

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Mr Violeta Ž. Mickovski Stefanović

Uticaj genotipa i lokaliteta na dinamiku
akumulacije teških metala u vegetativnim
organima pšenice

- Doktorska disertacija -

Beograd, 2012.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Mr Violeta Ž. Mickovski Stefanović

The impact of genotype and locality on the
dynamic of accumulation heavy metals in
wheat vegetative organs

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2012.

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije:

Mentor: Dr Đorđe Glamočlija, redovni profesor, Univerzitet u
Beogradu Poljoprivredni fakultet, Zemun

Članovi komisije: Dr Gordana Šurlan-Momirović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu Poljoprivredni fakultet, Zemun

Dr Radovan Sabovljević, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu Poljoprivredni fakultet, Zemun

Dr Srboljub Maksimović, naučni savetnik, Institut za
zemljište, Beograd

Dr Radmila Pivić, naučni savetnik, Institut za
zemljište, Beograd

Datum odbrane doktorske disertacije:

Zahvaljujem se

Prof dr Đorđu Glamočliji na izuzetnom razumevanju, nesebičnoj pomoći i novim naučnim saznanjima koje mi je pružio tokom izrade doktorske disertacije.

*Dr Gordani Šurlan-Momirović na konstruktivnim sugestijama.
Svim članovima komisije na dobronamernim savetima.*

Mr Bogdanu Jovanoviću koji je tada kao direktor Instituta Tamiš, i čovek koji je znao da poštuje nauku meni dao nesebičnu podršku i snagu da istrajem i dočekam ovaj trenutak.

Mojim roditeljima i porodici na moralnoj podršci, strpljenju i maksimalnoj pomoći koju su mi pružili.

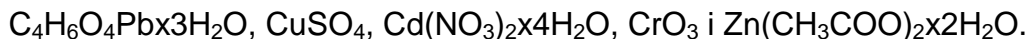
Uticaj genotipa i lokaliteta na dinamiku akumulacije teških metala u vegetativnim organima pšenice

Rezi me

U cilju proučavanja uticaja kontaminacije vazduha i zemlje na dinamiku usvajanja i nakupljanja teških metala u korenovima i stablima pšenice postavljeni su i izvedeni poljski ogledi 2009. i 2010. godine na četiri lokaliteta. Ogledna polja bila su različito udaljena od Rafinerije Pančevo. Prvo polje se nalazilo u *Vojlovici* (udaljenost 200 m), drugo u PK *Stari Tamiš* (5 km) i treće u *PDS Tamiš*, na dve njive, sa redovnom upotrebom hemijskih sredstava u agrotehnici i njiva na kojoj ona nisu primenjivana 20 godina. Ovo polje bilo je udaljeno od Rafinerije 10 km.

Predmet istraživanja bila su četiri genotipa ozime pšenice: *Ljiljana*, *Pobeda*, *Renesansa* i *Apach*. Uzorci biljnog materijala (korenovi i nadzemna vegetativna biomasa) uzimani su u fenofazama bokorenja, vlatanja i klasanja.

Paralelno sa poljskim postavljeni su i ogledi u sudovima. Za punjenje sudova upotrebljena je zemlja sa oglednih polja koja je prethodno kontaminirana teškim metalima cinkom, olovom, hromom, bakrom i kadmijumom. Korišćena su sledeća jedinjenja:



Ona su primenjena u sledećim koncentracijama: 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 250 ppm, 500 ppm i 1000 ppm. U sudove su posejana dva genotipa pšenice *Pobeda* i *Ljiljana*, a ogledi su postavljeni u stakleniku Poljoprivrednog fakulteta u Zemunu. Uzorci za ispitivanje teških metala u korenovima i stablima uzimani su u fazama bokorenja i vlatanja biljaka.

Teški metali su (Zn, Pb, Cr, Cu i Cd) određeni metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije (aparatus *Varian Spectra AA 220 FS*) u plamenu acetilen/vazduh.

Rezultati istraživanja pokazali su da se sadržaj teških metala u biljnom tkivu značajno smanjivao sa udaljavanjem useva pšenice od zagađivača, ali se tokom vegetacionog perioda povećavao dostigavši najveću vrednost u fazi klasanja biljaka. Korenovi su u svim fenofazama imali više teških metala nego stabla pšenice što ukazuje na činjenicu da su oni u biljnim organima manje pokretni. Razlike u sadržaju teških metala u korenovima bile su najveće poređenjem uzoraka sa polja u sistemu konvencionalne ratarske proizvodnje u odnosu na polja na kojima se hemijska sredstva ne primenjuju (ogledna polja *PDS Tamiš*). Između genotipova značajna razlika bila je samo pri usvajanju cinka. Tako je *Pobeda* imala najviše cinka u korenovima i stablima u svim fazama rastenja.

Ključne reči: lokalitet, teški metali, genotipovi pšenice, korenovi, stabla.

Naučna oblast: Biotehničke nauke

Uža naučna oblast: Ratarstvo

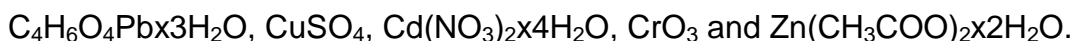
The impact of genotype and locality on the dynamic of accumulation heavy metals in wheat vegetative organs

Abstract

In order to study the influence of air and soil pollution on the dynamics of intake and deposition of heavy metals in wheat roots and stems, field experiments were conducted in years 2009 and 2010 on four sites. The distances of experimental fields from the Oil Refinery Pančevo varied. The first field was located in *Vojlovica* (200 meters away), the second one in the agro-industrial complex *PK Stari Tamiš* (5000 meters) and the third location was at agricultural estate and food processing plant PDS Tamiš on two fields regularly treated with chemicals in accordance with modern agricultural methods and one field not treated with chemicals in the past 20 years. This field was located some 10 000 meters from the Refinery.

The subject of this research were four genotypes of winter wheat: *Ljiljana*, *Pobeda (Victory)*, *Renesansa (Renaissance)* and *Apach (Apache)*. The samples from the plants-roots and above-ground vegetative biomass-were taken during growth stages of tillering, arranging panicles and earing.

Simultaneously with the field experiments, experiments were set up in the laboratory dishes. Soil from the experimental fields used to fill the dishes was previously contaminated with heavy metals Zn, Pb, Cr, Cu and Cd. Also used were these compounds:



Used the following concentrations: 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 250 ppm, 500 ppm and 1000 ppm. The dishes were sown with two genotypes *Pobeda* and *Ljiljana* and the experiment was set in the greenhouse of the Faculty of Agriculture in Zemun. The samples tested for heavy metals in roots and stems were taken during the periods of tillering and ears forming.

The heavy metals Zn, Pb, Cr, Cu and Cd were identified through atomic absorption spectrophotometry (device Varian Spectra AA 220 FS) in acetylene/air flame.

The research results have shown that the heavy metal contents in plant tissue decreased significantly with the increase of the distance between the wheat crops and the polluters, however, this content showed steady increase during the vegetative period and peaked in the ears forming earing phase.

The roots in all growth stages contained more heavy metals than wheat stems which points to the fact that they are less mobile in the plant organs. The differences shown in the heavy metals content found in the roots were greatest when comparison was made between the samples from the fields within the system of conventional field crop farming and fields where chemicals have not been applied (experimental fields at PDS Tamiš). Among the genotypes the significant difference was shown in adoption of zinc. Thus, *Pobeda* had the highest content of zinc in roots and stems in all vegetative stages.

Key words: site, heavy metals, wheat genotypes, roots, stems.

Scientific field: Biotechnological Sciences

Scientific discipline: Crop Sciences

SADRŽAJ

1.	Uvod	1
2.	Naučni cilj istraživanja	12
3.	Osnovne hipoteze od kojih se polazi	13
4.	Pregled literature	14
5.	Materijal i metod rada	28
6.	Meteorološki uslovi	33
7.	Rezultati istraživanja i diskusija	37
7. 1.	Sadržaj teških metala u zemljištu	37
7. 2.	Sadržaj teških metala u biljnim organima pšenice	40
7. 3.	Ogled u sudovima	63
8.	Zaključak	71
9.	Literatura	74
10.	Prilozi	

1. U V O D

Pšenica predstavlja jednu od najstarijih gajenih biljaka u svetu. O značaju ovog žita govori i činjenica da zauzima najveće površine u svetskoj poljoprivrednoj proizvodnji. Zrno, zahvaljujući svojoj hranljivoj i nutritivnoj vrednosti predstavlja najvažniji ratarski proizvod koji se koristi u ishrani ljudi i u međunarodnoj trgovini. Sama činjenica da se osnovnim proizvodom hlebom hrani preko 75% stanovništva planete govori o značaju ovog žita u ishrani. Osim hleba od brašna dobijenog procesom finog mlevenja dobija se i niz prehrambenih proizvoda u obliku gotovih i polugotovih jela.

Od ukupnih obradivih površina na Zemlji, koje iznose oko milijardu hektara, pšenica se, prema podacima *FAO, World Wheat, Corn and Rice Production* (2009) gaji na oko 204.614.000 hektara ili približno 22% svetskih obradivih površina. Zemlje najveći proizvođači pšenice nalaze se na severnoj geografskoj polulopti. Najveće površine su u Indiji- 24.886.200 ha. Pored Indije, veliki proizvođači pšenice su: Kina (22.040.070 ha), SAD (21.383.820 ha), Australija (12.456.000 ha), Kazahstan (11.262.300 ha), Kanada (10.467.400 ha) i Rusija (9.960.000 ha). Prosečan svetski prinos je 2.750 kg ha⁻¹, a prosečna proizvodnja pšeničnog zrna po stanovniku je oko 110 kg. Prosečni prinosi pšenice u svetu iznose 2.624 kg ha⁻¹, a prosečna proizvodnja pšeničnog zrna po stanovniku je oko 115 kilograma.

Genotip kao autonomni biološki i agronomski entitet jedan je od presudnih faktora kako na kvantitativnom tako i na kvalitativnom nivou proizvodnje. Drugim rečima, prinos i kvalitet zrna pšenice koje dobijamo u proizvodnji u velikoj meri zavise od sorte koja je gajena. O sorti kao jednom od presudnih faktora mnogi autori su davali svoje viđenje i iznosili svoje rezultate (*Borojević* 1983, *Mladenov i sar.* 2007, *Denčić i sar.* 2003, 2007, 2010). Zauzimajući oko 70% ukupnih površina pod pšenicom, sorte koje u poslednjih nekoliko godina dominiraju u domaćoj proizvodnji su: *Pobeda*, *Evropa 90*, *Renesansa*, *Dragana*, *Ljiljana* i *Rusija*. Počelo je sa prvom visokoprinosnom sortom *Sava*, koja već 1973. godine zauzima 20% od ukupnih polja pod pšenicom u tadašnjoj Jugoslaviji (*Denčić i sar.* 2006) pa do *Pobede* koja danas zauzima oko 25% od ukupnih površina u Srbiji. Pored

izuzetno visoke adaptabilnosti, karakteristika ovih sorti je i odličan kvalitet hleba. Sve ove sorte pripadaju grupi odličnih hlebnih sorti ili grupi poboljšivača.

Celokupni sortiment bilo koje poljoprivredne biljne vrste može se podeliti generalno u tri glavne grupe: sorte u punoj eksploataciji (koje zauzimaju dominantne površine), sorte u ekspanziji širenja i sorte za buduću proizvodnju.

U 2010. godini naša zemlja je, prema zasejanim površinama pod pšenicom, od 480.120 ha, bila na 18. mestu u svetu. Treba istaći da su površine, kao i ukupna proizvodnja pšenice u proteklom periodu pokazala velika variranja koja su uslovljena agroekološkim uslovima proizvodnje, neadekvatnom tehnologijom proizvodnje i cenom zrna na domaćem i svetskom tržištu. Stoga su i prinosi zrna po hektaru iz godine u godinu pokazivali trend blagog opadanja dostigavši u 2008. godini vrednost oko 2.300 kg ha^{-1} , što je znatno ispod svetskog proseka. Ukupna proizvodnja pšenice podmiruje domaće potrebe, a u pojedinim godinama pojavljuju se i tržišni viškovi. Uz činjenicu da se pšenica sve više traži na svetskom tržištu, u narednom periodu trebalo bi posvetiti više pažnje njenoj proizvodnji i uz više stručnosti i nevelika ulaganja ostvariti značajno veće prinose zrna. Za to u nas postoje povoljni prirodni i zemljišni uslovi, kao i stručna osposobljenost neposrednih proizvođača pšenice (*Glamočlija*, 2011). Tehnološki kvalitet sorti zavisi od genetičkih faktora, ali i od uslova spoljne sredine, što znači da uslovi spoljne sredine imaju veliku ulogu u ekspresiji osobina genotipa (*Popović*, 2010, 2011a).

Agrotehničke mere i agroekološki uslovi imaju veliki značaj za postizanje većih prinosa po jedinici površine. Od agrotehničkih mera najvažnija je pravilno izbalansirana ishrana biljaka. Stalni porast ljudske populacije, izgradnja velikih gradova, industrijskih objekata i saobraćajnica značajno smanjuju poljoprivredne površine, ali i raznim štetnim agensima nepovoljno utiču i na zemljišta na kojima je organizovana poljoprivredna proizvodnja. Kako su te površine sve bliže glavnim zagađivačima ekosistema, posledice na gajene biljke postaju sve više izražene. Najveći zagađivači poljoprivrednog zemljišta, ali i useva su teški metali (*Glamočlija i sar.* 2011).

Opšti privredni razvoj, urbanizacija naselja, neracionalno korišćenje prirodnih resursa i odlaganje svih vrsta otpada u prirodnu sredinu uz primenu hemijskih sredstava u

poljoprivredi doveli su do tog da je opšte stanje zaštite životne sredine kod nas nezadovoljavajuće (Popović, 2002).

Grupi teških metala pripadaju oni čija je specifična masa veća od 5 g/cm^3 . Jedan broj teških metala (gvožđe, mangan, bakar, cink i kobalt) je u malim količinama neophodan za rastenje i razviće biljaka. To su mikroelementi, ali u visokim koncentracijama i oni su toksični za biljke. Neki teški metali pripadaju skupini funkcionalnih, biljke ih usvajaju i njihovo prisustvo u vegetativnim i generativnim organima nije toksično, ali su oni neophodni životinjama kojima su biljke hrana. Ovoj grupi pripadaju selen, kobalt, silicijum. Ostali teški metali su toksični i za biljke, i za životinje i čoveka, koji se hrane biljnom hranom.

Prema značaju u fiziološkim procesima u biljkama, životinjama i ljudima metali (odnosno njihovi joni) mogu se podeliti u tri grupe. To su:

- esencijalni za ljude (joni bakra, kalcijuma, gvožđa, kalijuma, magnezijuma)
- esencijalni za biljke i neke životinje, ali ne i za čoveka (joni arsena, kadmijuma, nikla) i
- toksični ili sa terapijskom upotrebom (joni aluminijuma, barijuma, žive).

Ipak, treba naglasiti da su svi teški metali u velikim količinama toksični, a granica koja razdvaja esencijalne od toksičnih zavisi od koncentracije elemenata i količine koja se unosi hranom (Conti *et al.*, 2000).

U proteklom periodu koncentracija cinka u nekim zemljištima se povećava, naročito u industrijskim zemljama kao posledica neadekvatne zaštite okoline od fabričkih zagađenja. Za dinamiku nakupljanja Zn najbitniji faktori su pH-vrednost, sadržaj CaCO_3 i mehanički sastav zemljišta (Ubavić i Bogdanović, 2001).

Na osnovu pH vrednosti zemljišta su podeljena u pet grupa: alkalna, neutralna, slabo kisela, kisela i jako kisela.

Sadržaj CaCO_3 ima značajnu ulogu kod primene organskih i mineralnih hraniva. Na dejstvo unetih hraniva, cink utiče direktno i indirektno jer svojim prisustvom menja pH vrednosti. Kiselost, odnosno bazičnost zemljišta ima veliki značaj za mnoge procese koji se odvijaju u njemu što rezultira snabdevenošću biljaka dostupnim asimilativima. Prema sadržaju CaCO_3 zemljišta se grupišu u četiri grupe: bezkarbonatno, slabo karbonatno, srednje karbonatno i jako karbonatno.

Primarna uloga jona cinka u biljkama ogleda se u procesu ćelijske replikacije i u metabolizmu nukleinskih kiselina (*Škrbić i sar.*, 2002).

Prema podacima koje navode *Weber and Hrynerik* (2000) teški metali u biljci se akumuliraju po sledećem rasporedu: listovi>korenovi>stablo>plod (seme).

Program ovih istraživanja obuhvata i proučavanje uticaja kontaminacije zemljišta i vazduha industrijskim postrojenjima na pšenicu. Objekti istraživanja su četiri različita genotipa pšenice (*Ljiljana, Pobeda, Renesansa i Apach*), koji su gajeni na različitim rastojanjima od izvora kontaminacije ekosistema. Dobijeni rezultati doprineće da se utvrdi da li pšenica, i koji od proučavanih genotipa najmanje reaguje na povećanu koncentraciju teških metala bakra, olova, cinka, hroma i kadmijuma. Prema uticaju na biljke teški metali se mogu podeliti na uslovno-korisne (mikroelementi) i štetne.

Sadržaj teških metala u zemljištu i njihov uticaj na biljke

Bakar pripada skupini mikroelemenata i u zemljištu vrlo pozitivno utiče na vegetativni porast biljaka (tabela 1).

Tabela 1. Uticaj različitih koncentracija jona bakra na rastenje i razviće ozime pšenice

Koncentracije jona Cu u hranljivom rastvoru, Cu/l	Koncentracija jona Cu u suvoj materiji nadzemnog dela, Cu/kg	Masa suve materije, g/biljka		Visina stabla, cm
		Nadzemni deo	Korenovi	
0	4	1	0	40
0,01	9	2	0,5	53
0,1	20	1	0	50
1	51	0	0	27

* *Savage et al.*, 1981

Sadržaj bakra u zemljištima Vojvodine kretao se u intervalu od 1,85 mg kg⁻¹ do 39,85 mg kg⁻¹.

Prosek za sva ispitivana zemljišta iznosio je 17,1 mg kg⁻¹, s tim što je on bio nešto veći za zemljišta u privatnom vlasništvu u odnosu na ona u društvenom sektoru. Veći sadržaj bakra utvrđen je u zemljištima pod vinogradom, što je verovatno posledica upotrebe bakar-sulfata. Sadržaj bakra u zemljištu doline reke Velika Morava ukazuju da se sadržaj bakra kretao u granicama od 18 mg kg⁻¹ do 145 mg kg⁻¹ (*Jakovljević i sar.*, 1997).

U proseku sva zemljišta sveta sadrže oko 30 mg kg⁻¹ bakra i vezan je za organsku materiju, gvožđe i mangan – okside, zemljišne silikate, glinu i druge minerale. Količina i distribucija ukupnog i pristupačnog bakra zavisi od tipa zemljišta i matičnog supstrata. U zemljištima kisele reakcije i sa visokim sadržajem humusa, bakar vezan za organsku supstancu, se ne može mobilisati u dovoljnim količinama i javlja se njegov nedostatak.

Osim iz matičnog supstrata, visoke koncentracije bakra u zemljište dospevaju iz topionica metala, od primene hraniva, otpadnih muljeva, fungicida, baktericida, svinjskog i živinskog stajnjaka. Ukoliko zemljištima sa srednjim sadržajem bakra dodajemo azot uz primenu Cu-hraniva, kod žitarica dolazi do velikog porasta prinosa, što je od značaja za

budućnost. U ispitivanim uzorcima zemljišta ukupan sadržaj bakra kretao se u intervalu od 14,38 mg kg⁻¹ do 28,97 mg kg⁻¹ i nije prelazio maksimalno dozvoljenu koncentraciju koja za bakar iznosi 100 mg kg⁻¹ (MDK- maksimalno dozvoljena količina prema Pravilniku o dozvo-ljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja, Sl. Glasnik RS 23/1994). Sadržaj pristupačnog bakra kretao se u intervalu od 1,52 mg kg⁻¹ do 7,90 mg kg⁻¹ (Raičević, 2008). Joni bakra spadaju u neophodne mikroelemente čiji su biološki značaj prvi put eksperimentalno utvrdili Hattory *et al.* (2001).

Mnogobrojna jedinjenja koja se koriste u poljoprivredi i veterinarstvu, fungicidi (plavi kamen kod zaštite vinove loze) mogu izazvati intoksikaciju jonima bakra. Primena mineralnih hraniva i sredstava za prskanje koja sadrže jone bakra ne dovodi do znatnijeg povećanja sadržaja jona bakra u biljkama. Joni bakra su veoma toksični za biljni svet. Suvišak jona bakra na biljkama u prirodi retko se uočavaju. Do toksičnog dejstva jona bakra dolazi ako je njegov ukupan sadržaj u zemljištu od 25 mg kg⁻¹ do 40 mg kg⁻¹ i ako je pH vrednost zemljišta pri tome ispod 5,5. Uopšteno se može reći da se suvišak jona bakra najčešće javlja na kiselim zemljištima. Visoka koncentracija jona bakra smanjuje rastenje korena (tabela 1) (Savage *et al.*, 1981). Bakar je metal koji se dugotrajno zadržava u površinskom sloju zemljišta (0-15 cm) sa velikim afinitetom vezivanja za organsku materiju i tako jednom unet ima mogućnost akumulacije veoma dugi niz godina. Površine koje su bile pod vinogradima u dalekoj prošlosti a danas se koriste kao bašte, njive i pašnjaci i dalje imaju značajno povišen sadržaj bakra u odnosu na relevantnu kontrolu. Razvijene zemlje Evrope na površinama pod dugogodišnjim zasadima vinograda imaju ozbiljne probleme zbog visoke akumulacije bakra. U južnoj Francuskoj je zbog ovog problema 1/3 vinograda (oko 150.000 ha) zamenjena drugim proizvodnim kulturama i pašnjacima. Takođe u oblasti Galicija u Španiji postoji nacionalni projekat gde se na prostoru bivših vinograda zasnivaju šume, a šumska područja pretvaraju u nove vinograde. Prema višegodišnjim istraživanjima Instituta za ratarstvo i povrtarstvo– Laboratorije za zemljište i agroekologiju, ovaj problem nije zaobišao ni vinograde u Vojvodini. U većini analiziranih vinograda sadržaj bakra se nalazi iznad zone rizika od 60 mg kg⁻¹, međutim još

uvek ove količine nisu drastično visoke do te mere da zahtevaju remedijaciju zemljišta i izmeštanje vinograda.

Cink ima važnu ulogu u biljnom i životinjskom svetu, a ona se ogleda u tome što je on sastavni deo niza fermentata. Pripisuje mu se uloga stimulatora rastenja i aktivnost u povećanju tolerantnosti biljaka na sušu i uzročnike bolesti. *Kabata-Pendias et.al* (1989), konstatuju da je prosečan sadržaj ukupnog cinka u površinskim slojevima raznih zemljišta u svetu 17 - 125 mg kg⁻¹.

Poslednjih decenija koncentracija cinka u nekim zemljištima se povećava, naročito u industrijskim zemljama, kao posledica ljudske aktivnosti.

Ukupan sadržaj ovog elementa u zemljištu u velikoj meri zavisi od matičnog supstrata na kome je obrazovano zemljište, a glavni izvori zagađenja su: rudnici, železare, korišćenje otpadnih muljeva u poljoprivredi, kompostirani materijali, pesticidi i mineralna hraniva.

Za dinamiku cinka najbitniji faktori su pH-vrednost, sadržaj CaCO₃ i mehanički sastav zemljišta (*Ubavić i Bogdanović*, 2001). U ispitivanim uzorcima zemljišta ukupan sadržaj cinka se kretao u intervalu od 93,33 mg kg⁻¹ do 167,88 mg kg⁻¹ i nije prelazio MDK koja za ovaj element iznosi 300 mg kg⁻¹. Sadržaj pristupačnog cinka se kretao u intervalu od 1,70 mg kg⁻¹ do 98,26 mg kg⁻¹ (*Raičević*, 2008). Prosečan sadržaj cinka u zemljištima Vojvodine iznosi 60,3 mg kg⁻¹, s tim što su se pojedinačne vrednosti kretale u intervalu od 10,6 mg kg⁻¹ do 203 mg kg⁻¹ (*Ubavić i dr*, 1993). Njegov sadržaj u zemljištima doline Velike Morave varirao je od 56 mg kg⁻¹ do 194 mg kg⁻¹ (*Jakovljević i dr*, 1997). Joni cinka kao i joni bakra spadaju u važne esencijalne oligoelemente koji učestvuju u brojnim fiziološkim reakcijama. Ulazi u sastav mnogobrojnih metaloenzima i glutamat dehidrogenaza. Primarna uloga jona cinka ogleda se u procesu ćelijske replikacije i u metabolizmu nukleinskih kiselina (*Škrbić i sar.*, 2002). Dnevno iskorišćenje jona cinka u ishrani ljudi normalno se kreće od 12 mg do 15 mg Zn /dan. Postoje široke granice tolerancije između normalnih količina jona cinka iskorišćenih hranom i onih koji mogu prouzrokovati štetne efekte. Češći je slučaj deficita jona cinka koji se naročito negativno odražava na ćelije i tkiva koja imaju brzo rasteenje. Toksične doze jona cinka vrlo je teško precizirati pošto ovo njegovo dejstvo zavisi od koncentracije i interakcije sa drugim mikroelementima prisutnim u hrani, prvenstveno jona gvožđa, bakra i kalcijuma. Simptomi

trovanja kod ljudi su slični simptomima trovanja drugim teškim metalima (*Hadžić i sar.*, 1993).

Olovo. Prema *Scheffer et al.* sadržaj ukupnog olova varira od 5 mg kg^{-1} do 100 mg kg^{-1} . Povećanim količinama olovo pokazuje toksično dejstvo na biljke, a veoma štetno deluje na zdravlje životinja i ljudi. Olovo uzeto u malim količinama, ne većim od 10 mg kg^{-1} suve biljne mase, povoljno utiče na tok izvesnih fizioloških procesa u biljnim organizmima kao i na kvalitet biljne produkcije. Povoljan režim fosfora sužava toksično delovanje olova na biljke, što je posledica sposobnosti olova da obrazuje nerastvorne fosfate u biljnim tkivima i zemljištima. Hemija olova u zemljištu nije dovoljno razjašnjena, a zna se da se ono nalazi u rastvorljivo halogenom obliku (PbClBr), a da kasnije nastaju i druga relativno rastvorljiva jedinjenja, kao što su PbCO_3 , $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$, a u manjoj meri PbSO_4 . Zbog nastanka ovih jedinjenja i njegove velike adsorpcije pokretljivost olova u zemljištu je veoma mala. Na dinamiku olova od posebnog uticaja je pH vrednost, sadržaj organske materije i gline u zemljištu. Zemljište ima veliki kapacitet adsorpcije za olovo, organska materija je posebno odgovorna za vezivanje ovog metala, tako da olovo iz izduvnih gasova ostaje vezano blizu površine zemljišta. Eksperimentom na životinjama dokazano je da deficit gvožđa, bakra, cinka, kalcijuma i vitamina D dovode do porasta adsorpcije olova, kao i to da su jedinjenja olova, kao što su olovo-acetat, olovo-jodid, olovo-arsenat i olovo-hromat kancerogena, dok je kod čoveka nakon duge ekspozicije olovu, zapažen povećan mortalitet od karcinoma gastrointestinalnog trakta i respiratornog sistema. Genotoksičnost olova i njegovih derivata ogleda se u hromozomskim aberacijama perifernih limfocita (*Popović, 2002*).

Kontaminacija zemljišta olovom je antropogenog porekla i glavni izvor su rudnici, topionice, otpadni muljevi, izduvni gasovi vozila i olovo-arsenat (PbAsO_4) koji se primenjuje u voćnjacima za suzbijanje insekata. U ispitivanim uzorcima zemljišta ukupan sadržaj olova kretao se u intervalu od $31,47 \text{ mg kg}^{-1}$ do $49,88 \text{ mg kg}^{-1}$ i nije prelazio maksimalno dozvoljenu koncentraciju, koja za olovo iznosi 100 mg kg^{-1} (*Raičević, 2008*). Sadržaj ukupnog olova u zemljištima Vojvodine varirao je od $3,0 \text{ mg kg}^{-1}$ do $73,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Inače prosečan sadržaj olova za sva ispitivana zemljišta iznosio je $17,2 \text{ mg kg}^{-1}$ (*Ubavić i dr, 1993*). Biljke jone olova u neorganskom obliku slabo usvajaju i premeštaju u nadzemne

organe, izuzev na kiselim zemljištima iz kojih usvajaju znatno veće količine olova. Međutim, organska jedinjenja olova, naročito njihovi međuprodukti koji nastaju prilikom razgradnje olovotetraalkila, kao što su olovo dialkili i trialkili, se veoma brzo usvajaju i premeštaju u nadzemne organe. Nakupljanje jona olova kod većine biljaka je intenzivnije u korenu nego u nadzemnom delu. Velika moć korena u akumulaciji jona olova bi mogla da bude i jedan vid zaštite nadzemnog dela od njegove veće koncentracije u spoljašnjoj sredini.

Osnovni mehanizam toksičnosti jona olova je pre svega njegov uticaj na metabolizam jona kalcijuma i inhibiranje brojnih enzimskih sistema.

Osetljivost pojedinih biljnih vrsta na veće koncentracije jona olova je različita. Smatra se da pšenica i soja imaju relativno visoku tolerantnost prema jonima olova (*Kastori*, 1983).

Kod pšenice prinos se značajnije smanjuje tek kad koncentracija jona olova u suvoj materiji slame dostiže 45 mg kg^{-1} . Mehanizam tolerantnosti biljaka prema suvišku jona olova nije sasvim jasan i često se povezuje sa metabolizmom jona fosfora (*Hadžić i sar.*, 1993).

Hrom spada u elemente koji su malo određivani u našim zemljištima. Rezultati dobijeni za zemljišta Vojvodine (*Ubavić i sar.*, 1993) ukazuju da se njegov ukupni sadržaj kretao u granicama od $5,3 \text{ mg kg}^{-1}$ do $86,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Prosečan sadržaj za sve ispitivane uzorke zemljišta iznosio je $29,9 \text{ mg kg}^{-1}$. Sadržaj hroma u zemljištu doline reke Velika Morava varirao je od 66 mg kg^{-1} do 148 mg kg^{-1} , dok je prosečna vrednost bila 108 mg kg^{-1} (*Jakovljević i dr.*, 1997). Sadržaj hroma određivan je i u zemljištima u Zetskoj ravnici (*Radulović*, 2001). Utvrđeno je da je prosečan sadržaj ukupnog hroma u smeđim zemljištima $87,3 \text{ mg kg}^{-1}$, a da su se pojedinačne vrednosti kretale u intervalu od 62 mg kg^{-1} do 118 mg kg^{-1} . Biljke koriste za ishranu male količine hroma, ali još nije izučena fiziološka uloga tog elementa u njima, pa čak nije ni dokazana njegova neophodnost za život biljaka. Hrom ima važnu ulogu u ljudskom i životinjskom organizmu u tzv. glukoznom faktoru tolerancije, tj. u vraćanju visokog nivoa glukoze u krvi na normalan sadržaj (*Schwartz and Mertz*, 1976). Hrom se u zemljištu nalazi u više oksidisanih oblika, ali najstabilniji je u Cr(III) i Cr(VI). Šestovalentni hrom je stabilniji u oksidacionim uslovima, pri višoj pH i smatra se toksičnijom formom u odnosu na trovalentni hrom (*Mc*

Grath, 1995). Osnovni izvor hroma u zemljištu je iz primarnih minerala koji nastaju iz magmatskih stena, koje čine matični supstrat na kome je zemljište formirano. Osim od matičnog supstrata hroma u zemljište dospeva i antropogenim putem (iz poljoprivrednih materijala, atmosferskim depozitom, otpadnim muljevima). On se posebno čvrsto veže u zemljištima bogatim glinom i naročito humusom te je njegova pokretljivost u zemljištu mala i apsorbuje se u površinskom sloju dubine 5-10 cm (Raičević, 2008).

Kadmijum. Prema rezultatima *Ubavića i sar.* (1993) prosečan sadržaj ukupnog kadmijuma u zemljištima Vojvodine iznosi $0,48 \text{ mg kg}^{-1}$. Vrednosti za ukupni sadržaj kadmijuma u zemljištima doline Velike Morave kretale su se u intervalu od $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ do $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ (*Jakovljević i sar.*, 1997). Joni Cd se intenzivnije usvajaju i translociraju u vegetativne nadzemne organe od jona olova i žive. U brojnim biljnim vrstama intenzitet transporta jona kadmijuma u nadzemnim organima je u pozitivnoj korelaciji sa njegovom koncentracijom u hranljivoj podlozi. Joni kadmijuma usvojeni iz hranljive podloge uglavnom se zadržavaju u korenu. Udeo jona kadmijuma u vegetativnim nadzemnim organima, stablu i listu biljaka je približno isti. Sadržaj jona kadmijuma u semenu žita, gajenih na jako kontaminiranim zemljištima, najčešće ne prelazi 1 mg kg^{-1} suve materije (*Jakovljević i Blagojević*, 1997).

Osnovni uzrok toksičnosti jona kadmijuma je njegov veoma visok afinitet prema tiolnim grupama (SH) brojnih enzima i proteina. Veće koncentracije jona kadmijuma u biljkama potpuno inhibiraju metabolizam jona gvožđa, izazivaju hlorozu i time smanjuju intenzitet fotosinteze. Isto tako, visoke koncentracije jona kadmijuma inhibiraju disanje i transport elektrona u procesu oksidativne fosforilacije. Aktivnost brojnih enzima, na primer nitrat-reduktaze, direktno zavisi od stepena kontaminacije biljaka jonima kadmijuma. Joni kadmijuma, takođe inhibiraju transpiraciju kao i pokrete ćelija zatvaračica stominog aparata. Neke biljke imaju sposobnost da koncentrišu u sebi jone kadmijuma usvojene iz zemlje. Mnogi sporedni proizvodi mlinske industrije, koji se koriste kao hrana za životinje sadrže jone kadmijuma. Dnevna konzumacija jona kadmijuma kod odraslih ljudi procenjuje se na $0,2-0,5 \text{ mg}$, zavisno od vrste hrane. Takođe se može uneti jon kadmijuma putem vazduha (prah kadmijum-oksida) i vode (galvanizovane i polietilenske cevi) (*Škrbić i sar.*, 2002). Joni kadmijuma se prvenstveno deponuju u sledećim organima:

jetra, bubrezi, pljuvačne žlezde i pankreas. Važno je naglasiti da deo mehanizma pri intoksikaciji jonima kadmijuma predstavlja metabolički antagonizam između jona kadmijuma i jona cinka. U ovom slučaju očigledno je da se njihov odnos (joni kadmijum:cink) u hrani, kao i ukupna konzumirana količina moraju uzeti u obzir pri prosuđivanju moguće Cd toksičnosti u organizmu (*Hadžić i sar.*, 1993).

Resorpcija kadmijuma se vrši u tankom crevu, ili udisanjem čestica što je mnogo opasnije jer može doći do edema i nekroze epitela pluća. Kada dospe u krv vezuje se za eritrocite, albumine i za proteine male molekulske mase. Akutna trovanja kadmijumom izazivaju bolove u grudima, pulmonalni edem, a hronična dovode do bronhitisa, anemije, vaskularnih oboljenja. Dnevno dospevanje jona kadmijuma u ljudski organizam zavisi od zagađenosti životne sredine i kreće se od 10-80 mg po čoveku (*Šovljanski i sar.*, 1991).

Istraživanje sprovedeno na uzorcima krompira sa različitih lokaliteta pokazalo je da je krompir koji potiče sa lokaliteta poznatih po njegovom gajenju bio kontaminiran kadmijumom sadržajem koji prelazi zakonom dozvoljene vrednosti. Prisustvo kadmijuma u uzorcima krompira može se objasniti i korišćenjem fosfatnih soli u većim količinama. Prisustvo kadmijuma u krompiru je izuzetno nepovoljno jer onemogućava njegovu upotrebu u ishrani, ali i kao sirovina za dalju proizvodnju proizvoda na bazi krompira, na primer čipsa i drugih (*Rajković i sar.*, 2002).

2. NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA

Naučni cilj istraživanja u okviru doktorske disertacije bio je proučavanje korelacija između različitih genotipova pšenice i lokaliteta, odnosno udaljenosti oglednog polja od industrijske zone, na dinamiku usvajanja i akumulisanja teških metala u pojedinim biljnim organima. Dinamika usvajanja teških metala utvrđena je tokom vegetacionog perioda pšenice uzimanjem uzoraka u fazama bokorenja, vlatanja i klasanja.

Postavljanjem ogleda na polje u konvencionalnoj ratarskoj proizvodnji i na polje na kome se u proizvodnji ne koriste mineralna hraniva, ni pesticidi, određen je uticaj aerosola na usvajanje i akumulaciju teških metala u biljnim organima.

Uporednim ogledima u sudovima određena je tolerantnost pojedinih genotipova pšenice na visoke koncentracije teških metala.

Ova istraživanja imaju teoretski i praktični značaj jer će dobijeni rezultati dati detaljnije informacije o mogućnosti proizvodnje pšenice u blizini velikih objekata i da li se pravilnim odabirom genotipa može umanjiti štetni uticaj kontaminacije vazduha i zemljišta na kvalitet proizvoda.

Krajnji cilj doktorske disertacije je odgovor koliko interakcija genotip x lokalitet x stepen kontaminacije zemljišta utiču na stepen usvajanja teških metala u biljci.

3. OSNOVNE HIPOTEZE OD KOJIH SE POLAZI

Osnovna hipoteza na kojoj se zasniva ova disertacija je da će usev pšenice, bliže izvoru zagađenja atmosfere i zemljišta u vegetativnim organima imati veći sadržaj teških metala.

Udaljavanjem od industrijske zone opadaće količina štetnih materija u vazduhu (aerozagađenja) tako da će i biljke listovima usvajati manje jona teških metala.

Drugi vid zagađenja je upotreba velikih količina pesticida i mineralnih hraniva u kojima se, kao sporedni produkti, nalaze soli teških metala. Budući da biljke mogu usvajati jone različitih soli, ne samo korenovima, već i preko listova, mogućnost povećanja koncentracije teških (korisnih i štetnih) metala je veća i ona će zavisiti i od bioloških karakteristika genotipa.

Variranja vremenskih uslova tokom vegetacionog perioda pšenice uticaće na intenzitet apsorpcije jona iz zemljišta i vazduha, kao i na količinu akumulisanih teških metala u biljnom tkivu useva na otvorenom polju.

Genotipovi, obuhvaćeni istraživanjima, različito će reagovati na usvajanje i akumulaciju teških metala.

Setvom pšenice u sudovima napunjenim kontaminiranom zemljom proučiće se sortna specifičnost u dinamici usvajanja, transporta po biljnim organima i akumulisanja teških metala.

4. PREGLED LITERATURE

Triticum vulgare ili *Triticum aestivum ssp. vulgare* je najrasprostranjenija vrsta pšenice. Poređenjem sa tvrdom pšenicom ona ima manje ukupnih proteina i mekano zrno brašnaste strukture na preseku. Brašno sorti meke pšenice koristi se za proizvodnju hleba i drugih pekarskih proizvoda.

Pšenica ima i izvanredan agrotehnički značaj, jer kao usev guste setve ostavlja zemljište nezakorovljeno, neugaženo i odličnih fizičkih osobina, tako da predstavlja odličan predusev za najveći broj njivskih biljaka. Kako pšenica sazreva rano, sredinom leta, zemljište se posle žetve može poorati u nekoliko navrata s ciljem da se produbi oranični sloj ili da se unište višegodišnji rizomski korovi. Ukoliko se u zemljište unose organska hraniva postoji mogućnost da se tokom leta razbaca, na primer stajnjak koji se tokom jedne od letnjih obrada unosi u oranični sloj. Osim toga, posle žetve pšenice ostaje period povoljnih uslova spoljne sredine, prvenstveno toplotnih, dug preko sto dana. Tako posle pšenice, kao i drugih strnih žita, mogu se sejati ili rasađivati brojni postrtni povrtarski ili krmni usevi i ostvariti po dve žetve na istoj njivi u toku jedne godine (*Glamočlija*, 2011).

Pšenica ima velike potrebe u pogledu plodnosti i fizičkih osobina zemljišta. Najuspešnije gajenje je na černozeru, livadskoj crnici, krečnim i plodnim aluvijalnim zemljištima gde je pH vrednost 6,8-7. Teže se gaji na teškim zbijenim zemljištima opterećenim suviškom vode. Na lakim peskovitim zemljištima, gde je povećana brojnost vazdušnih pora i mali kapacitet za vodu, mnogo lakše dolazi do izmrzavanja biljaka usled gubljenja toplote iz prizemnog sloja. Zemljišta takvih fizičkih osobina brže gube vodu i biljke će stradati tokom letnjih suša. Prinosi i kvalitet zrna pšenice koje dobijamo u proizvodnji u velikoj meri zavise od toga koje smo sorte sejali (*Denčić i sar.*, 2010). Pravilan izbor sorte, prema rezultatima brojnih istraživanja, ima vrlo značajnu ulogu u ostvarivanju stabilne proizvodnje koja omogućuje visoke prinose semena pšenice dobrog kvaliteta. Poljoprivredni proizvođači, pre nego što se opredele koju će sortu gajiti, treba da sagledaju opšte stanje zemljišta, klimatske uslove, stanje mehanizacije, kao i nivo agrotehnike koji će primeniti u proizvodnji pšenice. Veliki proizvođači pšenice treba da se opredele za sortiment u kome će biti zastupljene najmanje dve do tri sorte koje se razlikuju

prvenstveno po stepenu ozimosti (raniji i kasniji rok setve) i po dužini vegetacionog perioda kako bi racionalnije organizovali kampanju setve i žetve i racionalnije iskoristili raspoloživu mehanizaciju (*Glamočlija*, 2011).

Pravilan izbor sorti od izuzetne je važnosti jer omogućuje visoku i stabilnu proizvodnju, minimalna ulaganja i povećanu dobit proizvođača (*Popović*, 2010, 2011a).

Prilikom odabira sorti pšenice treba voditi računa o sledećem:

1. biološke osobine - dužina vegetacionog perioda, kvalitet (prinosne sorte - slab kvalitet hleba, visok prinos; hlebne sorte - kvalitetan hleb, osrednji prinos; sorte poboljšivači - vrlo dobar kvalitet hleba, niski prinosi)
2. ekonomski aspekti- različita cena za sve ove tri sorte
3. organizacioni elementi- dobra organizacija i upošljavanje radne snage, treba gajiti više sorata jer se produžava optimalni rok setve i žetve (ne sazrevaju jednovremeno); period prihranjivanja je u različito vreme.

Lončarić i sar. (2010) ispitivali su sadržaj teških metala u različitim tipovima brašna kao posledicu svojstava zemljišta i specifičnosti sorti. Odabrano je četiri sorte pšenice (*Srpanjka*, *Zdenka*, *Mura* i *Divana*). Najznačajnije pozitivne korelacije su između ukupnih koncentracija metala u tlu i koncentracija u brašnima utvrđena je za kadmijum. Utvrđena je vrlo značajna razlika između sorti, jer je najveća koncentracija svih metala u integralnom brašnu utvrđena za sortu *Divana*, ali je ista sorta imala i najniži prinos.

Visoke koncentracije bora u zemljištu, prema rezultatima koje navode *Brdar i sar.* (2008), nepovljno utiču na odnos kalcijuma i kalijuma u vegetativnim organima pšenice, što rezultira smanjenjem prinosa zrna. Na povišen sadržaj bora u zemljištu podjednako su reagovale sve sorte obuhvaćene istraživanjima.

Maksimalni dozvoljeni sadržaj olova u proizvodima od zrna pšenice je $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$, kadmijuma $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$, žive $0,03 \text{ mg kg}^{-1}$, a arsena $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$, kao što propisuje *Nacionalni pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama pesticida i teških metala*. Ispitujući sadržaj navedenih elemenata AAS metodom u hlebu od pšeničnog brašna poredeći ih sa hlebom sa dodatkom sojinog brašna *Škrbić i sar.* (2004) zaključuju da sojino brašno ne povećava njihovo učešće u ovom prehrambenom proizvodu.

Škrbić i Čupić (2004) ističu da žita i proizvodi od žita u ishrani stanovništva obezbeđuju oko 41% od stvarnih potreba za jonima gvožđa, ali se oni u zrnu nalaze u hemijskom obliku koji nije najpovoljniji za sorpciju. U tome ih ometa prisustvo jona fosfora i fitinske kiseline.

Mineralne materije čine 1-2% ukupne mase zrna žita i sačinjavaju ih različite neorganske soli koje potiču iz mineralnih materija. Mineralni sastav zavisi od sastava zemljišta (organskog sastava), padavina i upotrebljenih hraniva tokom rastenja i razvoja biljke (*Li et al.*, 2001).

Nepoželjni teški metali potiču iz kontaminiranog vazduha i zemljišta. U zemljištu se ovi metali mogu naći ukoliko se neracionalno koriste sredstva za zaštitu bilja. Takođe, neracionalnom upotrebom organskih i mineralnih hraniva i to fosfora, kao i taloženjem iz atmosfere, dolazi do kontaminacije zemljišta (*Abrahams*, 2002).

Jedan od načina na koji teški metali dospevaju u prehrambene proizvode je ukoliko se oni spravljaју od kontaminiranih biljnih i animalnih proizvoda. Ako se biljke gaje na zemljištu sa visokim sadržajem teških metala one će ih usvojiti i akumulirati u produktivnim organima (plodovi ili nadzemna biomasa). Korišćenje takvih biljaka za ishranu domaćih životinja dovešće do toga da i one budu kontaminirane teškim metalima. Meso, mleko i jaja domaćih životinja hranjenih takvom biljnom hranom biće nekvalitetno s obzirom na visok sadržaj teških metala. Drugi, ne manje značajan, način kontaminiranja prehrambenih proizvoda teškim metalima je sam tehnološki postupak njihovog dobijanja. Naime, usled određenih nepravilnosti u tehnološkom postupku, pojedini štetni elementi mogu se naći u mnogo većim količinama nego što je to propisima dozvoljeno. Kao primer za ovo navodi se kontaminacija materijala česticama metala (bakar, cink i gvožđe) u toku njegovog sitnjenja u mlinu. Nepravilno čuvanje i skladištenje je takođe izvor zagađivanja prehrambenih proizvoda teškim metalima, kao što navode *Jakovljević i Blagojević* (1997). Teške metale biljka usvaja iz zemljišta, a u određenim uslovima i preko lista. Iako se ovi elementi mnogo intenzivnije nakupljaju u korenovima nego nadzemnim organima, vazduh u industrijskim zonama, takođe predstavlja značajan izvor zagađenja (*Škrbić i sar.*, 2004).

Razvojem industrije antropogeni izvori teških metala su postali značajni zagađivači zemljišta. Da bi se u okolini takvih objekata proizvela biološki ispravna hrana, neophodno

je sprečiti širenje aerosola pogodnim sistemima filtera na fabričkim dimnjacima. Od antropogenih zagađivača zemljišta kadmijumom značajno mesto imaju mineralna hraniva, pa je potrebna stalna kontrola sirovina za njihovu proizvodnju. Otpadni muljevi, isto tako sadrže visoke koncentracije teških metala, a unose se kao organska hraniva u zemljište, prvenstveno kao način povećanja prirodne plodnosti.

Pored industrijskih postrojenja atmosferu zagađuju i drugi činioci, odnosno svi oni koji sagorevaju fosilna goriva. Proučavajući sadržaj pepela nastalog sagorevanjem fosilnih goriva *Bogdanović* (2002) je pronašao visoke koncentracije jona teških metala, posebno kadmijuma.

Slavković i sar. (2003) su opsežnim istraživanjima koncentracije hroma, olova, kadmijuma, cinka, nikla, mangana, bakra i arsena u uzorcima zemljišta uzetih pored većih industrijskih pogona širom Srbije zaključili da su tri glavna izvora zagađenja rafinerija, rudnici uglja i topionice. Koncentracija navedenih elemenata nije bila vezana za određeni tip zemljišta.

Nichoelas and Thomas (1954) ispitali su uticaj nikla na rastenje paradajza i ustanovili da koncentracija od 15,3 milivala izaziva hlorozu, naročito kod mladih listova. Kod ovsu dolazi do nekroze a kod pšenice, suncokreta i kukuruza do smanjenja rasteња. Postoje, međutim neke biljke kao što je *Alyssum*, kojima je nikal neophodan za rastenje i razviće (*Živanović*, 2010). Isti autor navodi da su zemljišta na području Avale imala visoke koncentracije teških metala, kao posledicu intenzivnog drumskog saobraćaja (autoput za Niš), ali i zbog ratnih dejstava iz 1999. godine. Najveća akumulacija teških metala bila je u nadzemnim organima koprive, bokvice i maslačka. Važno je istaći da su kopriva i bokvica iz grupe lekovitih biljaka. Ljudi ih često beru i koriste za čajeve, sokove ili u druge prehrambene svrhe. Stoga ove biljke ne treba brati blizu puteva, ili nekog drugog izvora zagađenja. Iz tog razloga *Živanović* sugeriše redovnu kosidbu samoniklih biljaka na području Avale, kao i na drugim površinama gde je povećana količina teških metala u zemljištu, kako biljke ne bi dospele u lanac ishrane.

Pavlović i Dažda (2006) su izneli podatke koliko je zagađena okolina u Pančevu Petrohemijaskog kompleksa i Rafinerije nafte prilikom bombardovanja 1999. godine. Tom prilikom je iz Petrohemijaskog kompleksa 3.000 t natrijum hidroksida, 800 t 30%

hlorovodonične kiseline, 100 t etilen-dihlorida i 5 t žive otišlo u Dunav, a 100 t žive i 200 t vinil-hlorid monomera VCM ostalo u zemljištu u krugu i neposrednoj okolini industrijske zone gde se na 150-200 m nalaze kuće i usevi. Koncentracija 200 t vinil-hlorid monomera VCM je bila 10.600 puta veća od dozvoljene.

Teški metali mogu da prouzrokuju štetan uticaj na zdravlje ljudi zbog korišćenja hrane spravljene od proizvoda biljaka koje se gaje na kontaminiranom zemljištu. Ispitujući koncentracije teških metala u zrnu pšenice iz industrijskog područja jugoistoka Kine *Huang et al.* (2008) su zaključili da je njihova koncentracija zavisila od stepena zagađenosti zemljišta. U zemljišnom sloju do 15 cm raspored teških metala bio je: cink>hrom>nikl>olovo>bakar>kadmijum. Međutim, sadržaj cinka, hroma, nikla, kadmijuma i žive u nekoliko uzoraka zemljišta bio je značajno veći od količine dozvoljene kineskim Standardom. Povećane koncentracije bakra, kadmijuma i olova predstavljaju potencijalnu opasnost po zdravlje ljudi, dok viši sadržaj hroma nije opasan. Veći rizik za zdravlje je kod seoskog stanovništva zato što oni u ishrani koriste zrna bez prethodnog odvajanja spoljnih omotača (mekinje).

Koeficijent opasnosti pojedinih metala predstavljaju vrednosti unutar intervala sigurnosti. HQ (individualni rizik) i HL (indeks opasnosti) uslovljen povećanim sadržajem teških metala može se prikazati sledećim redosledom:

seoska deca>odrasle osobe sa sela>urbana deca>odrasle osobe iz grada.

Jedan od glavnih izvora zagađenja predstavlja i saobraćaj. *Hjortenkrans et al.* (2006), ispitujući emisiju metala (kadmijum, hrom, bakar, olovo, antimon i cink) u životnu sredinu na 148 uzoraka u Švedskoj zaključili su da ona zavisi od niza činilaca. To su: gustina saobraćaja, brzina kretanja vozila, veličine raskrsnica i načini prolaženja vozila kroz njih. U svojim istraživanjima *Popović i sar.* (2005, 2008) ustanovili su da je na kontaminaciju ispitivanih lokaliteta uticala i emisija – saobraćaja. Sadržaj olova u zemljištima i biljaka pšenice progresivno se smanjivao udaljaljavanjem od velikih saobraćajnica.

Razlog ekološke neprihvatljivosti bilo kog proizvoda su ekološke posledice nastale tokom dobijanja i primene tog proizvoda. Pored negativnih ekoloških posledica u toku proizvodnje motornih benzina (olovni alkili kao antidetonatorska komponenta), tokom primene (sagorevanja u automobilskim motorima), ekološka posledica je nakupljanje olova

u zemljištu pored puta. Međutim, putem bioakumulacije, preko biljaka koje apsorbuju olovo iz zemljišta, olovo ulazi u lanac ljudske ishrane i deponuje se u ljudskom organizmu. U cilju smanjenja negativnog uticaja rafinerijskog proizvoda (olovnog motornog benzina) na životnu sredinu, izvršena je analiza posledica korišćenja ovog proizvoda u ekosistemu (zemljištu) i biljci pšenici. *Jovanović i sar.* (2005) su metodom AAS izvršili kvalifikaciju i kvantifikaciju prisustva olova u zemljištu i biljkama pšenice pored autoputa Beograd-Novi Sad u okolini mesta Kovilj. Na osnovu dobijenih rezultata procenili su ekološke posledice korišćenja motornih benzina na bazi olovnog aditiva i njegovu supstituciju bezolovnim benzinom.

Udeo usvojenih teških metala preko listova zavisi od hemijskih osobina zemljišta. Tako *Youseff and Chino* (1991) ističu da se intenzitet usvajanja teških metala značajno smanjuje na zemljištima sa pH 7 i većim. Unos metala preko lišća je oko 10 puta veći nego preko korena iz kontaminiranog zemljišta pri čemu je preko lišća najefikasniji unos jona cinka. Usvajanje jona olova iz zemljišta je bilo zanemarljivo i zaključak je da ovaj metal u biljke prvenstveno dospeva preko lišća iz vazduha. Korenov sistem kod biljaka ne služi samo kao rezervoar za kretanje vode i hranljivih materija, već ima značajnu ulogu kod distribucije teških metala iz zemlje kroz biljku.

Većina prethodnih istraživanja su bila usmerena na određivanje ukupnog sadržaja teških metala u korenovom sistemu. U jednom istraživanju na šumskom zemljištu gde su zasađeni borovi koji su tretirani veštačkom kišom različite kiselosti praćena je mobilizacija teških metala. Dokazano je da je sa smanjenjem kiselosti kiše smanjena i mobilizacija cinka i bakra (*Berthelsen et al.*, 1994). Unos teških metala kod nekih povrtarskih kultura gde je pH zemljišta iznosio 7 pre setve značajno je uticalo na smanjenje koncentracije teških metala u samom povrću (mrkva i spanać). Manje se akumulirao kadmijum, nikl i cink a više bakar i olovo. Kod pšenice su rezultati pokazali da je povoljniji pH 7 zemljišta od pH 6,5 jer se tada mnogo manje akumuliraju potencijalno toksični elementi iz zemljišta. Podaci za ozimu pšenicu tj. sadržaj teških metala u zrnju pšenice ukazuje da nema značajnih promena sa promenom pH vrednosti zemljišta (*Hooda and Alloway*, 1996).

Studija, koju su uradili *Athar and Ahmad* (2000) pokazala je toksične efekte određenih teških metala na rastenje biljaka i prinos zrna obične pšenice. Veoma toksičan

efekat pokazao je kadmijum u odnosu na bakar, nikl, cink, olovo i hrom. Prisustvo kadmijuma u zemljištu rezultiralo je maksimalnim brojem slobodno živećih *Azotobacter chroococcum* ćelija, a sadržaj proteina se znatno smanjio.

Ispitivano je dejstvo hlorimuron-oksida i kadmijuma na običnu pšenicu. Zajedničko dejstvo na pšenicu doprinelo je da oslabi mogućnost formiranja hlorofila. Pšenica je mogla da se zaštiti tako što je povećala aktivnost enzima antioksidativne peroksidaze. Tako sadržaj topivih proteina i aktivnost peroksidaze predstavljaju biomarkere za negativno dejstvo hemikalija na biljku (*Wang and Zhou, 2006*).

Putem vegetacionog oglada u sudovima proučavano je usvajanje teških metala u različitim organima salate, rotkvice i mrkve. Ogladi su izvedeni sa zemljištima različitog stepena kontaminacije teškim metalima. Na osnovu rezultata došlo se do zaključka da je došlo do enormne akumulacije teških metala, posebno u listu ispitivanih biljaka: gvožđa, cinka, olova i kadmijuma. Utvrđene vrednosti su iznad dozvoljenih (MDK) količina. Kod ispitanih uzoraka baštenskog zemljišta i zemljišta pored magistralnog puta nađeni su nešto veći sadržaji: gvožđa, cinka, olova i nikla, ali oni nisu imali depresivno delovanje na razvoj biljaka (*Stevanović i sar., 2001*).

Dobijeni rezultati sadržaja toksičnih elemenata u uzorcima lucerke sa područja Vojvodine, koji su sakupljeni sa 16 različitih lokaliteta, ukazuju da je kod četiri analizirana uzorka utvrđeni sadržaj žive viši od one koja je dozvoljena po Pravilniku maksimalno dozvoljenih koncentracija. Izmerene količine olova, kadmijuma i arsena u svim ispitanim uzorcima bile su niže od maksimalno dozvoljenih. Dobijeni rezultati pokazuju svu opravdanost i neophodnost obavljanja analiza za ocenu zdravstvene ispravnosti ove vrste hraniva u cilju očuvanja zdravlja životinja i zdravstvene ispravnosti namirnica animalnog porekla (*Mihaljev i sar., 2008*).

Na teritoriji Kosova i Metohije, u dolini reka Ibra i Sitnice nalaze se dva značajna industrijska basena, Kosovska Mitrovica i Obilić. Ovi industrijski giganti svojim emisijama vrše zagađenje životne sredine na širem području Kosova i Metohije. Teški metali (olovo, cink, kadmijum, bakar) koji se emituju iz ovih industrijskih regiona padaju u izmenjenom ili neizmenjenom obliku na zemljinu površinu, odakle ih biljke apsorbuju i akumuliraju u svoja tkiva i organe. Bokvica je indikator kontaminiranosti i pokazuje ogromnu mogućnost

akumulacije teških metala. Sa povećanjem udaljenosti od emitera sadržaj teških metala se smanjuje. Od ispitivanih povrtarskih vrsta najmanje količine teških metala akumuliraju kukuruz, boranija, paradajz, a najveće kupus. Povrtarske vrste akumuliraju manju količinu teških metala od voćnih vrsta (*Filipović-Trajković i sar.*, 2001).

U nekim delovima Kine je 2002. godine sprovedeno istraživanje kako deluje kontaminacija teškim metalima na biljke i na koji način biljke pružaju otpornost. Došlo je do inhibicije rasteanja biljke, oštećenja strukture biljke, pada fizioloških i biohemijskih aktivnosti. Efekat i biodostupnost teških metala zavisi od brojnih faktora, kao što su ekološki uslovi, pH, vrste elemenata i vrste biljaka. Postoje i studije o mehanizmima odbrane biljaka od toksičnog dejstva teških metala, kao što je kombinovanje teških metala sa proteinima i detoksifikacija enzima. To su mehanizmi zaštite biljaka od oštećenja teškim metalima. Ovde postoje dva aspekta interakcije biljaka i teških metala. S jedne strane teški metali imaju negativne efekte na biljke, ali i biljke istovremeno imaju svoje mehanizme odbrane od štetnog dejstva teških metala (*Cheng*, 2003).

Sprovedeno je ispitivanje klijanja semena ječma i ljujla u prisustvu kanalizacionog mulja. Laboratorijski eksperimenti potvrdili su da klijavost nije bila trajno inhibirana već samo odložena. Period odlaganja klijanja se produžava sa većom koncentracijom mulja. Sličan efekat je izazvan teškim metalima u vodenom rastvoru, ali sa koncentracijama koje su bile znatno više od onih u mulju. Kašnjenje klijavosti je bilo veće gde je bilo veće koncentracije organske materije. U mulju je takođe bilo prisutno stvaranje nestabilnih inhibitora, etilena i amonijaka (*Wollan et al.*, 2003).

Rezultati istraživanja koja su sprovedena u Japanu su pokazali da su joni olova i bakra manje mobilni od cinka i kadmijuma. Takođe je dokazano da su joni olova i bakra koncentrisani na površini zemljišta, a cink i kadmijum su lokalizovani u podzemnim slojevima. Jasno je iz ovih istraživanja da nikal, kadmijum i cink mogu da predstavljaju veću opasnost od zagađenja podzemnih voda od bakra i olova. Specifične migracije pojedinih jona zavise od prirode jona (*Biddappa et al*, 1982).

Godine 2002. sprovedeno je istraživanje u blizini rudnika i topionica oboje-nih metala u gradu Bajini u Kini. Istraživana je površina zemljišta od 501 km². Neki od useva su bili kontaminirani teškim metalima uglavnom putem otpadnih voda ili taloženjem iz

vazduha. Uzorci zemljišta su bili ispitivani na pH vrednost, sadržaj organskih materija, dostupnog fosfora, ukupnog kadmijuma, olova, bakra i cinka. Analizirano je i zrno pšenice kod jare pšenice. Rezultati su tumačeni pomoću linearne korelacije i postepene regresione analize. Povećanje ukupnog sadržaja teških metala u zemljištu je rezultiralo i povećanjem akumulacije kadmijuma u zrnu pšenice, dok je povećanje sadržaja cinka u zemljištu uslovalo povećanje akumulacije olova u zrnu. Istraživanje je pokazalo da se tačno može predvideti sadržaj kadmijuma i olova, dok akumulacija bakra i cinka nije mogla da se predvidi (*Nan et al.*, 2002).

U Kini u nekim selima su merene koncentracije žive i olova u sušnom poljoprivrednom zemljištu koje se navodnjava. Koncentracija olova je premašila prag dozvoljenih vrednosti za zemljišta koja se navodnjavaju za čak 72,46%. Ovi rezultati su pokazali da postoji ozbiljno zagađenje olovom, dok su zagađenja ostalim metalima neznatna. Postoji različitost porekla teških metala kod poljoprivrednog zemljišta u zavisnosti da li se zemljište navodnjava ili ne (*Yu et al.*, 2008).

U želji da se analiziranje zemljišta, kao jednog od elemenata sistema kontrole plodnosti, ponovo uvede u široku praksu Pokrajinski sekretarijat za poljoprivredu, Institut za ratarstvo i povrtarstvo i mreže regionalnih poljoprivrednih stručnih službi od 2002. godine realizuju akciju besplatnog analiziranja zemljišta i davanja preporuka đubrenja za zemljišne parcele u privatnom vlasništvu na teritoriji Vojvodine. U toku akcije najveći deo prikupljenih uzoraka zemljišta bio je sa oranica, a oko 10% uzoraka je uzorkovano iz voćnjaka i vinograda. Prosečna vrednost reakcije zemljišta iz voćnjaka je neutralna. Neutralna zemljišta su najpovoljnija za poljoprivrednu proizvodnju zbog povoljnog uticaja na pristupačnost hranljivih materija za biljke, kao i na aktivnost i sastav mikroorganizama u zemljištu. Nepovoljan je podatak da je oko 60% uzoraka u blago alkalnoj klasi. U ovakva zemljišta treba unositi fiziološki kisela mineralna hraniva kao što su na primer urea i kalijumove soli. Povišene vrednosti pH mogu uticati na nedostatak pristupačnih oblika pojedinih hranljivih mikroelemenata.

Murzaeva (2004) je proučavala akumulaciju teških metala u usevu pšenice izloženom različitim zagađivačima. Ovi eksperimenti su trajali 18 godina na dva tipa zemljišta. Predmet istraživanja bila je prolećna pšenica. Povećani stepen kontaminacije zemljišta

uticao je na aktiviranje enzima u listovima i u korenovima biljaka i povećanje stepena antioksidativne zaštite od jona teških metala. Koncentracija teških metala kadmijuma, cinka, olova i hroma u zrnima pšenice bila je znatno manja nego u slami, dok je nikla i bakra bilo više u zrnu. U korenovima je bilo najviše kadmijuma, nikla, cinka i bakra. Vrednosti pH imale su neznatan uticaj na sadržaj bakra, olova i hroma u biljkama.

Athar and Masood (2000) su proučavali toksične efekte određenih teških metala na rastenje biljaka pšenice *Triticum aestivum* L. i prinos zrna. Rezultati, do kojih su došli, pokazali su da je kadmijum bio veoma toksičan u odnosu na bakar, nikal, cink, olovo i hrom. U uslovima povećanog sadržaja kadmijuma u zemljištu značajno se povećala brojnost bakterija *Azotobacter chroococcum*. Negativan uticaj na pšenicu ispoljio se značajnim smanjenjem sadržaja ukupnih proteina u zrnu.

Hattory and Chino (2001) su, pre setve pšenice, uneli u pet tipova zemljišta različite koncentracije $CdCl_2$ i $ZnCl_2$. Potom su pratili dinamiku nakupljanja teških metala tokom ontogeneze pšenice i došli do zaključka da je koncentracija ovih metala u zoni korenovog sistema varirala u zavisnosti od tipa zemljišta, tako da je nakupljanje u biljnom tkivu zavisilo od zemljišnih uslova.

Na uzorcima pšenice prikupljenim u okviru godišnjeg monitoringa kvaliteta žetve u Srbiji *Škrbić i sar.* (2006) određivali su sadržaj makroelemenata (kalijum, natrijum, magnezijum i kalcijum), mikroelemenata (gvožđe, bakar, cink i mangan), kao i toksičnih metala (živa, olovo, kadmijum i arsen). Na osnovu podataka o prosečnoj potrošnji hleba, peciva, testenine i brašna kod nas, procenjeno je dnevno iskorišćenje navedenih elemenata iz ove grupe proizvoda i poređeni sa relevantnim dnevno referentnim vrednostima. Na osnovu dobijenih podataka proizilazi da bi dnevne porcije proizvoda od celog zrna pšenice zadovoljila dnevne potrebe odraslog čoveka za bakrom skoro u potpunosti, potrebe za kalijumom oko 50%, magnezijumom i cinkom oko 70%, potreba za gvožđem oko 70%, i oko 33% potreba za kalcijumom.

Prema proračunima, proizvodima od celog zrna pšenice u organizam bi se dnevno iskoristilo oko 10% tolerantne količine kadmijuma, oko 14% olova i 10% arsena. Budući da se kod nas više troše proizvodi od belog brašna, ove vrednosti unetih makroelemenata, mikroelemenata i toksičnih elemenata su mnogo manje.

Veoma dobra poljoprivredna zemljišta nalaze se u okviru gradskih i prigradskih naselja Zagreba. Stoga je istraživana uticaj urbanih i industrijskih okruženja na akumulaciju metala u poljoprivrednom zemljištu. Za statističku obradu podataka je sprovedena multivarijantna analiza i podaci su obrađeni R-mod faktorskom analizom. U grupu F1 svrstani su: kadmijum, olovo, bakar i cink. Ovi elementi su okarakterisani kao faktori koji imaju snažno antropogeno dejstvo na zagađenje. Elementi iz grupe F2: gvožđe, mangan i nikl su uglavnom pedološkog porekla (*Romić i Romić, 2002*).

Naučni radnici Instituta za ratarstvo i povrtarstvo i Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu u preko 3000 uzoraka zemljišta analizirali su: osnovna hemijska svojstva zemljišta, sadržaj opasnih i štetnih materija u zemljištu, brojnost i enzimatsku aktivnost mikroorganizama u zemljištu, ostatke pesticida itd. Sadržaj teških metala je bio ispod maksimalno dozvoljene koncentracije. Izuzetak čini sadržaj bakra na pet lokaliteta i nikla na jednom lokalitetu, gde im je sadržaj bio iznad maksimalno dozvoljene koncentracije. Može se zaključiti da su zemljišta Vojvodine idealna za proizvodnju zdravstveno bezbedne hrane (*Hadžić i sar., 2004*).

U uzorcima nekoliko reprezentativnih tipova poljoprivrednog zemljišta (černozem, humoglej, solonjec, kambisol i fluvisol) Banata, uzetih sa dvadeset lokaliteta, i nepoljoprivrednog zemljišta (rezervati prirode, park prirode, industrijske zone) određivan je sadržaj mikroelementa i teških metala. Sadržaj mikroelemenata u poljoprivrednim zemljištima pokazuje da nijedan tip zemljišta ne pokazuje deficit u bakru, manganu, cinku i kobaltu, a takođe ni jedan mikroelement ne prelazi maksimalno dozvoljenu količinu sem u okolini Vršca gde je količina bakra malo iznad maksimalno dozvoljene koncentracije. Sadržaj teških metala u ispitivanim poljoprivrednim zemljištima ni u jednom uzorku ne prelazi maksimalno dozvoljenu koncentraciju, što se može reći i za nepoljoprivredna zemljišta (*Brankov i sar., 2006*).

Od teških metala, glavne pretnje po zdravlje ljudi, predstavlja olovo, kadmijum, živa i arsen. Intenzivno je proučavan njihov uticaj na zdravlje ljudi od strane WHO. Ljudi koriste teške metale hiljadama godina. Npr. kadmijum je metal koji se trenutno uglavnom koristi u punjivim nikal-kadmijumskim baterijama. Emisija kadmijuma je drastično povećana u 20-tom veku. Jedan od razloga je što se proizvodi koji sadrže kadmijum recikliraju, ali često

budu izbačeni sa kućnim otpadom. Pušenje je glavni izvor izlaganja kadmijumu (*Järup, 2003*).

Veći prinosi pšenice su dobijeni iz tretiranog zemljišta teškim metalima nego iz kontrolnih zemljišta. Tretirana zemljišta su dobila značajne količine bakra, nikla i olova tako da su povišene koncentracije ovih metala nađene u biljnom tkivu. Sadržaj metala u pšeničnoj slami je iznosio $0,07 \mu\text{g g}^{-1}$ - $0,16 \mu\text{g g}^{-1}$ kadmijuma; $19 \mu\text{g g}^{-1}$ - $26 \mu\text{g g}^{-1}$ cinka i zrnu $0,04 \mu\text{g g}^{-1}$ - $0,09 \mu\text{g g}^{-1}$ kadmijuma; $22 \mu\text{g g}^{-1}$ - $45 \mu\text{g g}^{-1}$ cinka (*Chang et al., 1982*).

Adsorpcija teških metala od strane biljaka zavisi od moći adsorpcije teških metala u zemljištu. Ova studija je sprovedena za dobijanje kvantitativnih informacija o formi teških metala u černozeu i njihove translokacije u ječmu. Dostupnost cinka, bakra i olova za biljke zavisi od tipa zemljišta. Slama ječma i kukuruza je zagađena teškim metalima samo u slučaju kada su maksimalne doze ovih metala unete u zemljište (*Minkina et al., 2001*).

U literaturi su prikazane mogućnosti korišćenja različitih adsorbensa za teške metale. Jedno od rešenja su i pšenične mekinje kao prirodni adsorbens za teške metale. Adsorpciona ravnoteža je postignuta za sve katjone za vremenski interval od 10 minuta. Kapaciteti adsorpcije su 93 mg kg^{-1} za hrom, 70 mg kg^{-1} za živu, 62 mg kg^{-1} za olovo, 21 mg kg^{-1} za kadmijum, 15 mg kg^{-1} za bakar i 12 mg kg^{-1} za nikel. Rezultati su pokazali da su pšenične mekinje imale specifičnost za privlačenje katjona teških metala u odnosu na katjone natrijuma i kalijuma (*Farajzadeh and Boviery, 2004*).

Adsorpcija jona bakra na dehidrirane pšenične mekinje koje su sporedni proizvod pri mlevenju zrna ispitivana je u funkciji početne pH vrednosti, temperature, inicijalne koncentracije jona metala i doziranja adsorbensa. Idealni uslovi kada je početna pH vrednost 5,0 početna koncentracija bakra 100 mg l^{-1} , temperatura 60°C i doza adsorbensa od 0,1 g. Rastenje adsorpcije jona bakra na dehidrirane pšenične mekinje predstavlja endotermički proces. Praćenjem termodinamičkih parametara kao što su entalpija, energija i promena entropije dokazano je da je adsorpcija proces koji se ubrzava na visokim temperaturama (*Ozer et al., 2004*).

Bulut et Baisal (2004) su istraživali adsorpciju jona olova iz vodenih rastvora na pšeničnim mekinjama u funkciji inicijalne koncentracije, adsorbens doza, veličine čestica adsorbensa, temperature, vremena i pH rastvora. Ravnotežni proces je postignut sa

maksimalnom sorpcijom od 69 mg kg⁻¹, 81 mg kg⁻¹ i 87 mg kg⁻¹ pri temperaturama od 20°C, 40°C i 60°C. Metalni jon može biti oduzet dodavanjem 0,5 M HCl, pri čemu se adsorbens regeneriše i moguće je ponovno iskorišćenje.

Koncentracija teških metala u biljkama ukazuje na stepen kontaminacije, ali takođe i na sposobnost različitih biljaka da akumuliraju metale iz zemljišta koje je tretirano otpadnim muljem. Studija je pokazala mobilnost i prenos teških metala iz zemljišta sa otpadnim muljem na različite sorte pšenice. Eksperiment je izveden na proučavanje prenosa teških metala do pšeničnog zrna i to sorti pšenice odgajanih na zemljištu bez otpadnog mulja (kontrola) i zemljištu sa otpadnim muljem. U zrnu pšenice koja je sa zemljišta koje ima otpadni mulj je pronađena veoma visoka koncentracija svih teških metala. I to samo kod dve sorte TJ-83 i Mehran-89, dok kod sorti *Anmol* i *Abadgar* to nije bio slučaj kako ističu *Jamali et al.* (2008).

Ovoj problematici je bilo posvećeno još jedno istraživanje. Ekološki efekti su blisko povezani sa sadržajem i vrstom teških metala u zemljištu. Rezultati istraživanja pokazuju da adsorpcija teških metala u zemljištu nije ograničena samo na površinski sloj već se može obavljati i u unutrašnjosti. Takođe su razmatrane metode kako bi se ustanovila količina teških metala koja je na raspolaganju biljkama (*Bruemmer et al.*, 2007).

U uzorcima vode, zemljišta i sedimentu koji su sakupljeni duž reke Oued Boufekrane (Meknes, Maroko) bile su determinisane koncentracije aluminijuma, gvožđa, hroma, nikla, olova i cinka. U zemljištu je bila primećena homogena distribucija metala osim olova. U sedimentu u nizvodnom delu bila je visoka koncentracija aluminijuma, hroma, gvožđa i nikla. U uzorcima vode je sadržaj metala bio gotovo identičan kao i u sedimentu. Deskriptivna statistika i multivarijantna analiza su korišćeni kako bi pomogli tumačenje podataka. Ovo je omogućilo određivanje korelacije između metala i tri faktora: opterećenja, kontrola varijabilnosti metala u zemljištima i sedimentima (*Tahri et al.*, 2003).

Jednim istraživanjem koje su sproveli *Hadžić i sar.* (2002) obuhvaćena je površina zemljišta od oko 500 ha na kojem se proizvodila pšenica (lokalitet Skorenovac) i kukuruz šećerac (lokalitet Srbobran). Utvrđeno je da kvalitet zemljišta kada je reč o sadržaju biogenih i teških metala na oba lokaliteta odgovara. Međutim, zbog prisustva zagađivača u

blizini lokaliteta Skorenovac (železara Smederevo), trebalo je uspostaviti redovan monitoring plodnosti i zagađenja zemljišta.

U jednom istraživanju je praćeno rastenje i koncentracija elemenata u pšenici koja je rasla na 5 različito tretiranih zemljišta teškim metalima. Svako zemljište je pomešano sa CdCl_2 ili ZnCl_2 . Smanjenje koncentracije elemenata u zemljištu variralo je u zavisnosti od tipa zemljišta. Prinos pšenice je bio smanjen u svim tipovima zemljišta i varirao je u zavisnosti od tipa zemljišta (*Hattori and Chino, 2001*).

Primena fosfogipsuma u raznim oblastima, posebno u poljoprivredi i građevinarstvu, od suštinskog je značaja, jer je na taj način velika količina ovog materijala uklonjena iz deponija. Fosfogipsum predstavlja balast za fabrike za proizvodnju fosforne kiseline. Fosfogipsum se koristi kontrolisano u poljoprivredi za poboljšanje kvaliteta zemljišta, imajući u vidu njegov sadržaj teških metala, koji su veoma toksični za ljudski organizam (*Rajković i sar., 2000*).

Teški metali ozbiljno ugrožavaju zdravlje ljudi kada ulaze u ishranu. U poljoprivrednim kulturama se zahteva da se zna precizno sadržaj teških metala. U istraživanju je urađena analiza regresije predviđanja Cd i Pb kod pšenice (*Triticum aestivum L.*) i doprinosi neizvesnosti u tim predviđanjima u vezi sa ulazom u regresioni model. Za svaki deo od 500 m x 500 m zemljišta koje predstavlja poljoprivredno zemljište u Holandiji je određeno po 1000 uzoraka a varijable su bile pH zemljišta, organske materije u zemljištu i koncentracija teških metala u zemljištu. Po standardima kvaliteta EU sadržaj olova i kadmijuma bio je premašen. Neizvesnost regresije predviđanja kadmijuma u zemljištu iznosi 36%, za Pb je 52% (*Brus and Jansen, 2004*).

5. MATERIJAL I METOD RADA

Istraživanja uticaja genotipa i lokaliteta na dinamiku akumulacije teških metala u vegetativnim organima pšenice izvedena su na sledeća četiri lokaliteta:

1. Ogledno polje u Vojlovici (200 m-500 m od industrijskih pogona),
2. Ogledno polje u Starom Tamišu (5.000 m od industrijskih pogona),
3. Ogledno polje Instituta Tamiš, klasična agrotehnika (10.000 m od industrijskih pogona) i
4. Ogledno polje Instituta Tamiš, agrotehnika bez primene hemijskih sredstava (10.000 m od industrijskih pogona).

Predmet istraživanja bile su četiri sorte pšenice, i to:

1. *Ljiljana* je srednje rana sorta, prosečne visine stabla oko 90 cm i tolerantna na poleganje i zimske mrazeve. Genetički je tolerantna na patogene uzročnike lisne rđe i pepelnice. Ova sorta pripada skupini poboljšivača i ima krupno, jedro zrno apsolutne mase oko 44 g i zapreminske mase 86 kg. Sadržaj ukupnih proteina u zrnu je 13-16%, sadržaj vlažnog glutena je 32-37%. Alfaamilazna aktivnost brašna je odlična što pokazuje broj padanja po *Hagbergu*, koji iznosi 250-350 sec. Za postizanje visokih i stabilnih prinosa zrna uslovi spoljne sredine nemaju veliki uticaj, dok se zadovoljavajući prinos i kvalitet može ostvariti i u uslovima stresa suše.

2. *Pobeda* je srednje kasna sorta. Pokazala je vrlo dobru tolerantnost na zimske mrazeve i tolerantnost na poleganje. Genetički je tolerantna na uzročnike pepelnice. Ova sorta pripada grupi poboljšivača i ima krupno zrno zapreminske mase 87 kg. Sadržaj ukupnih proteina u zrnu je 12-15%, sadržaj vlažnog glutena je 32-35%. Pripada kvalitetnoj klasi A1-B1. Alfaamilazna aktivnost brašna je odlična što pokazuje broj padanja po *Hagbergu*, koji iznosi u proseku 310 sec. Za postizanje visokih i stabilnih prinosa zrna uslovi spoljne sredine nemaju veliki uticaj, dok se zadovoljavajući prinos i kvalitet može

ostvariti i u uslovima stresa suše. Ova sorta je priznata u Mađarskoj, Rumuniji i Makedoniji.

3. *Renesansa* je srednje rana sorta. Pokazala je dobru tolerantnost na zimske mrazeve i na poleganje. Ova sorta pripada grupi poboljšivača i ima krupno zrno gde vrednost mase 1000 zrna iznosi 40-45 g, a zapreminska masa je 86 kg. Sadržaj ukupnih proteina u zrnu je 13,0-13,5%, sadržaj vlažnog glutena je 31-34%. Pripada kvalitetnoj klasi A1-B1. Alfaamilazna aktivnost brašna je dobra što špokazuje broj padanja po Hagbergu, koji iznosi u proseku 210 sec. Za postizanje visokih i stabilnih prinosa zrna uslovi spoljne sredine nemaju veliki uticaj, dok se zadovoljavajući prinos i kvalitet može ostvariti i u uslovima stresa suše. Ova sorta priznata je u Mađarskoj, Rumuniji i Makedoniji.

4. *Apach* je nova rana sorta, izuzetnog kvaliteta, niskog stabla. Genetički je tolerantna na patogene uzročnike fusarium i poleganje. Sadržaj ukupnih proteina u zrnu je visok. Ostvaruje visoke prinose. Optimalni rok setve za ovu sortu je 10-25 oktobar. Norma setve iznosi 400-450 klijavih semena/m². Kvalitet brašna dobijenog mlevenjem ove pšenice je idealan i značajan za proizvodnju kvalitetnog lisnatog peciva, pri čemu se ono lako oblikuje i lista.

Eksperimentalni makroogledi izvedeni su 2008, 2009, 2010. i 2011. godine. U proizvodnji pšenice primenjena je standardna agrotehnika. Predusev na svim oglednim poljima bio je kukuruz. Osnovnom obradom, koja je izvedena posle berbe kukuruza zaorani su žetveni ostaci. Istovremeno je obavljena predsetvena priprema setvospremačima na dubinu 6-8 cm. Mašinska setva izvedena je, zavisno od vremenskih uslova, u različitim datumima tokom oktobra.

Za osnovnu prihranu useva pšenice od 2008. godine korišćeno je 250 kg ha⁻¹ NPK hraniva 15:15:15. Dopunska prihrana je izvedena tokom februara 2009. godine sa 220 kg ha⁻¹ AN-a sa 27% azota.

Za osnovnu prihranu useva pšenice od 2009. godine korišćeno je 200 kg ha⁻¹ MAP hraniva 12:52:0. Dopunska prihrana je izvedena tokom februara 2010. godine sa 250 kg ha⁻¹ AN-a sa 27% azota.

Za osnovnu prihranu useva pšenice od 2010. godine korišćeno je 300 kg ha⁻¹ NPK hraniva 16:16:16. Dopunska prihrana je izvedena tokom februara 2011. godine sa 100 kg uree.

Mere zaštite useva tokom vegetacionog perioda nisu primenjivane.

Pre postavljanja oglada uzimani su uzorci zemljišta i urađene agrohemijske analize u laboratoriji *Instituta Tamiš*. Uzorkovanje zemljišta obavljeno na dve dubine 0-30 cm i 30-60 cm, a laboratorijske analize hemijskih osobina zemljišta urađene su sledećim metodama:

- pH reakcija zemljišta- potenciometrijski
- CaCO₃- volumetrijski po *Scheibleru*
- Humus po *Tjurinu*
- Ukupni azot –po *Kjeldalu*
- Lakopristupačni K₂O-Al-metoda po *Eigner-Reihmu*
- Lakopristupačni P₂O₅-Al- metoda po *Eigner-Reihmu*

Pored hemijskih osobina uzoraka zemljišta, određen je i sadržaj teških metala (cink, olovo hrom, bakar i kadmijum), i to posle razaranja koncentrovanom azotnom kiselinom i vodonik-peroksidom (metod po *Krishnamurty et al.*, 1976).

Uzorci zemljišta su osušeni na vazduhu i usitnjeni do čestica manjih od 2 mm. Zatim je odmereno 2 g uzorka i preliveno sa 20 ml 60% HNO₃. Vršeno je blago ključanje u trajanju od 2 časa. Posle hlađenja, dodato je 3 ml 30% HNO₃ a potom vršeno ključanje od 15 minuta. Postupak sa peroksidom je ponovljen. Posle hlađenja uzorci su kvantitativno preneti u normalne sudove od 100 ml. Sudovi su dopunjeni do konačne zapremine destilovanom vodom. Rastvor je profiltriran kroz kvantitativni filter papir. Očitavanje je vršeno na atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom (aparatus Varian Spectr AA 220 FS), u plamenu acetilen/ vazduh.

Uporedo sa poljskim ogledima postavljeni su 2009. godine i ogledi u sudovima u stakleniku Poljoprivrednog fakulteta u Zemunu gde su kontrolisani uslovi toplote i vlažnosti. Vegetacioni ogled je postavljen u tri ponavljanja, sa ukupno 36 sudova u koje su posejane dve sorte pšenice *Pobeda* i *Ljiljana*. Pre setve sudovi su napunjeni sa po 2 kg

suvog ekstrakta *Novobalt* koji je naknadno kontaminiran smešom hemijskih jedinjenja teških metala u obliku rastvora sledećih jedinjenja, i to: cink u obliku cink-acetata - $Zn(CH_3COO)_2 \times 2H_2O$, olovo u obliku olovo-acetata $C_4H_6O_4Pb \times 3H_2O$, hrom u obliku hrom-trioksida - CrO_3 , bakar u obliku bakar-sulfata- $CuSO_4$ i kadmijum u obliku kadmijum-nitrata - $Cd(NO_3)_2 \times 4H_2O$. Primenjene su sledeće koncentracije rastvora:

0 ppm (kontrola), 50 ppm, 100 ppm, 250 ppm, 500 ppm i 1000 ppm.

Ogledi su postavljeni u tri ponavljanja, a za ove sorte smo se opredelili jer se najviše gaje na području južnog Banata. Setva je izvedena 28.10.2009. godine. U svaki sud posejano je po 12 semena na dubinu 5 cm.

Uzorci sa oglednih polja za analize hemijskog sastava biomase (stabla i korenovi) uzimana su po fazama rasteenja pšenice. Prvi uzorci uzeti su u fazi klasanja, a drugi u fazi pune zrelosti. Tom prilikom sa svakog oglednog polja uzeta su po četiri uzorka (četiri ponavljanja) sa četiri ogledna polja i četiri sorte. U svakom uzorku bilo je po 15 biljaka, a ukupan broj uzoraka za analize bio je 64.

Uzorci sa ogleda u sudovima analizirani su u fazama bokorenja i vlatanja kada su iz svakog suda uzete po četiri biljke.

Nakon uzorkovanja biljke ručno se odvajao koren od stabla pšenice. Nakon toga biljna masa je sitno iseckana i postavljena na sušenje u sušnicu na 80°C. Koren je prethodno opran destilovanom vodom i držan nekoliko sati u 0,1 M HCl, radi uklanjanja zemlje i mineralnih oksida sa površine. Nakon toga je samleven i osušen na 80°C. Odmereno je 1 g uzorka i preliven je sa 20 ml 60% HNO_3 . Vršeno je blago ključanje u trajanju od 2 časa. Posle hlađenja dodato je 3 ml H_2O_2 , a potom je vršeno ključanje od 15 minuta. Postupak sa peroksidom je ponovljen. Posle hlađenja, dodato je 2 ml $HClO_4$ i vršeno blago uparavanje do pojave gustih belih para perhlorne kiseline (*Jones i Case*, 1990). Posle hlađenja je dodato 5 ml 5M HCl, a potom su uzorci kvantitativno preneti u normalne sudove od 50 ml. Sudovi su dopunjeni do konačne zapremine destilovanom vodom. Rastvor je profiltriran kroz kvantitativni filter papir. Očitavanje je vršeno

atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom (aparatus Varian Spectr AA 220 FS), u plamenu acetilen/vazduh.

Analiza dobijenih podataka urađena je statističkim paketom STATISTICA 8 for Windows i SPSS Statistics 17.0.

Dobijeni rezultati prikazani su tabelarno i grafikonima, dokumentovani fotografijama (u prilogu).

6. METEOROLOŠKI USLOVI U TOKU IZVOĐENJA OGLEDA

Područje ovih istraživanja je južni Banat koji ima umereno-kontinentalnu klimu, koju predstavlja modifikovana klima Panonske nizije. Prisustvo ovakve mikro klime uslovljeno je najviše zbog uticaja Sredozemnog mora i Atlantskog okeana na pomenuto područje, kao i blizina velikih reka i Karpatskih planina.

Ogledno polje i parcele sa kojih su uzimani uzorci za istraživanja se nalaze na nadmorskoj visini od 83 metara.

Osnovne karakteristike ove klime su dosta jake zime sa dugim i toplim letom. U toku zime temperature se kreću i ispod -20°C , dok u letnjem periodu idu i preko 40°C . Prosečna pojava kasnih mrazeva je 15. aprila, mada su zabeleženi i posle 1. maja. U jesenjem periodu prosečna pojava prvih mrazeva je 20. oktobra, mada su u nekim godinama zabeleženi i posle 1. oktobra. Prosečna godišnja temperatura iznosi 11°C . Prosečna količina padavina je oko 600 mm, i kreće se u intervalu 400 mm do 900 mm. Najvlažniji mesec je jun, sa višegodišnjim prosekom padavina 85 mm. Veoma su česta topla i žarka leta, sa malim količinama padavina, najčešće u julu i avgustu. Veoma izražena karakteristika Južnog Banata je jak vetar Košava. To je jugoistočni vetar, koji duva sa Karpata. Intenzitet vetra najčešće je jak u prolećnom i jesenjem periodu, tako da su veoma izražena isušivanja zemljišta.

Meteorološki (vremenski) uslovi značajno utiču na efekat primenjenih agrotehničkih mera u proizvodnji pšenice. Najvažniji pokazatelji vremenskih uslova su količine i raspored padavina, kao i toplotni uslovi tokom vegetacionog perioda pšenice. Budući da ovi elementi klime pokazuju najveću varijabilnost, neophodno je proučiti njihove minimalne, optimalne i maksimalne vrednosti. One se najčešće analiziraju poređenjem dnevnih, dekadnih i mesečnih vrednosti sa višegodišnjim i uslovno-optimalnim. Vremenski uslovi ispoljavaju i značajan uticaj na usvajanje biljnih asimilativa, a takođe i na apsorbciju i transport teških metala po biljnim organima.

Za analizu toplotnih uslova korišćene su prosečne vrednosti srednjih mesečnih temperatura vazduha za vegetacioni period u obe godine istraživanja. Variranja po godinama istraživanja bila su izražena, posebno tokom jesenjeg perioda (tabela 2).

Da bi se sagledali osnovni pokazatelji vremenskih uslova, korišćeni su meteorološki podaci za 2008, 2009. i 2010. godinu iz Meteorološke stanice Instituta Tamiš, koja se nalazi u na udaljenosti od oglednih parcela, od 2 kilometra do 5 kilometara (tabela 2).

Tabela 2. Srednje mesečne temperature vazduha (°C) i mesečne sume padavina (mm) za vegetacioni period pšenice na području Pančeva

Mesec	Srednje mesečne 2008/9.	Srednje mesečne 2009/10.	Prosek*	Mesečne sume 2008/9.	Mesečne sume 2009/10.	Prosek*
10.	15	13	13	18	80	52
11.	8	9	7	59	108	55
12.	4	4	3	66	139	53
1.	-2	0,5	0,2	60	77	35
2.	2	3	1	68	61	43
3.	7	8	6	61	29	56
4.	16	13	13	13	37	57
5.	20	18	18	49	92	52
6.	21	22	21	142	127	85
7.	24	25	23	130	55	56
Prosek Sume	12	12	11	666	805	544

* Prosek za period 1985-2008

Dinamika toplotnih uslova u obe godine pokazala je da je u ovom području najhladniji mesec januar, sa prosečnom vrednošću (-0,75°C prosek za 2008/9 i 2009/10 godinu). Sledi mesec februar sa prosečnom temperaturom (2,5°C prosek za 2008/9 i 2009/10 godinu). Tokom februara i marta temperatura vazduha je rasla što je pozitivno uticalo na rast biljaka. U narednim mesecima temperatura je takođe rasla i dostigla maksimum u julu mesecu (24 °C 2008/9 i 25°C 2009/10 godine). U mesecima koji su se karakterisali manjkom padavina temperature vazduha su bile veće od proseka i to u aprilu za 3 °C i u julu za 1°C i 2°C u odnosu na višegodišnji prosek.

U celini vegetacioni period pšenice u prvoj godini odlikovao se višim temperaturama vazduha po mesecima, ali te vrednosti u odnosu na drugu godinu nisu bile izražene. Međutim, u obe godine ukupne toplotne sume bile su veće od višegodišnjeg proseka za Pančevo i okolinu.

Analizirajući vodni režim ovog područja mogu se istaći dva kišna perioda. Prvi period su prolećni meseci mart, april i maj sa po približno 55 mm padavina. Drugi vlažni period je od druge polovine septembra do polovine decembra, kad prosečne mesečne sume padavina iznose oko 50 mm. Najvlažniji mesec na ovom području je jun.

Količine padavina u vegetacionom periodu pšenice u obe godine bile su veće u odnosu na višegodišnji prosek, i to za 50%, odnosno 22%. Velike količine padavina (805 mm) veće nego u prvoj godini istraživanja za oko 21% povoljno su uticale na rastenje i razviće pšenice. Raspored padavina je, takođe bio povoljan jer su prolećni meseci mart i april bili umereno sušni, a period najveće potrošnje vode je obilovao kišama (maj-jun). Raspored padavina bio je povoljan i u drugoj godini, s tim što je mart bio znatno sušniji (32 mm). U periodu porasta stabla biljaka, kada se značajno povećava potrošnja vode, vodni režim je bio vrlo povoljan (maj sa 92 mm i jun sa 127 mm 2009/10 godina). Treba istaći da su obilne padavine u julu nepovoljno uticale na žetvu u prvoj godini, dok je u drugoj godini ovaj mesec imao povoljan vodni režim.

ZEMLJIŠNI USLOVI

Zemljišta na kojima su izvođeni mikroogledi pripadaju tipu karbonatnog černozema koji je obrazovan na lesnoj terasi. Ona se odlikuje profilom Ah-AhC-C tipa. Ah horizont, od 0-30-60 cm, predstavlja tamno-smeđu, mrvičasto-zrnastu ilovaču, samo ređe i glinovitu ilovaču. Ah-C horizont je na dubini 30-60 cm. Odlikuje se mrko-smeđom bojom. Strukturni agregati su mu zrnasti i presvučeni pseudomicelijama. Taj deo profila je porozan, sa čestim konkrecijama kalcijum karbonata. Po mehaničkom sastavu je ilovača. C horizont je geološki supstrat, jako karbonatan, svetlo-smeđe boje sa dosta konkrecija, tipičan terasni les. Po mehaničkom sastavu je ilovača. Zbog blizine oglednih polja ova zemljišta su sličnih

fizičkih osobina, a agrohemijske analize su potvrdile da se malo razlikuju i po hemijskim osobinama (tabele 3, 4, 5).

Tabela 3. Hemijske osobine černoze sa oglednog polja Instituta Tamiš

Dubina cm	CaCO ₃ %	Ph u H ₂ O	Ph u nKCl	Humus %	UkupanN %	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g
0-30	14,22	8,50	7,50	3,80	0,19	11,90	25,00
30-60	15,48	8,60	7,70	4,01	0,20	2,20	22,50

Tabela 4. Hemijske osobine černoze iz Vojlovice

Dubina cm	CaCO ₃ %	Ph u H ₂ O	Ph u nKCl	Humus %	Ukupan N %	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g
0-30	4,10	7,40	6,90	4,25	2,85	10,20	47,50
30-60	5,74	7,38	6,88	3,79	2,54	9,80	50,00

Tabela 5. Hemijske osobine černoze sa Starog Tamiša

Dubina cm	CaCO ₃ %	Ph u H ₂ O	Ph u nKCl	Humus %	UkupanN %	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g
0-30	14,22	7,84	7,34	3,80	2,54	11,90	25,00
30-60	15,48	8,38	7,88	4,01	2,69	2,20	22,50

Agrohemijske analize, urađene u laboratoriji Instituta Tamiš, pokazuju da se ova zemljišta veoma malo razlikuju i po prirodnoj plodnosti. Izvesne razlike rezultat su razlika u primeni dopunske ishrane biljaka, odnosno unošenja različitih količina organskih i mineralnih hraniva u zemljište.

7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati istraživanja su, radi lakše preglednosti, podeljeni u tri podpoglavlja. U prvom su obrađeni rezultati analiza sadržaja teških metala u zemljištima na kojima su izvođeni ogledi. Drugo podpoglavlje obuhvata analizu i diskusiju rezultata sadržaja teških metala u biljnim organima četiri sorte pšenice po lokalitetima i godinama istraživanja. U trećem podpoglavlju obrađeni su rezultati oglada u sudovima gde su analizirani uticaj teških metala na rastenje pšenice i njihovo nakupljanje u korenovima i stablima dve sorte, i to *Pobeda* i *Ljiljana*.

7. 1. Sadržaj teških metala u zemljištu na ispitivanim lokalitetima

Variranja sadržaja teških metala u površinskom sloju zemljišta (0-30 cm) su dosta izražena na svim lokalitetima, tako da su razlike bile statistički značajne (tabela 6).

Tabela 6. Sadržaj teških metala u zemljištu (na dubini 0-30 cm)

Lokalitet	Cu	Pb	Cr	Cd	Zn
Kontrola *	16,8	7,0	1,0	0,4	31,0
Petrohemija	22,2	7,3	20,5	0,3	29,0
Azotara	3,2	5,8	14,5	0,1	28,0
Stari Tamiš	38,5	10,2	17,4	0,1	47,0
Ogledno polje	17,2	35,0	16,0	0,1	57,3
Vojlovica	21,7	7,8	14,8	0,1	51,8
Prosek	20,0	12,2	14,0	0,2	40,7
F test	4,410757*	8,73957**	4,453574**9	2,877985*	5,106146**
LSD _{0,05}	*15,6911	11,0061	,2200	0,2014	16,6659
LSD _{0,01}	21,1314	14,8221	12,4167	0,2712	22,4443

Kontrola * - Uzorak zemljišta iz staklenika

Maksimalno dozvoljene količine teških metala (MDK) u zemljištu koriste se za ocenu kontaminiranosti zemljišta. Ukoliko zemljište sadrži veću količinu od maksimalno

dozvoljene, ne preporučuje se za poljoprivrednu proizvodnju. Vrednosti MDK za olovo, hrom, nikel i arsen prikazane su u tabeli 2 (Službeni glasnik RS, br. 23/1994).

Tabela 6 a. Maksimalno dozvoljene količine teških metala u zemljištu

Hemijski elemenat Chemical element	MDK u zemljištu (mg/kg) MPC in soil (mg/kg)
Olovo (Pb)	100
Hrom (Cr)	100
Bakar (Cu)	100
Cink (Zn)	300
Nikel (Ni)	50
<u>Kadmijum (Cd)</u>	<u>2</u>

Srednja vrednost za sadržaj **bakra** iznosi 20,0 mg kg⁻¹ i kreće se u intervalu 3,2 mg kg⁻¹ do 38,5 mg kg⁻¹. Na svim ispitivanim lokalitetima vrednosti bakra su ispod MDK (tabela 6 a). U toku ispitivanja najveći sadržaj bakra u zemljištu utvrđen je na lokalitetu Stari Tamiš, 38,5 mg kg⁻¹, što je za 35,30 mg kg⁻¹ više od najmanjeg sadržaja koji je bio na lokalitetu fabrike Azotara. U odnosu na kontrolu sadržaj bakra je veći za 21,70 mg kg⁻¹ ili 129%. U svojim istraživanjima *Jakovljević i sar.* (1987) navode da se sadržaj bakra u zemljištima Vojvodine kretao u intervalu od 1,85 mg kg⁻¹ do 39,85 mg kg⁻¹. *Savage et al.* (1981) u svojim rezultatima ističu da su koncentracije bakra veće u kiselim nego u alkalnim, kakva su bila u našim istraživanjima.

Prosečan sadržaj olova iznosi 12.2 mg/kg. Sadržaj olova na ispitivanim lokalitetima je ispod MDK. MDK za olovo iznosi 50 mg/kg (Tabela 6 a). U toku ispitivanja najveći sadržaj **olova** je utvrđen na lokalitetu Oglednog polja 35,0 mg kg⁻¹ što je za 29,20 mg kg⁻¹ više od najmanjeg sadržaja koji je utvrđen na lokalitetu fabrike Azotara. U odnosu na kontrolu to je veći sadržaj olova za 28,00 mg kg⁻¹. Ovi rezultati su u saglasnosti sa istraživanjima *Raičevića* (2008) gde se navodi da se sadržaj ukupnog olova kretao od 31,47 mg kg⁻¹ do 49,88 mg kg⁻¹.

Najveći sadržaj **hroma** je utvrđen na lokalitetu Petrohemije 20,5 mg kg⁻¹ što je za 6,00 mg kg⁻¹ ili za 41.38 % više od najmanjeg sadržaja koji je utvrđen na lokalitetu fabrike Azotara. U odnosu na kontrolu to je veći sadržaj hroma za 19,50 mg kg⁻¹.

Srednja vrednost za sadržaj hroma je ispod MDK i iznosi 14,0 mgkg⁻¹. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima *Ubavića i sar.* (1993) gde je prosečan sadržaj hroma u zemljištima Vojvodine iznosio 29,9 mg kg⁻¹. Prema Williams-u (1988) propisana gornja dozvoljena koncentracija Cr u zemljama Evropske zajednice je 30-75 mg/kg zemljišta.

Srednja vrednost za sadržaj kadmijuma iznosi 0,2 mg kg⁻¹, i vrednosti se kreću u intervalu od 0,1 mg kg⁻¹ do 0,4 mg kg⁻¹. Ovi rezultati su znatno ispod MDK. MDK za olovo iznosi 2 mg/kg (Tabela 6a). U toku ispitivanja najveći sadržaj **kadmijuma** je utvrđen na lokalitetu Petrohemije 0,3 mg kg⁻¹ što je za 0,2 mg kg⁻¹ više od najmanjeg sadržaja koji je utvrđen na svim ostalim lokalitetima. Prema istraživanjima *Ubavića i sar.* (1993) prosečan sadržaj ukupnog kadmijuma u zemljištima Vojvodine iznosi 0,48 mg kg⁻¹.

Najveći sadržaj **cinka** je utvrđen na lokalitetu Oglednog polja 57,3 mg kg⁻¹ što je za 29,30 mg kg⁻¹ više od najmanjeg sadržaja koji je utvrđen na lokalitetu fabrike Azotara ili za 105 %. U odnosu na kontrolu sadržaj cinka na Oglednom polju bio je dvostruko veći. Srednja vrednost za sadržaj ovog elementa iznosi 40,7 mg kg⁻¹ i ispod je MDK za cink u poljoprivrednim zemljištima. *Kabata-Pendias et. al* (1989), konstatuju da je prosečan sadržaj ukupnog cinka u površinskim slojevima raznih zemljišta u svetu od 17 mg kg⁻¹ do 125 mg kg⁻¹.

Variranja sadržaja teških metala u sloju zemljišta 30-60 cm su dosta izražena, tako da su razlike bile statistički značajne (tabela 7). Prosečan sadržaj svih ispitivanih teških metala na ispitivanim lokalitetima u sloju zemljišta 30-60 cm je ispod MDK (Tabela 6 a).

Tabela 7. Sadržaj teških metala u zemljištu (na dubini 30-60 cm)

Lokalitet	Cu	Pb	Cr	Cd	Zn
Petrohemija	48,7	13,0	22,3	0,2	44,7
Azotara	22,0	10,4	19,3	0,1	36,5
Stari Tamiš	21,7	20,8	18,5	0,1	67,8
Ogledno polje	17,8	29,8	20,7	0,1	56,0
Vojlovica	26,2	15,3	27,3	0,3	72,5
Prosek	27,3	17,9	21,6	0,2	56,0
F test	15,09752**	5,542773**	3,463109	3,552649*	14,82042**
LSD _{0,05}	9,2382	9,5421	* 5,4804	0,1582	11,4749
LSD _{0,01}	12,4984	12,9096	7,4146	0,2141	15,5246

Srednja vrednost za sadržaj ovog elementa iznosi 27,3 mg kg⁻¹. U toku ispitivanja najveći sadržaj **bakra** je utvrđen na lokalitetu Stari Tamiš 48,7 mg kg⁻¹ što je za 30,90 mg kg⁻¹ više od najmanjeg sadržaja koji je utvrđen na lokalitetu Oglednog polja. U odnosu na kontrolu to je veći sadržaj bakra za 31,90 mg kg⁻¹. Vrednosti za sadržaj bakra se kreću u intervalu od 17,8 mg kg⁻¹ do 48,7 mg kg⁻¹.

U toku ispitivanja najveći sadržaj **olova** utvrđen je na lokalitetu Oglednog polja 29,8 mg kg⁻¹ što je za 19,40 mg kg⁻¹ više od najmanjeg sadržaja koji je utvrđen na lokalitetu fabrike Azotara. U odnosu na kontrolu to je veći sadržaj olova za 22,80 mg kg⁻¹.

Prosečna vrednost za sadržaj **hroma** iznosi 21,6 mg kg⁻¹. Najveći sadržaj hroma bio je u zemljištu na lokalitetu Vojlovice 27,3 mg kg⁻¹ što je za 8,80 mg kg⁻¹ više od najmanjeg sadržaja koji je utvrđen na lokalitetu Stari Tamiš. U odnosu na kontrolu to je veći sadržaj hroma za 26,30 mg kg⁻¹.

Srednja vrednost za sadržaj **kadmijuma** iznosi 0,2 mg kg⁻¹. Vrednosti za sadržaj ovog elementa se kreću u intervalu od 0,1 mg kg⁻¹ do 0,3 mg kg⁻¹. U toku ispitivanja najveći sadržaj kadmijuma utvrđen je na lokalitetu Vojlovice 0,3 mg kg⁻¹ što je za 0,2 mg kg⁻¹ više od najmanjeg sadržaja koji je utvrđen na svim ostalim lokalitetima.

Srednja vrednost za sadržaj **cinka** iznosi 56,0 mg kg⁻¹. Zemljište na lokalitetu Vojlovice imalo je najviše ovog elementa u sloju 30-60 cm, 72,5 mg kg⁻¹ što je za 36,5 mg kg⁻¹ više od najmanjeg sadržaja koji je utvrđen na lokalitetu fabrike Azotara. U odnosu na kontrolu to je veći sadržaj cinka za 41,50 mg kg⁻¹. Inače, utvrđene vrednosti za sadržaj pomenutih teških metala pokazuju da nijedna vrednost ne premašuje maksimalno dozvoljene vrednosti prema Nacionalnom pravilniku (*Brankov, M. i sar.*, 2006).

Rezultati statističke analize (F vrednosti) ukazuju da lokalitet ima značajan uticaj na sadržaj teških metala u zemljištu.

7. 2. Sadržaj teških metala u biljnim organima pšenice

Biljke teške metale prvenstveno usvajaju iz zemljišta, a pri određenim uslovima i preko nadzemnih organa (Lagerwerff, 1972). Imajući navedeno u vidu potrebno je ukratko

ukazati na osbine zemljišta od kojih u velikoj meri zavisi usvajanje i nakupljanje teških metala u biljkama.

Tabela 8. Prosečne kritične i toksične koncentracije teških metala kod gajenih biljaka (Kastori, 1997)

Teški metal	$\mu\text{g g}^{-1}$ suve materije	
	Kritična koncentracija	Toksična koncentracija
Olovo (Pb)	10	20
Hrom (Cr)	1	2
Bakar (Cu)	15	20
Cink (Zn)	150	200
Nikal (Ni)	20	30
Kadmijum (Cd)	5	10

Sadržaj teških metala u korenovima pšenice u fazi klasanja

Variranja sadržaja teških metala u korenovima pšenice u fazi klasanja kod različitih sorti na svim lokalitetima nisu mnogo izražena (tabele 9, 10, 11, 12 i 13).

S obzirom da sadržaj teških metala u zemljištu nije bio iznad MDK, i sadržaj Zn i Pb u korenovima biljaka je u dozvoljenim granicama (tabela 9 i 10).

Tabela 9. Sadržaj Zn u korenovima pšenice, faza klasanja, mg kg^{-1}

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	2,54	4,26	3,89	3,26	3,49
NPK, Stari Tamiš	4,11	5,94	4,49	4,34	4,72
NPK, ogledno polje	4,26	4,30	4,14	2,78	3,87
NPK, Vojlovica	5,92	4,16	3,43	4,54	4,51
Prosek	4,21	4,67	4,00	3,73	4,15
F test-sorta	0,7080081				
F test-lokaliteti	1,802535				
LSD 5%	5% -1,4516 ; 1,3075				
LSD 1%	1% - 1,3075 ; 1,8332				

Tabela 10. Sadržaj Pb u korenovima pšenice, faza klasanja, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	0,25	1,21	0,91	0,84	0,80
NPK, Stari Tamiš	2,28	3,19	2,07	1,02	2,14
NPK, ogledno polje	4,03	4,23	1,46	1,27	2,75
NPK, Vojlovica	3,25	4,03	0,81	0,88	2,24
Prosek	2,45	3,17	1,31	1,00	1,98
F test-sorta			3,266618		
F test-lokaliteti			1,77422		
LSD 5%			1,7131; 1,9217		
LSD 1%			2,4018; 2,6943		

Najmanji sadržaj cinka je kod sorte *Apach*, u fazi klasanja, dok je u korenovima pšenice sorte *Ljiljana* u proseku najveći sadržaj cinka. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja cinka:

Ljiljana > *Pobeda* > *Renesansa* > *Apach*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta na kojima je gajena pšenica uočavamo sledeće: najmanji sadržaj cinka je kod sorte *Pobeda* na oglednom polju kontrola, najveći sadržaj cinka je na lokalitetu Vojlovica kod sorte *Pobeda*. Razlike u prosečnim sadržajima cinka je veoma mala. Najveći sadržaj cinka u proseku je na lokalitetu Vojlovica. Najveća razlika po lokalitetima je kod oglednog polja tj. kontrole i Vojlovice.

Kod ispitivanja korenova pšenice sve varijante u dopunskoj ishrani biljaka pokazuju veći sadržaj Zn u odnosu na kontrolu, što ukazuje na povećano usvajanje ovog metala pod uticajem mineralnih i organskih hraniva i izražen je uticaj industrijske zone, s obzirom da je Vojlovica na udaljenosti 500 m od industrijske zone. Na osnovu navedenog može se zaključiti da lokalitet i uticaj emisije imaju veliku ulogu u usvajanju cinka.

Ovo je verovatno i posledica povećanog usvajanja ovog teškog metala od strane korena pšenice. Sadržaji pomenutog metala su u skladu sa istraživanjima *Raičevića* (2008).

U korenovima pšenice, u fazi klasanja, u proseku je najmanji sadržaj olova kod sorte *Apach*, dok je najveći sadržaj kod sorte *Ljiljana*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja cinka:

Ljiljana>*Pobeda*>*Renesansa* >*Apach*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj olova u korenovima pšenice je najmanji kod sorte *Pobeda* na oglednom polju kontrola, a najveći na oglednom polju kod sorte *Ljiljana*. Ako upoređujemo sorte najveći sadržaj olova u proseku je u *Ljiljane* i na oglednom polju na lokalitetu gde su korišćena mineralna NPK hraniva. Najveća razlika po lokalitetima je kod oglednog polja tj. kontrole i oglednog polja sa varijantom upotrebe mineralnih NPK hraniva.

U korenovima pšenice u varijantama sa NPK bilo je više olova nego u kontroli, što ukazuje na povećano usvajanje ovog metala pod uticajem mineralnih i organskih hraniva.

Tabela 11. Sadržaj Cr u korenovima pšenice, faza klasanja, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	0,28	0,04	0,30	0,26	0,22
NPK, Stari Tamiš	1,71	2,46	2,60	2,32	2,27
NPK, ogledno polje	2,07	4,97	2,71	2,55	3,08
NPK, Vojlovica	2,59	2,50	2,60	2,13	2,46
Prosek	1,66	2,49	2,05	1,82	2,01
F test-sorta			0,2795765		
F test-lokaliteti			13,01386**		
LSD 5%			2,1102; 1,0584		
LSD 1%			2,9586; 1,4838		

Prema podacima koje navode (*Weber i Hryneruk, 2000*) teški metali se u biljci akumuliraju po sledećem rasporedu: lišće>koren>stablo>zrno. Iz prikazanih rezultata istraživanja se može uočiti veći sadržaj teških metala u korenu u odnosu na stablo.

Najmanji sadržaj hroma je kod sorte *Pobeda* u korenovima pšenice dok je sadržaj u proseku najveći kod sorte *Ljiljana*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja hroma:

Ljiljana > *Renesansa* > *Apach* > *Pobeda*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: najmanji sadržaj hroma je kod sorte *Ljiljana* na kontroli na oglednom polju, dok je najveći na oglednom polju kod iste sorte. Najveći sadržaj hroma u proseku je na lokalitetu NPK ogledno polje. Najveća razlika po lokalitetima je kod oglednog polja tj. kontrole i oglednog polja sa varijantom sa primenom agrohemijskih sredstava.

Kod ispitivanja korenova pšenice sve varijante ogleda pokazale su veći sadržaj hroma u odnosu na kontrolnu varijantu. To ukazuje da je povećano usvajanje ovog metala posledica korišćenja mineralnih i organskih hraniva koja su sadržala hrom.

Tabela 12. Sadržaj Cu u korenovima pšenice, faza klasanja, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	2,48	1,07	4,08	3,86	2,87
NPK, Stari Tamiš	1,66	2,81	5,18	4,22	3,47
NPK, ogledno polje	3,69	1,87	3,94	3,46	3,24
NPK, Vojlovica	2,91	3,52	4,90	5,28	4,15
Prosek	2,69	2,32	4,53	4,21	3,43
F test-sorta			6,73174**		
F test-lokaliteti			0,7167856		
LSD 5%			1,2997; 1,9604		
LSD 1%			1,8222; 2,7485		

U korenovima pšenice, u fazi klasanja, u proseku najmanji sadržaj bakra imala je sorta *Ljiljana* dok je najveći sadržaj imala sorta *Renesansa*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja bakra:

Renesansa>Apach>Pobeda >Ljiljana.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj bakra u korenovima pšenice je najmanji na oglednom polju - kontrola kod sorte *Ljiljana*, a najveći kod sorte *Apach* u Vojlovici. Najveći sadržaj bakra u proseku je na lokalitetu Vojlovica. Najveća razlika po lokalitetima je između oglednog polja tj. kontrole i Vojlovice.

Kod ispitivanja korenova pšenice biljke su u kontroli imale manje bakra nego u ostalim varijantama, što ukazuje na povećano usvajanje ovog metala pod uticajem mineralnih i organskih hraniva. Takođe, u ovom slučaju je izražen uticaj blizine industrijske zone.

Ovo je verovatno i posledica povećanog usvajanja ovog teškog metala od strane korena pšenice. Sadržaji pomenutog metala su u skladu sa rezultatima *Raičevića*, (2008). Udaljavanjem od saobraćajnica i industrijskih zona opada i sadržaj teških metala u zemljištima a samim tim i u biljkama (*Popović*, 2002).

Tabela 13. Sadržaj Cd u korenovima pšenice, faza klasanja, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	0,04	0,03	0,20	0,20	0,12
NPK, Stari Tamiš	0,05	0,06	0,20	0,20	0,13
NPK, ogledno polje	0,06	0,18	0,20	0,20	0,16
NPK, Vojlovica	0,07	0,15	0,20	0,20	0,16
Prosek	0,06	0,11	0,20	0,20	0,14
F test-sorta			15,84812		
F test-lokaliteti			0,2812248		
LSD 5%			0,0559; 0,1204		
LSD 1%			0,0784; 0,1688		

U korenovima pšenice u proseku je sadržaj kadmijuma najmanji kod sorte *Pobeda*, a najveći kod sorte *Renesansa* i *Apach*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja kadmijuma:

Renesansa> Apach> Ljiljana> Pobeda.

Najveći sadržaj kadmijuma u proseku je na lokalitetu ogledno polje NPK i Vojlovica. Najveća razlika po lokalitetima je između oglednog polja tj. kontrole i Vojlovice.

Mala je razlika ako poredimo sadržaj metala po lokalitetima u proseku. Kod ispitivanja korenova pšenice sve varijante ogleda sa upotrebom NPK mineralnih hraniva pokazuju veći sadržaj kadmijuma u odnosu na kontrolu, ali razlike nisu statistički značajne.

Teški metali se u korenu mnogo intenzivnije nakupljaju nego u nadzemnim organima (*Škrbić i sar.*, 2004).

Sadržaj teških metala u stablu pšenice u fazi klasanja

Variranja sadržaja kadmijuma i cinka u stablima pšenice, u fazi klasanja, su dosta izražena na svim lokalitetima i kod svih sorti, tako da su razlike bile statistički značajne (tabele 14 i 18). Variranje sadržaja olova, hroma i bakra nije bilo mnogo izraženo na svim lokalitetima (tabele 15, 16 i 17), tako da nije bilo statističke značajnosti.

U stablu pšenice, u fazi klasanja, sorta *Pobeda* imala je u proseku najmanji sadržaj cinka, dok je najveći sadržaj cinka zabeležen kod sorte *Apach*. Ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja cinka: *Apach>Ljiljana>Renesansa>Pobeda*.

Tabela 14. Sadržaj Zn u stablu pšenice, faza klasanja, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	2,46	4,45	4,04	8,00	4,74
NPK, Stari Tamiš	1,25	7,11	4,65	8,13	5,29
NPK, Ogledno polje	1,25	7,75	6,61	9,19	6,20
NPK, Vojlovica	2,16	7,25	7,52	7,78	6,18
Prosek	2,00	6,64	5,71	8,28	5,60
F test-sorta			21,5387		
F test-lokaliteti			0,24061		
LSD 5%			1,8321; 4,4962		
LSD 1%			2,5687; 6,3037		

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj cinka u stablu pšenice je najmanji na oglednom polju NPK kod sorte *Pobeda*, a najveći kod sorte *Apach* na Oglednom polju NPK i Starom Tamišu. Najveći sadržaj cinka u proseku je na lokalitetu kontrola ogledno polje. Najveća razlika po lokalitetima je između Oglednog polja tj. kontrole i Oglednog polja NPK.

Sadržaj cinka u korenovima pšenice u varijantama sa NPK mineralnim hranivima bio je veći nego u ogledu bez dopunske ishrane. Na povećano usvajanje ovog elementa uticala su mineralna hraniva u kojima je bilo cinka, ali su aktivirani procesi usvajanja u izmenjenom hemijskom sastavu zemljišta.

Tabela 15. Sadržaj Pb u stablu pšenice, faza klasanja, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	0,25	0,66	0,20	0,43	0,39
NPK, Stari Tamiš	0,25	0,25	0,46	0,51	0,37
NPK, Ogledno polje	0,25	0,22	0,46	1,48	0,60
NPK, Vojlovica	0,25	5,39	0,41	0,46	1,63
Prosek	0,25	1,63	0,38	0,72	0,75
F test-sorta	0,938051				
F test-lokaliteti	0,85073				
LSD 5%	1,9787; 1,9964				
LSD 1%	2,7742; 2,7990				

U stablu pšenice sorte *Pobeda* u proseku najmanji sadržaj olova, dok je sadržaj najveći kod sorte *Ljiljana*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja olova:

Ljiljana>*Apach*>*Renesansa*>*Pobeda*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj olova u stablu pšenice je najmanji kod sorte *Renesansa* na oglednom polju kontrola, a najveći u Vojlovici kod sorte *Ljiljana*. Nije uočljiva značajna razlika u proseku sadržaja olova po lokalitetima. *Popović* i sar. (2008.) navode u svojim istraživanjima da je razlog povećanog sadržaja olova u zemljištu i pšenici kumulativan efekat emisije - saobraćaja i BFC.

Tabela 16. Sadržaj Cr u stablu pšenice, faza klasanja, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	0,28	0,77	0,19	0,21	0,36
NPK, Stari Tamiš	0,28	0,75	2,22	2,00	1,31
NPK, Ogledno polje	0,28	0,79	2,37	2,26	1,41
NPK, Vojlovica	0,28	2,76	2,05	2,34	1,86
Prosek	0,28	1,27	1,71	1,70	1,24
F test-sorta			2,375356		
F test-lokaliteti			1,947744		
LSD 5%			1,7103; 1,7229		
LSD 1%			1,8838; 1,9504		

U stablu pšenice, u fazi klasanja, najmanji sadržaj hroma imala je u proseku sorta *Pobeda*, dok je najveći sadržaj zabeležen kod sorte *Renesansa*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja hroma:

Renesansa>*Apach*>*Ljiljana*> *Pobeda*

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj hroma u stablu pšenice je najmanji kod sorte *Pobeda* na sva četiri lokaliteta, a najveći u Vojlovici kod sorte *Renesansa*. Najveći sadržaj hroma u proseku je na lokalitetu Vojlovica. Najveća razlika po lokalitetima je između Oglednog polja tj. kontrole i Vojlovice.

Kod ispitivanja stabla pšenice sve varijante ogleda sa upotrebom NPK mineralnih hraniva pokazuju veći sadržaj hroma u odnosu na kontrolnu varijantu, što ukazuje na povećano usvajanje ovog metala pod uticajem mineralnih i organskih hraniva, ali je izražen i uticaj industrijske zone.

Tabela 17. Sadržaj Cu u stablu pšenice, faza klasanja, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	2,83	1,50	1,92	1,99	2,06
NPK, Stari Tamiš	1,37	1,52	2,50	4,13	2,38
NPK, ogledno polje	1,17	2,66	2,54	3,46	2,46
NPK, Vojlovica	2,63	5,31	2,02	2,59	3,14
Prosek	2,00	2,75	2,25	3,04	2,51
F test-sorta			0,725289		
F test-lokaliteti			0,65679		
LSD 5%			1,7103; 1,7229		
LSD 1%			2,3979; 2,4155		

U stablu pšenice sorte *Pobeda* u proseku je najmanji sadržaj bakra, dok je sadržaj najveći kod sorte *Apach*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja bakra:

Apach > *Ljiljana* > *Renesansa* > *Pobeda*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj bakra u stablu pšenice je najmanji kod sorte *Pobeda* na Oglednom polju kontrola, a najveći u Vojlovici kod sorte *Apach*. Najveća razlika po lokalitetima je između Oglednog polja tj. kontrole i Vojlovice, ali razlika u sadržaju ovog metala nije značajna. Pojačanom ishranom biljaka, kao i zaštitom useva bakarnim preparatima, povećalo se usvajanje i skupljanje bakra u nadzemnim organima.

Tabela 18. Sadržaj Cd u stablu pšenice, faza klasanja, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	0,04	0,12	0,20	0,20	0,14
NPK, Stari Tamiš	0,04	0,04	0,20	0,20	0,12
NPK, Ogledno polje	0,04	0,17	0,20	0,20	0,15
NPK, Vojlovica	0,04	0,06	0,20	0,20	0,13
Prosek	0,04	0,10	0,20	0,20	0,14
F test-sorta	28,83776**				
F test-lokaliteti	0,12563				
LSD 5%	0,0455; 0,1284				
LSD 1%	0,0638; 0,1801				

U stablu pšenice, u fazi klasanja, u proseku je najmanji sadržaj kadmijuma kod sorte *Pobeda*, dok je najveći sadržaj kod sorti *Renesansa* i *Apach*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja kadmijuma:

Renesansa>*Apach*> *Ljiljana*>*Pobeda*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj kadmijuma u stablu pšenice je najmanji kod sorte *Pobeda* na sva četiri lokaliteta, a najveći na oglednom polju NPK kod sorte *Renesansa* i *Apach*. Najveći sadržaj kadmijuma u proseku je na lokalitetu Ogledno polje NPK. Najveća razlika po lokalitetima je između Starog Tamiša i Oglednog polja NPK.

Sadržaj teških metala u korenovima pšenice u fazi pune zrelosti

Značajna variranja sadržaja cinka u korenovima pšenice u fazi pune zrelosti su za sve sorte i lokalitete, tako da su razlike bile statistički značajne (tabela 19). Variranja sadržaja ostalih teških metala nisu bila puno izražena, tako da razlike nisu bile statistički značajne (tabele 20, 21, 22 i 23).

Tabela 19. Sadržaj Zn u korenovima pšenice, faza puna zrelost, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	14,42	6,51	3,35	2,28	6,64
NPK, Stari Tamiš	4,39	2,85	4,40	2,96	3,65
NPK, Ogledno polje	7,87	2,61	3,98	3,93	4,60
NPK, Vojlovica	20,84	20,95	4,74	4,95	12,87
Prosek	12,00	8,23	4,12	3,53	6,94
F test-sorte	1,876512				
F test-lokaliteti	2,264214				
LSD 5%	8,7764; 8,4993				
LSD 1%	12,3046; 11,9161				

U korenovima pšenice, u fazi pune zrelosti, najmanji sadržaj cinka u proseku je zabeležen kod sorte *Apach*, dok je najveći sadržaj bio kod sorte *Pobeda*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja cinka:

Pobeda>*Ljiljana*>*Renesansa* >*Apach*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj cinka u korenovima pšenice, u fazi pune zrelosti, je najmanji na Oglednom polju, kontrola i na lokalitetu Stari Tamiš kod sorte *Apach*, a najveći u Vojlovici kod sorte *Ljiljana*. Što se tiče sadržaja Zn razlike u prosečnim sadržajima je velika. Najveća razlika po lokalitetima je između Starog Tamiša i Vojlovice.

Tabela 20. Sadržaj Pb u korenovima pšenice, faza puna zrelost, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	0,25	1,68	4,80	0,15	0,64
NPK, Stari Tamiš	1,95	1,65	4,41	0,92	2,23
NPK, Ogledno polje	3,27	1,69	1,31	1,31	1,90
NPK, Vojlovica	0,25	0,25	1,31	0,82	0,66
Prosek	1,43	1,32	1,88	0,80	1,36
F test-sorta	0,532506				
F test-lokaliteti	2,796096				
LSD 5%	1,8696; 1,5269				
LSD 1%	2,6213; 2,1407				

U korenovima pšenice, u fazi pune zrelosti, najmanji sadržaj olova u proseku je kod sorte *Apach*, dok je najveći sadržaj kod sorte *Renesansa*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja cinka:

Renesansa>*Pobeda*>*Ljiljana*> *Apach*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj olova je najmanji kod sorte *Apach* na Oglednom polju - kontrola, a najveći u Starom Tamišu kod sorte *Renesansa*. Najveća razlika po lokalitetima je između Oglednog polja tj. kontrole i Starog Tamiša.

Kod ispitivanja korenova pšenice sve varijante sa upotrebom NPK mineralnih hraniva ogleda pokazuju veći sadržaj olova u odnosu na kontrolnu, što ukazuje na povećano usvajanje ovog metala pod uticajem mineralnih i organskih hraniva.

Tabela 21. Sadržaj Cr u korenovima pšenice, faza puna zrelost, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	0,28	0,54	2,68	3,47	1,74
NPK, Stari Tamiš	1,74	1,43	2,16	0,75	1,52
NPK, ogledno polje	2,24	1,44	2,32	3,02	2,26
NPK, Vojlovica	0,28	0,28	2,68	3,58	1,71
Prosek	1,14	0,92	2,46	2,71	1,81
F test-sorta	4,106052*				
F test-lokaliteti	2,66327				
LSD 5%	1,3790; 4,33376				
LSD 1%	1,9334; 5,67982				

U korenovima pšenice, u fazi pune zrelosti, najmanji sadržaj hroma u proseku je imala sorta *Ljiljana*, dok je najveći sadržaj hroma zabeležen kod sorte *Apach*. Inače, ispitivane sorte se mogu poređati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja hroma:

Apach > *Renesansa* > *Pobeda* > *Ljiljana*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočen je kod sorte *Apach* najmanji sadržaj hroma bio u korenovima pšenice na Starom Tamišu, a najveći na Oglednom polju NPK.

Tabela 22. Sadržaj Cu u korenovima pšenice, faza puna zrelost, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	2,01	0,37	3,34	2,98	2,18
NPK, Stari Tamiš	1,64	2,56	5,03	4,51	3,44
NPK, ogledno polje	2,35	2,30	5,50	3,78	3,49
NPK, Vojlovica	5,94	6,13	4,14	3,49	4,93
Prosek	3,00	3,00	4,50	3,69	3,51
F test-sorta	0,8401963				
F test-lokaliteti	2,428453				
LSD 5%	2,5617; 2,2228				
LSD 1%	3,5916; 3,1165				

Najmanji prosečan sadržaj bakra je u korenovima pšenice sorti *Ljiljana* i *Pobeda*, dok je najveći sadržaj kod sorte *Renesansa*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja bakra:

Renesansa>*Apach*> *Pobeda*>*Ljiljana*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj bakra u korenovima pšenice je najmanji kod sorte *Ljiljana* i *Pobeda* na Oglednom polju - kontrola, a najveći u Vojlovici kod sorte *Renesansa*. Najveća razlika po lokalitetima je između Oglednog polja tj. kontrole i Vojlovice.

Kod ispitivanja korenova pšenice sve varijante sa upotrebom NPK mineralnih hraniva ogleda pokazuju veći sadržaj bakra u odnosu na kontrolnu varijantu, što ukazuje na povećano usvajanje ovog metala pod uticajem mineralnih i organskih hraniva. Takođe, u ovom slučaju izražen je uticaj blizine industrijske zone.

Tabela 23. Sadržaj Cd u korenovima pšenice, faza puna zrelost, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	0,04	0,18	0,04	0,04	0,08
NPK, Stari Tamiš	0,06	0,03	0,04	0,04	0,04
NPK, Ogledno polje	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
NPK, Vojlovica	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Prosek	0,04	0,07	0,04	0,04	0,05
F test-sorta				0,6161892	
F test-lokaliteti				0,7196593	
LSD 5%				0,0574; 0,1504	
LSD 1%				0,0805; 0,2109	

U korenovima pšenice sorti *Renesansa*, *Apach* i *Pobeda* imaju identičan sadržaj kadmijuma, dok je kod sorte *Ljiljana* najveći sadržaj kadmijuma.

Najveći sadržaj kadmijuma u proseku je na lokalitetu Ogledno polje - kontrola. Mala je razlika ako poredimo sadržaj teških metala po lokalitetima u proseku. Kod ispitivanja korenova pšenice sve varijante sa upotrebom NPK mineralnih hraniva ogleda pokazuju manji sadržaj kadmijuma u odnosu na kontrolu, ali za razlika nije značajna.

Sadržaj teških metala u stablima pšenice, u fazi pune zrelosti

Variranja sadržaja teških metala u stablu pšenice, u fazi pune zrelosti, su dosta izražene na svim lokalitetima, tako da su razlike bile statistički značajne (tabele 24, 25, 26, 27 i 28).

Tabela 24. Sadržaj Zn u stablu pšenice, faza puna zrelost, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	14,27	14,26	4,79	3,00	9,08
NPK, Stari Tamiš	1,71	16,11	3,31	2,55	5,92
NPK, ogledno polje	2,20	11,35	4,13	7,24	6,23
NPK, Vojlovica	21,00	22,64	5,35	5,35	13,59
Prosek	10,00	16,00	4,40	4,54	8,71
F test-sorta			4,144927		
F test-lokaliteti			1,066949		
LSD 5%			8,3679; 10,5885		
LSD 1%			11,7320; 14,8453		

U stablu pšenice sorte *Renesansa* u proseku je najmanji sadržaj cinka, dok je sadržaj najveći kod sorte *Ljiljana*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja cinka:

Ljiljana > *Pobeda* > *Apach* > *Renesansa*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta na kojima je gajena pšenica uočavamo sledeće: sadržaj Zn u stablu pšenice je najmanji kod sorte *Renesansa* na Starom Tamišu, a najveći u Vojlovici kod sorte *Ljiljana*. Najveća razlika po lokalitetima je između Starog Tamiša i Vojlovice.

Tabela 25. Sadržaj Pb u stablu pšenice, faza pune zrelosti, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, ogledno polje	0,25	0,25	0,78	0,63	0,48
NPK, Stari Tamiš	1,78	0,25	0,63	0,54	0,80
NPK, ogledno polje	1,90	0,25	1,15	3,52	1,71
NPK, Vojlovica	0,25	0,25	1,30	1,32	0,78
Prosek	1,00	0,25	1,00	1,50	0,94
F test-sorta				1,492723	
F test-lokaliteti				1,597073	
LSD 5%				1,3058; 1,2936	
LSD 1%				1,8308; 1,8137	

U stablu pšenice, u fazi pune zrelosti, najmanji sadržaj olova u proseku imala je sorta *Ljiljana*, dok je najveći sadržaj kod sorte *Apach*. Inače, ispitivane sorte se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja olova:

Apach > *Renesansa* > *Pobeda* > *Ljiljana*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj olova u stablu pšenice je najveći u Oglednom polju NPK kod sorte *Ljiljana*.

Tabela 26. Sadržaj Cr u stablu pšenice, faza pune zrelosti, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	0,28	0,28	3,60	1,95	1,53
NPK, Stari Tamiš	0,30	0,28	4,12	2,97	1,92
NPK, Ogledno polje	0,15	0,28	4,11	9,26	3,45
NPK, Vojlovica	0,28	0,28	4,07	4,36	2,25
Prosek	0,25	0,28	3,98	4,64	2,29
F test-sorta				8,356005**	
F test-lokaliteti				0,3696087	
LSD 5%				2,5023; 4,2079	
LSD 1%				3,5083; 5,8995	

U stablu pšenice sorte *Pobeda* u proseku najmanji sadržaj hroma, dok je sadržaj najveći kod sorte *Apach*. Inače, ispitivane sorte se mogu poređati u pogledu sadržaja hroma po sledećem redosledu:

Apach>Renesansa>Ljiljana>Pobeda.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj hroma u stablu pšenice je najmanji na Oglednom polju - kontrola, a najveći na Oglednom polju NPK. Najveća razlika po lokalitetima je između Oglednog polja tj. kontrole i Oglednog polja NPK. Dopunskom ishranom biljaka NPK mineralnim hranivima sadržaj hroma se u stablima povećao u odnosu na kontrolu. Ova činjenica ukazuje da je na usvajanje hroma uticao i sistem ishrane biljaka.

Kod ispitivanja stabla pšenice sve varijante sa ishranom biljaka pokazuju veći sadržaj hroma u odnosu na kontrolu, što ukazuje na povećano usvajanje ovog metala pod uticajem mineralnih i organskih hraniva.

Tabela 27. Sadržaj Cu u stablu pšenice, faza pune zrelosti, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	2,20	2,38	3,01	5,97	3,39
NPK, Stari Tamiš	1,36	2,25	2,81	5,43	2,96
NPK, Ogledno polje	0,95	3,11	4,75	11,88	5,17
NPK, Vojlovica	5,89	3,83	3,39	8,29	5,35
Prosek	2,60	3,00	3,49	7,89	4,22
F test-sorta	6,551289**				
F test-lokaliteti	0,7072919				
LSD 5%	2,9822; 4,4648				
LSD 1%	4,1811; 6,2598				

U stablu pšenice, u fazi pune zrelosti, najmanji prosečan sadržaj bakra imala je sorta *Pobeda* dok je najveći sadržaj zabeležen kod sorte *Apach*. Inače, ispitivane sorte se mogu poređati po sledećem redosledu u pogledu sadržaja bakra:

Apach>Renesansa>Ljiljana>Pobeda.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo sledeće: sadržaj bakra u stablu pšenice je najmanji na Starom Tamišu, a najveći u Vojlovici.

Tabela 28. Sadržaj Cd u stablu pšenice, faza pune zrelosti, mg kg⁻¹

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach	Prosek
Kontrola, Ogledno polje	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
NPK, Stari Tamiš	0,08	0,04	0,04	0,04	0,05
NPK, Ogledno polje	0,08	0,04	0,04	0,04	0,05
NPK, Vojlovica	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Prosek	0,06	0,04	0,04	0,04	0,05
F test-sorta			3,00007		
F test-lokaliteti			0,666647		
LSD 5%			0,0178; 0,0218		
LSD 1%			0,0249; 0,0305		

U stablu pšenice sorti *Ljiljana*, *Renesansa* i *Apach* je identičan sadržaj kadmijuma, a neznatno je veći kod sorte *Pobeda*.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih lokaliteta uočavamo da nema značajne razlike u sadržaju kadmijuma. Sadržaj cinka i kadmijuma u stablu pšenice se kretao u granicama koje su navedene u literaturi (*Chang*, 1982).

Sadržaj teških metala u korenovima i stablu pšenice u fazi klasanja, 2009. godina

Variranje sadržaja teških metala u korenovima pšenice u fazi klasanja bilo je dosta izraženo, razlike su bile statistički značajne (tabela 29). Do sličnih rezultata dosli su i *Popović i sar.*, 2006. i 2011.

Tabela 29. Sadržaj teških metala u korenovima pšenice, faza klasanja, 2009. godina

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	7,345392**	6,949845**	7,875490**	9,88004**
LSD 5%	1,6880	1,8860	1,8976	1,8923
LSD 1%	2,3344	2,6081	2,8765	2,9812

Rezultati statističke obrade (analiza varijanse), pokazuju da je eksperimentalni faktor, uticaj sorte i lokaliteta, imala značajan uticaj na sadržaj teških metala u korenovima pšenice. Ovo se vidi na osnovu izračunatih F-vrednosti (tabela 29).

Tabela 30. Sadržaj teških metala u stablu pšenice, faza klasanja, 2009. god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	15,83621	9,910622**	13,9341	13,8731
LSD 5%	0,7111	2,4050	5,9821	5,8943
LSD 1%	0,9833	3,3259	6,0994	6,1996

Istraživani rezultati pokazuju da u odnosu na lokalitet i udaljenost od industrijske zone, kod sorte *Renesansa*, *Apach* i *Pobeda* nisu ustanovljene statistički značajne razlike na akumulaciju teških metala u stablima. S druge strane, u sorte *Ljiljana* ustanovljen je vrlo značajan uticaj lokaliteta i sorte na akumulaciju teških metala u stablu pšenice.

Sadržaj teških metala u korenovima i stablu pšenice u fazi pune zrelosti, 2009. godina

U odnosu na lokalitet i udaljenost od industrijske zone, kod sorte *Renesansa*, *Ljiljana* i *Apach* nisu ustanovljene statistički značajne razlike. Dok je kod sorte *Pobeda* ustanovljen vrlo značajan uticaj lokaliteta i sorte na akumulaciju teških metala u stablu pšenice (tabela 31).

Tabela 31. Sadržaj teških metala u korenovima pšenice, faza pune zrelosti, 2009. god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	7,68749**	2,605123	6,98429	9,97214
LSD 5%	5,2242	6,0923	8,9065	9,089
LSD 1%	7,2246	8,4252	10,9688	11,543

U odnosu na lokalitet i udaljenost od industrijske zone, kod sorte *Renesansa*, *Ljiljana* i *Apach* nisu ustanovljene statističke značajne razlike dok je kod sorte *Pobeda* ustanovljen značajan uticaj lokaliteta i sorte na akumulaciju teških metala u stablu pšenice (tabela 32).

Tabela 32. Sadržaj teških metala u stablu pšenice, faza pune zrelosti, 2009. god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	3,458251*	4,72829	5,9823	7,4276
LSD 5%	6,5846	3,2626	5,9342	4,9861
LSD 1%	9,1059	4,5119	7,0034	5,8731

Sadržaj teških metala u korenovima i stablu pšenice, u fazi klasanja, 2010. godina

Variranja sadržaja teških metala u korenovima pšenice, u fazi klasanja, bila su dosta izražena, tako da su razlike bile statistički značajne (tabela 33).

Tabela 33. Sadržaj teških metala u korenovima pšenice, faza klasanja, 2010.god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	3,7891**	4,9872**	6,4362*	7,7251**
LSD 5%	7,9212	5,5421	4,8989	5,9821
LSD 1%	9,0963	6,9854	8,9732	7,9341

U odnosu na lokalitet i udaljenost od industrijske zone, kod sorte *Renesansa*, ustanovljen je značajan uticaj lokaliteta i sorte na akumulaciju teških metala u korenovima pšenice. Dok je kod sorte *Pobeda*, *Ljiljana* i *Apach* ustanovljen vrlo značajan uticaj lokaliteta i sorte na akumulaciju teških metala u korenovima pšenice.

Kod sve četiri sorte ustanovljen je značajan uticaj lokaliteta i sorte na akumulaciju teških metala u stablu pšenice (tabela 34).

Tabela 34. Sadržaj teških metala u stablu pšenice, faza klasanja, 2010. god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	3,9991**	4,9342**	5,4392**	5,8431**
LSD 5%	7,9552	5,6891	5,9879	6,7851
LSD 1%	9,2313	6,7854	7,5552	7,9431

Sadržaj teških metala u korenovima i stablu pšenice, u fazi pune zrelosti, 2010. godina

Kod sve četiri sorte ustanovljen je vrlo značajan uticaj lokaliteta i sorte na akumulaciju teških metala u korenovima pšenice (tabela 35).

Tabela 35. Sadržaj teških metala u korenovima pšenice, faza pune zrelosti, 2010. god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	11,62452**	14,21362**	15,9843**	14,5230**
LSD 5%	1,7602	1,4945	1,6521	1,9410
LSD 1%	2,4342	2,0668	2,0963	2,9734

Takođe, zapažen je i vrlo značajan uticaj lokaliteta i sorte, kod sve četiri sorte, na akumulaciju teških metala u stablu pšenice (tabela 36).

Tabela 36. Sadržaj teških metala u stablu pšenice, faza pune zrelosti, 2010. god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	5,26789**	7,721832**	8,9643**	8,9054**
LSD 5%	2,2303	1,4285	1,8750	1,9864
LSD 1%	3,0846	1,9755	1,9907	2,9062

Sadržaj teških metala u korenovima i stablu pšenice u fazi klasanja, 2011. godina

Istraživanja su pokazala da je kod svih ispitivanih sorti utvrđen vrlo značajan uticaj lokaliteta na sadržaj teških metala u korenovima pšenice, u fazi klasanja (tabela 37).

Tabela 37. Sadržaj teških metala u korenovima pšenice, faza klasanja, 2011. god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	26,68320**	27,9630**	28,98772**	24,18452**
LSD 5%	1,0982	1,0787	1,0160	1,0589
LSD 1%	1,5890	1,8932	1,4050	1,4644

Analiza varijanse pokazala je da je eksperimentalni faktor, udaljenost od industrijske zone, imala značajan uticaj na sadržaj teških metala u stablu pšenice, što se vidi na osnovu izračunatih F-vrednosti (tabela 38).

Tabela 38. Sadržaj teških metala u stablu pšenice, faza klasanja, 2011. god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	26,89430**	27,0096**	28,98772**	24,18452**
LSD 5%	1,0754	1,0563	1,01543	1,06743
LSD 1%	1,6530	1,5098	1,67545	1,87609

Sadržaj teških metala u korenovima i stablu pšenice, u fazi pune zrelosti, 2011. godina

Rezultati istraživanja pokazuju da su variranja sadržaja teških metala u korenovima pšenice, u fazi pune zrelosti, dosta izražena, tako da su razlike bile statistički značajne (tabela 39).

Tabela 39. Sadržaj teških metala u korenovima pšenice, faza pune zrelosti, 2011. god.

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	34,2678**	35,8530**	32,98772**	29,18452**
LSD 5%	3,1982	2,3787	3,0160	3,0589
LSD 1%	4,7890	3,7932	4,4050	4,4644

Rezultati statističke obrade (analiza varijanse), pokazuju da je eksperimentalni faktor, udaljenost od industrijske zone, imala značajan uticaj na sadržaj teških metala u stablu pšenice, što se vidi na osnovu izračunate F -vrednosti (tabela 40).

Tabela 40. Sadržaj teških metala u stablu pšenice, faza pune zrelosti, 2011

Varijanta	Pobeda	Ljiljana	Renesansa	Apach
F test	26,89430**	27,0096**	28,98772**	24,18452**
LSD 5%	3,0754	2,6563	3,61543	2,26743
LSD 1%	5,6530	3,7098	4,77545	3,97609

7. 3. Ogledi u sudovima

U ogledima u sudovima uzimani su uzorci i pre analize sadržaja teških metala u korenovima i u nadzemnoj biomasi, u fazi bokorenja, izmereni su visina biljaka od nivoa zemljišta do vrha najviše liske, broj listova po biljci i lisna površina da bi se utvrdio uticaj ovih metala na početne fenofaze pšenice.

Visina biljaka

Visina stabla biljke je jedno od važnijih svojstava, jer ima veliki značaj kao jedna od komponenti otpornosti na poleganje. U normalnim uslovima rastenja i razvića stablo je sposobno da drži klas, dok u nepovoljnim uslovima (previše gust usev, suvišna vlažnost zemljišta, preterana količina azota), usev često poleže. Poleganjem se indirektno smanjuje prinos, otežava žetva i pogoršava kvalitet zrna.

Sorta *Pobeda* imala je nešto manji prosek visine (37,00 cm), dok je najveću prosečnu visinu biljaka imala sorta *Ljiljana* (38,00 cm). Najmanju prosečnu visinu biljaka sorta *Pobeda* imala je kod varijante ogleda gde je zemljište tretirano sa 1000 ppm smeše teških metala, dok je najveću visinu imala kod koncentracije od 500 ppm smeše (tabela 40). Prosečna visina stabla po uzorcima kod sorte *Pobeda* varirala je od 15,70 cm do 50,60 cm.

Tabela 41. Visina stabla, sorta *Pobeda*, cm

Varijanta	Zn, Pb, Cr,Cu, Cd	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	42,60	7,9889	14,6647
50 ppm	41,60	8,1768	15,0097
100 ppm	39,50	11,4729	21,06
250 ppm	34,00	1,8371	3,3723
500 ppm	50,60	1,0625	1,9503
1000 ppm	15,70	6,4519	11,8433
Prosek	37,00	-	-

Tabela 42. Visina stabla, sorta *Ljiljana*, cm

Varijanta	Zn, Pb, Cr, Cu, Cd	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	50,00	1,8371	3,3723
50 ppm	46,00	14,5818	26,7668
100 ppm	48,00	1,8371	3,3723
250 ppm	35,50	5,1143	9,3881
500 ppm	33,50	3,3119	6,0795
1000 ppm	15,80	20,2363	37,1465
Prosek	38,00	-	-

Prosečna visina stabla po uzorcima kod sorte *Ljiljana* varirala je od 15,80 cm do 50,00 cm. Najmanja visina biljaka zabeležena je u varijanti gde su biljke bile tretirane sa koncentracijom od 1000 ppm smeše metala, dok je najveću prosečnu visinu biljaka sorta *Ljiljana* postigla u kontrolnoj varijanti (tabela 42).

Visoke koncentracije smeše teških metala uticale su na smanjenje visine stabla biljaka pšenice.

Broj listova po biljci

Rezultati istraživanja za broj listova kod sorte *Pobeda* i *Ljiljana*, kod različitih varijanti oglada, pokazuju malo variranje broja listova (tabele 43 i 44). Prosečno jednak broj listova imala je sorta *Ljiljana* i *Pobeda* (7 listova). Pomalo neočekivano, najmanji broj listova imala je sorta *Pobeda* kod varijante oglada gde je zemljište tretirano sa 50 ppm i 500

ppm smeše teških metala, dok je najveći broj listova imala kod koncentracije od 1000 ppm smeše.

Tabela 43. Broj listova, sorta *Pobeda*, cm

Varijanta	Zn, Pb, Cr, Cu, Cd	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	7,00	0,00	0,00
50 ppm	6,00	1,1250	2,0651
100 ppm	7,00	2,8312	5,1971
250 ppm	7,00	1,1250	2,0651
500 ppm	6,00	1,1250	2,0651
1000 ppm	9,00	1,1250	2,0651
Prosek	7,00	-	-

Prosečan broj listova po uzorcima kod sorte *Pobeda* varirao je od 6 listova do 9 listova.

Tabela 44. Broj listova, sorta *Ljiljana*

Varijanta	Zn, Pb, Cr, Cu, Cd	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	8,00	1,1250	2,0651
50 ppm	9,00	1,8371	3,3723
100 ppm	7,00	1,1250	2,0651
250 ppm	8,00	0,0000	0,0000
500 ppm	4,00	1,1250	2,0651
1000 ppm	8,00	1,8371	3,3723
Prosek	7,00	-	-

Najveći broj listova bio je kod varijante sa 50 ppm smeše, a najmanji broj listova bio je kod varijante sa 500 ppm smeše (4 lista).

Lisna površina

Istraživanja pokazuju da je u proseku površina listova bila veća kod sorte *Pobeda* (14,15 cm²) u odnosu na sortu *Ljiljana* (13,00 cm²). Najmanju površinu listova (3,19 cm²) sorta *Pobeda* imala je kod varijante ogleda gde je zemljište tretirano sa 250 ppm, dok je najveću površinu listova imala kod kontrolnog uzorka (tabele 45 i 46).

Tabela 45. Površina listova, sorta *Pobeda*, cm²

Varijanta	Zn, Pb, Cr, Cu, Cd	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	31,80	10,1436	18,6201
50 ppm	26,00	0,8007	1,4697
100 ppm	15,35	8,8499	16,2453
250 ppm	3,19	0,0183	0,0336
500 ppm	5,23	0,1606	0,2948
1000 ppm	3,30	2,4259	4,4532
Prosek	14,15	-	-

Prosečna površina listova po uzorcima kod sorte *Pobeda* iznosila je 14,15 cm² i varirala je od 3,19 cm² do 31,80 cm² (tabela 45).

Tabela 46. Površina listova, sorta *Ljiljana*, cm²

Varijanta	Zn, Pb, Cr, Cu, Cd	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	13,18	0,6010	1,1032
50 ppm	15,10	3,4220	6,2815
100 ppm	14,04	0,8114	1,4894
250 ppm	10,41	4,1425	7,6041
500 ppm	20,54	1,2327	2,2629
1000 ppm	4,58	5,4361	9,9787
Prosek	13,00	-	-

Najmanju površinu listova prosečno imala je sorta *Ljiljana* 13,00 cm². Najmanja površina listova sorte *Ljiljana* bila je kod uzorka tretiranog sa 1000 ppm smeše (4,58 cm²). Najveća površina listova bila je kod uzorka tretiranog sa 500 ppm smeše.

Iz priloženog (tabele 45 i 46) vidi se da nije došlo do značajnije razlike u površini listova kod sorte *Pobeda* i *Ljiljana*, ali ima značajnijeg variranja kada se sorte pojedinačno posmatraju.

Sadržaj teških metala u korenovima pšenice, sorte *Pobeda* i *Ljiljana*

Variranja sadržaja teških metala u korenovima pšenice, kod sorte *Pobeda* i *Ljiljana*, su dosta izražena kod svih varijanti ogleđa. Razlike sadržaja teških metala su bile statistički značajne (tabele 47 i 48).

Tabela 47. Sadržaj teških metala u korenovima pšenice, sorta *Pobeda*, mg kg⁻¹

Varijanta	Zn	Pb	Cr	Cu	Cd	F test	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	8,41	2,81	0,53	5,50	1,97	953,3896**	0,3055	0,4225
50 ppm	11,42	3,26	1,66	5,77	4,74	251,4468**	0,7069	0,9776
100 ppm	22,81	4,42	2,08	6,5	6,94	1094,105**	0,7472	1,0333
250 ppm	43,23	3,87	6,91	7,65	18,81	8407,568**	0,5322	0,7360
500 ppm	180,7	5,65	19,64	24,30	45,30	31008,03**	1,2265	1,6961
8								
1000 ppm	187,0	7,36	21,69	25,88	48,85	35553,06**	1,1763	1,6267
8								
Prosek	76,00	5,00	8,75	12,60	21,00	-	-	-

Sorta *Pobeda* imala je u proseku, u korenovima biljaka, namanji sadržaj olova, i najveći sadržaj cinka. Ispitivani metali u pogledu svoje zastupljenosti mogu se poredati po sledećem redosledu:

cink>kadmijum>bakar>hrom>olovo.

Pri međusobnom upoređivanju pojedinih varijanti ogleđa u pogledu koncentracije smeše metala uočavamo sledeće: sadržaj cinka u korenovima pšenice je najmanji kod kontrolnog uzorka (8,41 mg kg⁻¹), a najveći pri korišćenju 1000 ppm smeše (187,08 mg kg⁻¹) kod sorte *Pobeda*. Isti rezultati su dobijeni i kod sadržaja svih ostalih teških metala.

Istraživanja su pokazala da su kod sorti *Pobeda* i *Ljiljana* zabeležene iste prosečne vrednosti u pogledu sadržaja cinka u korenovima biljaka. Međutim, sadržaj olova i kadmijuma, neznatno je veći kod sorte *Pobeda*. Sadržaj hroma u korenovima biljaka je značajno veći kod sorte *Pobeda* nego kod sorte *Ljiljana*.

Tabela 48. Sadržaj teških metala u korenovima pšenice, sorte *Ljiljana*, mg kg⁻¹

Varijanta	Zn	Pb	Cr	Cu	Cd	F test	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	5,70	2,85	1,00	4,52	0,16	525,2168**	0,3056	0,4226
50 ppm	18,61	2,88	0,44	5,76	8,83	4155,61**	0,3299	0,4563
100 ppm	17,33	2,73	1,72	5,79	8,77	4342,774**	0,2866	0,3963
250 ppm	17,64	3,41	3,14	6,09	14,83	3088,664**	0,3665	0,5069
500 ppm	195,59	5,78	8,55	30,84	28,72	179491,6**	0,5692	0,7872
1000 ppm	198,80	6,18	9,77	36,06	33,38	104100,6**	0,7519	1,0397
Prosek	76,00	4,00	4,00	15,00	16,00	-	-	-

U korenovima biljaka pšenice sorte *Ljiljana* u proseku najmanji je sadržaj bakra i olova, dok je najveći sadržaj cinka. Ispitivani metali se mogu poredati po sledećem redosledu u pogledu zastupljenosti:

cink>kadmijum>bakar>olovo>hrom.

Istraživanja pokazuju da se sa povećanjem primenjene koncentracije metala povećava i sadržaj svih ispitivanih metala u korenovima pšenice sorti: *Pobeda* i *Ljiljana*, u odnosu na kontrolne uzorke.

Sadržaj teških metala u stablu pšenice, sorte *Pobeda* i *Ljiljana*

Rezultati istraživanja pokazuju da sorte *Pobeda* i *Ljiljana*, beleže velika variranja sadržaja teških metala u stablu pšenice. Evidentne su statistički značajne razlike kod svih varijanti ogleda (tabele 49 i 50).

Tabela 49. Sadržaj teških metala u stablu pšenice, sorta *Pobeda*, mg kg⁻¹

Varijanta	Zn	Pb	Cr	Cu	Cd	F test	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	19,39	2,46	1,23	4,49	0,65	38832,27**	0,1197	0,1655
50 ppm	22,80	2,78	1,63	4,13	5,20	14839,17**	0,2168	0,2998
100 ppm	39,46	3,40	0,99	5,26	8,45	1094,38**	0,4569	0,6318
250 ppm	49,10	5,45	1,75	5,54	9,12	49105,52**	0,2678	0,3703
500 ppm	122,77	4,49	0,64	8,14	27,00	56428,15**	0,6525	0,9023
1000 ppm	1141,50	85,30	4,60	93,72	863,05	436718,9**	2,3984	3,3167
Prosek	233,00	17,00	2,00	20,00	152,00	-	-	-

Prema svom prosečnom sadržaju u stablu pšenice kod sorte *Pobeda* ispitivani teški metali se mogu poredati po sledećem redosledu:

cink>kadmijum>bakar>olovo> hrom.

Sadržaj kadmijuma kod sorte *Pobeda*, u stablu pšenice u proseku iznosi 152 mg kg⁻¹ i varira od 0,65 mg kg⁻¹ (kontrola) do 863,05 mg kg⁻¹ (varijanta sa 1000 ppm). Takođe, i sadržaj cinka u stablu pšenice kod sorti: *Pobeda* i *Ljiljana*, pravilno se povećava sa povećanjem koncentracije smeše metala u odnosu na kontrolni uzorak.

Upoređivanje korenova pšenice i stabla pšenice u pogledu sadržaja teških metala ukazuje na sledeće: sorte *Pobeda* i *Ljiljana* su u stablima u proseku imale više cinka nego u korenovima.

Najveće koncentracije olova i kadmijuma bile su u stablima biljaka pšenice sorte *Pobeda*.

U stablima pšenice kod sorte *Ljiljana* evidentne su velike razlike u sadržaju bakra, gde njegov sadržaj izrazito raste sa rastom koncentracija teških metala (tabela 50).

Tabela 50. Sadržaj teških metala u stablu pšenice, sorta *Ljiljana*, mg kg⁻¹

Varijanta	Zn	Pb	Cr	Cu	Cd	F test	LSD 5%	LSD 1%
Kontrola	29,99	2,14	0,58	4,65	0,39	38832,27**	0,1197	0,1655
50 ppm	69,93	3,13	0,64	5,05	9,45	37006,43**	0,4607	0,6372
100 ppm	77,67	2,76	0,58	5,36	13,46	62999,44**	0,3917	0,5417
250 ppm	79,13	4,33	1,23	5,41	17,31	58501,43**	0,4087	0,5652
500 ppm	203,47	6,28	1,15	6,39	34,87	87931,24**	0,8808	1,2181
1000 ppm	300,57	24,77	8,52	25,85	89,32	155671,7**	0,9304	1,2867
Prosek	127,00	7,00	2,00	9,00	27,00	-	-	-

Prema svom prosečnom sadržaju u stablu pšenice u fazi pune zrelosti kod sorte *Ljiljana* ispitivani teški metali se mogu poredati po sledećem redosledu:

cink> kadmijum>bakar>olovo>hrom.

Rezultati statističke obrade (analiza varijanse) pokazuju da je eksperimentalni faktor - koncentracija smeše teških metala za kontaminiranje zemljišta imala vrlo značajan uticaj na sadržaj teških metala u delovima pšenice, što se vidi na osnovu izračunatih F-vrednosti.

8. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja uticaja industrijske zone na dinamiku usvajanja teških metala u različitim sortama pšenice, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Agroekološki uslovi su bili različiti u zavisnosti od godine istraživanja. Toplotni režim, kao i količine padavina u prvoj i drugoj godini bili su iznad višegodišnjeg proseka. U prvoj godini ispitivanja nepovoljni sušni period bio je u aprilu i maju, a u junu je velika količina padavina ometala početak žetve. U drugoj godini su temperature bile iznad proseka, a padavine u novembru, decembru i junu znatno više od višegodišnjeg proseka.
- Ukupni sadržaji bakra, olova, hroma, kadmijuma i cinka u zemljištu na oglednim poljima bili su ispod maksimalno dozvoljenih vrednosti za poljoprivredna zemljišta. Najveći sadržaj teških metala bio je u zemljištu uzorkovanom iz kruga fabrike Petrohemija i Azotara, posebno sa dubine 30-60 cm.
- Uzorci zemljišta uzeti sa dubine 0-30 cm iz kruga fabrike Azotara imali su najmanju količinu kadmijuma, bakra i olova, ali povećan sadržaj hroma i cinka. Sa povećanjem dubine zemljišnog horizonta, pored hroma i cinka, povećavao se i sadržaj bakra.
- Analiza poljoprivrednih zemljišta pokazala je da se najveći sadržaj teških metala u ukupnom proseku, nalazi u oglednoj parceli Starog Tamiša, a zatim Vojlovice. Najmanje teških metala bilo je u zemljištu sa Oglednog polja (parcela bez upotrebe hemijskih preparata). Dobijeni rezultati ukazuju da je na sadržaj teških metala više uticala intenzivna agrotehnika (upotreba hemijskih sredstava) nego blizina industrijskih postrojenja.
- Najveće koncentracije teških metala, posebno cinka, bile su u podorničnom sloju (30-60 cm) zemljišta sa lokaliteta Vojlovica. Na drugom mestu je Stari Tamiš, a zatim Ogledno polje jedan i dva.

- Višegodišnja primena mineralnih hraniva i hemijske zaštite useva odrazila se na distribuciju teških metala po dubini zemljišnog profila. Ogledna polja na kojima je vršena puna mineralna ishrana imala su povećan sadržaj teških metala na dubinama 30-60 cm. Statistički značajno je veći sadržaj bakra i cinka, dok je koncentracija hroma i olova bila ista kao i u zemljištu sa Oglednog polja bez primene hemijskih preparata.
- U fazi klasanja u korenovima sorti *Ljiljana* i *Pobeda* bilo je najviše cinka i olova. Bakar i kadmijum su najviše akumulirali u korenovima sorti *Renesansa* i *Apach*, a hrom kod sorte *Ljiljana*.
- U stablu je u fazi klasanja najveća koncentracija cinka, olova i bakra bila kod sorte *Apach*, zatim kod sorte *Ljiljana*. Hrom i kadmijum najviše je akumulisala sorta *Renesansa*, a na drugom mestu je bio *Apach*.
- U punoj zrelosti značajno veći sadržaj hroma i kadmijuma bio je u korenovima sorte *Renesansa*, neznatno manji u sorte *Apach*. Ova razlika je značajno veća u odnosu na ostale sorte.
- Koncentracija teških metala olova, hroma i bakra bila je, takođe najveća kod sorti *Renesansa* i *Apach*, ali razlika u odnosu na ostale bila je značajna.
- Vegetacioni ogled u sudovima je izveden sa koncentracijama smeša teških metala. Povećanjem koncentracije smeše metala ispoljen je negativan uticaj na visinu stabla, broj listova i lisnu površinu. Veće koncentracije teških metala značajno su umanjile porast biljaka u obe sorte, kao i lisnu površinu. S druge strane, broj listova nije se statistički značajno smanjio.
- Nakupljanje teških metala kod obe sorte pšenice bilo je značajno veće u stablima pšenice u odnosu na korenove.

- Pored emisije štetnih gasova u atmosferu iz različitih industrijskih postrojenja i višegodišnja primena sredstava za zaštitu biljaka, kao i mineralnih hraniva, koja sadrže jone kadmijuma, može uticati na povećanje njegove koncentracije u vegetativnim organima.
- Povećan je sadržaj olova u biljnom tkivu usled blizine saobraćajnica i industrijskih postrojenja, ali i nepravilnog odlaganja različitog otpada u kome se često nalaze i soli različitih teških metala.
- Na osnovu rezultata istraživanja usvajanja teških metala u različitim sortama pšenice, može se preporučiti gajenje sorte *Pobeda* s obzirom da je kod nje utvrđeno značajno manje usvajanje svih ispitivanih teških metala.
- Istraživanjem je utvrđeno da je potpuno bezbedan lokalitet za gajenje pšenice onaj koji se nalazi na udaljenosti od 10 km od industrijske zone, a to je Ogledno polje Instituta Tamiš.
- Na Oglednom polju Instituta Tamiš, poljoprivredna površina na kojoj se ne primenjuju agrohemijska sredstva bila je značajno podesnija za gajenje pšenice od površine u konvencionalnoj proizvodnji. To ukazuje da teški metali u zemljište dospevaju iz industrijskih postrojenja, zatim od prevoznih sredstava, ali i prekomernom primenom mineralnih hraniva i sredstava za zaštitu biljaka.
- Da bi se preduzele mere smanjenja koncentracije teških metala u zemljištu, a preko njega i u biljkama, neophodno je tačno utvrditi izvor zagađenja i prema tome preduzeti mere zaštite poljoprivrednih zemljišta usaglašene sa zahtevima nacionalne regulative.
- Stoga je veoma značajna permanentna analiza poljoprivrednih površina, posebno pored većih industrijskih pogona, naselja i saobraćajnica, preduzimanje mera za njeno ublažavanje, između ostalog i pravilnim izborom biljnih vrsta i genotipova koji su tolerantniji na povećane koncentracije teških metala u vazduhu i zemljištu.

9. L I T E R A T U R A

1. *Abrahams, P. W.* (2002): Soils: their implications to human health. *Science of the Total Environment*, 291, pp. 1-3.
2. *Berthelesen, B. O., L. Ardal, E. Steinnes, G. Abrahamsen and A. Stuanes* (1994): Mobility of heavy metals in pine forest soils as influenced by experimental acidification. *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 73, pp. 29-48.
3. *Biddappa, C. C., M. Chino and K. Kumazawa* (1982): Migration of heavy metals in two Japanese soils. *Plant and Soil*, 66, pp. 299-316.
4. *Bodroža-Solarov, M., J. N. Mastilović, V. Mladenov i E. Vujačić* (2006): Ekološka stabilnost sorti pšenice za vrednosni broj sredine hleba. *Žito-hleb*, 34, 1-2, str. 19-23.
5. *Bogdanović, D.* (2002): Izvori zagađenja zemljišta kadmijumom. *Letopis naučnih radova*, 26, broj 1, str. 32-42.
6. *Bogdanović, D.* (2007): Izvori zagađenja zemljišta niklom. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, Vol. 31, broj 1, str. 21-28.
7. *Borojević, S.* (1983): Genetic changes to increase yield potential in wheat. *Proc. 6th Inter. Wheat Genet. Symp.*, Kyoto, Japan, pp. 953-957.
8. *Brankov, M., M. Ubavić, P. Sekulić i J. Vasin* (2006): Sadržaj mikroelemenata i teških metala u poljoprivrednim i nepoljoprivrednim zemljištima Banata. Originalni naučni rad, *Zbornik radova*, Sveska 42, str. 169-177.

9. *Brdar, M., I. Maksimović, T. Zeremski-Škorić, M. Kraljević-Balalić i B. Kobiljski* (2008): Uticaj suviška bora na usvajanje Ca i K kod pšenice. Zbornik abstracta, Peti naučno-stručni simpozijum iz selekcije i semenarstva, Vrnjačka banja.
10. *Bruemmer, G. W., J. Gerth and U. Herms* (2007): Heavy metal species, mobility and availability in soils. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Vol. 149, pp. 382-398.
11. *Bulut, I. and Z. Baisal* (2004): Removal of Pb(II) from wastewater using wheat bran. *Journal of Environmental Management*, Vol. 78, issue 2, pp. 107-113.
12. *Brus, D. and M. J. W. Jansen* (2004): Heavy metals in the environment; uncertainty and sensitivity analysis of spatial predictions of heavy metals in wheat. *Journal of Environmental Quality*, 33-ISSN 0047-2425-p, pp. 882-890, Centrum Bodem (Altera Research Institute for the Green World).
13. *Chang, A. C., A. L. Page and F. T. Bingham* (1982): Heavy metal absorption by winter wheat following termination of cropland sludge applications. *Journal Environ Qual* 11: pp. 705-708, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.
14. *Conti, M. E., F. Cubadda and M. Carcea* (2000): Trace metals in soft and durum wheat from Italy. *Food Additives and Contaminants*. 17, pp. 45-53.
15. *Denčić, S., N. Mladenov, B. Kobiljski i V. Đurić* (2003): Sorta kao faktor tehnološkog kvaliteta pšenice. Zbornik referata Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, str.133-150.

16. *Denčić, S., N. Pržulj, N. Mladenov, B. Kobiljski, N. Hristov, P. Rončević i V. Đurić* (2007): Rezultati i dometi novosadskih sorti strnih žita. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Vol. 43, str. 5-19.
17. *Denčić, S., B. Kobiljski, G. Mladenović, Z. Jestrović, S. Štatkić, M. Pavlović i B. Orbović* (2010): Sorta kao faktor proizvodnje pšenice. Ratar.Povrt./ Field Veg. Crop Res, Vol. 47, str. 317-324.
18. *Denčić, S., B. Kobiljski, G. Mladenović i N. Kovačević* (2010): Sadašnjost i budućnost NS sortimenta pšenice. Zbornik referata sa 45. savetovanja agronoma Srbije.
19. *Đekić, V., Đ. Glamočlija, M. Milovanović i M. Staletić* (2010): Uticaj godine na prinos i kvalitet zrna kragujevačkih sorti ozime pšenice. XIX savetovanje agronoma, veterinara i tehnologa, Zbornik naučnih radova, Vol. 16, br. 1-2, str. 43-50, Beograd.
20. *Đorđević, A. R., M. Jakovljević, S. Maksimović i S. Cupać* (2005): Sadržaj mobilnog nikla u serpentinskim rankerima Srbije. Acta biologica Jugoslavica-serija A: Zemljište i biljka, Vol. 54, br. 3, str. 193-198.
21. *Đurić, N., R. Sabovljević, V. Trkulja i E. Onć-Jovanović* (2010): Sorte ozime pšenice Instituta PKB Agroekonomik i njihove produktivne mogućnosti u makroogledima 2008. i 2009. godine u Republici Rumuniji. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik, Vol. 16, br. 1-2, str. 21-25.
22. *Đurić, N., V. Trkulja, S. Prodanović i R. Sabovljević* (2011): Oplemenjivanje ozimog tritikalea PKB Vožd stvorenog u Institutu PKB Agroekonomik. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik, Vol. 17, br.1-2, str. 35-42.

23. *Farajzadeh, M. A. and A. M. Boviery* (2004): Adsorption characteristics of wheat bran towards heavy metal cations. *Separation and purification Technology*, Vol. 38, broj 3, pp. 197-207.
24. *Filipović-Trajković, R., M. Jablanović i Z. Ilić* (2001): Uticaj aero-zagađenja na sadržaj teških metala u povrću poreklom iz industrijskih zona Kosmeta. *Savremena poljoprivreda*, Vol. 50, br. 1-2, str. 37-40.
25. *Glamočlija, Đ. i Lj. Prijić* (2004): Ekološka mineralna hraniva u savremenoj ratarskoj proizvodnji. studija, Ministarstvo za nauku i tehnologiju, Beograd.
26. *Glamočlija, Đ.* (2012): Posebno ratarstvo, žita i zrnene mahunarke. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
27. *Glamočlija, Đ., V. Mickovski-Stefanović, S. Blagojević, V. Ugrenović i Z. Krčadinac* (2011): Uticaj kontaminacije zemlje i vazduha na dinamiku usvajanja teških metala u korenovima i stablima pšenice. V *Agroinovacije, Knjiga sažetaka*, str. 86-87, Beograd.
28. *Glamočlija, Đ., J. Ikanović, M. Spasić, S. Rakić, M. Milutinović, G. Dražić, V. Popović i S. Stanković* (2011): Uticaj sorte i povećanih količina azota na morfološke i tehnološke osobine pivarskog ječma. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik*, Vol. 17, br. 1-2, str. 55-66.
29. *Gujaničić, T., Đ. Glamočlija, R. Maletić i J. Savić* (2008): Proizvodnja šećerne repe u uslovima intenzivne ishrane biljaka i navodnjavanja useva. *Journal of Scientific Agricultural Research*, Vol. 69, br. 1, str. 69-78.
30. *Hooda, P. S. and B. J. Alloway* (1996): The effect of liming on heavy metal concentration in wheat, carrots and spinach grown on previously sludge-applied soils.

Journal of Agricultural Science ISSN 0021-8596 CODEN JASIAB, Vol.127 (3), pp.289-294 (19 ref.),Cambridge University Press, Cambridge, ROYAUME-UNI (1905) (Revue).

31. *Hadžić, V., Lj. Nešić, M. Belić i N. Milojković* (1993): Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.

32. *Hadžić, V., Lj. Nešić, M. Belić, P.Đ. Sekulić, M. Pucarević i I. Bikit* (2002): Karakterizacija zemljišta za proizvodnju visokovredne hrane od pšenice i kukuruza. Acta biologica Iugoslavica-serija A: Zemljište i biljka, Vol. 51, br. 1, str. 65-78.

33. *Hadžić, V., Lj. Nešić, P. Sekulić, M. Ubavić, D. Bogdanović, D. Dozet, M. Belić, M. Govedarica, S. Dragović i I. Verešbaramnji* (2004): Kontrola plodnosti zemljišta i utvrđivanje sadržaja štetnih i opasnih materija u zemljištima Vojvodine. Zbornik radova, sveska 40, str. 57-64.

34. *Hattory, H. and M. Chino* (2001): Growth, cadmium, and zinc contents of wheat grown enriched with cadmium and zinc. Plant nutrition-Food security and sustainability of agroecosystems, pp.462-464, Luwer Academic Publishers.

35. *Hjortenkrans, D., B. Bergback and A. Haggerud* (2006): New metal emission patterns in road traffic environments. Environmental Monitoring and Assessment 117, pp. 85-98.

36. *Ikanović, J., Đ. Glamočlija, R. Sabovljević, M. Blažić i G. Kulić* (2007): Uticaj toplinskih uslova na klijavost semena kukuruza šećerca. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik, Vol. 13, br.1-2, str. 61-66.

37. *Jakovljević, M. i S. Blagojević* (1997): Dosadašnja proučavanja i naredni zadaci u oblasti hemije zemljišta. Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta, Dragović, S., ured., Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, str. 139-148.

38. *Jakovljević, M. D. i S.D. Blagojević* (1997): Određivanje sadržaja teških metala u prehrambenim proizvodima, III Jugoslovenski simpozijum prehrambene tehnologije, Zbornik radova sveska V, str. 185-190, Beograd.
39. *Jakovljević, M., S. Blagojević, S. Stevanović i L.J. Martinović* (1997): Zavisnost između sadržaja različitih oblika teških metala i nekih parametara plodnosti zemljišta. Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta, str. 181-187.
40. *Jamali, M., G.T. Kazi, B. M. Arain, H. I. Afridi, N. Lajbani, G. Kandhro, Q. A. Shah and A. Baig* (2008): Heavy metal accumulation in different varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in soil amended with domestic sewage sludge. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 164, issues 2-3, pp. 1386-1391.
41. *Jovanović, Đ., M. Matavulj, Ž. Kevrešan i P. Viđikant* (2005): Uticaj motornih benzina na mogućnost proizvodnje zdravstveno bezbedne hrane u Vojvodini. *Kvalitet*, Vol. 15, broj 9-10, str. 69-73.
42. *Kabata-Pendias, A. and H. Pendias* (1989): Mikroelementi v počvah i rastenijah. Mir, Moskva.
43. *Kastori, R.* (1983): Uloga elemenata u ishrani biljaka. Matica srpska, Novi Sad.
44. *Lagerwerff, J. V.* (1972): Lead, mercury and cadmium as environmental contaminants. In *micronutrients in Agriculture*, Mortvedt, J.J. et al. Eds, Soil Sci. Soc., America, Madison, 593-636.
45. *Lars J ä r u p* (2003): Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin* 68, pp. 167-182.

46. *Lekić, S., R. Sabovljević i B. Kerečki* (2000): Uticaj temperature na usvajanje vode kod semena kukuruza. *Selekcija i semenarstvo*, Vol. 37, br. 3-4, str. 55-58.
47. *Li, Y., G. Gou, Q. Zhang, Q. Su and G. Xiao* (2008): Heavy metal contamination and source in arid agricultural soil in central Gansu Province. *Journal of environmental sciences*, 20(5).
48. *Li, L., C. Tang, Z. Rengel and F.S. Zlang* (2001): Calcium, Magnesium and Microelement uptake as Affected by Phosph Sources and inter specific Root Interactions between Wheat and Chickpea. *Plant and Soil*, 261, pp. 29-37.
49. *Lončarić, Z., Z. Jurković, A. Nevistić, M. Engler, B. Popović, K. Karalić, V. Ikač, V. Ivezić i D. Kerovec* (2010): Utjecaj kiselosti tla i sorte pšenice na koncentraciju teških metala u brašnu. Zbornik sažetaka 45. hrvatskog i 5. međunarodnog simpozija agronoma, Osijek, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku, str. 29-30.
50. *Lubben, S. and D. Sauerbeck* (1991): The uptake and distribution of heavy metals by spring wheat. *Water, Air & Soil Pollution*, Vol. 57-58, pp. 239-247.
51. *Maksimović, S. i V. Mrvić* (2005): Dinamika mikroelemenata u kukuruzu, pšenici i jaram ječmu, *Acta biologica Jugoslavica-serija A: Zemljište i biljka*, Vol. 51, br. 3, str. 199-206.
52. *Maksimović S., Radmila Pivić, M. Nikoloski, Ljiljana, V. Perović, N. Koković, S. Molerović i M. Jakovljević* (2010): Stepen ugroženosti zemljišta štetnim materijama na obodu deponije pepela na području Obrenovca. *Zemljište i biljka*, vol. 59, br. 1, str. 47-49
53. *Malešević, M., Đ. Glamočlija, N. Pržulj, V. Popović, S. Stanković, T. Živanović i A. Tapanarova* (2010): Produktivne osobine različitih genotipova pivarskog ječma u uslovima pojačane ishrane azotom. *Genetika*, Vol. 42, br. 2, str. 323-330.

54. *Marković, T., D. Radanović, S. Antić-Mladenović, P. Sekulić i S. Maksimović* (2008): Sadržaj teških metala u različitim populacijama *Tanacetum parthenium* gajenog na černozeu. Vol. 57, br. 1, str. 7-18.
55. *Mickovski Stefanović, V., B. Jovanović i N. Filipović* (2008): Sadržaj nepoželjnih metala u pšenici u zavisnosti od sorte. *Acta Periodica*, Vol. 39 str. 69-76.
56. *Mickovski Stefanović, V. i B. Jovanović* (2009): Ispitivanje teških metala u zemljištu emitovanih hemijskom industrijom. XIII međunarodna EKO-konferencija VIII Zaštita životne sredine gradova i prigradskih naselja, Novi Sad.
57. *Mickovski Stefanović, V., Đ. Glamočlija, V. Ugrenović, V. Filipović i M. Spasić* (2012): Sadržaj teških metala u brašnu različitih sorti pšenice. *Arhiv za poljoprivredne nauke* (in press).
58. *Mickovski Stefanović, V., Đ. Glamočlija, V. Popović, V. Filipović i V. Ugrenović* (2012): Uticaj udaljenosti industrijske zone na kontaminaciju zemljišta teškim metalima. *Arhiv za poljoprivredne nauke* (in press).
59. *Milenković, J.* (2009): Posebno ratarstvo, skripta, Visoka poljoprivredno-prehrambena škola strukovnih studija, Prokuplje.
60. *Mihaljev, Ž., M. Živkov-Baloš, S. Pavkov i D. Stojanović* (2008): Sadržaj toksičnih elemenata u uzorcima lucerke sa područja Vojvodine. *Savremena poljoprivreda*, Vol. 57, br. 3-4, str. 35-38.
61. *Minkina, T. M., A. P. Samokhin and O.G. Nazarenko* (2001): Translocation of heavy metals in soil-plant system. *Plant nutrition-Food security and sustainability of agro-ecosystems*, Kluwer Academic Publishers, pp. 360-361.

62. *Mitkova, T., J. Mitrikeski i M. Markoski* (2005): Sadržaj ukupnih i rastvorljivih formi teških metala (Pb, Cd i As) u zemljištu rasprostranjenom u lokalitetu sela Dragožani u blizini Bitolja. *Acta biologica Jugoslavica-serija A: Zemljište i biljka*, Vol. 54, br.2 str. 43-50.
63. *McGrath, S. P.* (1995): Chromium and Nickel. In: *Heavy metals in Soils* (B.J: Alloway ed), Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK, pp. 152-178.
64. *Murzaeva, S. V.* (2004): Effect of Heavy Metals on Wheat Seedlings: Activation of Antioxidant Enzymes. *Applied Biochemistry and Microbiology*, Vol. 40, pp. 98-103.
65. *Nan, Z., C. Zhao, J. Li, F. Chen and W. Sun* (2002): Relations between soil properties and elected heavy metal concentrations in spring wheat (*Triticum aestivum L.*) grown in contaminated soils. *Water, Air and Soil Pollution*, 133, pp. 205-213.
66. *Nešić, LJ. M., S. Maksimović i P. Đ. Sekulić* (2005): Sadržaj teških metala u poplavnoj površinskoj vodi i poplavljenom zemljištu na teritoriji opštine Sečanj. *Acta biologica Jugoslavica-serija A: Zemljište i biljka*, Vol. 54, br. 3, str. 207-214.
67. *Ozer, A., D. Ozer and A. Ozer* (2004): The adsorption of cooper (II) ions on to dehydrated wheat bran: determination of the equilibrium and thermodynamic parameters. *Process Biochemistry*, Vol. 39, issue 12, pp. 2183-2191.
68. *Pavlovoć, M. i D. Dažđa* (2006): Uticaj industrijske zone na životnu sredinu i zdravlje stanovnika Pančeva, Zbornik radova sa simpozijuma Ekološka istina, Sokobanja.
69. *Pivić, R. i S. Maksimović* (2008): Studija o stepenu ugroženosti zemljišta i vode opasnim i štetnim materijama u MZ na obodu deponije pepela na području gradske Opštine Obrenovac. Beograd: Institut za zemljište

70. *Popović (Vukeljić) V.* (2002): Određivanje rezidualnih količina teških metala odabranog lokaliteta u cilju zaštite životne sredine. Magistarski rad, Novi Sad, 1-15.
71. *Popović V., Đ. Bašić, P. Sekulić* (2005): Određivanje olova u zemljištu u cilju zaštite životne sredine, VI Međunarodna EKO-Konferencija, Zaštita životne sredine gradova i prigradskih naselja. Novi Sad, Srbija, str. 221-227.
72. *Popović, V., Đ. Bašić* (2006): Nikal u zemljištu Srema. Tematski zbornik, IV Međunarodna EKO-Konferencija Zdravstveno-bezbedna hrana, Novi Sad, str. 89-95.
73. *Popovic V., V. Djukic, G. Dozet* (2008): Distribution and accumulation of lead in soil and Wheat. The Second Joint PSU-UNS International Conference on BioScience: Food, Agriculture and Environment, June 22-24, 2008, Novi Sad, Serbia, str. 292-296.
74. *Popović Vera* (2010): Agrotehnički i agroekološki uticaji na proizvodnju semena pšenice, kukuruza i soje. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu. Poljoprivredni fakultet Zemun, 145, 1-25.
75. *Popović, V., Đ. Glamočlija, M. Malešević, J. Ikanović, G. Dražić, M. Spasić, S. Stanković* (2010a): Genotype specificity in nitrogen nutrition of malting barley. *Genetika*, Vol. 43, No. 1 str. 197-205.
76. *Popovic, V., J. Ikanović, D. Mladenović, G. Dozet, V. Đukić, S. Jakšić, N. Grahovac* (2011): Contents nickel in soil. X. Oszkár Wellmann International Scientific Conference Hódmezővásárhely, 5nd Maj 2011. Review on Agriculture and Rural Development. Scientific Journal of University of Szeged, Faculty of Agriculture. Vol. CD Issue, pp.460-464.

77. *Popović V., M. Malešević, Dj. Glamoclija, S. Vucković, M. Tatić, G. Mladenović i N. Hristov* (2011a): Effect of agroecological factors on wheat seed production. *Agrar-es Videkfejlesztési Szemle 2011/12. Review on Agriculture and rural development. Scientific Journal of University of Szeged, Faculty of Agriculture. ISSN 1788-5345. Vol. 6. (2), pp.150-156.*

78. *Poštić, D., R. Sabovljević, J. Ikanović, M. Davidović i Đ. Goranović* (2007): Uticaj agroekoloških uslova proizvodnje na pokazatelje životne sposobnosti semenskih krtola krompira. *Selekcija i semenarstvo, Vol.13, br. 3-4, str. 31-41.*

79. *Poštić, D., R. Sabovljević, J. Ikanović, M. Davidović i Đ. Goranović* (2009): Uticaj agroekoloških uslova proizvodnje na pokazatelje životne sposobnosti semenskih krtola krompira sorte Desiree. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik, Vol. 15, br. 1-2, str. 99-111.*

80. *Radulović, M.* (2001): Proučavanje mobilnosti nikla, hroma i fluora u nekim tipovima zemljišta Zetske ravnice. *Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd.*

81. *Raičević, P.* (2008): Vrednovanje zemljišta kao prirodnog resursa pive planine i predlog mera za racionalno korišćenje, *Magistarska teza, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.*

82. *Rajković, M. B., S. Blagojević, M. D. Jakovljević i M. M. Todorović* (2000): The application of atomic absorption spectrophotometry (AAS) for determining the content of heavy metals in phosphogypsum, *Journal of Agricultural Sciences, Vol. 45, No2, pp.155-164.*

83. *Rajković, M. B., L. Perić i D. Kovačević* (2002): Kvalitet krompira gajenog u raznim područjima u Srbiji s obzirom na sadržaj teških metala i ostataka pesticida. *Journal of Agricultural Sciences, Vol. 47, No2, pp. 161-177.*

84. *Rana, A. and A. Masood* (2000): Heavy metal toxicity: effect on plant growth metal uptake by wheat, and on free living azotobacter. *Water, Air and Soil Pollution* 138, pp. 165-180.
85. *Romić, M. i D. Romić* (2002): Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area, *Environmental Geology* 43, pp. 795-805.
86. *Sabovljević, R., Đ. Goranović, D. Jovanović, B. Aćimović i M. Rošulj* (2003): Varijabilnost i korelacije komponenti rodosti linije-majke i sastava semenskog materijala F₁ generacije hibrida kukuruza. II simpozijum Selekcije za oplemenjivanje organizama, Vrnjačka Banja, Abstrakt str. 16.
87. *Sabovljević, R., D. Simić, Z. Stanković, N. Đurić, Đ. Goranović, B. Jokić i D. Radivojević* (2011): Varijabilnost i korelacije osobina semena pšenice proizvedenog na području PKB. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik, Vol. 17, br.1-2, str. 35-42.
88. *Savage, W., W. Berry and D. A. Reed* (1981): „Metals in the environment”. *Journal of Plant Nutrition*, 3, pp.129-138.
89. *Sekulić, P., J. Vasin, J. Ninkov i S.Milić* (2010): Višak bakra u vinogradima agroekološki problem, internet magazin polj.info.
90. *Sikirić, B., M. Zdravković, D. Čakmak, S. Maksimović i R. Pivić* (2010): Sadržaj različitih formi teških metala u zemljištima doline Kolubare, Vol. 59, br. 3, str.159-169.
91. *Slavković, L., B. Škrbić, N. Miljević i A. Onjia* (2003): Principal component analysis of trace elements in industrial soils, *Environmental Chemistry Letters*, Vol. 2, number 2, pp. 105-108.

92. *Stevanović, D., M. Jakovljević i R. Pavlović* (2001): Akumulacija teških metala u povrću u zavisnosti od njihovog sadržaja u zemljištu, *Savremena poljoprivreda*, Vol. 50, br. 1-2, str. 31-35.
93. *Shuiping Cheng* (2003): Effects of Heavy metals on plant and resistance mechanisms, *Environmental Science Pollution Research*, Vol. 10, number 4, pp.256-264.
94. *Škrbić, B., S. Cvejanov i S. Čupić* (2004): Sadržaj teških metala u zrnu pšenice roda 2000. godine. *Žito-hleb*, Vol. 31, br. 1-2, pp. 17-21.
95. *Škrbić, B., S. Čupić i J. Cvejanov* (2002): Determination of heavy metals in wheat samples. *Fiziologija-Physiology*.12, pp.12-15.
96. *Škrbić, B., I. Estelecki i J. Cvejanov* (2002): Sadržaj olova, kadmijuma, žive i arsena u hlebu od pšeničnog brašna sa dodacima sojinih proizvoda, *Žito-hleb* 31, str. 43-46.
97. *Škrbić, B. i S.Čupić* (2004): Trace metal distribution in surface soils of Novi Sad and Bank Sediment of the Danube River. *Journal of Environment Science and Health, Part A*. 39, 1547-1558.
98. *Škrbić, B., B. Filipčev i J. Cvejanov* (2006): Doprinos proizvoda od pšenice dnevnom unosu makro i mikroelemenata, *Žito-hleb* 33, br. 5-6, str. 93-103.
99. *Šovljanski, R., S. Lazić, S. Obradović i D. Beker* (1991): Sadržaj teških metala, selena i ostaci organohlorinih insekticida u pšenici. *Žito-hleb*, Vol. 18, 1-2, Novi Sad.
100. *Tahri, M., F. Benyaich, M. Bounakhia, E. Bilal, J.J. Gruffat, J. Moutte and D. Garcia* (2003): Multivariate analysis of heavy metal contents in soils, sediments and water in the

region of Meknes(central Marocco), Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 102, number 1-3, pp. 405-417.

101. *Ubavić, M. i D. Bogdanović* (2001): Agrohemija. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.

102. *Ubavić, M. i R. Kastori* (2005): Đubrenje voćnjaka i vinograda. Novi Sad.

103. *Ubavić, M., D. Bogdanović i D. Dozet* (1993): Teški metali u zemljištima Vojvodine. U knjizi: Teški metali i pesticidi u zemljištu, Kastori R., ured., Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, str. 217-222.

104. *Wang, M. and Q. Zhou* (2006): Joint stress of chlorimuron-ethyl and cadmium on wheat *Triticum aestivum* at biochemical levels. Environmental Pollution, Vol. 144, issue 2, pp. 572-580.

105. *Weber, R. and B. Hrynerik* (2000): Effect of leaf and soil contaminations on heavy metals content in spring wheat crops. Nukleonika,45, pp.137-140.

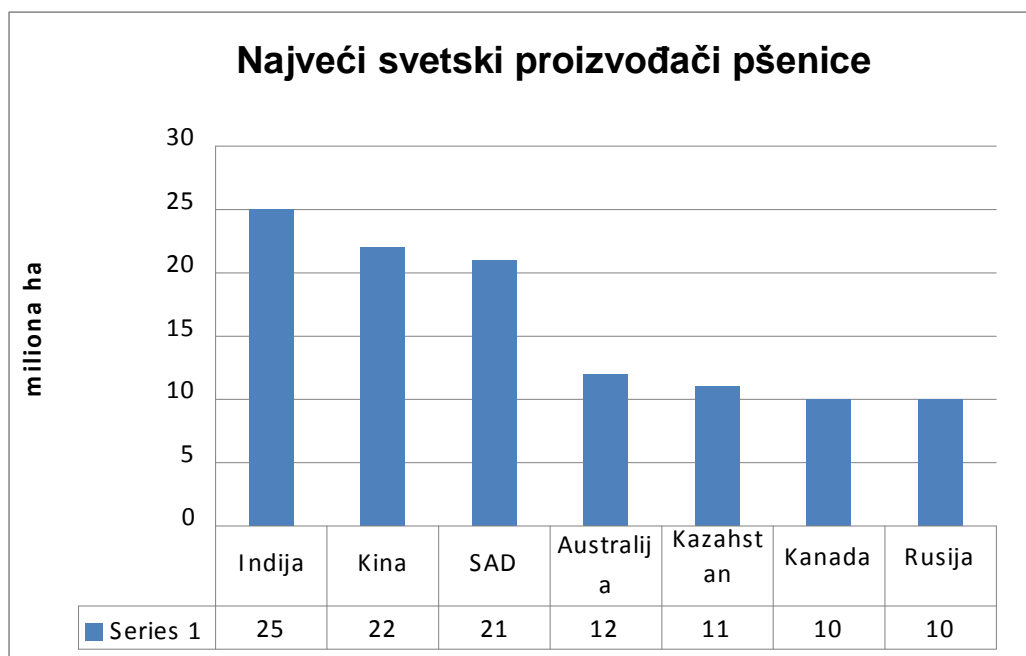
106. *Williams, J. H.* (1988): Commissions of the European Communitess SL./124/88, Brusses.

107. *Wollan, E., R. D. Davis and S. Jenner* (2003): Effects of sewage sludge on seed germination. Environmental Pollution, Vol. 17, issue 3, pp. 195-205.

108. *Youssef, M. and C. Chino* (1991): Movement of metals from soil to plant roots. Water, Air and Soil Pollution 57-58,pp.249-258. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

109. *Zhangren, N., Z. Chuanyan, L. Jijun, C. Fahu and S. Wu* (2002): Relations Between Soil Properties Selected Heavy Metal Concentration in spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) Grown in Contaminated Soils. *Water, Air & Soil Pollution* Vol. 133 numbers 4, pp 205-213.
110. *Zhou, S., M. Huang, B. Sun and Q. Zhao* (2008): Heavy metals in wheat grain: Assessment of potential health risk for inhabitants in Kunshan, China. *Science of The Total Environment*, Vol. 405, issues 1-3, pp. 54-61.
111. *Živanović, M.* (2010): Teški metali u zemljištu i njihov uticaj na biljke. *Build Magazin*.

10. Prilozi



Grafikon 1. Površine pod pšenicom u nekim zemljama sveta



Slika 1. *Triticum aestivum ssp. vulgare* a) klas b) zrno (original)



Slika 2. Sorta ozime pšenice *Renesansa* (original)



Slika 3. Sorta ozime pšenice *Pobeda* (original)



Slika 4. Sorta ozime pšenice *Ljiljana* (original)



Slika 5. Sorta ozime pšenice *Apach* (original)



Slika 6. Ogled u sudovima (original)



Slika 7. Ogled u sudovima (original)



Slika 8. Ogled u sudovima (original)

BIOGRAFIJA

Violeta Mickovski Stefanović je rođena 02.10.1973. godine u Pančevu. Osnovnu školu je završila u Pančevu sa odličnim uspehom 1988.godine. Srednju hemijsko-tehnološku školu u Pančevu završila je sa odličnim uspehom školske 1992/93.godine. Iste godine upisuje Poljoprivredni fakultet u Zemunu smer tehnologija biljnih proizvoda. Diplomirala je sa ocenom 10 na diplomskom ispitu školske 1996/97. godine. 1997. godine zaposlila se u Mlinskoj industriji AD „Ratar“ u Pančevu gde je obavljala poslove rukovodioca laboratorije 10 godina. U istoj organizaciji je postavljena u sektoru za razvoj i investicije gde je vodila projekat HACCP-a i projekat fabrike testenina.

Magistarske studije je upisala 2000. godine na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu na smeru Tehnologija ugljeno-hidratne hrane pod mentorstvom prof. dr Nade Filipović. Od 2007. godine je zaposlena u Institutu „Tamiš“ na radnom mestu rukovodilac kvaliteta i stručni saradnik za hemijska ispitivanja. U okviru celine TAL-a posluje hemijska, pedološka, semenska i fitonematološka laboratorija. Laboratorija Tamiš Agrolab je akreditovana od 2001. godine u skladu sa standardom SRPS ISO/IEC 17025:2006 Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje. Magistarsku tezu pod nazivom „Uticaj udaljenosti od industrijske zone i sorte pšenice na sadržaj teških metala u pšenici“ odbranila je 27.11.2008.godine pred komisijom u sastavu: dr Nada Filipović, redovan profesor Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, dr Eva Lončar, redovan profesor Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu i dr Mira Popović, redovan profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu. Na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu, smer Ratarstvo upisala je 2009. godine doktorske studije pod mentorstvom prof. dr Đorđa

Glamočlije. Do sada je objavila 9 stručnih radova. Završila je više kurseva iz sistema menadžmenta JUS ISO 17025, 9000 i 9001 i HACCP kurs za eksperte iz te oblasti. Udata je i majka dvoje dece.

Mesto stanovanja je Pančevo, ulica Zetska broj 2, tel. 013/344-588 i 064/88-14-413.