultural Field Experiment Receiving Organic Amendments. *Soil Science Society American Journal* 65: 352-385.
- Gillman, G.P. (1974): The influence of net charge on water dispersible clay and sorbed sulphate. *Aust. J. Soil Res.* 12: 173–176.
- Golchin, A., Clarke, P., Oades, J.M., Skjemstad, J.O. (1995): The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. *Aust. J. Soil Res.* 33: 975–993.
- Govedarica, M., Milošević, N., Jarak, M., Bogdanović, D., Vojvodić-Vuković, M. (1993): Mikrobiološka aktivnost u zemljištima Vojvodine. *Zbornik radova Naučnog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 21: 75-84.
- Graetz, D.A., Nair, V.D. (1995): Fate of phosphorus in Florida Spodosols contaminated with cattle manure. *Ecol. Eng.* 5:163–181.
- Greb, B.W., Olsen, S.R. (1967): Organic phosphorus in calcareous Colorado soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 31: 85-89.
- Green, V.S., Cavigelli, M.A., Dao, T.H., Flanagan, D.C. (2005): Soil physical properties and aggregate associated C, N, and P distributions in organic and conventional cropping systems. *Soil Science* 170: 822–831.
- Grierson, P.F., Comerford, N.B., Jokela, E.J. (1999): Phosphorus mineralization and microbial biomass in a Florida spodosol: effects of water potential, temperature and fertilizer application, *Biology and Fertility of Soils* 28 (3): 244–252.
- Griffin, R.A., Jurinak, J.J. (1973): The interaction of phosphate with calcite. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37: 847–850.

- Griffin, R.A., Jurinak, J.J. (1974): Kinetics of phosphate interaction with calcite. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38: 75–79.
- Grossl, P.R., Inskeep, W.P. (1991): Precipitation of dicalcium phosphate dihydrate in the presence of organic acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 670–675.
- Grzebisz W., Barłóg P., Szczepaniak W., Potarzycki J. (2010): Effect of potassiumfertilizing system on dynamics of dry matter accumulation by maize. *Fertilizers and Fertilization* 40: 57-69.
- Gunther, F. (2005): A solution to the heap problem: the doubly balanced agriculture: integration with population. (<http://www.holon.se/folke/kurs/Distans/Ekofys/Recirk/Eng/balanced.shtml>).
- Gupta, G., Charles, S. (1999): Trace elements in soils fertilized with poultry litter. *Poultry Science* 8: 1695–1698.
- Gyaneshwar, P., Kumar, G.N., Parekh, L.J., Poole, P.S. (2002): Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant Soil* 245: 83–93.
- Хаџић В., Белић М., Секулић П., Нешић Љ., Васин Ј. (1999): Педолошка карта Огледних поља Научног Института за ратрство и повртарство Нови Сад, Римски Шанчеви
- Halajnia, A., Haghnia, G.H., Fotovat, A., Khorasani, R. (2007): Effect of Organic Matter on Phosphorus Availability in Calcareous Soils . *JWSS - Isfahan University of Technology.* 10 (4) :121-133.
- Halsted, M., Lynch, J. (1996): Phosphorus responses of C3 and C4 species. *J. Exp. Bot.* 47 (4): 497-505.
- Halvorson, A.D., Peterson, G.A., Reule, C.A. (2002): Tillage and cropping systems: Tillage System and Crop Rotation Effects on Dryland Crop Yields and Soil Carbon in the Central Great Plains. *Agronomy Journal* 94: 1429-1436.
- Hamdali, H., Bouizgarne, B., Hafidi, M., Lebrihi, A., Virolle, M. J., Ouhdouch, Y. (2008): Screening for rock phosphate solubilizing Actinomycetes from Moroccan phosphate mines. *Appl. Soil. Ecol.* 38: 12–19.
- Hao, X., Change, C., Li, X. (2004): Long-term and residual effects of cattle manure application on distribution of P in soil aggregates. *Soil Science* 169: 725–728.
- Hao, X., F. Godlinski, Chang, C. (2008): Distribution of phosphorus forms in soil following long-term continuous and discontinuous cattle manure applications. *Soil Science Society of America Jurnal* 72: 90-97.

- Harris, W.G., Wang, H.D., Reddy, K.R. (1994): Dairy manure influence on soil and sediment composition: Implications for P retention. *J. Environ. Qual.* 23: 1071-1081.
- Harrison, A.G. (1987): Soil organic phosphorus. A review of world literature: 234. CAB International, Wallingford, UK.
- Harvey, P.R., Warren, R.A., Wakelin, S. (2009.): Potential to improve root access to phosphorus: the role of non-symbiotic microbial inoculants in the rhizosphere. *Crop Pasture Sci* 60: 144–151.
- Hassink, J. (1997): The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant Soil* 191: 77–87.
- Hati, K.M., Swarup, A., Singh, D., Misra, A.K., Ghosh, P.K. (2006): Longterm continuous cropping, fertilisation, and manuring effects on physical properties and organic carbon content of a sandy loam soil. *Aust. J. Soil Res.* 44: 487–495.
- Halvin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (1999): Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management: 26. 6th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I. (2010.): Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Ann Microbiol* 60: 579–598.
- Haynes, R.J. and Mokolobate, M.S. (2001): Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: A critical review of the phenomena and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 59: 47-63.
- Haynes, R.J., Swift, R.S. (1985): Effects of air-drying on the adsorption and desorption of phosphate and levels of extractable phosphate in a group of New Zealand soils. *Geoderma* 35: 145-57.
- Haynes, R.J., Naidu, R. (1998): Influence of lime, fertilizer and and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: A review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 51: 123–127.
- He, T., Li, S. (1987): On the fractionation of organic phosphorus in soil by Bowman-Cole's method. *Acta Pedol. Sin.* 24 (2): 152–159.
- He, Z., Fortuna, A.M., Senwo, Z.N., Tazisong, I.A., Honeycutt, C.W., Griffin, T.S. (2006): Hydrochloric fractions in Hedley fractionation may contain inorganic and organic phosphates. *Soil Sci Soc Am J* 70: 893–899.

- He, Z., Yang, X., Stoffella, P. (2005): Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine & Biology*, 19(2-3): 125-140.
- He, Z.L., Wilson, M.J., Campbell, C.O., Edwards, A.C. and Chapman, S.J. (1995): Distribution of phosphorus in soil aggregate fractions and its significance with regard to phosphorus transport in agricultural runoff. *Water Air Soil Pollut.* 83: 69–84.
- He, Z. L., J. Wu, A. G. O. Donnell, Syers, J. K. (1997). Seasonal responses in microbial biomass carbon, phosphorus and sulphur in soils under pasture. *Biol. Fert. Soil.* 24: 421-428
- Hedley, M.J., Stewart, J.W.B., Chauhan, B.S. (1982): Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America Journal* 46: 970-976.
- Hengeveld, R. (1996): Measuring ecological biodiversity. *Biodiversity Letters* 3 (2): 58-65.
- Hewitt, E.J. (1963): The essential nutrients: requirements and interactions in plants. In: "Plant physiology", 137–360F. Steward, C. (Ed.). New York: Academic Press.
- Hillel, D. (1998): *Environmental soil physics*: 173-198. Academic Press, Elsevier, London, UK.
- Hingston, F.J., Posner, A.M., Quirk, J.P. (1972): Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. *J. Soil Sci.* 23: 177–192.
- Hingston, F.J., Posner, A.M., Quirk, J.P. (1974): Anion adsorption by goethite and gibbsite. II. Desorption of anions from hydrous oxide surfaces. *J. Soil Sci.* 25: 16–26.
- Hoffman, R.C. (1995): Environmental change and the history of common carp in medieval Europe. *Guelph. Ichthyol. Rev.* 3: 57–85.
- Horn, R., Taubner, H., Wuttke, M., Baumgartl, T. (1993): Soil physical properties related to soil structure. *Soiland Tillage Research* 39: 187-216.
- House, W.A., Donaldson, L. (1986): Adsorption and coprecipitation of phosphate on calcite. *J. Colloid Interface Sci.* 112: 309–324.

- Hu, S.S., Van Bruggen, A.H.C., Grunwald, N.J. (1999): Dynamics of bacteria populations in relation to carbon availability in a residue-amended soil. *Applied Soil Ecology* 13: 21-30
- Huang, M., Xiao, H.A., Huang, Q.Y., Li, X.Y., Wu, J.S. (2004): Effect of amendment of organic materials on transformation of P in red-earth soil under flood-drought cultivation. *Acta Pedologica Sinica* 41: 584-589.
- Huang, S.W., Jin, J.Y. (2007): Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use *Environ Monit Assess.* 139(1-3):317-27.
- Huang, S., Peng, X., Huang, Q., Zhang, W. (2010): Soil aggregation and organic carbon fractions affected by long-term fertilization in a red soil of subtropical China. *Geoderma* 154: 364–369.
- Huffman, S.A., Cole, C.V., Scott, N.A. (1996): Soil texture and residue addition effects on soil phosphorus transformations. *Soil Science Society of America Journal* 60(4): 1095- 1101.
- Hunt, J. (2006): Chemical Characterization of Dissolved Organic Matter: Competitive Effects on Phosphorus Sorption to Minerals. Electronic Theses and Dissertations: 1135. <http://digitalcommons.library.umaine.edu/etd/1135>
- IFA, 2006. Production and International Trade Statistics. International Fertilizer Industry Association, Paris .<http://www.fertilizer.org/>
- Inskip, W.P., Silvertooth, J.C. (1988): Inhibition of hydroxyapatite precipitation in the presence of fulvic, humic, and tannic acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 941–946.
- Ivanoff, D.B., Reddy, K.R., Robinson, S. (1998): Chemical fractionation of organic phosphorus in selected Histosols. *Soil Sci.* 163: 36–45.
- Islam, K.R., Wright, S.R. (2005): Microbial communities: 26-41. *Encyclopedia of Soil Science*, Taylor & Francis.
- ISO 11466, (1995): Квалитет земљишта - Екстракција елемената у траговима растворљивих у царској води.
- IUSS Working Group WRB (2014): World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports*: 106. FAO, Rome.
- Jacoby, F.J (2005): Extractable soil phosphorus, correlation with P forms in Soil runoff, and relationship with the texas P index as a Nutrient management tool for cafos A. Dissertation Texas: 56-57. A&M University.

- Jaćimović, G., Marinković, B., Bogdanović, D., Crnobarac, J., Kovačev, L. (2005): Dinamika nitratnog azota u zemljištu pod šećernom repom u zavisnosti od nivoa đubrenja. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta* 29(1): 195-203.
- Jalali M., Ranjab, F. (2010): Aging effects on phosphorus transformation rate and fractionation in some calcareous soils. *Geoderma* 155: 101-106.
- Јарак, М., Чоло, Ј.(2007): Микробиологија земљишта. Пољопривредни факултет, Нови Сад: 172-173.
- Jarecki, M.K., Lal, R., James, R. (2005): Crop management effects on soil carbon sequestration on selected farmers field in northeastern Ohio. *Soil and Tillage Research* 81: 265-276.
- Jastrow, J.D. (1995): Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral associated organic matter. *Soil Biology Biochemistry* 28 (4-5): 665-676.
- Jankinson, D.S. (1991): The Rothamsted long-term experiment: Are they still of use?. *Agronomy Journal* 83: 2-10.
- Janzen, H.H., Campbell, C.A., Izaurralde, R.C., Ellert, B.H., Juma, N., McGill, W.B., Zentner, R.P. (1998): Management effects on soil C storage on the Canadian prairies. *Soil Tillage Research* 47: 181-195.
- Jenkinson, D.S., Ladd, J.N. (1981): Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: "Soil Biochemistry" 5: 415-471, Paul, E.A., Ladd, J.N. (Eds.). Marcel Dekker, New York, Basel.
- Јефтић, С., (1986): Кукуруз, Научна књига - Београд: 440.
- John, B., Yamashita, T., Ludwig, B., Flessa, H. (2005): Storage of organic carbon in aggregates and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma* 128: 63-79.
- Johnson, A.H., Frizano, J., Vann, D.R. (2003): Biogeochemical implication of labile phosphorus in forest soils determined by the Hedley fractionation procedure. *Oecologia* 135(4):487-99.
- Jones, D.L., Oburger, E. (2011): Solubilization of phosphorus by soil microorganism. In: "Phosphorus in Action", 169–198, Buenemann, E.K., Oberso, A., Frossard, E. (Eds.). Springer, New York.
- Jouquet, P., Bottinelli, N., Lata, J.C., Mora, P., Caquineau, S. (2007): Role of the fungus-growing termite *Pseudacanthotermes spiniger* (Isoptera

- Macrotermitinae) in the dynamic of clay and soil organic matter content, an experimental analysis. *Geoderma* 139: 127–133.
- Jurinak, J.J., Dudley, L.M., Allen, M.F., Knight, W.G. (1986): The role of calcium oxalate in the availability of phosphorus in soils of semiarid regions: A thermodynamic study. *Soil Sci* 142: 255-261.
- Juma, N.G., Tabatabai, M.A. (1998): Hydrolysis of organic phosphates by corn and soybean roots. *Plant and Soil* 107: 31–38.
- Kang, G.S., Beri, V., Rupela, O.P., Sidhu, B.S. (2005): A new index to assess soil quality and sustainability of wheat based cropping systems. *Biol. Fertil. Soils* 41: 389-398.
- Kato, Y., Yamagishi J. (2010.) Long-term effects of organic manure application on the productivity of winter wheat grown in a crop rotation with maize in Japan. *Field Crops Research* 120: 387–395.
- Kabata-Pendias, A. (2004): Soil-plant transfer of trace elements - an environmental issue. *Geoderma* 122: 143-149.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B. (2007): *Trace Elements from Soil to Human*: 84-89. Springer, New York.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2001): *Trace Elements in Soils and Plants*: 23-54, 3rd ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Кастори, Р., Тешић, М. (2006): Еколошки аспекти примене жетвених остатака њивских биљака као алтернативна горива. Зборник радова Института за ратарство и повртарство Нови Сад 42: 3-13.
- Кастори, Р., Илин, Ж., Максимовић, И., Путник-Делић, М. (2013): Калијум у исхрани биљака - калијум и поврће *Potassium in Plant Nutrition - Potassium and Vegetables*: 225. IPI publications.
- Убавић, М., Богдановић, Д., Наџић В. (1993): Тешки метали и пестициди у земљишту. У: "Тешки метали и пестициди у земљишту Војводине", 53, Кастори, Р. (Уред.). Пољопривредни факултет Нови Сад, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад.
- Кастори, Р. (1997): Тешки метали у животној средини: 26. Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад. Фелтон.
- Kay, B. D. (1990): Rates of change of soil structure under different cropping systems. *Advances in Soil Science* 12: 1-52.

- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. (1986): Aggregate stability and size distribution. *Methods of soil analysis Part 1 2nd Edition* (9): 425-442.
- Kelly, J., Lambert M.J., Turner J. (1983): Available phosphorus forms in forest soils and their possible ecological significance. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 14: 1217-1234. Marcel Dekker Inc. N.Y.
- Khaleel, R., Reddy, D.R., Overcash, M.R. (1981): Changes in soil physical properties due to organic waste applications: A review. *J., Environ. Qual.* 10: 133–141.
- Khan, A.A., Jilani, G., Akhtar, M.S., Naqvi, S.M.S, Rasheed, M. (2009a): Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. *J. Agric. Biol. Sci.* 1(1): 48–58.
- Khan, M.S., Zaidi, A., Wani, P.A. (2009b): Role of phosphate solubilising microorganisms in sustainable agriculture. In: "Sustainable Agriculture", 552, Lictfouse et al. (Eds.). Springer.
- Khan, M.S., Zaidi, A., Ahemad, M., Oves, M., Wani, P.A. (2010): Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi—current perspective. *Arch Agron Soil Sci* 56: 73–98.
- Khan, M.S., Zaidi, A., Wani, P.A. (2007): Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture—a review. *Agron Sustain Develop* 27: 29–43.
- Kirk, G.L.D., Tian-ren, Y., Choudhury, F.A. (1989): Phosphorus chemistry in relation to water regime. *Proceedings of a Symposium on Phosphorus Requirement for Sustainable Agriculture in Asia and Oceania: 6-7, 6-10th March.* International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- Kitrick, J.A., Jackson, M.L. (1956): Electron microscope observations of the reactions of phosphate with minerals, leading to a unified theory of phosphate fixation in soils. *J. Soil Sci.* 7: 81–88.
- Klelner, J. (1988): Coprecipitation of phosphate with calcite in lake water: a laboratory experiment modelling phosphorus removal with calcite in Lake Constance. *Water Res.* 22: 1259–1265.
- Kong, A.Y.Y., Six, J., Bryant, D.C., Denison, R.F., van Kessel, C. (2005): The relationship between carbon input, aggregation, and soil organic carbon stabilization in sustainable cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69: 1078–1085.

- Kovar J. L., Pierzynski, G. M. (2008): Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters: 50-59, Second Edition. North Carolina State University.
- Körschens, M., Weigel, A., Schulz, E. (1998): Turnover of soil organic matter (SOM) and long- term balances – Tools for evaluating sustainable productivity of soils, *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 161: 409–424.
- Körschens, M. (2004): Soil organic matter and environmental protection. *Archives of Agronomy and Soil Science* 50: 3-9.
- Kovar, J.L., Pierzynski, G.M. (2009): Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals, and waters., 2nd edn. Southern Coop Series Bull No. 408: 19-25, Virginia Tech University, Blacksburg, VA.
- Kucey, R.M.N., Janzen, H.H., Leggett, M.E. (1989): Microbially mediated increases in plant-available phosphorus. *Adv Agron* 42: 199–228.
- Kumar, V., Behl, R.K., Narula, N. (2001): Establishment of phosphate- solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in the rhizosphere and their effect on wheat cultivars under greenhouse conditions. *Microbiol. Res.* 156: 87–93.
- Kumar, A., Dinesh, R., Dubey, R.P., Nair, A.K. (1999): Effect of green manuring on phosphorus transformation from rock phosphate in an acid soil. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 47: 549–551.
- Kuo, S. (1996): Phosphorus. In: " Methods of soil Analysis Part 3. Chemical Method" No.5.: 869-919, Sparks, D.L. et al. (Eds.). Soil Science Society of America: American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Kupernikov, I.A., Boincean, B.P., Dent, D. (2011): Ecological Principles for Sustainable Agriculture on Chernozem Soils, 25-43. Springer Verlag.
- Lai, L., Hao, M.D., Peng, L.F. (2003): The variation of soil phosphorus of long-term continuous cropping and management on Loess Plateau. *Res. Soil Water Conserv.* 10(1): 68–70.
- Лалић, Б., Михаиловић, Д.Т., Подрашчанин, З. (2011): Будуће стање климе у Војводини и очекивани утицај на ратарску производњу. *Ратар. Поврт./ Field Veg. Crop Res.* 48: 403-418.
- Lalfakzuala, R., Kayang, H., Dkhar, M.S. (2008): The effect of fertilizers on soil microbial components and chemical properties under leguminous cultivation. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 3(3): 314-324.

- Латковић, Д. (2009.): Изношење NPK хранива приносом кукуруза у зависности од ђубрења азотом. Докторска дисертација, 50-79. Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- Lauer, D. A. (1988): Vertical Distribution In Soil Of Unincorporated Surface-Applied Phosphorus Under Sprinkler Irrigation. *Soil Science Society Of America Journal* 52 (6): 1685-1692.
- Leifeld, J., Reiser, R., Oberholzer, H.R. (2009): Consequences of Conventional versus Organic farming on Soil Carbon: Results from a 27-Year Field Exper. *Agric. J.* 101(5): 1204–1218.
- Lee, C.H., Lee, I.B., Kim, P.J. (2004): Effects of long-term fertilization on organic phosphorus fraction in paddy soil, *Soil Science and Plant Nutrition* 50 (4): 485-491.
- Lee, C.H, Park, C.Y., Park K.D., Jeon, W.T., Kim, P.J. (2004): Long-term effects of fertilization on the forms and availability of soil phosphorus in rice paddy, *Chemosphere* 56: 299–304.
- Leytem, A.B., Dungan, R. and Moore, A. (2011): Nutrient availability to corn from dairy manures and fertilizer in a calcareous soil. *Soil Sci.* 176:426– 434.
- Li, Y.Y., Yang, R., Gao, R., Wei, H-A., Chen, A-L., Li, Y. (2013): Effects of Long-term Phosphorus Fertilization and Straw Incorporation on Phosphorus Fractions in Subtropical Paddy Soil, *Journal of Integrative Agriculture* 14(2): 365-373.
- Li, J. Zhao, B.Q. , Li, X.Y., Jiang, R.B. , So Hwat Bing (2008): Effects of Long-Term Combined Application of Organic and Mineral Fertilizers on Microbial Biomass, Soil Enzyme Activities and Soil Fertility. *Agricultural Sciences in China* 7(3): 336–343.
- Личина, В., Нешић, Љ., Белић, М., Хаџић, В., Секулић, П., Васин, Ј., Нинков, Ј. (2011): Земљишта Србије и присутни деградациони процеси. *Ратарство и повртарство* 48(2): 285-290.
- Liebig, J. (1840): *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie (Organic chemistry in its applications to agriculture and physiology)*: 59-64. Friedrich Vieweg und Sohn Publ. Co., Braunschweig, Germany.
- Lin, C., Busscher W.J., Douglas L.A. (1983): Multifactor kinetics of phosphate reactions with minerals in acidic soils. I. Modeling and simulation. *Soil Science of America Journal, Madsion* 47: 1097-1103

- Lin, C.H., Lerch, R.N., Garrett, H.E., Jordan, D., George, M. F. (2007): Ability of forage grasses exposed to atrazine and isoxaflutole to reduce nutrient levels in soils and shallow groundwater. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 38: 1119–1136.
- Lindsay, W. J., Morenol, E. C. (1960). Phosphate phase equilibrium in soils. *Soil Sci. Soc. of Am. Proc.* 24: 177-82.
- Linquist, B.A., Singleton, P.W., Yost, R.S., Cassman, K.G. (1997): Aggregate size effects on the sorption and release of phosphorus in an Ultisol. *Soil Science Society of America Journal* 61: 160–166.
- Linquist, B.A., Ruark, V., Hill, J.E. (2011): Soil order and management practices control soil phosphorus fractions in managed wetland ecosystems, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 90: 51–62.
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S. H., Ding, L., in Liu, Q., Liu, S., Fan, T. (2010): Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China, *Geoderma* 158: 173–180.
- Liu, Y. (2005): Phosphorus Flows in China: Physical Profiles and Environmental Regulation. PhD-Thesis Wageningen University, 25-39, Wageningen.
- Liu, Y., Sheng, X., Dong, Y., Ma, Y. (2012): Removal of high-concentration phosphate by calcite: effect of sulfate and pH. *Desalination* 289: 66–71.
- Lupwayi, N.Z., Clayton, G.W., O'Donovan, J.T., Grant, C.A. (2011): Soil microbial response to nitrogen rate and placement and barley seeding rate under no till. *Agron. J.* 103: 1064–1071.
- Lupwayi, N.Z., Lafond, G.P., Ziadi, N., Grant, C.A. (2012): Soil microbial response to nitrogen fertilizer and tillage in barley and corn. *Soil & Tillage Research* 118: 139-146.
- Lupwayi, N.Z., Grant, C.A., Soon, Y.K., Clayton, G.W., Bittman, S., Malhi, S.S., Zebarth, B.J. (2010): Soil microbial community response to controlled-release urea fertilizer under zero tillage and conventional tillage. *Applied Soil Ecology* 45: 254–261.
- Lynch, J., Lauchli, A., Epstein, E. (1991): Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. *Crop Sci.* 31: 380–387.
- Ma, B., Zhou, Z.Y., Zhang, C.P., Zhang, G., Hu, Y.J. (2009): Inorganic phosphorus fractions in the rhizosphere of xerophytic shrubs in the Alxa Desert. *Journal of Arid Environments* 73: 55–61.

- Ma, B.L., Subedi, K.D., Costa, C. (2005): Comparison of crop-based indicators with soil nitrate test for corn nitrogen requirement. *Agron. J.* 97: 462–471.
- Ma, B.L., Subedi, D.K., Liu, A. (2006): Variations in grain nitrogen removal associated with management practices in maize production. *Nutr. Cycl. Agroecosyst* 76: 67–80.
- Mäder, P., Fleissbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. (2002): Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Sci.* 296: 1694–1697.
- Magid, J., Nielsen, N.E. (1992): Seasonal variation in organic and inorganic phosphorus fractions of temperate-climate sandy soils. *Plant and Soil* 144: 155-165.
- Magid, J., Tiessen, H., Condron, L.M. (1996): Dynamics of organic phosphorus in soils under natural and agricultural ecosystems. In: "Humic substances in terrestrial ecosystems", 429–466, Piccolo, A. (Ed.). Elsevier, Amsterdam.
- Maguire, R.O., Edwards, A.C. and Wilson, M.J. (1998): Influence of cultivation on the distribution of phosphorus in three soils from NE Scotland and their aggregate size fractions. *Soil Use Manage.* 14: 147–153.
- Mahdi, S. S., Hassan, G. I., Hussain, A., Rasool, F. U. (2011): Phosphorus Availability Issue-Its Fixation and Role of Phosphate Solubilizing Bacteria in Phosphate Solubilization. *Research Journal of Agricultural Sciences*2(1): 174-179.
- Mahieu, N., Olk, D.C., Randall, E.W. (2000): Analysis of phosphorus in two humic acid fractions of intensively cropped lowland rice soils by ³¹P-NMR. *European Journal of Soil Science* 51: 391-402.
- Makarov, M.I., Haumaier, L., Zech, W. (2002): The nature and origins of diester phosphates in soils: a ³¹P-NMR study. *Biol. Fertil. Soils* 35: 136–146.
- Makarov, M.I., Malysheva, T.I., Haumaier, L., Alt, H.G., Zech, W. (1997): The forms of phosphorus in humic and fulvic acids of a toposequence of alpine soils in the northern Caucasus. *Geoderma* 80: 61-73.
- Максимовић Л. (1997): Утицај предзаливне влажности земљишта и ђубрења на принос и нека морфолошка својства кукуруза. «Уређење, коришћење и очување земљишта», Посебно издање: 651–656, Југословенско Друштво за проучавање земљишта, Нови Сад.
- Malhi, S.S., Nyborg, M., Goddard, T., Puurveen, D. (2011): Long-term tillage, straw and N rate effects on some chemical properties in two contrasting soil types in Western Canada. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 90: 133-146.

- Mandal, A., Patra, A.K., Singh, D., Swarup, A., Masto, R.E. (2007): Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. *Bioresour. Technol.* 98: 3585-3592.
- Mandić, L., Djukić, D., Beatović, I., Jovović, Z., Pesaković, M., Stevović, V. (2010.): Effect of different fertilizers on the microbial activity and productivity of soil under potato cultivation. *African Journal of Biotechnology* 10(36): 6954-6960.
- Mandal, B., Mandal, L.N. (1990): Effect of phosphorus application on transformation of zinc fractions in soil and on the zinc nutrition of low land rice. *Plant Soil* 121: 115–123.
- Манојловић, С., (1962): Прилог проучавања еволуције растворљивих фосфата у земљишту, Докторска дисертација, 65-66. Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- Manojlović, S., Olar, P., Ubavić, M., Dozet, D. (1983): Possibilities of increasing the production of corn in the chernozem zone of Yugoslavia (Vojvodina) by zinc application: 331-350. *Colloque sur la recherche relative aux coefficients d'optimization de l'utilisation des engrais aux moyens de reduire les pertes de nutriments dans des conditions d'exploitation intense.* FAO CEE, Geneve.
- Mårald, E., (1998): I mötet mellan jordbruk och kemi: agrikulturkemin framväxt på Lantbruksakademiens experimentalält: 1850–1907. Institutionen för idéhistoria, Univ, Umeå.
- Маринковић, Б. (1986): Зависност приноса кукуруза од динамике садржаја минералног азота у земљишту типа чернозем, Докторска дисертација, 97-99. Пољопривредни факултет Нови Сад.
- Marinković, B., Jocković, Đ., Crnobarac, J., Jaćimović, G., Stanišić, J. (2005): Yield of Maize Grain at Long Term Stationary Trial: 27–29. *Scientific Papers, Faculty of Agriculture, University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of the Banat Timisoara.* Timisoara, Romania.
- Marschner, H. (1995): *Mineral nutrition of higher plants*, 2nd edition. New York: Academic Press. 47: 497–505.
- Martinazzo, R., Rheinheimer, D.S., Gatiboni, L.C., Brunetto, G., Kaminski, J. (2007): Forço microbiana do solo sob sistema plantio direto em resposta a adicão de fosfato solúvel. (Microbial phosphorus in a soil under no-tillage

- as affected by soluble phosphorus addition). *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Brazilian Journal of Soil Science)* 31: 563–570.
- Matsuoka, M., Mendes, I.C., Loureiro, M.F. (2003): Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). (Microbial biomass and enzyme activities in soils under native vegetation and under annual and perennial cropping systems at the Primavera do Leste region – Mato Grosso State). *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Brazilian Journal of Soil Science)* 7: 425–433.
- Mbagwu, J.S.C., Piccolo, A. (1990): Carbon, nitrogen and phosphorus concentrations in aggregates of organic waste-amended soils. *Biol. Wastes* 31: 97–111.
- McAndrew, D.W.S., Malhi, S.S. (1992): Long-term N fertilization of a solonchic soil: effects on chemical and biological properties. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 619–623.
- McDowell, R., Condron, L. (2001) Influence of soil constituents on soil phosphorus sorption and desorption. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32: 2531–2547.
- McDowell, R.W., Sharpley, A.N. (2004): Variation of phosphorus leached from Pennsylvanian soils amended with manures, composts or inorganic fertilizer. *Agric.Ecosyst. Environ.* 102: 17–27.
- McGill, W.B., Cole, C.V. (1981): Comparative aspects of cycling of organic C, N, S, and P through soil organic matter. *Geoderma* 26: 267–286.
- McGrath, D.A., Comerford, N.B., Duryea, M.L. (2000): Litter dynamics and monthly fluctuations in soil phosphorus availability in an Amazonian agroforest. *Forest Ecology and Management* 131: 167–181.
- McLaughlin, M. J. (1996): Phosphorus in Australian forest soils. In: "Nutrition of Eucalypts", 1-30, Attiwill, P.M., Adams, M. A.(Eds.). C.S.I.R.O. Publishing. Collingwood, Australia.
- Meek, B., Graham, L., Donovan, T. (1982): Long term effects of manure on soil nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, organic matter, and water infiltration rate. *Soil Sci Soc. Am. J.* 46: 1014–1019.
- Mengel, K. (2007): Potassium. In: "Handbook of plant nutrition", 91–120, Barker, A.V. and Pilbeam, D.J. (Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL.
- Mengel, K., Kirkby, A., Kosegarten, H., Appel, T. (2001): Principles of plant nutrition: 454, 5th edition. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academics.

- Menzies, N.W., Donn, M.J., Kopittke, P.M. (2007): Evaluation of extractants for estimation of the phytoavailable trace metals in soils. *Environmental Pollution* 145: 121-130.
- Милошев, Д. (2000): Избор система ратарења у производњи пшенице. Монографија, Задужбина Андрејавић: 80-97, Београд.
- Милошевић, Н., Говедарица, М., Јарак, М. (2000): Микробиолошка својства земљишта огледног поља Римски Шанчеви. Зборник радова, Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад 33: 13-20.
- Милошевић, Н., Говедарица, М., Убавић, М., Чувардић, М. Војин, С. (2003): Микроби-значајно својство за карактеризацију плодности пољопривредног земљишта. *Агрознање* 2: 81-88.
- Milošević, N., Govedarica M., Jarak M. (1999): Soil microorganisms-an important factor of agroecological systems. *Zemljište i biljka* 48(2): 103-110.
- Milić, S., Vasin, J., Ninkov, J., Zeremski, T., Brunet, B., Sekulić, P. (2011): Fertility of Privately Owned Plowland Used for Crop Production in Vojvodina, Serbia; *Ratarstvo i povrtarstvo / Field and Vegetable Crops Research* 48: 359-368.
- Miller, J.J., Sweetland, N.J., Chang, C. (1999): Impact of long-term manure applications on soil physical properties. Final tech. report Project No. 970793. Farming for the Future Research Program, Lethbridge, AB, Canada.
- Miljković, N. (2005): *Meliorativna pedologija*: 536, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Min, L.,Jing, Z.,Guangqian, W.,Haijun, Y.,Michael, J.W.,Sue, M.W. (2013): Organic phosphorus fractionation in wetland soil profiles by chemical extraction and phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Applied Geochemistry* 33: 213–221.
- Mitchell, R.L. (1964): *Chemistry of the Soil*: 58-61. American Chemical Society. Reinhold, New York.
- Molina, M., Aburto, F., Calderon, R., Cayanga, M., Escudey, M. (2009): Trace element composition of selected fertilizers used in Chile: Phosphorus fertilizers as source of long-term soil contamination. *Soil and Sediment Contamination* 18: 497-511.
- Молнар, И., Милошев, Д., Курјачки, И., Гајић, В., Дозет, Д. (1997): Утицај плодореда и ђубрења на промене хемијских особина чернозема. Зборник ЈДПЗ "Уређење коришћење и очување емљишта": 89-100, НовиСад.

- Молнар, И. (1999): Плодоред и плодност земљишта. У: "Плодореди у ратарству", 219-272, Молнар, И. (Ед.). Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад.
- Morari, F., Vellidis, G., Gay, P. (2011): Fertilizer. In: "Encyclopedia of Environmental Health", 56-98, Nriagu, J. (Ed.), Elsevier, New York, NY.
- Motavalli, P.P., Miles, R.J. (2002): Soil phosphorus fractions after 111 years of animal manure and fertilizer applications. *Biol. Fertil. Soils* 36: 35–42.
- Mrvić, V., Antonović, G., Čakmak, D., Perović, V., Maksimović, S., Saljnikov, E., Nikoloski, M. (2013): Pedological and pedogeochemical map of Serbia. Proceedings of The First International Congress on Soil Science and XIII National Congress in Soil Science "Soil-Water-Plant": 93-104, 23.-26.09. 2013, Beograd.
- Mullins, G.L. (1988): Plant availability of P in commercial superphosphate fertilizers. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19: 1509–1525.
- Mullins, G.L., Sikora, F.J. (1990): Field evolution of commercial monoammonium phosphate fertilizers. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1469–1472.
- Murphy, J., Riley, J.P. (1962): A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* 27: 31-36.
- Mückenhausen, E. (1975): *Bodenkunde*. Frankfurt am Main.
- Naeem, A., Akhtar, M., Ahmad, W. (2013): Optimizing Available Phosphorus in Calcareous Soils Fertilized with Diammonium Phosphate and Phosphoric Acid Using Freundlich Adsorption Isotherm, *The Scientific World Journal* 2013: 1-5.
- Nagarajah, S., Posner, A.M., Quirk, J.P. (1970): Competitive adsorption of phosphate with polygalacturonate and other organic anions on kaolinite and oxide surfaces. *Nature* 228: 83–85.
- Nakaru, T., Uehara, G. (1972): Anion adsorption in ferruginous tropical soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36:296–300.
- Nakhro, N., Dkhar, M. S. (2010.): Impact of organic and inorganic fertilizers on microbial populations and biomass carbon in paddy field soil. *Journal of Agronomy* 9(3): 102-110.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M.T., Landi, L., Pietramellara, G., Renella, G. (2003): Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science* 54: 655-670.

- Ndubuisi-Nnaji, U.U., Adegoke, A.A., Ogbu, H.I., Ezenobi, N.O., Okoh, A.I. (2011): Effect of long-term organic fertilizers application on soil microbial dynamics. *Afr. J. Biotechnol.* 10(4): 556-559.
- Neess, J. (1949): Development and status of pond fertilization in central Europe. *T. Am. Fish Soc.* 76: 335–358.
- Nejgebauer, V. (1951): Војвођански чернозем његова веза са черноземом источне и југоисточне Европе и правац његове деградације. Научни зборник Матице српске 1: 5-9.
- Nel, P.C., Barnard, R.O., Steynberg, R.E., de Beer, J.M., Groeneveld, H.T. (1996): Trends in maize grain yields in a long-term fertilizer trial. *Field Crops Research* 47(1): 53–64.
- Нешић, Љ., Пуцаревић, М., Секулић, П., Белић, М., Васин, Ј., Ћирић, В. (2008): Основна хемијска својства у земљиштима Срема. Зборник радова Института за ратарство и повртарство, Нови Сад, 45: 247-255.
- Nicholson, A., Chambers, J., Williams, R., Unwin, J. (1999): Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. *Bioresource Technology* 70: 23–31.
- Nicholson, F., Smith, S., Alloway, B., Carlton-Smith, C., Chambers, B. (2003): An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Science of the Total Environment* 311(1): 205–219.
- Norrish, K., Rosser, H. (1983): Mineral phosphate. In: "Soils", 335-361, *An Australian Viewpoint*. C.S.I.R.O. Melbourne, Australia.
- Norvell, W.A., Dabkowska-Naskret, H., Cary, E.E. (1987): Effect of phosphorus and zinc fertilization on the solubility of Zn₂ in two alkaline soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 584–588.
- Nziguhebe, G., Smolders, E. (2008): Input of trace elements in agricultural soil via phosphate fertilizers in European countries. *Science of the Total Environment* 390: 53-57.
- Oades, J.M. (1984): Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. *Plant Soil* 76:319–337.
- Obersen, A., Frossard, E. (2005): Phosphorus: agriculture and the environment, In: Sims, T., Sharpley, A N., *Agronomy monograph* 46: 156-187. Phosphorus: Agriculture and the Environment.

- Oberson, A., Friesen, D.K., Rao, I.M., Bühler, S., Frossard, E. (2001): Phosphorus transformations in an Oxisol under contrasting land-use systems: the role of the soil microbial biomass. *Plant Soil* 237: 197–210.
- Oberson, A., Joner, E.J. (2005): Microbial turnover of phosphorus in soil. In: "Organic phosphorus in the environment", 133–164, Turner, B.L., Frossard, E., Baldwin, D.S. (Eds.). CABI, Wallingford.
- Обрадовић, З. (1990): Утицај густине усева на пораст, развиће и принос хибрида кукуруза различите дужине вегетационог периода. Магистарска теза, 58–62. Пољопривредни факултет. Београд–Земун.
- O'Connor, G.A., Knudtsen, K.L., Connel, G.A. (1986): Phosphorus solubility in sludge-amended calcareous soils. *J. Environ. Qual.* 15: 308-312.
- Oehl, F., Frossard, E., Fliessbach, A., Dubois, D., Oberson, A. (2004): Basal organic phosphorus mineralization in soils under different farming systems. *Soil Biol Biochem* 36: 667– 675.
- Oehl, F., Oberson, A., Tagmann, H.U., Besson, J.M. ,Dubois, D., Mader, P., Roth, H., Frossard, E. (2002): Phosphorus budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional farming. *Nut Cyc Agroecosys* 62: 25– 35.
- Oelkers, E.H., Golubev, S.V., Pokrovsky, O.S., Benezeth, P. (2011): Do organic ligands affect calcite dissolution rates? *Geochim. Cosmochim. Acta* 75: 1799–1813.
- Ogner, G. (1983): ³¹P-NMR spectra of humic acids: a comparison of four different raw humus types in Norway. *Geoderma* 29: 215-219.
- Otero, N., Vitoria, L., Soler, A., Canals, A. (2005): Fertiliser characterization: major, trace and rare earth elements. *Applied. Geochemistry* 20(8): 1473–1488.
- Papini, R., Castelli, F., Panichi, A. (1999): Phosphorus retention and leaching in some sandy soils of Northern Italy, *Italian Journal of Agronomy* 3 (2): 101–107.
- Patrick, Jr W.H., Mahapatra, I.C. (1968): Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soils. *Advances in Agronomy* 20: 323-356.
- Pagliari, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S. (2004): Soil structure and effect of management practices. *Soil and Tillage Research* 79: 131-143.
- Pagliari, P.H., Rosen, C.J., Strock, J.S. (2009): Turkey manure ash effects on alfalfa yield, tissue elemental composition, and chemical soil properties. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 40: 2874–2897.

- Parsons, K.J., Zheljzkov, V.D., MacLeod, J., Caldwell, C.D.(2007): Soil and tissue phosphorus, potassium, calcium, and sulfur as affected by dairy manure applications in a no-till corn, wheat and soybean rotation. *Agron. J.* 99: 1306–1316.
- Paustian, K., Collins, H.P., Paul, E.A. (1997): Management controls on soil carbon. In: "Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-Term Experiments in North America", 15–49, Paul, E.A., Paustian, K., Elliot, E.T., Cole, C.V. (Eds). CRC Press: Boca Raton.
- Пејић Б. (2000): Евапотранспирација и морфолошке карактеристике кукуруза у зависности од дубине навлаженог земљишта и њихов однос према приносу. Докторска дисертација, 68-75. Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- Perassi, I., Borgnino, L. (2014): Adsorption and surface precipitation of phosphate onto CaCO₃-montmorillonite: Effect of pH, ionic strength and competition with humic acid, *Geoderma* 232-234: 600-608.
- Perkins, R.G., Underwood, G.J.C. (2001): The potential for phosphorus release across the sediment-water interface in an eutrophic reservoir dosed with ferric sulphate. *Water Res.* 35: 1399–1406.
- Perrott, K.W. (1992): Effect of exchangeable calcium on fractionation of inorganic and organic soil phosphorus. *Communications in soil science and plant analysis* 23: 827-840.
- Perrott, K.W., Sarathchandra, S.U., Waller, J.E. (1990): Seasonal storage and release of phosphorus and potassium by organic matter and the microbial biomass in a high-producing pastoral soil. *Australian Journal of Soil Research* 28: 593–608.
- Peterson, G.W., Corey, R.B. (1966): A modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of inorganic soil phosphates. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30:563-565.
- Peeverill, K.I., Sparrow, L.A., Reuter, D.J. (1999): *Soil Analysis: An Interpretation Manual.*: 369. CISRO Publishing.
- Pierzynski, G.M., Logan, J.J., Traina, S.J., Bigham, J.M. (1990): Phosphorus chemistry in excessively fertilized soils: Quantitative analysis of phosphorus rich particles. *Soil Science Society of America Journal.* 54: 1576-1583.

- Pierzynski, G.M., Sims, J.T., Vance G.F. (2000): Soils and environmental quality. 144-207. 2nd Ed. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Pizzeghello, D., Berti, A., Nardi, S., Morari, F. (2014): Phosphorus-related properties in the profiles of three Italian soils after long-term mineral and manure applications. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 189: 216–228.
- Pizzeghello, D., Berti, A., Nardi, S., Morari, F. (2011): Phosphorus forms and P sorption in three alkaline soils after long-term mineral and manure applications. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141: 58–66.
- Pochon, J.E., Tardieux, P. (1962): *Techniques d'analyse en microbiologie du sol*: 58. Paris, France.
- Поповић. Ж.,(1985): Агрохемија и фертилизација, 12-15. Пољопривредни факултет Београд, Земун.
- Post, W.M., Izaurrealde, R.C., Mann, L.K., Bliss, N. (2001): Monitoring and verifying changes of organic carbon in soil. *Climatic change* 53: 73-99.
- Power, J.F., Prasad, R. (1997): PHOSPHORUS, Chapter 9, *Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture*, 1 edition: 171-208, CRC Press.
- Power, J.F., Grunes, D.L. , Reichman, G.A., Willis, W.O. (1964): Soil temperature effects on phosphorus availability. *Agron. J.* 56: 545.
- Preston, C.M. (1996): Applications of NMR to soil organic matter analysis: history and prospects. *Soil Science* 161: 144- 166.
- Prud'homme, M. (2010): World Phosphate Rock Flows, Losses and Uses. International Fertilizer Industry Association, Phosphates 2010 International Conference, 22–24 March, 2010, Brussels.
- Pueyo, M., Lopez-Sanchez, J.F., Rauret, G. (2004): Assessment of CaCl_2 , NaNO_3 and NH_4NO_3 extraction procedures for the study of Cd, Cu, Pb and Zn extractability in contaminated soils. *Analytica Chimica Acta.* 504: 217-226.
- Pyne, S.J. (1997): *Vestal Fire – an environmental history told through fires, of Europe, and of Europes encounter with the world.* University of Washington Press, Seattle.
- Qui, J., Israel, D.W. (1992): Diurnal starch accumulation and utilization in phosphorus deficient soybean plants. *Plant Physiol.* 98: 316–323.
- Ramos, M.C. (2006): Metals in vineyard soils of the Penedes area (NE Spain) after compost application. *Journal of Environmental Managment* 78: 209-215.

- Rashid, A., Rowell, D. L. (1988): Phosphate sorption and release: 1. Isotopically exchangeable and non-exchangeable adsorbed phosphate in relation to soil properties, *Pakistan Journal of Soil Science*. 3(1-2): 17–20.
- Rawajfih, Z., Khresat, S., Ryan, J. (2010): Soil Phosphorus Fractions in Calcareous Vertisols and Aridisols of Northern Jordan, *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 6 (3): 411-422.
- Reddy, D.D., Rao, A.S., Rupa, T.R. (2000): Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yields and soil organic phosphorus in a Vertisol. *Bioresource Technol.*, 75: 113-118.
- Rengel, Z. (2007): *Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems*, 2007 – Springer 10: 159-182.
- Reeves, D.W. (1997): The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research* 43: 131-167.
- Richardson, A. E., Simpson, R. J. (2011): Soil Microorganisms Mediating Phosphorus Availability Update on Microbial Phosphorus, *Plant Physiology* 156 (3): 989-996.
- Richardson, A.E. (1994): Soil microorganisms and phosphorus availability In: "Soil Biota: management in sustainable farming systems", 50–62, Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.V.S., Grace, P.R.
- Richardson, A.E., Hadobas, P.A., Hayes, J.E., O'Hara, C.P., Simpson, R.J. (2001): Utilization of phosphorus by pasture plants supplied with myo-inositol hexaphosphate is enhanced by the presence of soil microorganisms. *Plant Soil* 229: 47–56.
- Richardson, A.E., Hocking, P.J., Simpson, R.J., George, T.S. (2009.): Plant mechanisms to optimise access to soil phosphorus. *Crop and Pasture Science* 60: 124–143.
- Robinson, D. (1986): Limits to nutrient inflow rates in roots and root systems. *Physiolog Plantar* 68: 551-559.
- Rogasik, J., Schoroetter, S., Funder, U., Schnug, E., Kurtinecz, P. (2004): Long-term fertilization experiment as a data base for calculating the carbon sink potential of arable soils. *Archives of Agronomy and Soil Science* 50: 11-19.
- Rothamsted Research (2006): *Guide to the Classical and other Long-term Experiments, Datasets and Sample Archive*, 5. Harpenden, UK.

- Runge-Metzger, A.(1995): Closing The Cycle: Obstacles To Efficient P Management For Improved Global Food Security. SCOPE 54 – Phosphorus in the Global Environment – Transfers, Cycles and Management.
- Raj, H., Gupta, V.K. (1986): Influence of organic manures and zinc on wheat yield and Zn concentration in wheat. *Agric. Wastes* 16: 255–263.
- Sabiha-Javied, T., Mehmood, M., Chaudhry, M., Tufail, I. (2009): Heavy metal pollution from phosphate rock used for the production of fertilizer in Pakistan. *Microchemical Journal* 91: 94-99.
- Sonzogni, G., D.R. Chesters, D.N. Jeffs, J.C. Konrad, R.C. Ostry, J., Robinson, B. (1980): Pollution from land runoff. *Environ. Sci. Technol.* 14:148–153.
- Sample, E.C., Soper, R.J., Racz, G.J. (1980): Reaction of phosphate fertilizers in soils. In: "The role of phosphorus in agriculture", Khasawneh, F.E., Sample, E.C., Kamprath, E.J. (Eds.), (Proceedings of a symposium held 13th June 1976 at the National Fertilizer Development Center. 6, Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, Alabama). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America Publication, Madison, Wisconsin, USA.
- Sanchez, C.A. (2006): *Handbook of Plant Nutrition*: 51–90. Pilbeam CRC Press 2006.
- Sanchez, P.A., Uehara, G. (1980): Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: "The role of phosphorus in agriculture", 471–514, Khasawneh, F.E. et al. (Eds.). ASA, Madison, WI.
- Сарић, М., Јоцић, Б. (1993): Биолошки потенцијал гајених биљака у агрофитоценози у зависности од минералне исхране. Српска академија наука и уметности, посебна издања, књига 68: 1-135, Београд.
- Sarkar, S., Singh, S.R., Singh, R.P. (2003): The effect of organic and inorganic fertilizers on soil physical condition and the productivity of a rice–lentil cropping sequence in India. *J. Agric. Sci.* 140: 419–425.
- Sato, S. (2003): Phosphorus sorption and desorption in a brazilian ultisol: effects of ph and organic anions on phosphorus bioavailability, dissertation, 82-98. University Of Florida.
- Sauchelli, V. (1965): *Phosphates in Agriculture*: 277. New York, Reinhold Publishing Corporation.
- Saunders, W.M.H., Williams, E.G. (1955): Observations on the determination of total organic phosphorus in soils. *J. Soil Sci.* 6: 254-267.

- Савић, Р.Б. (2000): Угроженост земљишта Војводине еолском ерозијом. Докторска дисертација, 43-45. Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- Sawhney, B.L. (1973): Electron microprobe analysis of phosphates in soils and sediments. *Soil Science Society of America Proceedings* 37: 658-660.
- Sawhney, B.L. (1971): Selective sorption and fixation of cations by clay minerals: a review, *clays and clay minerals* 20: 93-100.
- Scharlau *Microbiology: Handbook of Microbiological Culture Media* (1999): Fifth Int. Edition: 346, Barcelona, Spain.
- Schindler, P.W., Sposito, G. (1991): Surface complexation at (hydr)oxide surfaces. In: "Interactions at the soil colloid-soil solution interface", 115–145, G.H. Bolt et al. (Eds.). Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.
- Schlegel, A.J. (1992): Effect of composted manure on soil chemical properties and nitrogen use by grain sorghum. *J. Prod. Agric.* 5: 153–157.
- Schlesinger, W.H. (1997): *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change.*, 819-842. Academic Press, San Diego.
- Seeling, B., Zasoski, R.J. (1993): Microbial effects in maintaining organic and inorganic solution phosphorus concentrations in a grassland topsoil. *Plant Soil* 148: 277–284.
- Секулић, П. (1986): Структура и адсорптивна својства псеудоглеја, хумоглеја и чернозема у Славонији и Барањи. Докторска дисертација, 52-56. Пољопривредни факултет Осиек.
- Sekulić, P., Ubavić, M., Dozet, D. (1998): Effects of fertilizer application on chemical soil properties. *Proceedings of 2nd Balkan Symposium on Field Crops*: 303-309, Novi Sad.
- Секулић, П., Гаврић, М., Нансман, Ш. (2000): Информациони систем о земљишту. Зборник радова Института за ратарство и повртарство 33: 5-12.
- Секулић, П., Наџић, В., Убавић, М., Максимовић, Л., Нешић, Љ. (2006): Карактеризација и уређење земљишта за производњу високо вредне хране од пшенице, кукуруза, соје, сунцокрета, поврћа и кромпира. Зборник радова Института за ратарство и повртарство 42(2): 133-148.
- Секулић, П., Курјачки, И., Васин, Ј., Шеремешкић, С. (2007): Плодност пољопривредних површина на приватном сектору у Војводини. *Економика пољопривреде* 54 (1): 73-84.

- Секулић, П., Нинков, Ј., Зеремски-Шкорић, Т., Васин, Ј., Милић, С. (2011): Мониторинг квалитета земљишта АП Војводине. I Међународни скуп „Земљиште коришћење и заштита“, Тематски зборник: 6, Септембар 2011, Нови Сад.
- Shang, C., Caldwell, D.E., Stewart, J.W.B., Tiessen, H., Huang, P.M. (1996): Bioavailability of organic and inorganic phosphates adsorbed on short-range ordered aluminum precipitate. *Microb Ecol* 31: 29–39.
- Sharpley, A.N., Smith, S.J., Stewart, B.A., Mathers, A.C. (1984): Forms of phosphorus in soil receiving cattle feedlot waste. *J. Environ. Qual.* 13: 211–215.
- Sharpley, A.N., Smith, S.J. (1985): Fractionation of inorganic and organic phosphorus in virgin and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 127-130.
- Sharpley, A.N., Smith, S.J. (1993): Water quality: prediction of bioavailable phosphorus loss in agricultural runoff. *J. Environ. Qual.* 22: 32–37.
- Sharpley, A.N., J.L. Weld, D.B. Beegle, P.J.A. Kleinman, W.J. Gburek, P.A. Moore, G. Mullins(2003): Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation* 58:137-152.
- Sharpley, A.N., McDowell, R.W., Kleinman, J.A. (2004): Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:2048-2057.
- Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., Gobi, T.A. (2013): Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springer Plus, A Springer Open Journal* 2: 1-14.
- Sheldrick, W.F., Syers, J.K., Lingard, J. (2003): Soil nutrient audits for China to estimate nutrient balances and output/input relationships. *Agric. Ecosyst. Environ.* 94: 34–345.
- Shen, J., Li, R., Zhanga, F., Fan, J., Tang, C., Rengel, Z. (2004): Crop yields, soil fertility and phosphorus fractions in response to long-term fertilization under the rice monoculture system on a calcareous soil. *Field Crops Research* 86: 225-238.
- Sheraz Mahdi, S., Hassan, G.I., Altaf, H., Faisal-ur-Rasool (2011): Phosphorus Availability Issue- Its Fixation and Role of Phosphate Solubilizing Bacteria in Phosphate Solubilization, *Research Journal of Agricultural Sciences* 2(1): 174-179.

- Sims, J.T., Pierzynski, G.M. (2005): Chemistry of phosphorus in soil. In: "Chemical Processes in Soil", 151-192, Tabatabai, A.M., Sparks, D.L. (Eds.). SSSA Book Series 8. SSSA, Madison.
- Sims, J. T., Simard, R. R., Joern, B.C., (1998): Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research. *J. Environ. Qual.* 27:277-293.
- Simpson, R.T. Frey, S.D., Six, J., Thiet, R.K. (2004): Preferential accumulation of microbial carbon in aggregate structures of no-tilled soils. *Soil Science Society of American Journal* 68: 1249-1255.
- Singh, J.P., Karamanos, R.E., Stewart, J.W.B. (1986): Phosphorus-induced zinc deficiency in wheat on residual phosphorus plots. *Agron. J.* 78:668– 675.
- Singh, M., Reddy, S.R., Singh, V.P., Rupa, T.R. (2007): Phosphorus availability to rice (*Oriza sativa* L.)–wheat (*Triticum estivum* L.) in a Vertisol after eight years of inorganic and organic fertilizer additions. *Bioresour. Technol.* 98: 1474–1481.
- Singh, R.P., Agrawal, M. (2007): Effects of sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of *Beta vulgaris* plants. *Chemosphere* 67: 2229–2240.
- Six, J., Paustian, K., Elliott, T.E., Combrink, C. (2000a): Soil structure and Organic matter: I. Distribution of aggregate size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Sci. Society of American Journal* 64: 681-689.
- Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K. (2000b): Macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biol. Biochem.* 32: 2099–2103.
- Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K. (1999): Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Science Society of America journal* 63 (5): 1350-1358.
- Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K., Doran, J.W. (1998): Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1367–1377.
- Skøien S. (1993): Long-term effects of crop rotation, manure and straw on soil aggregation. *Norwegian Journal of Agriculture research* 7: 231-247.
- Skrivan, M., Skrivanova, V., Marounek, M. (2006): Effect of various copper supplements to feed of laying hens on Cu content in eggs, liver, excreta, soil,

- and herbage. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 50: 280-283.
- Sleutel, S., De Neve, S., Singier B., Hofman, G. (2006): Organic C levels in intensively managed arable soils – long-term regional trends and characterization of fractions. *Soil Use and Management* 22: 188–196.
- Службени Гласник Р Сброј 23 (1994): Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама њиховог испитивања.
- Службени Гласник Р Сброј 78/2009 (2009): Правилник о условима за разврставање и утврђивање квалитета средстава за исхрану биља, одступањима садржаја хранљивих материја и минималним и максималним вредностима дозвољеног одступања садржаја хранљивих материја и о садржини декларације и начину обележавања средстава за исхрану биља.
- Smeck, N.E. (1985): Phosphorus dynamics in soils and landscapes. *Geoderma* 36:185-199.
- Smil, V. (2000): Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. *Annual Review of Energy and the Environment* 25: 53–88.
- Smillie, G.W., Syers, J.K. (1972): Calcium chloride formation during extraction of calcareous soil with fluoride: II. Implications to the Bray-1 test. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36:25-30.
- Smith, J.L., Paul, E.A. (1990): The Significance of Soil Microbial Biomass Estimations. In: "Soil Biochemistry", 357-396, Bollag, J.M., G. Stotzky (Eds.). Marcel Decker, New York.
- Smith, F.W., Jackson, W.A., Berg, P.J.V. (1990): Internal phosphorus flows during development of phosphorus stress in *Stylosanthes hamata*. *Aust. J. Plant Physiol.* 17:451–464.
- Soinne H. (2009.): Extraction methods in soil phosphorus characterisation - Limitations and applications, Academic dissertation, 25-32. University of Helsinki.
- Solis, P., Torrent J. (1989): Phosphate fractions in calcareous Vertisol and Inceptisol of Spain. *Science Society of America Journal* 53: 462-466.
- Soltanpour, P.N., Fox, R.L., Jones, R.C. (1988): A quick method to extract organic phosphorus from soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 255-256.

- Southworth, J., Randolph, J.C., Habeck, M., Doering, O.C., Pfeifer, R.A., Rao, D.G., Johnston, J.J. (2000): Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in the Midwestern United States. *Agric. Ecosyst. Environ.* 82: 139–158.
- Sposito, G. (1984): *The surface chemistry of soils*: 234. Oxford Univ. Press, Oxford.
- SRPS ISO 11074-1:2001 Kvalitet zemljišta, rečnik - Deo 1: Termini i definicije koji se odnose na zaštitu i zagađenje zemljišta, Identičan sa ISO 11074-1:1996.
- Srdić J., Simić M., Videnović Ž., Pajić Z. (2008): Yields of ZP sweet maize hybrids in dependence on sowing densities. *Genetika* 40 (3): 293–301.
- Staunton, S., Leprince, F. (1996): Effect of pH and some organic anions on the solubility of soil phosphate: implications for P bioavailability. *Eur. J. Soil Sci.* 47: 231–239.
- Статистички годишњак Републике Србије (2012): Републички завод за статистику.
- Steen, I.(1998): Phosphorus availability in the 21st Century: management of a nonrenewable resource. *Phosphorus and Potassium* 217: 25–31.
- Stenberg, B. (1999): Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. *Acta Agriculture Scandinavia* 49: 1-24.
- Стевановић, М. (1978): Утицај заоравања жетвених остатака на количину хумуса и азота у земљишту. *Архив за пољопривредне науке* 31: 41-50.
- Стевановић, М., Молнар, И. (1985): Промене хемијских особина чернозема под утицајем дуготрајног ђубрења органским и минералним ђубривима. *Агрохемија* 6: 437-445.
- Stevenson, F.J. (1986): *Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. A Wiley Interscience Publication: 11. John Wiley and Sons. Canada.
- Stewart, W.D.P. (1991): *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*: 3-6, Redwood Press, Melksham.
- Stevenson, F. J., Ardkani, M. S. (1972): Organic matter reactions involving micronutrients in soil. In: "Micronutrients in agriculture", 79–114, Flannery, R.L. (Ed.). ASA, Madison, WI.
- Stewart, J.W.B. (1981): The Importance of P Cycling and Organic P in Soils, in *Bettercrops with Plant Food*: 16-19. American Potash-Phosphate Institute, Atlanta, Georgia.

- Stewart, J.W.B., Mckercher, R.B. (1982): Phosphorus cycle. In: "Experimental Microbial Ecology", 221-238, Burns, R. G., Slater, J. H. (Eds.). Blackwells, Oxford.
- Stewart J. W. B, Tiessen H. (1987): Dynamics of soil organic phosphorus. *Biogeochemistry* 4: 41–60
- Stumm, W., Leckie, J.O. (1970): Phosphate exchange with sediments: its role in the productivity of surface water. *Advances in Water Pollution Research* 2:1–16.
- Suman, J.G. (2004): Effects of land-use change on phosphorus forms in South-West Australian soils, Academic dissertation (Thesis; Ph.D.), 87-91. University of Western Australia. School of Earth and Geographical Sciences.
- Sun, H., Larney, F.J., Bullock, M.S. (1995): Soil amendments and water-stable aggregation of a desurfaced dark brown chernozem. *Can. J. Soil Sci.* 75:319–325.
- Syers, J.K., Williams, J.D.H., Campbell, A.S., Walker, T.W. (1967): The significance of apatite inclusions in soil phosphorus studies. *Soil Science Society of America Journal* 31: 752–756.
- Шеремешкић, С. (2005): Утицај плодореда и ђубрења на физичка и хемијска својства чернозема. Магистарска теза, Пољопривредни факултет Нови Сад, 1-104.
- Šeremešić, S., Milošev, D., Jug, I., Jug, D., Ćirić, V., Jaćimović, G., Plić, N. (2011): Carbon dynamics and distribution of net primary production of wheat. *Monitoring kvaliteta zemljišta AP Vojvodine. I Međunarodni skup „Zemljište korišćenje i zaštita“*, Tematski zbornik: 45-49, Septembar 2011, Novi Sad.
- Шеремешкић, С. (2012): Утицај система ратарења на својства органске материје чернозема, Докторска дисертација, Пољопривредни факултет Нови Сад, 1-144.
- Шкорић, А., Филиповски, Г., Тирић, М. (1985): Класификација земљишта Југославије, Академија наука и умјетности Босне и Херцеговине, Посебна издања, књига LXXVIII, Сарајево
- Шупут М., Ђорђевић В., Недић М. (1979): Утицај повећане количине азота на неке особине клипа и зрна кукуруза. *Архива за пољопривредне науке* 32 (118): 3–13.

- Szalai, T., Lehoczky, E., Nyárai, F.H., Holló, S., Csathó, P. (2002): The Available Microelement Content Of Soil In A Long-Term Nutrient Supply Experiment, *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33: 15-18.
- Tabatabai, M.A., Bremner, J. M. (1969): Use of p nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry* 1: 301-307.
- Tabbara, H. (2003): Phosphorus loss to runoff water twenty-four hours after application of liquid swine manure or fertilizer. *J. Environ. Qual.* 32: 1044-1052.
- Tan, K.H. (1996): Soil sampling, preparation and analysis: Determination of available P: 157-167. Marcel Dekker Inc. New York.
- Tate, K.R. (1984): The biological transformation of P in soil. *Plant & Soil* 76: 245-256.
- Thalman, A. (1968): Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase activitat im Boden mittels TTC. *Landw. Forch.* 21: 249-258.
- Thien, S.J., Myers, R. (1992): Determination of bioavailable phosphorus in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 814-818.
- Tiessen, H., Stewart, J.W.B., Cole, C.V. (1984): Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Sci Soc Am J* 48: 853–858.
- Tinglu, F., Minggang, X., Guanye, Z., Linping, D. (2007): Trends in grain yield and soil organic carbon in a long term fertilization experiment in the China Loess Plateau. *American-Euroasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 2 (5): 600-610.
- Тинтор, Б., Милошевић, Н., Васин, Ј. (2009): Микробиолошка својства чернозема јужне Бачке у зависности одначина коришћења земљишта. Зборник радова, Институт за ратарство и повртарство 46: 189-198.
- Tisdall, J.M., Oades, J.M. (1982): Organic matter and water-stable aggregates. *J. Soil Sci.* 33: 141–163.
- Traoré, O., Groleau-Renaud, V., Plantureux, S., Tubeileh, A., Bceuf-Tremblay, V. (2000): Effect of rootmucilage and modelled root exudates on soil structure. *European Journal of Soil Science* 51: 575-581.
- Turner, B.L., Cade-Menun, B., Condron, L.M., Newmand, S. (2003): Extraction of soil organic phosphorus, *Talanta* 66: 294–306.
- Turner, B.L., Engelbrecht, B.M.J. (2011): Soil organic phosphorus in lowland tropical rain forests. *Biogeochemistry* 103: 297–315.

- Turner, R.C., Rice, H.M. (1952): Role of fluoride ion in release of phosphate adsorbed by aluminium and iron hydroxides. *Soil Science* 74: 141–148.
- Убавић, М., Богдановић Д. (2008): Практикум из Агрохемије: 156. Пољопривреди факултет Нови Сад.
- Убавић М., Богдановић Д. (2001): Агрохемија: 212. Пољопривредни факултет, Нови Сад
- Ullrich-Eberius, C., Novacky, A., van Bel, A. (1984): Phosphate uptake in *Lemna gibba* G1: energetics and kinetics. *Planta* 161:46–52.
- UNEP (2011): Phosphorus and Food Production YEAR BOOK 2011 http://www.unep.org/yearbook/2011/pdfs/phosphorus_and_food_production.pdf
- US EPA (1999): Background Report on Fertilizer Use, Contaminants and Regulations, EPA 747-R-98-003. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics, Washington, DC, USA.
- Usuda, H., Shimogawara, K. (1991): Phosphate deficiency in maize II. Enzyme activities. *Plant Cell Physiol.* 32:1313–1317.
- Varvel, G.E., Liebig, M.A., Doran, J.W. (2002): Soil organic matter assesment in a long-term cropping system study. *Communication in soil science and plant analyses* 33 (13-14): 2119-2130.
- Vanlauwe, B., Aihou, K., Aman, S., Iwuafor, E.N.O., Tossah, B.K., Diels, J., Sanginga, N., Lyasse, O., Merckx, R., Deckers, J. (2001): Maize yield as affected by organic inputs and urea in the West African moist savanna. *Agron J* 93: 1191–1199.
- Valpassos, M.A.R., Cavalcante, E.G.S., Cassiolato, A.M.R., Alves, M.C. (2001): Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 36(12): 1539-1545.
- Vasin J., Sekulić P., Belić M. (2002): Characteristics of the chernozem soil at Rimski Šančevi experiments field of Institute of Field and Vegetable crops. Sesiunea anuală omagială de comunicări și referate științifice “ 80 de ani de la nașterea prof. dr. Iulian Drăcea”: 153-160, 09-10 may 2002., Temisoara, Romania.
- Васин, Ј., Секулић, П. (2005): Плодност земљишта у Војводини. Економика пољопривреде 52 (4): 495-502.

- Васин, Ј. (2008): Стање плодности земљишта Војводине. Ђубрење у одрживој пољопривреди: 45-53. Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- Veeman, W.S. (1997): Nuclear magnetic resonance a simple introduction to the principles and applications. *Geoderma* 80: 225—242.
- Vetter, H., Steffens, G. (1980): Phosphorus accumulation in soil profiles and phosphorus losses after the application of animal manures. In: "Phosphorus in sewage sludge and animal waste slurries Hucker", 309-331, T.W.G. and Catroux, C. (Eds). Proceedings of the EEC Seminar organized jointly by the CEC and the Institute for Soil Fertility. D. Reidel Publishing Co., London, England.
- Violante, A., Gianfreda, L. (1993): Competition in adsorption between phosphate and oxalate on an aluminum hydroxide montmorillonite complex. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 1235–1241.
- Vogeler, I., Rogasik, J., Funder, U., Panten, K., Schnug E. (2009.): Effect of tillage systems and P-fertilization on soil physical and chemical properties, crop yield and nutrient uptake. *Soil & Tillage Research* 103: 137–143.
- Von Lutzow, M., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B., Flessa, H. (2006): Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions-a review. *European Journal of Soil Science* 57: 426-445.
- Von Wandruszka, R. (2006): Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. *Geochem. T.* 7: 6–14.
- Vu, D.T., Tang, C., Armstrong, R.D. (2009.): Tillage system affects phosphorus form and distribution in three contrasting Victorian soils. *Aust. J. Soil Res.* 47: 33–45.
- Весковић, М., Јовановић, Ж., Јовин, П., Толимир, М. (2002): Одрживост различитих система ђубрења у производњи кукуруза. Зборник научних радова ПКБ Агроекономик 8: 91–104.
- Вучић, Н. (1960): Утицај плодореда на стабилност структурних макроагрегата чернозема. *Летопис научних радова Пољопривредног факултета у Новом Саду* 4: 1-5.
- Вучић, Н. (1964): Водне особине чернозема и ливадске црнице и њихов значај за наводњавање на иригационом подручју Бачке. Докторска дисертација. *Савремена пољопривреда, посебно издање 1*: 98-103.

- Вучић, Н. (1987): Водни, ваздушни и топлотни режим земљишта. Војвођанска академија наука и уметности: 310, Нови Сад.
- Вучић, Н. (1992): Хигијена земљишта, Војвођанска академија наука и уметности 6: 236, Нови Сад.
- Вукадиновић, В., Вукадиновић, В. (2011): Исхрана биља. Осиек, Croatia: Faculty of Agriculture in Osijek: 186-193.
- Wakene, N., Leinweber P. (2009.): How does the Hedley sequential phosphorus fractionation reflect impacts of land use and management on soil phosphorus: A review. *Journal of Plant Nutrition Soil Science* 172: 305-325.
- Walker, T.W., Adams, A.F.R. (1958): Studies on soil organic matter: 1. Influence of phosphorus content of parent materials on accumulations of carbon, nitrogen, sulfur, and organic phosphorus in grassland soils. *Soil Sci.* 85: 307-318.
- Wan, Y., El-Swaify, S.A. (1996): Sediment enrichment mechanisms of organic carbon and phosphorus in a well-aggregated Oxisol. *J. Environ. Qual.* 27: 132–138.
- Wagner, G.H. (1989): Lessons in soil organic matter from Sanborn Field. *Proceedings Sanborn Field Centennial, Missouri Agricultural Experiment Station Special Report 415: 1-64.*
- Wang J., Liu W.Z., Mu H. F., Dang T.H.(2014): Inorganic Phosphorus Fractions and Phosphorus Availability in a Calcareous Soil Receiving 21-Year Superphosphate Application. *Pedosphere* 20(3): 304–310, Soil Science Society of China; Published by Elsevier Limited and Science Press.
- Wang, X., Yost, R.S., Linnquist, B.A. (2001): Soil aggregate size affects phosphorus desorption from highly weathered soils and plant growth. *Soil Science Society of America Journal* 65: 139-146.
- Wang, Y., Tang, J., Zhang, H., Schroder, J. L., He, Y. (2014): Phosphorus Availability and Sorption as Affected by Long-Term Fertilization Published in *Agron. J.* 106: 1583–1592.
- Wang, Y.H., Cao, C.Y., Shi, R.H., Jiang, R.C., Li, Z.H. (1993): The effect of application of organic manure and inorganic fertilizer in combination on the p-supplying ability of calcareous soils. *Journal of Nanjing Agricultural University* 16 (4): 36-42.
- Whalen, J.K., Chang, C. (2001): Phosphorus accumulation in cultivated soils from long-term applications of cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.* 30: 229–237.

- Whalen, J.K., Chang, C. (2002): Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications. *Soil Science Society of America Journal* 66: 637–1647.
- Wiegel, A., Kubat, J., Körschens, M., Powlson, D., Mercik, S. (1998): Determination of decomposable part of soil organic matter in arable soils. *Archives of Agronomy and Soils Science* 43: 123-143.
- Wiersum, L.K. (1962): Uptake of nitrogen and phosphorus in relation to soil structure and nutrient mobility. *Plant and Soil* 16: 62–70.
- Williams, J.D.H., Syers, J.K., Harris, R.F., Armstrong, D.E. (1971): Fractionation of inorganic phosphate in calcareous lake sediments. *Soil Science Society of America Journal*. 35: 250-255.
- Williams, J.D.H., Syers, J.K., Walker, T.W. (1967): Fractionation of soil inorganic phosphorus by a modification of Chang and Jackson's procedure. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31: 736-739.
- Williams, J.D.H., Syers, J.K., Walker, T.W., Rex, R.W. (1970): A comparison of methods for the determination of soil organic phosphorus. *Soil Science* 110: 13–18.
- Wood, C.W. (1998): Agriculture phosphorus and water quality: An overview. In: J. Thomas, (Ed.), *Soil testing for phosphorus: Environmental uses and implications*: 5–12. Newark, DE: University of Delaware.
- Wortmann, C.S., Shapiro, C.A. (2008): The effects of manure application on soil aggregation. *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 80 (2): 173-180.
- Wright, A.L., Hons, F.M. (2005): Tillage impacts on soil aggregation and carbon and nitrogen sequestration under wheat cropping sequences. *Soil and Tillage Research* 84(1): 67-75.
- Wright, A. (2008): Soil phosphorus stocks and distribution in chemical fractions for long-term sugarcane, pasture, turfgrass, and forest systems in Florida. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 83: 223-231.
- Wright, A.L. (2009): Phosphorus sequestration in soil aggregates after long-term tillage and cropping, *Soil & Tillage Research* 103: 406–411.
- Wong, J.W. C., Ma, K.K., Fang, K.M., Cheung, C. (1999): Utilization of a manure compost for organic farming in Hong Kong. *Bioresour. Technol.* 67: 43–46.

- Wu, H. T. (2001): Regional distribution of heavy metals in soils and vegetables of Beijing and their pollution assessment. Ph.D. dissertation, 21-27. Southwest Agricultural University.
- Xu T, L., J., M. M., Y., B., Hao, X. Y., Li, X. Y. (2008): Phosphorus efficiency in long-term (15 years) wheat-maize cropping systems with various soil and climate conditions. *Field Crops Research* 108: 231-237.
- Yadav, B.R., Paliwal, K.V., Nimgade, V. (1984): Effect of magnesium rich waters on phosphate sorption by calcite. *Soil Sci.* 138: 153–157.
- Yagi, S., Fukushi, K. (2012): Removal of phosphate from solution by adsorption and precipitation of calcium phosphate onto monohydrocalcite. *J. Colloid Interface Sci.* 384: 128–136.
- Yang, J.C., Wang, Z.G., Zhou, J., Jiang, H.M., Zhang, J.F., Pan, P., Han, Z., Lu, C., Li, L.L., Ge, C.L. (2012): Inorganic phosphorus fractionation and its translocation dynamics in a low-P soil. *Journal of Environmental Radioactivity* 112: 64-69.
- Yazdanpanah, N., Pazira, E., Neshat, A., Mahmoodabadi, M., Rodríguez Sinobas, L. (2013): Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (II): Impact on nitrogen, phosphorous and potassium redistribution and on microbial respiration Original Research Article *Agricultural Water Management* 120: 39-45.
- Yin, H., Yun, Y., Zhang, Y., Fan, C. (2011): Phosphate removal from wastewaters by a naturally occurring, calcium-rich sepiolite. *J. Hazard. Mater.* 198: 362–369.
- Yoder, C.H., Schaeffer, C.D. (1987): Nuclear magnetic resonance spectroscopy: 257, Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Zaidi, A., Khan, M.S., Ahemad, M., Oves, M. (2009.): Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria. *Acta Microbiol Immunol Hung* 56: 263–284.
- Zech, W., Alt, H.G., Haumair, L., Blasek, R. (1987): Characterization of P fractions in mountain soils of Bavarian Alps by ³²P-NMR spectroscopy. In: "Mineral nutrition of higher plants", 558-559, Marschner H., (Ed.). Academic Press, San Diego, CA.
- Zemberyova, M., Bartekova, J., Hagarova, I. (2006): The utilization of modified BCR three-step sequential extraction procedure for the fractionation of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in soil reference materials of different origins. *Talanta.* 70: 973-978.

- Зеремски–Шкорић, Т., Нинков, Ј., Секулић, П., Милић, С., Васин, Ј., Дозет, Д., Јакшић, С. (2010): Садржај тешких метала у одабраним ђубривима која су у употреби у Србији. *Ратарство и повртарство* 47 (1): 281-287.
- Zhang, N., Wan, S., Li, L., Bi, J., Zhao, M., Ma, K. (2008): Impacts of urea N addition on soil microbial community in a semi-arid temperate steppe in northern China. *Plant and Soil* 311: 19–28.
- Zhong, W., Gu, T., Wang, W., Zhang, B., Lin, X., Huang, Q., Shen, W. (2010.): The effects of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity. *Plant and Soil* 326(1/2): 511-522.
- Zhang, J., Li, M., Liu, S., Liu, Y., Zhang, L., Cao, Q., Sun, D. (2011): Seasonal variations and bioavailability of inorganic phosphorus in soils of Yeyahu Wetland in Beijing China *International Journal of Sediment Research - INT J SEDIMENT RES* 26 (2): 181-192.
- Zhang, J.H., Tan, S.W., Liu, X.Y., Hong, F. (1988): A study on oxidation status and organic phosphorus components of organic substances in soils of different levels of fertility. *Chin. J. Soil Sci.* 19: 60-62.
- Zhang, M., Heaney, D., Henriquez, B., Solberg, E., Bittner, E. (2006): A four-year study on the influence of biosolids/MSW compost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost science & utilization*. 14: 68–80.
- Zhang, Y.S., Werner, W., Scherer, H.W., Sun, X. (1994): Effect of organic manure on organic phosphorus fractions in two paddy soils. *Biof. Fertil. Soils* 17:64-68.
- Ziadi, N., Bélanger, G., Cambouris, A.N., Tremblay, N., Nolin, M.C., Claessens, A. (2007): Relationship between P and N concentrations in corn. *Agron. J.* 99: 833–841.
- Žarković, B., Blagojević, S., Stevanović, D. (2000): Agrochemical properties of a calcareous chernozem soil after long-term application of mineral and organic fertilizers. *Zemljište i biljka* 46 (2): 59-67.
- Живановић Љ. (2005): Утицај времена сетве на онтогенезу и принос хибрида кукуруза различите дужине вегетационог периода. Магистарска теза, 87-92. Пољопривредни факултет, Београд–Земун.
- Живковић, Б., Нејгебауер, В., Танасијевић, Ђ., Миљковић, Н., Стојковић, Л., Дрезгић, П. (1972): Земљишта Војводине, Институт за пољопривредна истраживања, Нови Сад.
- Цамић, Р., Стевановић, Д. (2007): *Агрохемија*. Партенон, Београд. 126-127.



Биографија кандидата

Мр Станко Милић је рођен 1975. године у Новом Саду. Основну школу је завршио у Новом Саду, а Средњу пољопривредну школу у Футогу. Дипломирао је 2002. године на Пољопривредном факултету у Новом Саду.

Постдипломске студије уписује школске 2003/2004. год., на Пољопривредном факултету Универзитета у Новом Саду, на смеру Наводњавање пољопривредних усева, група Гајење ратарских биљака. Све испите предвиђене наставним планом и програмом овог смера успешно је положио са просечном оценом 9,5. Магистарске студије завршио је 2008. године.

2003. године заснива радни односа у Научном институту за ратарство и повртарство у Новом Саду, у звању стручног сарадника за наводњавање. 2007. године прелази у Лабораторију за земљиште и агроекологију-Института за ратарство и повртарство. У саставу стручног-научног тима лабораторије за земљиште и агроекологију учествује у извођењу огледа и изради елбората, пројеката и студија министарства покрајинског секретаријата, правних и физичких лица. 2010. године, мр Станко Милић изабран је у звање истраживач сарадник за научну област Биотехничке науке - Агроекологија.

Током свог истраживачког рада учествовао је у релазацији 4 пројеката које је финансирао Републичко Министарство за науку и животну средину, 2 пројекта Министарства животне средине и просторног планирања, 2 пројекта Покрајинског секретаријата за заштиту животне средине и одрживи развој. 5 пројеката Министарства пољопривреде и заштите животне средине-Управа за пољопривредно земљиште. 11 пројеката градских управа за заштиту животне средине града Н. Сада, Ужица и Чајетине, 1 пројекат IBRD – Svetska banka, Serbia Transitional Agricultural Reform (STAR), 1 пројекат IPA пограничне сарадње Србија-Хрватска и 1 пројекат FRACTALS - Future Internet Enabled Agricultural Applications FP7. Тренутно је ангажован на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом: Стање тенденције и могућности повећања плодности пољопривредног земљишта у Војводини бр. 31072.

До сада је као аутор и коатор учествовао у објављивању преко 70 радова (8 објављених у категоријама M20) који су обухватили проблематику земљишта, ђубрења биљака, микробиологије, загађења пољопривредног земљишта, квалитета воде за наводњавање, наводњавања пољопривредних усева, потреба биљака за водом, хидропедологије... Са већим бројем саопштења учествовао је на међународним и домаћим научним скуповима.

Члан је Друштва за проучавање земљишта Србије (ДПЗС) и The European Society for New Methods in Agricultural Research (ESNA). Говори Енглески језик и служи се руским језиком. Ожењен је и има двоје деце.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Станко Милић

Број индекса или пријаве докторске дисертације _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

Дистрибуција и облици фосфора у карбонатном чернозему у зависности од система
гајења кукуруза

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена докторска 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/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанта

У Београду, _____

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске
верзије докторске дисертације**

Име и презиме аутора Станко Милић

Број индекса или пријаве докторске дисертације _____

Студијски програм _____

Наслов докторске дисертације

Дистрибуција и облици фосфора у карбонатном чернозему у зависности од система
гајења кукуруза

Ментор Др Бранка Жарковић, ванредни професор

Потписани/а Станко Милић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

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 Београду.

Потпис докторанта

У Београду, _____

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Дистрибуција и облици фосфора у карбонатном чернозему у зависности од система гајења кукуруза

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

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 крају).

Потпис докторанта

У Београду, _____

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Станко Милић

Број индекса или пријаве докторске дисертације _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

Дистрибуција и облици фосфора у карбонатном чернозему у зависности од система
гајења кукуруза

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена докторска 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 кришио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанта

У Београду, _____



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације

Име и презиме аутора Станко Милић

Број индекса или пријаве докторске дисертације _____

Студијски програм _____

Наслов докторске дисертације _____

Дистрибуција и облици фосфора у карбонатном чернозему у зависности од система
гајења кукуруза

Ментор Др Бранка Жарковић, ванредни професор

Потписани/а Станко Милић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

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 Београду.

У Београду, _____

Потпис докторанта



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Дистрибуција и облици фосфора у карбонатном чернозему у зависности од система гајења кукуруза

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

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 крају).

Потпис докторанта

У Београду, _____