

РЕГИОНАЛНИ ЦЕНТАР ЗА ТАЛЕНТЕ ВРАЊЕ

**АБСОРПЦИЈА ТЕШКИХ МЕТАЛА У МЛАДОЈ БИЉЦИ ПШЕНИЦЕ
И ДЕТОКСИКАЦИЈА ЗЕОЛИТОМ**

**Absorption of heavy metals within young wheat plant and detoxification
using zeolite**

Аутори:

МИТИЋ АНЂЕЛА

ученица 2. разреда гимназије „Стеван Јаковљевић“,
члан Фондације „Христифор Црниловић“ Власотинце

и

МИТИЋ МИЛИЦА

ученица 3. разреда гимназије „Стеван Јаковљевић“,
члан Фондације „Христифор Црниловић“ Власотинце

Ментори:

НЕЛА ПЕТКОВИЋ, проф. Гимназије „Стеван Јаковљевић“

и

ДРАГАН МИЉКОВИЋ, професор биологије

Резиме

Пшеница представља једну од најстаријих и најзначајнијих гајених биљака у свету. Данас се све мање води рачуна о месту на ком ће се пшеница засејати. Показано је да тешки метали утичу на раст и развиће биљке која их је абсорбовала, али поред физичких промена они имају утицаја и на хемијски састав биљке. Међутим, за редуковање количине тешких метала у биљкама може се искористити зеолит. Истраживање је вршено на комерцијалној сорти пшенице која се зове *Победа*. У пластичном контејнеру у 18 судова после полагања земљишта типа хумус као подлога стављено је по 20 зрна пшенице. Једињења тешких метала којима је вршена контаминација су олово-ацетат, бакар-сулфат пентахидрат и цинк-хлорид. Поред ова три једињења пшеница која је била заливана њима заливана је и раствором зеолита. Осам дана након ницања извршен је други део истраживања у Заводу за јавно здравље у Лесковцу. Садржаји тешких метала у биљкама након анализе Атомским абсорпционим спектрометром као и резултати концентрације тешких метала после третирања зеолитом показују да биљке веома лако и у релативно великим количинама усвајају тешке метале из земљишта, али правовременим третирањем истих зеолитом та концентрација се знатно смањује и у границама дозвољеног је.

Кључне речи

Тешки метали, зеолит, пшеница, велике саобраћајнице, загађивање животне средине

Summary

Wheat represents one of oldest and most significant crops in the world. Nowadays, people do not pay much attention to the place where wheat is grown. It has been shown that heavy metals influence the growth and development of plants which have absorbed them, but, apart from physical changes, they also influence chemical composition of the plant. However, zeolite can be used for reduction of heavy metals quantity in plants. The research has been conducted on commercial type of wheat, named *Победа*. After placing the soil as a base, 20 wheat seeds were put in each of 18 pots in a plastic container. Heavy metal compounds, which were used for contamination, are lead acetate, copper sulfate pent hydrate and zinc chloride. Apart from these three compounds, wheat was also watered with zeolite solution. The other part of research was conducted eight days after sprouting in the Institute for public health in Leskovac. Content of heavy metals in plants after analysis conducted with Atomic Absorbtion Spectrometer, as well as results of heavy metal concentration after treatment with zeolite show that plants absorb heavy metals from soil very easily and in relatively large quantities, but timely treatment with zeolite significantly lowers that concentration, which reaches allowed limits.

Key words

Heavy metals, zeolite, wheat, major roads, environmental pollution

УВОД

Пшеница представља једну од најстаријих гајених биљака у свету. О значају ове житарице говори и чињеница да заузима највеће површине у светској пољопривредној производњи. Зрно, захваљујући својој хранљивој и нутритивној вредности представља најважнији ратарски производ који се користи у међународној трговини за исхрану људи. Сама чињеница да се основним производом, хлебом храни преко 75% становништва планете говори о значају овог жита у исхрани. Од брашна добијеног процесом финог млевења добија се осим хлеба и низ прехранбених производа у облику полуготових и готових јела.

Од укупних милијарду хектара обрадивих површина на Земљи, пшеница се, према подацима Фао, World Wheat, Corn and Rice Production (2009) гаји на око 204 614 000 хектара или приближно 22% светских обрадивих површина. Највећи произвођачи пшенице су земље које се налазе на северној географској полулопти. Највеће површине су у Индији (24 886 200 хектара). Поред Индије, велики произвођачи пшенице су: Кина (22 040 070 ha), САД (21 33 820 ha), Аустралија (12 456 000 ha), Казахстан (11 262 300 ha), Канада (10 46 400 ha) и Русија (9 960 000 ha). Просечан светски принос је 2 750 kg/ha, а просечна производња пшеничног зрна по становнику је око 110 kg. Према подацима Стручне саветодавне службе, у целој Србији за 2014/2015 годину укупно под пшеницом је засејано 504 750 хектара, а у Јабланичком округу под пшеницом је укупно око 25 000 хектара.



Заузимајући око 70% укупних површина под пшеницом, сорте које у последњих неколико година доминирају у домаћој производњи су: Победа, Европа 90, Ренесанса, Драгана, Љиљана и Русија.

Слика 1. Засад пшенице поред пута
Picture 1. Field of wheat next to road

Агротехничке мере и агроеколошки услови имају велики значај за постизање већих приноса по јединици површине. Од агротехничких мера најважнија је правилно избалансирана исхрана биљака. Стални пораст људске популације, изградња великих градова, индустријских објеката и саобраћајница значајно смањују пољопривредне површине, али и разним штетним

агенсима неповољно утичу и на земљиштима на којима је организована пољопривредна производња. Како су те површине све ближе главним загађивачима екосистема, последице на гајене биљке постају све више изражене. Највећи загађивачи пољопривредног земљишта, али и усева су тешки метали, који у земљиште доспевају на различите начине.

Групи тешких метала припадају они чија је специфична маса већа од 5 g/cm^3 . Један број тешких метала (гвожђе, манган, бакар, цинк и кобалт) је у малим количинама неопходан за раст и развиће биљака. Ипак, треба нагласити да су сви тешки метали у великим количинама токсични, а граница која раздваја есенцијалне од токсичних зависи од концентрације елемената и количине која се уноси храном.

Бакар припада групи микроелемената и у земљишту позитивно утиче на вегетативни пораст биљака. Количина и дистрибуција укупног и приступачног бакра зависи од типа земљишта и матичног супстрата. Осим из матичног супстрата, високе концентрације бакра у земљиште доспевају из топионица метала, од примене хранива, отпадних муљева, фунгицида, бактерицида, свињског и живинског стајњака. Уколико земљиштима са средњим садржајем бакра додајемо азот уз примену Cu -хранива, код житарица долази до великог пораста приноса. До токсичног дејства јона бакра долази ако је његов укупан садржај у земљишту од 25 mg/kg до 40 mg/kg и ако је pH вредност земљишта при томе испод 5,5. Може се рећи да се вишак јона бакра најчешће јавља на киселим земљиштима. Бакар је метал који се дуготрајно задржава у површинском слоју земљишта (0-15 cm) са великим афинитетом везивања за органску материју и тако једном унет има могућност акумулације веома дуги низ година. Количина и дистрибуција укупног и приступачног бакра зависи од типа земљишта и матичног супстрата. У земљиштима киселе реакције и са високим садржајем хумуса, бакар везан за органску суспензију, се не може мобилисати у довољним количинама и јавља се његов недостатак.

Цинк има веома важну улогу у биљном и животињском свету. Просечан садржај укупног цинка у површинским слојевима разних земљишта у свету је $17 - 125 \text{ mg/kg}$. Укупан садржај овог елемента у земљишту у великој мери зависи од матичног супстрата на коме је образовано земљиште, а главни извори загађења су: рудници, железаре, коришћење отпадних муљева у пољопривреди, компостирани материјали, пестициди и минерална хранива. Дневно искоришћење јона цинка у исхрани људи нормално се креће од 12 до 15 mg на дан. Постоје широке границе толеранције између нормалних

количина јона цинка искоришћених храном и оних који могу проузроковати штетне ефекте. Чешћи је случај дефицита јона цинка који се нарочито негативно одражава на ћелије и ткива која имају брзо растење.

Олово је елемент чији укупни садржај варира од 5 до 100 mg/kg. У повећаним количинама олово показује токсично дејство на биљке, а веома штетно делује на здравље животиња и људи. Контаминација земљишта оловом је антропогеног порекла и главни извор су рудници, топионице, отпадни муљеви, издувни гасови возила и олово-арсенат ($PbAsO_4$) који се примењује у воћњацима за сузбијање инсеката. Максимално дозвољена концентрација за олово износи 100mg/ kg (Раичевић, 2008). Биљке јоне олова у неорганском облику слабо усвајају и премештају у надземне органе, изузев на киселим земљиштима из којих узимају знатно веће количине олова. Накупљање јона олова код већине биљака је интензивније у корену него у надземном делу. Велика моћ корена у акумулацији јона олова би могла да буде и један вид заштите надземног дела од његове веће концентрације у спољашњој средини. Код пшенице принос се значајније смањује тек кад концентрација јона олова у сувој материји сламе достиже 45 mg/kg.

Минерали из групе зеолита, због своје порозне микроструктуре имају изузетно корисна својства: адсорпциона, измене јона, каталитичка и др. Овај природни минерал настао је мешањем вулканске лаве са алкалним подземним водама. Решеткасте је природе, а кристали су богати микроелементима који су јако важни за здравље. Има велику способност везивања јона тешких метала. Зеолит се користи и као додатак животињској храни, у баштованству и пољопривреди, јер културе које се обогаћују зеолитом дају веће и здравије плодове. Такође, зеолит помаже биљци јер јој развија коренов систем и чини је отпорнијом на разне болести које изазивају микроорганизми. Стручњаци кажу да је зеолит минерал будућности.



Слика 2. Кристал зеолита
Picture 2. Zeolite crystal

Живећи у средини у којој је главни извор прихода пољопривреда желеле само да утврдим колико штетног утицаја имају неке важне саобраћајнице. Пољопривредне површине које су ближе великим и прометним путевима су изложене све већем дејству издувних гасова из разних друмских превозних средстава.

Размишљајући о томе спровеле само истраживање о томе колико нека биљна култура може да апсорбује неке тешке метале који на различите начине доспевају у земљиште.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДА РАДА

Предмет истраживања је сорта пшенице *Победа*. Победа је средње касна сорта. Показује добру толерантност на зимске мразеве и полагање. Генетички је толерантна на узрочнике пепелнице. Садржај укупних протеина у зрну је од 12 до 15%, а садржај влажног глутена је од 32 до 35%. Припада квалитетној класи. Задовољавајући квалитет и принос може се остварити и у условима веома јаке суше.

Оглед клијања, раста и развића рађен је у топлој леји у пластенику. У пластичном контејнеру са судовима стављено је по 50 грама земље типа хумус као подлога. У земљи постоји од 55 до 75 g/l суве материје. Поред суве материје у хумусу постоје и разни други елементи као што су калијум (200 g/m^3), гвожђе ($1,1 \text{ g/m}^3$), магнезијум (13 g/m^3) и фосфор (60 g/m^3). рН вредност земље је 4,25 што значи да је кисела. Пшеница сорте Победа је посејана у 18 судова са по 20 зрна у свакој од њих. Сетва је извршена 28. јануара 2015. године. (слика 3.)



Слика 3. Сетва пшенице у пластичном контејнеру

Picture 3. Sowing of wheat in a plastic container

земљом која није контаминирана. Дебљина слоја земљишта који је прекривао пшеницу био је 1cm. Шест од десет судова са пшеницом прекривени само хумусом су после ницања 4. фебруара редовно заливани раствором хемијских једињења тешких метала масене концентрације 4g/l (два суда раствором олово-ацетата, два суда раствором бакар-

У 8 судова исти тип земљишта претходно контаминиран једињењима тешких метала искоришћен је за прекривање пшенице. Једињења тешких метала којима је земља контаминирана су: $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (олово-ацетат), затим $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (бакар-сулфат пентахидрат), и ZnCl_2 (цинк-хлорид). Сваким једињењем контаминирана су по два суда, а два суда су контаминирана комбинацијом сва три једињења. Остала 10 суда прекривена су чистом земљом тј.

сулфата пентахидрата, а остала два раствором цинк-хлорида). Седми и осми суд су након ницања заливани мешавином раствора сва три тешка метала и зеолитом. Девети и десети суд који нису били напуњени загађеном земљом нису ни заливани раствором тешких метала, већ само водом. То су били судови са пшеницом која је касније служила за физичко упоређивање са осталим узорцима пшенице.

Огледи су постављени у стакленику на температури од 20°C (слика 4).



Слика 4. Засади у пластенику пет дана од ницања

Picture 4. Wheat in the greenhouse five days after emergence

Након ницања сваког дана је мерена висина изданка, а неконтаминирани засади су третирани растворима тешких метала.



спаљује све

Слика 5. Припрема узорка за анализу
Picture 5. Sample preparation for the analysis

Анализа садржаја тешких метала је вршена осам дана након клијања у Заводу за јавно здравље у Лесковцу. Један од поступака у процесу испитивања је суво спаљивање (слика 5). Наиме, по 5g пшенице је спаљивано на решоу у стакленој чашици.

У чашицу се додаје два пута по мало воде и кап пероксида. Узорак се

док не поцрни и док не престану да се издвајају паре.



Слика 6. Жарњача
Picture 6. Snidarians

То значи да је узорак обезводњен. Следећи поступак је жарење. Чашице са узорцима се преносе у жарњачу. Пре него што се чашице ставе у жарњачу, ставе се на њена врата да би се проверило да не излазе жуте паре јер би онда ти узорци требали још да се спаљују. Слика 6 показује жарњачу која је коришћена у процесу жарења.

Када се чашице ставе у жарњачу потребно је температуру лагано повећавати све док не достигне 450°C . Узорци се жаре све док не побеле, што значи око 3 сата. Када је жарење завршено бели pepeo треба растворити са 2ml концентроване хлороводоничне киселине (слика 7).

Слика 7. Растварање узорка у концентрованој HCl
Picture 7. Dissolution of the sample in concentrated HCl



Слика 8. Узорци спремни за даљу анализу
Picture 8. Samples are ready for further analysis

Добијени раствор се профилира кроз квантитивни филтер папир у нормални суд који се касније допуни до коначне запремине од 50 ml.

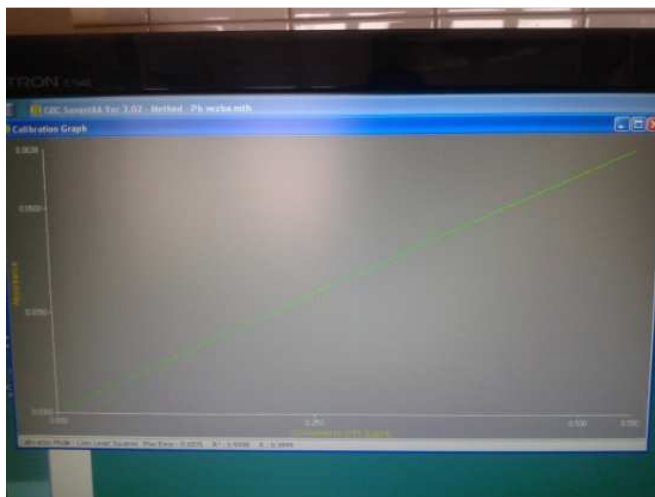
Овако припремљен узорак је спреман за трећу и коначну фазу анализирања. Дакле, узорак је спреман за читање на ААС апарату.



Слика 9. ААС апарат

Picture 9. Atomic absorption spectrometer apparatus

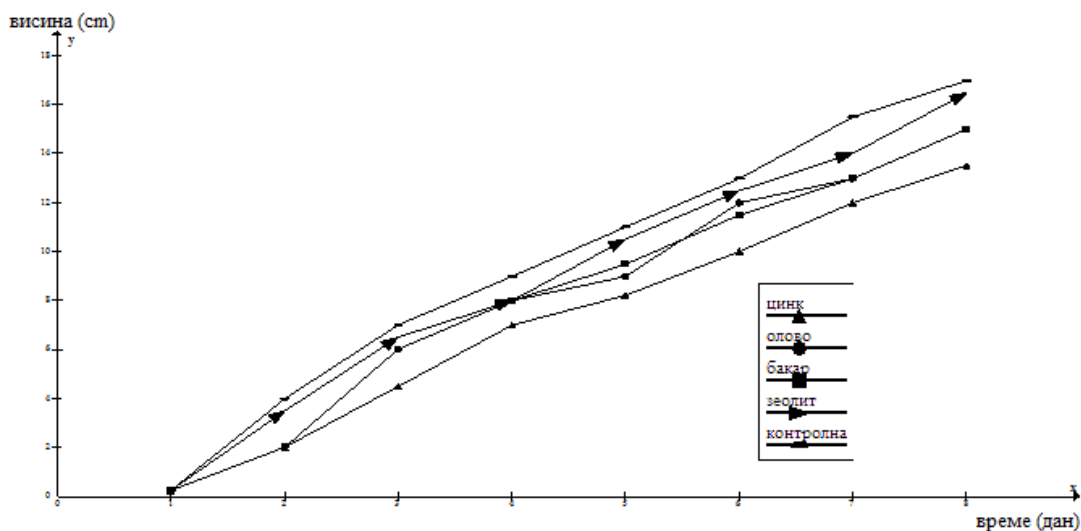
ААС је скраћеница за атомску апсорпциону спектроскопију и она је део спектроскопије пламена. Спектроскопија пламена је аналитичка техника која се користи за квалитативно и квантитативно утврђивање неког елемента у датом узорку. По овом методу узорак се у виду хомогене течности уводи у пламен где термичке и хемијске реакције стварају „слободне” атоме који имају способност апсорпције, емитовања или флуоросценције на карактеристичним таласним дужинама. Као што је већ речено спектроскопија атомске апсорпције је део спектроскопије пламена, а она се дели још и на спектроскопију емисије пламена и спектроскопију атомске флуоросценције. Пламен који је коришћен за ову анализу је био ваздух-ацетилен. Даља читавања концентрације тешких метала праћена су на компјутеру уз помоћ одговарајућих програма. (слика 10).



Слика 10. Компјутерска обрада података
Picture 10. Computer processing of data

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Сваког дана после клијања мерена је висина изданка у судовима које смо, такође, после клијања заливале растворима тешких метала. Висину из дана у дан представиле смо графиком.



Графикон 1. Раст пшенице по данима
Graphic 1. Wheat growth per day

Пшеница третирана цинк-хлоридом је имала најспорији раст, затим пшеница третирана олово-ацетатом је била мало већа. Следећа по висини раста је била пшеница третирана плавим каменом која је била слична по висини са пшеницом која је третирана олово-ацетатом. Највећа растом била је пшеница која није контаминирана, а мало нижа контаминирана свим металима и са додатком зеолита. Са графика се види да пшеница третирана зеолитом у односу на све остале узорке показује највећу тенденцију раста.

Семе у судовима са контаминираном земљом није никло јер је клијање било веома успорено. Само је семе где је додат калцијум-хлорид исклијало на површину.



Слика 11. Клице пшенице из земље у коју су додати јони калцијум-хлорида
Picture 11. Wheat sprouts from ground in which was added ions of calcium chloride

Садржај тешких метала у младој биљци пшенице у истраживању које сам спровела су дати у табели 1 и 2 изражени у mg/kg. У другој табели је приказан и утицај зеолита на смањење концентрације тешких метала у биљци.

Јединица мере	Cu	Pb	Zn
mg/kg	6,6	0,91	6,1

Табела 1. Садржај тешких метала у пшеници
Table 1. Concentration of heavy metals in wheat

пшеница	Cu	Pb	Zn
без третирања тешким металима	0,10	<0,05	1,25
третирана тастворима тешких метала и зеолитом	0,20	0,1	1,70

Табела 2: Садржај тешких метала у пшеници без третирања и третирања са зеолитом (mg/kg)
Table 2. Concentration of heavy metals in wheat without treatment and treated with zeolite (mg/kg)

Резултати истраживања су показали да је толерантност пшенице на олово била највећа. Концентрација цинка је нешто мања од концентрације бакра што је највероватније последица рН вредности земљишта и врсте земљишта.

У истраживању Стручне саветодавне службе у Лесковцу из 2010. године, „Загађивање земљишта тешким металима“ показано је да су све установљене количине тешких метала у области поред великих саобраћајница повећане у односу на подручја која су удаљена од извора загађења, али да се крећу у границама максимално дозвољених количина. Они су спровели истраживање на територији општине Лесковац у подручјима која су близу новог аутопута Ниш-Лесковац. Њихови подаци јасно показују да је највећа концентрација тешких метала (олова, цинка, бакра и никла) у оним узорцима који су најближи аутопуту, а да се њихова количина смањује са удаљавањем од извора загађења.

Пшеница која је третирана зеолитом имала је много мањи садржај тешких метала. Зеолит захваљујући својој структури везује велику количину тешких метала и на тај начин врши детоксикацију земљишта као и саме биљке. Биљке третиране зеолитом су имале и већу висину у односу на контаминиране биљке што је резултат смањења количине тешких метала и повољног утицаја зеолита на биљке.

ЗАКЉУЧАК

Тешки метали путем корена стижу у све делове биљке и у њима се задржавају. Осим путем издубних гасова у земљиште могу доспети и третирањем биљака разним хемијским препаратима, како прскањем тако и наводњавањем. Пшеница својим транспортним системом и уз помоћ корена може неке делове пестицида складиштити у свом стаблу и листовима па чак и у самом зрну. Континуираним праћењем остатака пестицида у зрну које ће постати храна, могу се заштитити потрошачи од разних штетних дејстава, као и контрола правилне примене пестицида. Употреба хемијских средстава за заштиту биља је неопходна због повећања приноса, али се на овај начин врши контаминација зрна. Тешки метали који доспевају у земљиште имају негативан утицај на раст и развој пшенице. Резултати истраживања показују да је највећа толерантност пшенице била на јоне олова. Након третирања засада зеолитом дошло је до смањења садржаја свих испитиваних тешких метала, а највеће смањење је било код олова. Примена зеолита, као минерала који везује тешке метале, током раста и развоја и приликом складиштења зрна пшенице може да доведе до драстичног смањења концентрације тешких метала у свим деловима биљке и на тај начин омогући веће и квалитетније приносе.

Овај рад представља само почетак мог даљег истраживања које ћу спровести све до краја вегетационог периода пшенице.

Литература

- [1.]Гламочлија,Ђ., В. Мицковски-Стефановић, С. Благојевић, В Угреновић и З. Крчадинац, Утицај контаминације земље и ваздуха на динамику усвајања тешких метала у кореновима и стаблима пшенице, Књига сажетака, стр. 86-87, Београд, 2011
- [2.]Ратарство и повртарство, Field and Vegetable Crops Research, 2010. година
- [3.]Стручна саветодавна служба у Лесковцу, Загађивање земљишта тешким металима, 2010. година

Захвалност

Велику захвалност дугујемо људима који су нам помогли и без којих овај рад не би био исти. Стручној саветодавној служби у Лесковцу, Заводу за јавно здравље као и мојим менторима и професорима.