

Вера Јањатовић, Рудолф Кастори, Новица Петровић,  
Алекса Кнежевић, Драгица Кабић

УТИЦАЈ ОЛОВА НА МОРФОЛОШКО-АНАТОМСКУ ГРАБУ  
БИЈАКА КУКУРУЗА (ZEA MAYS L.)

МАТИЦА СРПСКА

Прештампано  
из *Зборника Матице српске за природне науке*  
број 80/1991.

Вера Јањатовић<sup>1</sup>  
 Рудолф Кастори<sup>2</sup>  
 Новица Петровић<sup>2</sup>  
 Алекса Кнежевић<sup>1</sup>  
 Драгица Кабић<sup>1</sup>  
 Институт за биологију ПМФ-а Нови Сад<sup>1</sup>  
 Пољопривредни факултет Нови Сад<sup>2</sup>

## УТИЦАЈ ОЛОВА НА МОРФОЛОШКО-АНАТОМСКУ ГРАБУ БИЉАКА КУКУРУЗА (*Zea mays* L.)

**САЖЕТАК:** Испитивано је дејство различитих концентрација олова у хранљивом раствору на морфолошко-анатомску грабу и на концентрацију и дистрибуцију олова у младим биљкама кукуруза. Мање концентрације олова делује стимулативно, док веће делују инхибирајуће на висину стабљике и лисну површину. Са повећањем концентрације олова у раствору смањује се маса свеже и суве материје корена и надземног дела, као и мерени анатомски карактери — дебелина листа, проводног ткива, ћелија епидермиса, пречника корена и централног цилиндра.

**КЉУЧНЕ РЕЧИ:** кукуруз, концентрација олова, лисна површина, дебелина листа, пречник корена, проводно ткиво.

### УВОД

Олово је потенцијални отров за биљке, животиње и човека (Lane, Martin 1979). Биљке на различите начине реагују на његово присуство у спољашњој средини (Broyer et al. 1972; Wong, Jan 1985; Косицин, Игошина 1986; Sharma 1989). Постоји велико интересовање за утицај олова и због тога што се оно дуго задржава у биолошким системима и најчешће су биљке те које олакшавају његов улазак у ланац исхране (Jones et al. 1973). Усвајање, дистрибуцију и акумулацију олова у органима и ткивима испитивао је већи број аутора (Jones et al. 1973; Mailone et al. 1974; Lane, Martin 1977, 1979; Sieghardt 1984; Кастори, Петровић 1990). Установљено је да олово доводи до поремећаја метаболизма и да корен накупља више олова од надземних делова биљака. Међутим, проблем загађивања спољашње средине оловом је велик. За његово решавање у екосистему неопходно је испитати отпорност разних врста биљака, као и концентрације олова које нису штетне за биљке (Алексиева et al. 1984). Због тога је циљ овога рада био да се испита утицај различитих концентрација олова на морфолошку и анатомску грабу младих биљака кукуруза, као и његова акумулација у корену и листовима.

### МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Материјал за испитивање су биле младе биљке кукуруза (*Zea mays* NS—SC—620). Огледи су изведени у полуконтролисаним усло-

вима у стаклари. Исклијале биљке су пренете на потпуни хранљиви раствор Reid-York-a. После седам дана пренете су на хранљиви раствор који је имао следеће концентрације олова: 0;  $10^{-8}$ ;  $10^{-7}$ ;  $10^{-6}$ ;  $10^{-5}$ ;  $10^{-4}$  и  $10^{-3}$  mol Pb·dm<sup>-3</sup>. На овом раствору биљке су гајене 10 дана, а затим су пожњевене. Узети су узорци за одређивање масе свеже и суве материје надземног дела и корена. Концентрација олова у појединим деловима биљке одређена је помоћу атомске апсорпционе спектрофотометрије. Рађене су морфолошке и анатомске анализе. Од морфолошких карактеристика мерене су висина надземног дела биљака и лисна површина. За анатомске анализе листа и корена прављени су привремени препарати помоћу микротомата на замрзавање. На пресецима листа мерене су следеће карактеристике: дебелина листа код главног нерва и на 1/4 листе, димензије главног и малог проводног снопића, димензије ћелија епидермиса и пречници трахеја. На пресеку корена анализирани су: пречник корена и централног цилиндра, дебелина коре и ендодермиса, број и пречник трахеја.

## РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Олово утиче на спољашњу и унутрашњу грађу биљака кукуруза. Биљке гајене при најмањој концентрацији олова у хранљивом раствору ( $10^{-8}$  mol dm<sup>-3</sup>) имале су највећу висину стабљике. Повећањем концентрације олова до  $10^{-5}$  mol·dm<sup>-3</sup>, висина се постепено смањује и изједначава са контролним биљкама (Таб. 1.). Највећу редукцију у издуживању стабљике изазива највећа концентрација олова. Из овога се види да и веома мале количине олова могу довести до промена животних функција.

Повећање раста стабљике при нижим концентрацијама олова и, са друге стране, редукција раста при већим концентрацијама, је једна од најважнијих реакција биљака на токсичност олова (Вопнет 1922, цит. Лапе 1978). Ова појава се може тумачити стимулацијом брзине ћелијске деобе при малим концентрацијама, односно њеном редукцијом у присуству веће концентрације олова. Према Лапе-у (1978) олово проузрокује редукцију у издуживању ћелија.

На сличан начин олово утиче и на површину листова кукуруза. Највећу лисну површину имају биљке гајене у хранљивом раствору са најмањом концентрацијом олова (Таб. 1.). Смањење лисне површине почиње тек при концентрацији  $10^{-4}$ , а најмању површину листова имају биљке расле у раствору са  $10^{-3}$  mol Pb dm<sup>-3</sup>. Ово се такође може објаснити неједнаком брзином деобе и издуживања ћелија листа, процеса у којем, поред осталих чинилаца, значајну улогу имају и ензими. Тешки метали, као што је олово, могу да се везују за ензиме и да на тај начин успоравају, а понекад и благо стимулишу њихову активност (Мајер 1978), што се одражава на интензитет деобе и деференцирања ћелија.

Нешто другачији резултати добијени су за масу свеже и суве материје младих биљака кукуруза. Она је увек највећа код контролних биљака, да би се, са повећањем концентрације олова у раствору, смањивала (Таб. 1.). Однос између свеже масе надземног дела и

Таб. 1 — Утицај различитих концентрација Pb на висину, масу свеже и суве материје и листну површину младих биљка кукуруза

Tab. 1 — Effect of different Pb concentrations on the height, fresh matter, dry matter and leaf area of young maize plant

Концентрација Pb у $\mu\text{mol dm}^{-3}$ Pb concentration in $\mu\text{mol dm}^{-3}$	Висина наземног дела биљка у cm Plant height in cm	Маса свеже материје (g биљка $^{-1}$ ) Fresh matter mass (g · plant $^{-1}$ )	Маса суве материје (mg биљка $^{-1}$ ) Dry matter mass (mg · plant $^{-1}$ )	Листна површина cm $^2$ биљка $^{-1}$	
		наземни део Above-ground part	наземни део Above-ground part	корен Root	
Без Pb Without Pb	31,7	4,110	498	282	14,16
10 $^{-8}$	34,6	3,990	456	261	19,04
10 $^{-7}$	33,7	3,860	423	251	18,33
10 $^{-6}$	32,4	3,765	410	243	16,34
10 $^{-5}$	31,6	3,540	397	231	15,17
10 $^{-4}$	25,4	2,770	289	201	10,00
10 $^{-3}$	19,2	1,560	176	127	7,23

корена смањује се од 1,5 до 1,1. Најмањи је код биљака гајених у раствору са највећом концентрацијом олова. То значи да се маса надземног дела у односу на корен код ових биљака највише смањивала.

Хемијске и цитолошке анализе показују да се олово креће кроз читаву биљку (Lane, Martin 1977). Накупљање олова у младим биљкама кукуруза зависи од његове концентрације у хранљивом раствору. Са повећањем његове концентрације у раствору, повећала се и концентрација у биљци (Таб. 2.). Поређењем садржаја олова у појединим деловима биљке види се да је у свим случајевима његова концентрација већа у корену него у листовима. Повећање концентрације олова у хранљивом раствору од  $10^{-8}$  до  $10^{-3}$  mol Pb dm<sup>-3</sup> условило је његово повећање у корену за око 800, у листовима за 28 пута.

Таб. 2 — Накупљање олова у младим биљкама кукуруза у зависности од његове концентрације у хранљивом раствору (mg Pb · kg SM<sup>-1</sup>)

Tab. 2 — Lead accumulation in young maize plants depending on lead concentration in the nutritive medium (mg Pb · kg DM<sup>-1</sup>)

Концентрација Pb у mol · dm <sup>-3</sup> Pb concentration in mol · dm <sup>-3</sup>	Корен Root	Лист Leaf
Без Pb Without Pb	0,0	0,0
10 <sup>-8</sup>	3,1	0,3
10 <sup>-7</sup>	4,4	1,4
10 <sup>-6</sup>	4,5	2,2
10 <sup>-5</sup>	29,8	10,0
10 <sup>-4</sup>	260,0	17,1
10 <sup>-3</sup>	2478,4	28,2

Велико накупљање олова у корену, објашњава се поред осталог, и његовом анатомском грађом. Примећено је да се олово скупља око ендодермиса, па се сматра да је он баријера за апопластични транспорт олова. Та баријера није потпуна него делимична (Lane, Martin 1977; Sieghard 1984). Као доказ наводи се већ изнета чињеница да је увек већа акумулација у корену, као и да се ближе врху корена у протоплоему налази више олова него у истом ткиву на већој удаљености од врха. То указује да у младим деловима корена ендодермис не представља велику препреку за кретање олова у централни цилиндар и даље у стабло. Сматра се да у вршним деловима корена, због непотпуног формирања Каспаријевих трака на зидовима појединих ћелија ендодермиса, он не може у већој мери да спречи даљи ток олова (Lane, Martin 1977). Због специфичне грађе ендодермиса, према мишљењу неких аутора, постоје приметне разлике у акумулацији олова између монокотиле-

Таб. 3. — Утицај различитих концентрација Pb на анатомску грађу листа младик кукуруза (у  $\mu\text{m}$ )  
 Tab. 3. — Effect of different Pb concentrations on the anatomy of the leaf in young maize plants (in  $\mu\text{m}$ )

Концентра- ција Pb у $\text{mol dm}^{-3}$	Дебљина листа Leaf thickness на 1/4 код глав- ног нерва Near main nerve	Димензи- је глав- ног про- водног снопића Main vas- cular bundle size	Димензи- је малог провод. снопића Auxiliary vascular bundle size	Димензи- је трахеја Trachea size	Димензије ћел. епидермиса листа Epidermal cell size Axial	епаидермиса напојница Abaxial
Без Pb Without Pb	184,1	145,9 × 147,9	70,5 × 84,8	35,9 × 32,9	41,9 × 41,8	36,4 × 30,9
$10^{-8}$	163,2	156,6 × 153,9	82,4 × 67,2	37,2 × 34,1	36,5 × 28,1	32,8 × 26,6
$10^{-7}$	160,0	157,5 × 143,6	75,6 × 60,8	38,1 × 32,3	33,7 × 29,7	37,7 × 31,0
$10^{-6}$	165,1	146,5 × 194,8	85,8 × 66,5	37,9 × 35,9	34,4 × 29,5	34,6 × 26,8
$10^{-5}$	156,6	152,8 × 141,5	78,4 × 59,3	37,0 × 34,0	34,8 × 33,8	35,9 × 28,9
$10^{-4}$	165,7	145,8 × 140,4	79,6 × 63,2	39,4 × 30,3	34,6 × 29,2	36,3 × 37,2
$10^{-3}$	174,4	134,2 × 146,6	86,2 × 78,9	34,6 × 28,1	39,1 × 38,7	33,6 × 31,1

Таб. 4 — Утицај различитих концентрација Pb на анатомску грађу корена младих биљака кукуруза ( $\mu\text{m}$ )  
 Tab. 4 — Effect of different Pb concentrations on the anatomy of the root in young maize plants ( $\mu\text{m}$ )

Концентрација Pb у $\mu\text{mol dm}^{-3}$ Pb concentration in $\mu\text{mol dm}^{-3}$	Пречник корена Root diameter	Дебљина коре Cortex thickness	Пречник централног цилиндра Central cylinder diameter	Број трахеја No. of trachea	Пречник трахеја Trachea diameter	Пречник ћелија ендодерма Endoderm cells diameter
Без Pb Without Pb	1158,3	312,0	517,4	6,3	93,0	10,5
$10^{-8}$	1140,1	306,8	526,5	6,3	93,2	9,7
$10^{-7}$	1134,2	300,6	509,6	6,0	89,1	9,1
$10^{-6}$	1133,6	306,8	490,1	6,3	88,4	10,7
$10^{-5}$	1153,1	318,5	482,3	5,7	92,1	9,4
$10^{-4}$	1133,6	306,8	487,5	5,8	92,5	9,3
$10^{-3}$	1099,2	277,3	517,0	6,0	90,0	9,3

доних и дикотиледоних врста (Müller 1972). Биљке соје третиране истим концентрацијама олова имале су у кореновима 3 до 8 пута више олова него биљке кукуруза (Кастори, Петровић 1990).

Олово утиче и на анатомску грађу биљака. То се примећује у развијености појединих органа и ткива (Таб. 3.). Дебљина листа код главног нерва смањује се са повећањем концентрације олова у хранљивом раствору. Најтање листове имају биљке гајене у раствору са највећом концентрацијом олова. Дебљина листова, мерена даље од главног нерва, такође се смањује, мада не тако равномерно. Димензије проводног снопића у листовима повећавају се код биљака третираних малим концентрацијама олова, а смањују при већим. Слично је и са величином трахеја. Олово има утицај и на ћелије епидермиса, изазива њихово смањење, што је више изражено на лицу, него на налицју листа.

Утицај олова на анатомску грађу корена види се у смањењу пречника корена, коре и донекле централног цилиндра (Таб. 4.). Интересанто је да код биљака гајених при концентрацији  $10^{-3}$  mol·Pb·dm<sup>-3</sup>, које су имале највећи садржај олова у корену, нису примећене патолошке промене, као што је на пример, некроза, него је само дошло до редукције у расту корена и појединих ткива. Ђелије ендодермиса код контролних биљака на 5 mm од врха су веће него код третираних биљака. На већој удаљености од врха те разлике не постоје.

## ЗАКЉУЧАК

Концентрација олова од  $10^{-8}$  до  $10^{-5}$  mol Pb·dm<sup>-3</sup> делују стимулативно на висину стабљике и лисну површину биљака кукуруза. Концентрације  $10^{-4}$  и  $10^{-3}$  mol Pb·dm<sup>-3</sup> изазивају редукцију раста.

Маса свеже и суве материје корена и надземног дела смањује се са повећањем концентрације олова у хранљивом раствору. Више се смањило надземни део од кореновог система.

Накупљање олова у биљкама кукуруза зависи од његове концентрације у хранљивом раствору. Повећањем концентрације олова у раствору од  $10^{-8}$  до  $10^{-3}$  mol·dm<sup>-3</sup>, повећала се његова концентрација у корену за 800, а у листовима за 28 пута.

Дебљина листа смањује се са повећањем концентрације Pb у хранљивом раствору. Проводни снопићи у листовима при нижим концентрацијама Pb у раствору се повећавају, а при већим се смањују. Ђелије епидермиса под утицајем олова постају ситније.

Утицај олова на анатомску грађу корена примећује се у смањењу пречника корена, централног цилиндра и коре.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева—Попова, Н. В.; Косицин, А. В.; Игошина, Т. И.; Ильинская, Н. Л.: Металлостойчивые популяции *Aster alpinus* (*Asteraceae*) на обогащенных свинцом, цинком и медью почвах луговых степей северо-востока Башкирской АССР. Ботан. жур. Том 69, № 4, 1984.
2. Brojer, T.C.; Johnson, C. M.; Paull, R. E.: Some aspects of lead in plant nutrition. Plant and soil, № 36, 1972, (301—313).

3. Jones, L. H. P.; Clement, C. R.; Hopper, M. J.: *Lead uptake from solution by perennial ryegrass and its transport from roots to shoots*. Plant and soil, № 38, 1973. (403—414).
4. Кастори, Р., Петровић, Н.: *Утицај олова на акумулацију и дистрибуцију минералних материја у соји (Glucine max. (L.) Merr.)*. Зборник Матице српске за природне науке, Нови Сад (у штампани).
5. Khan, D. H.; Franklind.: *Effectes of cadmium and lead on radisch plants with particular reference to movement of metals trough soil profile and plant*. Plant and soil, № 70, 1983. (335—345).
6. Косићин, А. В.; Игошина, Т. И.: *Действие свинца (Pb) на карбоангидразу различающихся по устойчивости к нему популяций*. Бот. жур. Том 71, № 1, 1986.
7. Kohn, R.; Malovikova, A.; Bock, W.; Dongowski, G.: *Bindung von Blei—Jonen an Nahrungsppektive in gemüse und Obst*. Die Nahrung 25, 9, 1981. (853—867) превод.
8. Lane and E. S. Martin: *A histochemical investigation of lead uptake in Raphanus sativus*. School of Enviromental Sciences Plyomout Polytechnic, Plymouth Devon. New Phytol. № 79, 1977. (281—286).
9. Lane, S. D. and Martin, E. S.: *Fruther observations on the distribution of Raphanus sativus*. Pflanzenphysiol. 97, 1979. (145—152).
10. Lane, S. D.; Martin, E. S. and Garrod, J. F.: *Lead Toxicity Effects on Indole—3—Viacetic Acid — induced Cell Elongation*. Planta 144, 1978. (79—84).
11. Maier, R.: *Untersuchungen zur Wirkung von Blei auf die Saure Phosphatase in Zea mays L. Zeit. Pflanzenphysiol.* 1978. Bol 87 Hf 4 (347—354).
12. Malone, C.; Koeppe, D. E. and Raymond, J. M.: *Localization of lead accumulated by corn plants*. Plant physiology, 53, 1974. (388—394).
13. Malone, C.; Koeppe, D. E. and Miller, R. J.: *Localisation of Lead acwnlulated by corn roots*. Plant physiology, 51, supl 21, 1972.
14. Miller, R. J.; Koeppe, D. E.: *Accumulation and physiological effects of lead in corn*. Proc. 4th Trace Subs. and Env. Health Univ. Missuri. 1972.
15. Sharma, G. K.: *Modification in Ginkgo biloba L. in response to environmental pollution*. J. Tenn. Acad. Sci. 1989. — 64 ю 1—C (26—28).
16. Sieghardt, H.: *An anatomical—histochemical investigation of lead in primary roots of Pisum sativum*. Mikroskopie 41 (5—6). 1984 (Recd. 1985). 125—133. Inst. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien, Biologiezentrum Althanstar. 14, A—1090 Wien, Austria.
17. Wong, M. H.; Jan, W. M.: *Root growth of Cynodon dactylon and Eleusine indica collected Motorways at Different concentrations of Leads*. Envirinmental research, 36, 1985. (257—267).

## EFFECT OF LEAD ON THE MORPHOLOGY AND ANATOMY OF MAIZE PLANTS (*Zea mays* L.)

by

V. Janjatović, R. Kastori, N. Petrović, A. Knežević, D. Kabić  
Institute of Biology,  
Faculty of Agriculture, Novi Sad

### Summary

We studied the effect of lead concentrations from  $10^{-6}$  to  $10^{-3}$  mol dm<sup>-3</sup> on the morphology and anatomy of and the distribution and concentration of lead in young maize plants.

Lead concentrations from  $10^{-6}$  to  $10^{-5}$  mol dm<sup>-3</sup> stimulated plant height and leaf area. Higher concecntrations, from  $10^{-4}$  to  $10^{-3}$  mol dm<sup>-3</sup>, tended to reduce plant growth.

The mass of dry matter in the above-ground plant parts and the root was reduced with increased lead concentration in the nutritive medium. The increases

in lead concentration from  $10^{-6}$  to  $10^{-3}$  mol  $\text{dm}^{-3}$  in the nutritive medium increased the accumulation of lead in the root 800 times and in the leaves 28 times.

The increased lead concentrations in the nutritive medium tended to reduce leaf thickness. Vascular bundles in the leaves were enlarged with the low lead concentrations and reduced with the high concentrations. Epidermal cells became smaller under the effect of lead.

Regarding the effect of lead on root anatomy, reductions were observed in the size of the root system, the diameter of the central cylinder and the thickness of the parenchyma layer of the root.