

## AKUMULACIJA TOKSIČNIH METALA U VEGETATIVNIM DELOVIMA PŠENICE

Violeta Mickovski Stefanović<sup>1\*</sup>, Vladimir Filipović<sup>2</sup>, Vladan Ugrenović<sup>1</sup>, Đorđe Glamočlija<sup>3</sup>, Vera Popović<sup>4</sup>

### Izvod

Pšenica predstavlja jedno od najvažnijih žita u svetu. Ona nije samo najvažnija ratarska kultura, već i jedan od najvažnijih poljoprivrednih proizvoda u Evropi. Dovoljno je reći da je to proizvod od kog se dobija „nasušni hleb“ i niz prehrambenih proizvoda.

Toksični metali potiču iz kontaminiranog vazduha i zemljišta. U zemljištu se toksični metali mogu naći kao posledica njihovog prisustva u matičnim stenama. Takođe, neracionalnom upotrebom organskih i mineralnih đubriva može doći do kontaminacije zemljišta. Toksične metale biljka usvaja korenom iz zemljišta, a iz atmosfere i preko lista.

***Ključne reči:*** pšenica, zemljište, kontaminacija, toksični metali.

---

1 Stručni rad (Professional paper)

\*Mickovski Stefanović V., Ugrenović V., PSS Institut „Tamiš“, Novoseljanski put 33, 26000 Pančevo, Srbija

<sup>2</sup> Filipović V., Institut za proučavanje lekovitog bilja „Dr Josif Pančić“, T. Košćuška 1, 11000 Beograd, Srbija

<sup>3</sup> Glamočlija Đ., Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11081 Beograd-Zemun, Srbija

<sup>4</sup> Popović V., Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija

\* e-mail: [vikims10@gmail.com](mailto:vikims10@gmail.com)

## Uvod

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

Na osnovu značaja mineralni elementi koji se nalaze u zrnu pšenice (žitarica) se mogu podeliti u tri grupe:

- esencijalni za ljude (Cu, Ca, Fe, K, Mg),
- esencijalni za biljke neke životinjske vrste, ali ne i za čoveka (As, Cd, Ni),
- toksični ili sa terapeutskom upotrebom (Al, Ba, Hg).

Granica koja razdvaja esencijalne od toksičnih elemenata zavisi od koncentracije elemenata u zrnu, kao i ukupne količine koja se hranom unosi (Conti i sar., 2000).

Mineralni elementi u tragovima mogu da prouzrokuju štetne efekte, bilo kroz njihov nedostatak ili višak. Stoga je moguće napraviti granicu kada mineralni element postaje toksičan u hrani kao i istaći značaj njegovog prisustva u ishrani. Od 1973. godine se joni As, Cu, Cd, Fe, Hg, Sn i Zn smatraju potencijalno toksičnim prema FAO/WHO Codex Alimentarius Commissia, dok se jon As smatra i

kancerogenim. Ovi elementi lako mogu postati komponente hrane, kontaktom sa uređajima u toku prerade, pakovanja ili preko hemijskih jedinjenja korišćenih u poljoprivredi i stočarstvu.

## Agrotehnički značaj pšenice i važnost odabira sorti

Pšenica ima izvanredan agrotehnički značaj, jer kao usev guste setve ostavlja zemljište nezakorovljeno, neugaženo i odgovarajućih fizičkih osobina, tako da predstavlja i dobar 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. Osim toga, postoji mogućnost da se tokom leta unese stajnjak tokom jedne od letnjih obrada. Posle žetve pšenice ostaje dovoljno dug period povoljnih uslova spoljne sredine, tako da se mogu sejati ili rasadivati brojni postrni povrtni ili krmni usevi i ostvariti po dve žetve na istoj njivi u toku jedne godine (Glamočlija, 2011).

Pšenica se lakše gaji na černozeu, livadskoj crnici, krečnim i plodnim aluvijalnim zemljištima gde je pH vrednost 6,8-7. Teže se gaji na teškim zbijenim zemljištima opterećenim viškom vode. Na lakim peskovitim zemljištima, dolazi do izmrzavanja biljaka usled gubljenja

toplote iz površinskog sloja zemljišta. Zemljišta takvih fizičkih osobina takođe brže gube vodu i biljke mogu stradati tokom letnjih suša. Prinos i kvalitet zrna pšenice u velikoj meri zavise od izbora sorte (Denčić i sar., 2010). Pravilan izbor sorte, prema rezultatima brojnih istraživanja, ima vrlo značajnu ulogu u ostvarivanju stabilne proizvodnje koja omogućuje visoke prinose semena dobrog kvaliteta (Popović, 2010, 2011a).

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.

Lončarić i sar. (2010) ispitivali su sadržaj teških metala u različitim tipovima brašna, u zavisnosti od svojstava zemljišta i specifičnosti sorti. Odabrane su četiri sorte pšenice (Srpanjka, Zdenka, Mura i Divana). Najznačajnije pozitivne korelacije između sadržaja metala u zemljištu i koncentracije u brašnu su dokazane za kadmijum. Postoji vrlo značajna razlika između sorti, jer je najveća koncentracija svih metala u integralnom brašnu bila kod sorte Divana, ali je ista sorta imala i najniži prinos.

Visoke koncentracije bora u zemljištu, prema rezultatima koje navode Brdar i sar. (2008), nepovoljno

utiču na odnos kalcijuma i kalijuma u vegetativnim organima pšenice, što rezultira smanjenjem prinosa zrna.

Ispitujući sadržaj Pb, Cd, Hg i As u hlebu od pšeničnog brašna, u poređenju 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 gvožđem, ali se ono teško usvaja zahvaljujući prisustvu fitinske kiseline koja ga vezuje u nesvarljivi kompleks.

Mineralne materije čine 1-2% ukupne mase zrna žita. Mineralni sastav zrna zavisi od sastava zemljišta, padavina i upotrebljenih hraniva tokom rastenja i razvoja biljke (Li et al., 2001).

### **Kontaminacija toksičnim metalima**

Toksični metali potiču iz kontaminiranog vazduha i zemljišta. U zemljištu se ovi metali mogu naći ukoliko ulaze u sastav matične stene, kao i neracionalnim korišćenjem sredstava za zaštitu bilja. Takođe, neadekvatnom upotrebom organskih i mineralnih hraniva i to uglavnom fosfornih đubriva, kao i taloženjem iz atmosfere, može doći do kontaminacije zemljišta (Abrahams, 2002).

Toksične metale biljka usvaja iz zemljišta, a u određenim uslovima i preko lista. Iako se ovi elementi mnogo intenzivnije nakupljaju u korenu u odnosu na nadzemne organe, vazduh u industrijskim zonama, takođe predstavlja značajan izvor zagađenja (Škrbić i sar., 2004).

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

Razvojem industrije antropogeni izvori toksičnih 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 đubriva, pa je potrebna stalna kontrola sirovina za njihovu proizvodnju. Otpadni muljevi, isto tako sadrže visoke koncentracije nepoželjnih metala, a unose se kao organska đubriva u zemljište, prvenstveno kao način povećanja prirodne plodnosti.

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 zemljišta: rudnici uglja i topionice. Koncentracija navedenih elemenata nije bila vezana za određeni tip zemljišta.

Pavlović i Dažđa (2006) su izneli podatke o zagađevu okoline oko Petrohemijuskog kompleksa i Rafinerije nafte u Pančevu, prilikom bombardovanja 1999. godine. Tom prilikom se iz Petrohemijuskog kompleksa izlilo 100 t žive u zemljište u krugu i neposrednoj okolini industrijske zone gde se na 150-200 m nalaze kuće i usevi.

Toksični metali mogu preko hrane spravljene od proizvoda biljaka koje se gaje na kontaminiranom zemljištu štetno uticati na zdravlje ljudi. Ispitujući koncentracije toksičnih metala u zrnju 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 toksičnih 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 u hrani 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) su uslovljeni povećanim sadržajem teških metala i 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. U svojim istraživanjima Popović i sar. (2005, 2008) ustanovili su da je na kontaminaciju zemljišta ispitivanih lokaliteta uticala i emisija gasova iz saobraćaja. Sadržaj olova u zemljištima i biljkama pšenice progresivno se smanjivao sa udaljavanjem od velikih saobraćajnica.

Pored negativnih posledica u toku proizvodnje motornih benzina (olovni alkili kao antidetonatorska komponenta), tokom primene (sagorevanja u automobilskim motorima), ekološka posledica korišćenja benzina 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 olovnog motornog benzina na životnu sredinu, izvršena je analiza posledica korišćenja ovog proizvoda u ekosistemu (zemljištu) i biljci pšenici. Jovanović i sar. (2005) su 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 preporučili 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 nepoželjnih metala značajno smanjuje na zemljištima sa  $\text{pH} \geq 7$ . Nakupljanje metala iz kontaminiranog zemljišta u listovima je oko 10 puta veće nego u korenu pri čemu je u listovima najveća koncentracija jona cinka. Usvajanje jona olova iz zemljišta je bilo zanemarljivo i zaključak je da ovaj metal u biljke prvenstveno dospeva preko listova iz vazduha. Korenov sistem kod biljaka ne služi samo kao rezervoar vode i hranljivih materija, već ima značajnu ulogu kod distribucije toksičnih metala iz zemlje kroz biljku.

Većina prethodnih istraživanja su

bila usmerena na određivanje ukupnog sadržaja toksičnih metala u korenovom sistemu. 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.

Ispitivano je dejstvo hlorimuron-oksida i kadmijuma na običnu pšenicu. Zajedničko dejstvo doprinelo je oslabljenoj sintezi hlorofila. Da ne bi došlo do toga pšenica je povećala aktivnost peroksidaze. Tako povećanje rastvorljivih proteina i aktivnost peroksidaze predstavljaju biomarkere za negativno dejstvo hemikalija na biljku (Wang and Zhou, 2006).

Povećanje ukupnog sadržaja toksičnih metala u zemljištu je rezultiralo i povećanjem akumulacije kadmijuma u zrnju pšenice. Istraživanje je pokazalo da se može predvideti povećanje sadržaja kadmijuma i olova, dok akumulacija bakra i cinka nije mogla da se predvidi (Nan et al., 2002).

Athar and Masood (2000) su proučavali efekte određenih toksičnih metala na rastenje biljaka i prinos zrna pšenice *Triticum aestivum* L. 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 takođe značajnim smanjenjem sadržaja ukupnih proteina u zrnju.

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 proizvoda. 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.

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 koriste proizvodi od belog brašna, ove vrednosti toksičnih elemenata su mnogo manje.

Hattori and Chino (2001) su pre setve pšenice, uneli u pet tipova zemljišta različite koncentracije CdCl<sub>2</sub> ili ZnCl<sub>2</sub>. 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.

### Zaključak

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.

U zavisnosti od regiona ne može se reći da promenjeni ekološki faktori ne utiču na prisutnost toksičnih metala, ali je pretpostavka da karakteristika sorte za kvalitet proteina i hleba koje nosi u sebi dovoljno dominantno da umanji efekat uslova spoljne sredine ka nakupljanju toksičnih elemenata u zrnu.

### Literatura

- Abrahams, P. W. (2002): Soils: their implications to human health. *Science of the Total Environment*, 291, 1-3.
- Bogdanović, D. (2002): Izvori zagađenja zemljišta kadmijumom. *Letopis naučnih radova*, 26(1), 32-42.
- Brdar, M., Maksimović, I., Zeremski-Škorić, T., Kraljević-Balalić, M. i Kobiljski, B. (2008): Uticaj suviška bora na usvajanje Ca i K kod pšenice. *Peti naučno-stručni simpozijum iz selekcije i semenarstva, Vrnjačka banja. Zbornik abstrakta*, 119.
- Conti, M. E., Cubadda, F. and Carcea, M. (2000): Trace metals in soft and durum wheat from Italy. *Food Additives and Contaminants*. 17, 45-53.
- Denčić, S., Kobiljski, B., Mladenović, G., Jestrović, Z., Štatkić, S., Pavlović, M. i Orbović, B. (2010): Sorta kao faktor proizvodnje pšenice. *Ratar.Povrt./ Field Veg. Crop Res*, 47, 317-324.
- Glamočlija, Đ., Ikanović, J., Spasić, M., Rakić, S., Milutinović, M., Dražić, G., Popović, V. i Stanković, S. (2011): Uticaj sorte i povećanih količina azota na morfološke i tehnološke osobine pivarskog ječma. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik*, 17(1-2), 55-66.
- Hooda, P. S. and Alloway, B. J. (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, 127(3), 289-294.

- Jovanović, Đ., Matavulj, M., Kevrešan, Ž. i Viđikant, Đ. (2005): Uticaj motornih benzina na mogućnost proizvodnje zdravstveno bezbedne hrane u Vojvodini. *Kvalitet*, 15(9-10), 69-73.
- Li, Y., Gou, G., Zhang, Q., Su, Q., and Xiao, G. (2008): Heavy metal contamination and source in arid agricultural soil in central Gansu Province. *Journal of environmental sciences*, 20(5), 607-612.
- Lončarić, Z., Jurković, Z., Nevistić, A., Engler, M., Popović, B., Karalić, K., Ikač, V., Ivezić, V. i Kerovec, D. (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, 29-30.
- Nan, Z., Zhao, C., Li, J., Chen, F. and Sun, W. (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, 205-213.
- Pavlović, M. i Dažda, D. (2006): Uticaj industrijske zone na životnu sredinu i zdravlje stanovnika Pančeva, Simpozijum "EkoIst' 06, Ekološka Istina / Ecological Truth", 04. – 07.06.2006. Hotel "Zdravljak", Sokobanja, Zbornik radova, 344-348.
- Popovic V., Djukic, V. i Dozet, G. (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, 292-296.
- Škrbić, B., Cvejanov, S. i Čupić, S. (2004): Sadržaj teških metala u zrnu pšenice roda 2000. godine. *Žito-hleb*, 31(1-2), 17-21.
- Škrbić, B. i Čupić, S. (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.
- Wang, M. and Zhou, Q. (2006): Joint stress of chlorimuron-ethyl and cadmium on wheat *Triticum aestivum* at biochemical levels. *Environmental Pollution*, 144(2), 572-580.
- Youssef, M. and Chino, C. (1991): Movement of metals from soil to plant roots. *Water, Air and Soil Pollution*, 57-58, 249-258.



## ACCUMULATION OF TOXIC METALS IN THE VEGETATIVE PARTS OF WHEAT

Violeta Mickovski Stefanović, Vladimir Filipović, Vladan Ugrenović,  
Đorđe Glamočlija, Vera Popović

### Summary

Wheat is one of the most important grains in the world. Wheat is not only the most important agricultural crop, but also one of the most important agricultural products in Europe. Suffice it to say that this is the product from which it receives desperately bread and a number of food products.

Toxic metals originating from contaminated air and soil. The land is my toxic metals found as a result of their presence in the parent rocks. Also, the effective application of organic and mineral fertilizers leads to soil contamination. Toxic metals plant adopts the root from the soil, and from the atmosphere through the leaves.

**Key words:** wheat, soil contamination, toxic metals

Primljeno: 5. decembra 2012.

Prihvaćeno: 18. januara 2013.