

Proučavanje anatomske građe lista *Chenopodium album* u funkciji osetljivosti na herbicide

Filip Vranješ^{1,2}, Dragana Božić², Dragana Rančić², Ana Anđelković³, Sava Vrbničanin²

¹ Galenika Fitofarmacija, Batajnički drum bb, Beograd, Srbija

² Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Beograd, Srbija

³ Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Teodora Drajzera 9, Beograd, Srbija
e-mail: filipv85@gmail.com

REZIME

Sa starenjem biljke najčešće dolazi do promena na morfološkom, fiziološkom i anatomskom nivou, što dovodi do promena u osetljivosti na herbicide. Ova istraživanja obavljena su sa ciljem da se utvrdi da li se sa starenjem biljaka menjaju anatomske karakteristike gornjih fiziološki zrelih listova *Chenopodium album*. Sa biljaka koje su bile u fazi 2, 4, 6, 8 i 10 listova uzorkovani su listovi u punoj fiziološkoj zrelosti i napravljeni trajni preparati za svetlosnu mikroskopiju, na kojima su mereni: debljina lista, debljina epidermalnih ćelija lica i naličja lista, debljina mezofila, palisadnog i sunderastog tkiva. Dobijeni rezultati su pokazali da starenje vrste *C. album* može uticati na anatomsku građu fiziološki zrelih listova. Potvrđeno je da se debljina tkiva listova uzetih sa mlađih biljaka značajno razlikuje od debljine istih listova uzetih sa starijih biljaka.

Ključne reči: *Chenopodium album*, anatomska građa, list, starost biljaka.

UVOD

Chenopodium album L. (pepeljuga njivska) je korovska vrsta iz familije Chenopodiaceae, koja ima kosmopolitsko rasprostranjenje i nanosi štete u svim usevima u kojima se sreće. Osamdesetih godina prošlog veka smatralo se da je jedan od najznačajnijih korova u usevu krompira i šećerne repe, dok je po značaju u usevu kukuruza bio svrstan na sedmo mesto (Basset and Crompton, 1978). *C. album* je jednogodišnja biljka, visoka od 150 cm do 4 m. Populacije ovog korova mogu biti vrlo guste jer su snažni konkurenti u odnosu na druge biljke u pogledu intenziteta porasta. Ova vrsta posebno dobro raste na zemljištima bogatim azotom. Cvetovi su hermafroditni (imaju i prašnike i tučak) i oprašuju se uglavnom vetrom. Cvast je velika, metličasta, i može biti i aksilarna i terminalna (Bassett and Crompton,

1978). Zbog brzog rasta i proizvodnje velike količine sitnog semena, može da se razvije i nekoliko generacija u jednoj sezoni (Bouwmeester and Karssen, 1993). Listovi su zeleni s bledom pepeljastom prevlakom i obrasli sitnim dlačicama. Smatra se da voštana prevlaka na površini lista predstavlja barijeru za usvajanje herbicida (Burghardt et al., 2006). Dlake su gušće na epidermis naličja lista, što čini naličje lista svetlijim od lica (Mastebroek, 1996). Listovi su naizmjenični, uglavnom glatki s nazubljenim rubom. Stabljike su naborane i često prožete ljubičastom ili crvenom bojom (Brenan, 1988). Jako alelopatско delovanje vrste *C. album* može smanjiti klijavost i rast drugih vrsta (Jafari et al., 2007). Ova vrsta ispoljava veliku morfološku plastičnost, te može da se prilagodi različitim uslovima sredine. Semena u zemljištu zadržavaju klijavost 20-40 godina. Crne su boje, širine oko 1,2 mm i dužine oko 1,3 mm (Bhargava et al., 2006, 2008; Rana et al., 2010).

Građa listova *C. album* je dorzoventralna. Na poprečnom preseku lista mogu se uočiti epidermis, mezofil i provodni snopići (Moris et al., 1996; Vrbničanin i sar., 2009). Mezofil je diferenciran na palisadno i sunderasto tkivo, što je tipično za većinu dikotiledonih biljaka. Na debljinu ovih tkiva mogu uticati brojni faktori, kao što su uslovi u kojim je biljka rasla, fenofaza razvoja i drugi.

Prethodna ispitivanja su pokazala da osetljivost različitih korovskih vrsta na herbicide zavisi od faze razvoja u vreme primene herbicida (Rosales-Robles et al., 2001; Kieloch and Domaradzki, 2011; Faccini and Puricelli, 2016), što je potvrđeno i u slučaju osetljivosti *C. album* na mezotrion (Vranješ i sar., 2016), pri čemu sa starenjem biljaka dolazi do smanjenja njegove osetljivosti. Osim drugih mogućih uzroka smanjenja osetljivosti (promene površinskih struktura lista, promene fizioloških procesa u listu i dr.) sa starenjem biljaka, promene anatomskih karakteristika lista takođe mogu uzrokovati promene u osetljivosti na herbicide. Građa listova je pre svega značajna za usvajanje folijarnih herbicida, čije usvajanje je moguće kroz oštećenja na površini lista, kroz stome ili difuzijom kroz kutikulu (DiTomaso, 1999). Naime, da bi se ostvario zadovoljavajući efekat herbicida prvi preduslov je adekvatna apsorpcija, kako bi se nakon toga herbicid dalje transportovao kroz ćelije epidermisa i mezofila, plazmodezme i simplast sve do floema, a potom dalje kroz biljku (Currier and Dybing, 1959). Povećanje efikasnosti herbicida zahteva povećanje količine koja dospeva do mesta delovanja, a to se može postići dodatkom ađuvanata, koji ubrzavaju usvajanje i povećavaju propustljivost membrana čak i za krupnije molekule herbicida (Burghardt et al., 2006). Kako bi se ostvario maksimalni efekat herbicida u suzbijanju *C. album*, uključujući i pravilan odabir ađuvanata, pored poznavanja ostalih karakteristika ove vrste, korisno je poznatavi i anatomsku građu listova, kao i njene promene sa starenjem biljaka. Stoga je cilj u ovim istraživanjima bio da se ispita anatomska građa gornjih, fiziološki zrelih listova *C. album* u različitim fazama razvoja biljke.

MATERIJAL I METODE

Za setvu je korišćeno seme *C. album* prikupljeno tokom prethodne vegetacione sezone sa njive u okolini Beograda. Seme je posejano u plastične saksije prečnika 10 cm i zapremine

300 ml, ispunjene supstratom Floragard TKS 1 Seed (sastav: 80% beli treset + 20% crni treset + kreč + makro i mikroelementi (Mg, B, Mn, Mo, Fe, Zn)). Setva je obavljena u nekoliko navrata u razmaku od 5 dana, kako bi se obezbedilo da u momentu uzimanja uzoraka biljke *C. album* budu u fazi 2, 4, 6, 8 i 10 listova. U svaku saksiju je posejano po 10 semena na dubinu od 0,5 cm. Saksije sa biljkama su potom stavljene u komore za gajenje sa režimom: 14 h svetlosni period sa temperaturom 27°C i 10 h noćni period sa temperaturom 22°C. Biljke su zalivane svakodnevno zapreminom vode koja je obezbedila optimalnu vlažnost zemljišta. Nakon nicanja, broj biljaka je raščupavanjem sveden na 4 biljke po saksiji.

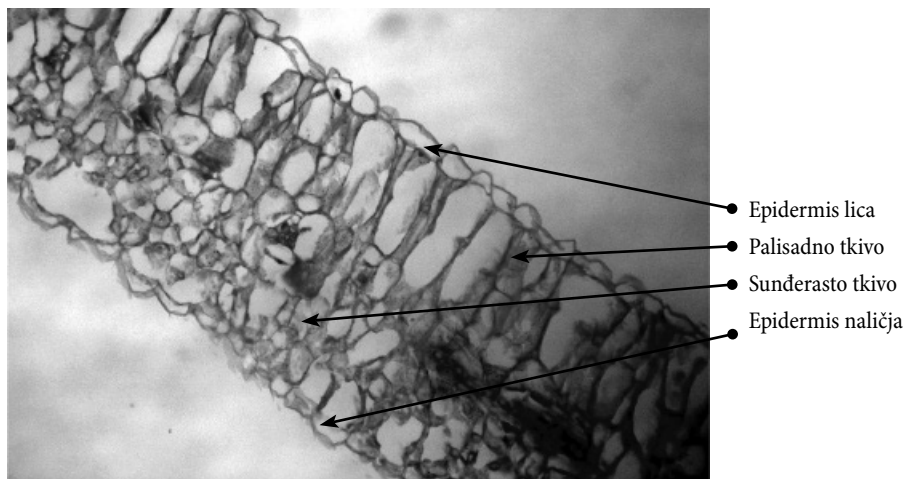
Za izradu trajnih preparata za svetlosnu mikroskopiju, uzeti su uzorci kada su biljke bile u fazi 2, 4, 6, 8 i 10 razvijenih listova, i tom prilikom su uzorkovani gornji fiziološki zreli listovi. Pri svakom uzorkovanju uzeto je po 4 lista iz svake faze sa različitih biljaka. Uzorkovani listovi su bili međusobno slične veličine i iste starosti. Do izrade preparata uzorci su čuvani u 50% etanolu. Mikroskopski preparati su pripremljeni standardnom parafinskom metodom (Ruzin, 1999). Sečenje ukalupljenog materijala je rađeno na mikrotomu LEICA SM 2000 R, a dobijeni preseći (debljine 5-15 μm) su bojeni histološkim bojama toluidine blue, safranin i alcian blue. Sa trajnih preparata mereni su: debljina lista, debljina epidermalnih ćelija lica i naličja lista, palisadnog i sunderastog tkiva. Sabiranjem debljine palisadnog i sunderastog tkiva određena je debljina mezofila, čijim sabiranjem sa debljinom epidermisa lica i naličja je određena ukupna debljina lista. Preparati su fotografisani na svetlosnom mikroskopu LEICA DMLS digitalnom kamerom LEICA DC 300, a merenje je obavljeno pomoću softverskog paketa LEICA IM 1000. Svi parametri su mereni u 12 ponavljanja.

Statistička obrada podataka je urađena u statističkom softveru STATISTICA 5.0 primenom LSD-testa.

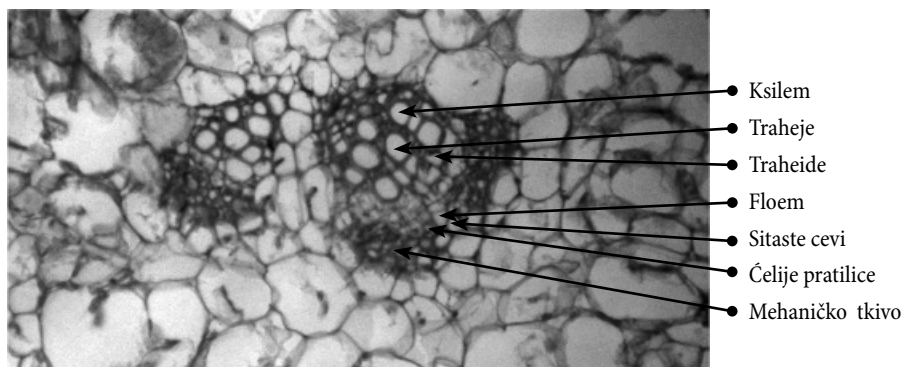
REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom radu analizirana je anatomska građa listova *C. album* u fazama 2-10 razvijenih listova i utvrđene su prosečne vrednosti merenih parametara (Tabela 1). Faze 2-10 listova su odabrane na osnovu prethodnih ispitivanja (Vranješ i sar., 2016), koja su pokazala da sa porastom faze razvoja ove korovske vrste dolazi do smanjenja osetljivosti biljke na delovanje herbicida mezotrion. Iz tog razloga su urađena dodatna ispitivanja kako bi se utvrdilo da li anatomske karakteristike lista zavise od faze razvoja, što može biti uzrok smanjenja njene osetljivosti na mezotrion sa starenjem biljke.

Građa listova *C. album* je tipična za dikotiledone vrste (Slika 1). Na poprečnom preseku listova mogu se uočiti: epidermis, mezofil i provodni snopići (Kojić, 1991). Epidermis se sastoji od epidermisa lista i naličja, pri čemu se na površini spoljnih ćelija epidermisa nalazi sloj kutikule. Mezofil je diferenciran na palisadno tkivo (koje se nalazi neposredno ispod epidermisa lica) i sunderasto tkivo (uz epidermis naličja). Snopići su kolateralnog zatvorenog tipa (Slika 2) i sastoje se od ksilema (koji je bliže licu lista) i floema (koji je bliže naličju lista). Na debljinu ovih tkiva mogu uticati brojni faktori, kao što su uslovi u kojima biljka raste, fenofaza razvoja i drugi.



Slika 1. Poprečni presek lista *C. album*
Figure 1. Cross section of the *C. album* leaf



Slika 2. Kolateralni zatvoreni provodni snopići lista *C. album*
Figure 2. Collateral vascular bundle in the *C. album* leaf

Listovi vrste *C. album* iste starosti i slične veličine, razlikuju se u anatomskej građi, odnosno u debljini tkiva u zavisnosti od toga u kojoj fazi razvoja je sama biljka, odnosno da li se biljka nalazi u fazi 2, 4, 6, 8 ili 10 listova. Sa porastom faze razvoja dolazi do povećanja debljine svih tkiva, odnosno za sve merene parametre su najveće vrednosti utvrđene u fazi 10 listova, a najmanje u fazi 2 lista (Tabela 1). U tabeli 2 su predstavljeni rezultati statističke obrade podataka primenom LSD-testa, s ciljem da se utvrdi da li postoje značajne razlike između biljaka sa razvijenih 2-10 listova, za svaki od navedenih parametara. Debljine različitih tkiva lista koje su dobijene u ovom ispitivanju su u saglasnosti sa prethodnim ispitivanjima, u kojima je debljina parametara anatomske građe lista *C. album* imala sledeće vrednosti: debljina lista 307,7 μm , epidermis lica 20,2 μm , epidermis naličja 21,6 μm , palisadno tkivo 122,7 μm i sunderasto tkivo 143,0 μm (Moris et al., 1996).

Epidermis lica je kod analiziranih listova imao debljinu 18,39-26,31 μm . Prilikom poređenja debljine epidermisa lica lista u fazi razvoja 10 listova utvrđena je statistički značajna razlika ($0,01 < P < 0,05$) u odnosu na fazu 6 listova i veoma značajna razlika ($P < 0,01$) u odnosu na fazu 2 lista, kao i u fazi 8 listova u odnosu na fazu 2 lista. Kod ostalih faza razvoja nije bilo statistički značajnih razlika ($P > 0,05$). Debljina epidermisa naličja kretala se u opsegu 18,31-26,80 μm . Statistički veoma značajna razlika ($P < 0,01$) u debljini epidermisa naličja je dokumentovana u fazi 8 i 10 listova u odnosu na fazu 2 lista, kao i 10 listova u odnosu na fazu 4 lista, dok je statistički značajna razlika ($0,01 < P < 0,05$) potvrđena između faza 4 i 8 listova, kao i 6 i 10 listova. Kod ostalih faza statistički značajne razlike nisu zabeležene. U ispitivanjima epidermisa drugih biljnih vrsta pokazalo se da se epidermis listova biljaka različite starosti značajno razlikuje u slučaju kukuruza, dok takve razlike nisu zabeležene za listove pirinča i *Poa pratensis* (Sylvester et al., 2001). Osim toga, debljina epidermisa *C. album* koja je izmerena u ovom istraživanju je bila sličnog opsega kao kod nekih drugih korovskih vrsta našeg podneblja: *Amaranthus retroflexus* (epidermis lica: 22-24 μm , epidermis naličja: oko 19 μm), *Polygonum aviculare* (debljina oba epidermisa je iznosila 20-25 μm) (Vrbničanin i sar., 2006, 2009).

Prethodna istraživanja su pokazala da debljina palisadnog tkiva *C. album* zavisi od uslova pod kojima je biljka rasla, pri čemu je ovo tkivo deblje (35-48 μm) u slučaju kada biljka raste pri visokoj osvetljenosti, a tanje (17-22 μm) ako biljka raste u uslovima slabije osvetljenosti (Yano and Terashima, 2001). Vrednosti debljine palisadnog tkiva biljaka analiziranih u ovom radu su bile znatno veće i kretale su se u opsegu 83,35-151,80 μm , pri čemu je debljina tkiva bila statistički veoma značajno ($P < 0,01$) veća u fazi 10 listova u odnosu na faze 2 i 4 lista, kao i u fazi 8 listova u odnosu na fazu 2 lista. Takođe, statistički značajna razlika ($0,01 < P < 0,05$) u debljini palisadnog tkiva registrovana je u fazi 8 listova u odnosu na fazu 4 lista, kao i u fazi 10 listova u odnosu na fazu 8 listova.

Prilikom analize sunderastog tkiva zabeležene su vrednosti u opsegu 81,47-129,67 μm . Poređenjem debljine sunderastog tkiva biljaka u različitim fazama razvoja, pokazalo se da je ono u fazi 10 listova statistički veoma značajno ($P < 0,01$) deblje nego u fazama 2 i 4 lista, a statistički značajno ($0,01 < P < 0,05$) deblje u odnosu na fazu razvoja 6 listova. Takođe, sunderasto tkivo biljaka u fazi 8 listova je bilo statistički veoma značajno ($P < 0,01$) deblje u poređenju sa biljkama sa 2 razvijena lista, a značajno ($0,01 < P < 0,05$) deblje u poređenju sa biljkama sa 4 razvijena lista. Između ostalih faza nije bilo statistički značajnih razlika ($P > 0,05$).

Debljina mezofila se sa starenjem biljaka menjala u skladu sa promenama palisadnog i sunderastog tkiva, što je i bilo očekivano s obzirom na to da su ova tkiva njegov sastavni deo, pri čemu su se vrednosti ovog parametra kretale u opsegu 164,82-281,47 μm . Utvrđena debljina mezofila je bila znatno veća u odnosu na debljinu mezofila koja je izmerena kod biljaka *Amaranthus retroflexus* (140 μm) (Vrbničanin i sar., 2009) i *Polygonum aviculare* (oko 120 μm) (Vrbničanin i sar., 2006). Mezofil listova uzetih sa biljaka u fazi 10 razvijenih listova je bio statistički veoma značajno ($P < 0,01$) deblji od mezofila listova uzetih sa mlađih biljaka (2 i 4 lista) i značajno ($0,01 < P < 0,05$) deblji od biljaka sa 6 razvijenih listova. Takođe, statistički veoma značajna razlika ($P < 0,01$) je registrovana između biljaka sa 8 razvijenih

listova i biljaka u fazi 2 lista, dok je ta razlika u odnosu na biljke u fazi 4 lista bila statistički značajna ($0,01 < P < 0,05$). Između ostalih faza razvoja nije bilo značajnih razlika ($P > 0,05$) u debljini mezofila.

S obzirom da debljina lista uključuje sve prethodno opisane parametre, debljina ovog parametra se sa starošću biljaka menjala na isti način kao i ostali parametri, tj. najtanji su bili listovi biljaka u fazi 2 razvijena lista (201,53 μm), a najdeblji listovi biljaka u fazi 10 razvijenih listova (334,60 μm). U odnosu na debljinu listova korovske vrste *A. retroflexus*, čija debljina listova uzetih sa biljaka visine 50-70 cm je izosila 200 μm (Vrbničanin i sar., 2009), listovi analizirani u ovom radu su bili znatno deblji, izuzev u najmlađoj fazi kada su bili slične debljine kao listovi *A. retroflexus*. Prilikom poređenja ukupne debljine lista LSD-testom, utvrđeno je da se ovaj parametar kod biljaka starosti 10 razvijenih listova statistički veoma značajno ($P < 0,01$) razlikuje od faza sa 2 i 4 lista, a značajno ($0,01 < P < 0,05$) od faze sa 6 listova. Takođe, u fazi razvijenih 8 listova postoji statistički veoma značajna ($P < 0,01$) razlika u odnosu na fazu 2 lista i statistički značajna ($0,01 < P < 0,05$) razlika u odnosu na fazu razvoja 4 lista. Između ostalih faza nije bilo statistički značajne ($P > 0,05$) razlike.

Tabela 1. Anatomska građa lista *C. album* u različitim fazama razvoja

Table 1. Leaf anatomy of *C. album* in different stages of development

| Faza razvoja (broj listova) Stage of development (no. of leaves) | Epidermis lica Upper epidermis | Epidermis naličja Lower epidermis | Palisadno tkivo Palisade tissue | Sunderasto tkivo Spongy tissue | Debljina mezofila Mesophyll thickness | Debljina lista Leaf thickness |
|--|--------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| | μm | | | | | |
| 2 | 18,39+8,13 | 18,31+4,43 | 83,35+13,12 | 81,47+14,08 | 164,82+ 23,17 | 201,53+ 29,61 |
| 4 | 21,43+3,68 | 19,64+7,76 | 85,49+15,03 | 82,37+12,36 | 167,86+27,06 | 208,94+ 34,65 |
| 6 | 21,64+5,49 | 21,13+5,03 | 118,89+26,05 | 95,89+37,25 | 214,78+55,10 | 257,55+ 60,54 |
| 8 | 25,85+5,60 | 25,21+3,44 | 122,62+ 26,73 | 107,166+39,29 | 229,79+59,12 | 280,85+ 64,96 |
| 10 | 26,31+4,63 | 26,80+5,86 | 151,80+ 22,55 | 129,67+18,94 | 281,47+22,82 | 334,60+ 26,63 |

Tabela 2. Značajnost razlika u anatomskoj građi lista *C. album* u različitim fazama razvoja

Table 2. Significance of differences in leaf anatomy of *C. album* depending on the stage of development

| Parametar Parameter | Faze razvoja lista Stages of leaf development | | | |
|------------------------|--|------------|------------|------------|
| | 4L | 6L | 8L | 10L |
| Epidermis lica | | | | |
| 2L | 0,303022ns | 0,213046ns | 0,005752** | 0,003484** |
| 4L | | 0,937896ns | 0,106440ns | 0,074846ns |
| 6L | | | 0,074183ns | 0,047935* |
| 8L | | | | 0,838399ns |
| Epidermis naličja | | | | |
| 2L | 0,629297ns | 0,249490ns | 0,006399** | 0,000990** |
| 4L | | 0,557736ns | 0,031888* | 0,006560** |

| | | | | |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|
| 6L | | | 0,065026ns | 0,011586* |
| 8L | | | | 0,463480ns |
| Palisadno tkivo | | | | |
| 2L | 0,629297ns | 0,249490ns | 0,006399** | 0,000990** |
| 4L | | 0,557736ns | 0,031888* | 0,006560** |
| 6L | | | 0,065026ns | 0,011586* |
| 8L | | | | 0,463480ns |
| Sunderasto tkivo | | | | |
| 2L | 0,629297ns | 0,249490ns | 0,006399** | 0,000990** |
| 4L | | 0,557736ns | 0,031888* | 0,006560** |
| 6L | | | 0,065026ns | 0,011586* |
| 8L | | | | 0,463480ns |
| Debljina mezofila | | | | |
| 2L | 0,629297ns | 0,249490ns | 0,006399** | 0,000990** |
| 4L | | 0,557736ns | 0,031888* | 0,006560** |
| 6L | | | 0,065026ns | 0,011586* |
| 8L | | | | 0,463480ns |
| Debljina lista | | | | |
| 2L | 0,629297ns | 0,249490ns | 0,006399** | 0,000990** |
| 4L | | 0,557736ns | 0,031888* | 0,006560** |
| 6L | | | 0,065026ns | 0,011586* |
| 8L | | | | 0,463480ns |

** -statistički veoma značajna razlika ($P < 0,01$); * - statistički značajna razlika ($0,01 < P < 0,05$); ns-razlike nisu statistički značajne ($P > 0,05$)

Analiza anatomske građe listova *C. album* različite starosti je pokazala da se sa starošću biljaka menja debljina svih tkiva lista što se može dovesti u vezu sa promenama u osetljivosti biljaka na herbicide sa njihovim starenjem. Tako su Vranješ i sar. (2016) potvrdili da osetljivost *C. album* i *Abutilon theophrasti* na mezotrijon zavisi od faze razvoja biljaka u vreme primene herbicida. Do sličnih zaključaka su došli i Kieloch i Domradzki (2011) potvrdivši da se osetljivost korovskih vrsta *Anthemis arvensis*, *C. album* i *Stellaria media* na herbicide tribenuron-metil, jodosulfuron+amidosulfuron i metribuzin+amidosulfuron menja sa promenom faze razvoja korova. Slično time, Faccini i Puricelli (2007) su utvrdili da efekat glifosata, 2,4-D i metsulfuron-metila na jednogodišnje i višegodišnje širokolisne korove osim od ostalih faktora, zavisi i od faze razvoja biljaka u vreme primene herbicida. Uprkos tome što se sa starošću biljaka menja njihova anatomska građa, to nije jedini element njihove građe koji utiče na osetljivost na herbicide. Veoma značajnu ulogu u osetljivosti imaju i površinske strukture lista od kojih zavisi stepen usvajanja herbicida. S obzirom da *C. album* na površini lista ima razvijenu voštanu prevlaku koja predstavlja barijeru za usvajanje

herbicida (Burghardt et al., 2006), u budućim istraživanjima je neophodno utvrdili kako se debljina i hemijski sastav ove prevlake menja sa starenjem biljaka ove vrste.

ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati su pokazali da parametri anatomske građe lista zavise od faze razvoja *C. album*, pri čemu se ispoljavaju značajne razlike kada se porede debljine tkiva listova uzetih sa biljaka u mlađim fazama razvoja i biljaka u starijim fazama razvoja. Ovo je veoma izraženo u fazi razvoja 10 listova u odnosu na mlađe faze, ali takođe se može primetiti i u fazi razvoja 8 listova u odnosu na faze 2 i 4 lista. Zabeležene razlike su statistički veoma značajne, naročito kada se posmatra ukupna debljina lista, debljina mezofila, debljina palisadnog i sunderastog tkiva, dok su prilikom posmatranja debljine epidermisa lica i naličja lista, registrovane razlike bile statistički značajne. U literaturi nema mnogo navoda koji se bave ovom temom i zato ovi podaci mogu biti veoma značajni za objašnjenje delovanja herbicida na korovske biljke.

ZAHVALNICA

Ovaj rad rezultat je rada u okviru projekta III 46008, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Basset, I., Crompton, C.:** The biology of Canadian weeds. *Chenopodium album*. Canadian Journal of Plant Science, 58, 1061-1072, 1978.
- Bhargava, A., Shukla, S., Srivastava, J., Singh, N., Ohri, D.:** Genetic diversity for mineral accumulation in the foliage of *Chenopodium* spp. Science Horticulture, 118, 338-346, 2008.
- Bhargava, A., Shukla, S., Ohri, D.:** Karyotypic studies on some cultivated and wild species of *Chenopodium* (Chenopodiaceae). Genetic Resources and Crop Evolution, 53, 1309-1320, 2006.
- Bouwmeester, H., Karssen, C.:** Seasonal periodicity in germination of seeds of *Chenopodium album* L. Annals of Botany, 72, 463-473, 1993.
- Brenan, J.:** Chenopodiaceae. In: Launert, E. (Ed.). Flora Zambesiaca, 9, 133-161, 1988.
- Burghardt, M., Friedmann, A., Schreiber, L., Riederer, M.:** Modelling the effects of alcohol ethoxylates on diffusion of pesticides in the cuticular wax of *Chenopodium album* leaves. Pest Management Science, 62, 137-147, 2006.
- Currier, H., Dybing, C.:** Foliar Penetration of Herbicides: Review and Present Status. Weeds, 7, 195-213, 1959.
- DiTomaso, J.:** Barriers to Foliar Penetration and Uptake of Herbicides. Proceedings of the California Weed Science Society, 51, 150-155, 1999.
- Faccini, D., Puricelli, E.:** Efficacy of herbicide dose and plant growth stage on weeds present in fallow ground. Agriscientia, XXIV, 29-35, 2007.
- Jafari, L., Kholdebarin, B., Jafari, E.:** Phytotoxic effects of a *Chenopodium album* L. water extract on higher plants. American Journal of Plant Physiology, 2, 221-226, 2007.

- Kieloch, R., Domaradzki, K.:** The role of the growth stage of weeds in their response to reduced herbicide doses. *Acta Agrobotanica*, 64, 259–266, 2011.
- Kojić, M.:** *Botanika*. Nauka, Beograd, 1991.
- Mastebroek, H., van Soest, L., Siemonsma, J.:** *Chenopodium* L. (grain chenopod). In: Grubben, G.J.H. & Partohardjono, S. (Eds.). *Plant Resources of South-East Asia*, 10, 79–83, 1996.
- Moris, M., Gonyales, J., Gallardo, M., Prado, F.:** Anatomical and functional differences and nyctinastic leaf movements in *Chenopodium album* L. and *Chenopodium hircinurn* Schrad. (Chenopodiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 121, 133-141, 1996.
- Rana, T., Narzary, D., Ohri, D.:** Genetic diversity and relationships among some wild and cultivated species of *Chenopodium* L. (Amaranthaceae) using RAPD and DAMD methods. *Current Science*, 98, 840-846, 2010.
- Rosales-Robles, E., Chandler, J. M., Senseman, S. A.:** Growth stage affects johnsongrass response to nicosulfuron and clethodim. *Agrociencia*, 35, 525-533, 2001.
- Ruzin, S. E.:** *Plant microtechnique and microscopy*. Oxford, Oxford University Press, 332, 1999.
- Sylvester, A. W., Parker-Clark, V., Murray, G. A.:** Leaf shape and anatomy as indicators of phase change in the grasses: comparison of maize, rice, and bluegrass. *American Journal of Botany*, 88, 2157–2167, 2001.
- Voznesenskaya, E., Koteyeva, N., Edwards, G., Ocampo, G.:** Revealing diversity in structural and biochemical forms of C₄ photosynthesis and a C₃–C₄ intermediate in genus *Portulaca* L. (Portulacaceae). *Journal of Experimental Botany*, 61, 3647-3662, 2010.
- Vranješ, F., Arsenijević, N., Božić, D.:** Osetljivost *Chenopodium album* i *Abutilon theophrasti* na mezotriion u zavisnosti od fenofaze razvoja. *Acta herbologica*, 25, 27-34, 2016.
- Vrbničanin, S., Božić, D., Rančić, D., Pavlović, D., Prodanović, S.:** Populaciona varijabilnost vrste *Polygonum aviculare* L. *Pesticidi i fitomedicina*, 21, 281-287, 2006.
- Vrbničanin, S., Stefanović, L., Božić, D., Sarić, M., Radošević, R.:** Comparative Analysis of the Anatomy of Two Populations of Red-Root Amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.). *Pesticidi i fitomedicina*, 24, 103-112, 2009.
- Yano, S., Terashima, I.:** Separate Localization of Light Signal Perception for Sun or Shade Type Chloroplast and Palisade Tissue Differentiation in *Chenopodium album*. *Plant and Cell Physiology*, 42 (12), 1303–1310, 2001.

Study of the anatomical structure of *Chenopodium album* leaves in relation to susceptibility to herbicides

SUMMARY

As the plant matures numerous changes at the morphological, physiological and anatomical level occur, leading to changes in the susceptibility to herbicides. Anatomical characteristics of apical fully developed leaves of *Chenopodium album* were studied in this paper. From plants at 2, 4, 6, 8 and 10 leaves stage, fully developed leaves were sampled and used to make permanent slides for light microscopy. The following parameters were measured on permanent microscope slide samples: thickness of the leaf, epidermal adaxial and abaxial, thickness of the mesophyll, palisade and spongy tissue. The obtained results have shown that maturing of the *C. album* plants can affect the anatomical structure of its fully developed leaves. Hence, it has been confirmed that the tissue thickness in leaves collected from plants in younger stages of development is significantly different from the tissue thickness of corresponding leaves collected from older plants.

Keywords: *Chenopodium album*, anatomical structure, leaf, phenophase.