

UDK 632.95.025.8:632.954

Pregledni rad

Rezistentnost korova na herbicide u svetu i kod nas

Branko Konstantinović¹, Maja Meseldžija¹, Danijela Pavlović², Divna Marić³¹Poljoprivredni fakultet, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8, Srbija²Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, 11000 Beograd, Teodora Drajzera 9, Srbija³Poljoprivredna stanica Kovin, 26220 Kovin, Ive Lole Ribara 1, Srbija

REZIME

Od prve rezistentne korovske vrste *Senecio vulgaris* L. na triazinske herbicide do danas, utvrđeno je 415 biotipova korovskih vrsta rezistentnih na herbicide iz 18 grupa različitih mehanizama delovanja, kod 183 korovske vrste, od kojih 110 dikotiledonih i 73 travna. Rapidno povećavanje broj predstavnika ovih populacija se nastavlja iz dana u dan, učestalom upotrebom istih ili herbicida istog mehanizma delovanja. U biljkama, rezistentnost se može prirodno raširiti ili može biti indukovana tehnikama kakve su genetički inženjering ili selekcija rezistentnih biotipova dobijenih kulturom tkiva ili mutagenезom. Za razliku od tolerantnih biljaka, rezistentni biotipovi najčešće ne preživljavaju samo komercijalne količine herbicida nego i izuzetno velike količine. Rezistentni biotipovi sa višestrukim mehanizmima rezistentnosti predstavljaju izazov za suzbijanje. Istraživači pokušavaju molekularnom biologijom da olakšaju utvrđivanje promene ciljnog mesta kao mehanizma rezistentnosti.

Ključne reči: Rezistentnost; herbicidi; korovi

UVOD

Ekspanzija korovskih vrsta je jedan od najvećih problema u poljoprivredi, naročito kada se broj herbicidno-rezistentnih biotipova kontinuirano povećava (Jutsum i Graham, 1995). Herbicidna rezistentnost je definisana kao stečena mogućnost korovske populacije da preživi primenu herbicida koja je normalno letalna najvećem broju individua te vrste (Powles i sar., 1997; Christoffers, 1999; Moss, 2002). Razvila se kao rezultat ponavljane aplikacije herbicida u dužem vremenskom periodu i sa malo, ili bez rotacije herbicida istog mehanizma delovanja (LeBaron i Gressel, 1982; Shaner i sar., 1992), što može dovesti do razvoja rezistentnih populacija (Warwick, 1991; Rubin, 1996; Lior i sar., 2000). Ona je primer mikroevolucije u biljnim vrstama, prouzrokovana promenama u spoljašnjoj sredini, uglavnom usled čovekovog delovanja (Lior i sar., 2000).

Učestalo suzbijanje korova različitim herbicidima istog načina delovanja ubrzalo je selekciju rezistentnih genotipova (Holt, 1992; Vila Aiub i Ghersa, 2000), čime su stvorene jedinke sa razvijenim mehanizmom koji će izbeći suzbijanje (Gressel i Segel, 1982, cit. Letouze i Gasquez, 2000). Posle nekoliko perioda takve „selekcije“ rezistentni biotipovi mogu dominirati u populaciji korova (Konstantinović i sar., 2000). Korovske vrste, čija semena u zemljištu ostaju dormantna po nekoliko godina, održavaju osetljive jedinke u populaciji u banci semena, čime odgajivač može da ublaži rezistentne karakteristike (Konstantinović i sar., 2002).

RAZVOJ REZISTENTNOSTI

Razvoj rezistentnosti korovskih biotipova na herbicide je relativno dobro poznat fenomen u celom svetu (LeBaron i Gressel, 1982; Putwain i Mortimer, 1989; LeBaron i McFarland, 1990; Powles i Holtum, 1994; Powles, 1997; Konstantinović i Meseldžija, 2002; Moss, 2002). Kod većine korovskih vrsta rezistentnost se pojavila učestalom primenom herbicida kao što su triazini, feniluree, ariloksifenoksiipronati (APP), cikloheksadione (CHD), sulfoniluree i imidazolinone (Rubin, 1996). Prema Janjiću (1997), rezistentnost pojedinih biotipova korovskih biljaka rezultat je uticaja velikog broja faktora od kojih se neki zasnivaju na biološkim karakteristikama, a drugi su vezani za prirodu delovanja herbicida i faktore spoljne sredine. Ona može da nastane usled: smanjenja apsorpcije i translokacije herbicida u organizmu biljaka, intenzifikacije procesa razlaganja i smanjenja aktivacije herbicida u organizmu biljaka i specifičnosti fizioloških procesa i njihovih izmena pod uticajem herbicida (Janjić, 1997; Konstantinović i sar., 2000; Moss, 2002).

Monokulturom i minimumom obrade zemljišta ubrzao se razvoj rezistentnosti na više od jedne grupe načina delovanja herbicida (Gasquez, 1990; Rubin, 1991). LeBaron (1987) i Heap (1997) utvrdili su pojavu ukrštene rezistentnosti gde je biotip korova rezistentan na dva ili više herbicida zbog prisustva jednog mehanizma rezistentnosti, i višestruku (multiplu) rezistentnost koja se odnosi na slučajeve u kojima rezistentne biljke poseduju dva ili više mehanizma rezistentnosti. Pojedini biotipovi *Lolium rigidum* Gaud. (Powles, 1997) su razvili rezistentnost na nekoliko različitih herbicidnih grupa koje deluju na različita ciljna mesta i/ili se metabolišu različitim enzimima.

Mogućnost razvoja polimorfne populacije ukazuje na kapacitet vrste u borbi protiv različitih mera suzbijanja korova (Powles, 1997). Postojanje jednog takvog mehanizma može da iskomplicuje odabir alternativnog herbicida kao sredstva za suzbijanje u slučaju otpornosti, tako da strategija suzbijanja mora da uključi mnogo više od jednog suprotnog proizvoda. Zato je, da bi se postigao racionalan program zaštite od korova, potrebno vršiti rotaciju raznih herbicida, ili još bolje rotaciju herbicida sa raznim mehanizmima aktivnosti (Konstantinović i sar., 2000).

RASPROSTRANJENOST REZISTENTNIH KOROVA U SVETU I KOD NAS

Uprkos prisustvu rezistentnosti, već skoro 40 godina nijedan herbicid nije povučen iz poljoprivrede, već su i danas sastavni deo proizvodnje hrane svojom efektivnom primenom u kombinaciji sa ostalim sredstvima za suzbijanje korova (Konstantinović i sar., 2000). Prvi put je još 1954. godine zapaženo razvijanje rezistentnosti korovskih vrsta posle višestruke primene herbicida (Abel, 1954). Godine 1952. su otkriveni triazinski preparati simazin i atrazin, a njihova dugogodišnja, intenzivna primena je dovela do širenja otpornih dikotiledonih korova i nekih višegodišnjih monokotiledonih vrsta (*Sorghum halepense* (L.) Pers.). Prvi rezultati su ukazali na rezistentnost kod *Senecio* sp. na atrazin (Ryan, 1970), da bi krajem sedamdesetih godina i početkom osamdesetih bila utvrđena kod mnogih vrsta: *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Cirsium arvense* L., *Convolvulus arvensis* L., *Daucus carota* L., *Digitaria sanguinalis* (L) Scop., *Setaria viridis* (L) Beauv. i nekih drugih. Ova rezistentnost se ispoljila uglavnom na triazinske herbicide (S-triazini, metribuzin, bromacil, pirizon), neke dipiridile (diuron) i amide (bentazon, napropamid) (Konstantinović, 1996). Godine 1989. osnovan je HRAC (Herbicide Resistance Action Committee), grupa od strane industrija sa podrškom GCPF (Federacije za globalnu zaštitu useva), da bi se obezbedilo efikasno, pouzdano, praktično i ekonomično suzbijanje korova (Nevill i sar., 1998).

Rezistentnost je zabeležena u većini područja za proizvodnju žitarica širom sveta, npr. Severna Amerika, Evropa, Južna Afrika, Australija i Južna Amerika. Da je to razvijena pojava u prirodi svedoče podaci da je 1982. godine više od 30 biljnih vrsta iz 18 rodova, 23 vrste dikotila i 7 vrsta monokotila, bilo rezistentno (LeBaron i Gressel, 1982), dok je 1997. godine 188 herbicidno rezistentnih biotipova korova utvrđeno u 42 zemlje sveta (Nevill i sar., 1998). U toku 1998. godine HRAC je zabeležio 216 rezistentnih korovskih biotipova u 45 zemalja (u proseku devet novih slučajeva godišnje širom sveta), od čega je 14 korovskih vrsta razvilo rezistentnost na urea herbicide (Heap, 1998). Danas ima 315 rezistentnih biotipova 183 vrste korova, od kojih je 110 dikotiledonih, a 73 monokotiledonih na preko 270000 polja širom sveta (www.weedscience.com, 2008).

Herbicidna rezistentnost korovskih vrsta biljaka je široko rasprostranjena na velikom procentu obradivih površina Evrope (De Prado i sar., 1997), Severnoj Americi, Australiji i svuda u svetu (Rubin, 1996). Prema Mossu (2002), rezistentnost na herbicide razvili su korovi u 50 zemalja: USA (46 država), Kanada (uglavnom sve provincije), 21 evropska zemlja, 9 zemalja južne i centralne Amerike, 12 azijskih, 5 afričkih i 3 australijske zemlje. Tada su zemlje sa najvećim brojem utvrđenih herbicidno rezistentnih korova bile: USA (85 rezistentnih biotipova), Australija (36), Kanada (35), Francuska (30), Španija (24), Velika Britanija (22), Belgija (18), Izrael (18), Nemačka (17) (Moss, 2002).

Najvažnije herbicidno rezistentne korovske vrste u svetu su: *Lolium rigidum* Gaud., *Avena fatua* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Setaria viridis* (L.) Beauv., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Eleusine indica* Gaertn., *Kochia scoparia* Schrad., *Conyza canadensis* L. i *Amaranthus hybridus* L. (www.weedscience.com, 2008).

Na našim prostorima problem rezistentnosti korova slabo je proučavan do 2000. godine. Prvi put je primenom metode fluorescencije listova i merenjem kvantnog prinosa ispitivana otpornost različitih biotipova *Amaranthus retroflexus* na atrazin (Janjić i sar., 1988). Slična ispitivanja rađena su na različitim biotipovima *Chenopodium album* (Stanković-Kalezić i sar., 1989). Rezistentnost na atrazin (herbicid iz grupe inhibitora fotosinteze) u regionu Vojvodine utvrđena je na biotipove korova *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium hybridum*, *Setaria viridis* i *Abutilon theophrasti* (Konstantinović, 2000; Konstantinović i Meseldžija, 2001, 2002), kao i na ALS inhibitore kod korovskih vrsta *Amaranthus retroflexus* (Konstantinović i sar., 2003a) i *Echinochloa crus-galli* (Konstantinović i sar., 2003b, 2003c). Rezultati ovih istraživanja su potvrđeni i od svetskog udruženja za rezistentne korovske vrste – HRAC, tako da se podaci mogu videti i na njihovoj web stranici (www.weedscience.com).

ANTIREZISTENTNA STRATEGIJA

Bilo koji način smanjenja selekcionog pritiska koji dovodi do pojave i razvoja rezistentnosti, smanjiće i stepen evolucije rezistentnosti. Najefikasniji način u prevenciji pojave rezistentnosti jeste integralni pristup suzbijanju korova (fizičke, hemijske i biološke mere), bez prekomernog oslonca na bilo koju od ovih metoda (Konstantinović i sar., 2002). Jedna od strategija u cilju sprečavanja širenja rezistentnosti je upotreba herbicida različitih načina delovanja, kao tank-smeše, pojedinačno ili u rotaciji (Jutsum i Graham, 1995). Mešavinu treba da sačinjavaju herbicidi koji suzbijaju iste korovske vrste, slične perzistentnosti, ali različitih mehanizama delovanja i/ili puteva degradacije u biljci. Time bi se smanjile šanse da korovi postanu rezistentni, jer su male šanse da istovremeno razviju rezistentnost na nekoliko herbicida, iako postoje izuzeci u slučaju razvijene multiple rezistentnosti (Wrubel i Gressel, 1994). Letnji postemergence herbicidi omogućavaju osetljivim korovima da, proizvodeći seme pre ili nakon primene herbicida, razrede količinu semena rezistentnih biljaka, što jako umanjuje selekcionni pritisak. Znači, da dužina rezidualne aktivnosti i vreme primene herbicida mogu uticati na nivo evolucije rezistentnosti (Konstantinović i sar., 2000).

ZAHVALNICA

Rad je rezultat projekta TR20135 – Razvoj proizvoda i metoda zaštite od štetnih agenasa u cilju održive upotrebe pesticida i zaštite životne sredine, Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

Abel, A.L.: The rotation of weed killers. Proc. Brit Weed Contr. Conf., 2, 249-259, 1954.

Christoffers, M.J.: Genetic aspects of herbicide-resistant weed management. Weed Technology, 13, 647-652, 1999.

De Prado, R., Lopez-Martinez, Gimenez-Espinosa, R.: Herbicide-resistant weeds in Europe: agricultural, physiological and biochemical aspects. In: Weed and Crop Resistance to Herbicides. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 17-27, 1997.

- Gasquez, J.:** Mutation for triazine resistance within susceptible populations of *Chenopodium album*. In: Herbicide Resistance in Weeds and Crops (J.C. Casseley, G.W. Cussans, R.K. Atkins, eds.). Butterworth Heinemann, UK, 103-113, 1990.
- Heap, I.:** The Occurrence of Herbicide-Resistant Weed Worldwide. *Pesticide Science*, 51, 235-243, 1997.
- Heap, I.:** International survey of herbicide-resistance weeds: lesson and limitations. *Proceedings 1999 Brighton Crop Protection Conference – Weeds*, Brighton, UK, 3, 769-776, 1998.
- Holt, J.S.:** History of identification of herbicide-resistant weeds. *Weed Technology*, 6, 615-620, 1992.
- Janjić, V., Veljović, S., Jovanović, Lj., Plesničar, M., Arsenović, M.:** Utvrđivanje rezistentnosti *Amaranthus retroflexus* L. prema atrazinu primenom metode fluorescencije listova. *Fragmenta herbologica Jugoslavica*, 17, 1-2, 45-54, 1988.
- Janjić, V.:** Savremene tendencije u istraživanjima prirode i delovanja herbicida. U: *Savremeni problemi herbologije* (M. Kojić, V. Janjić, urednici). Herbolološko društvo Srbije, Beograd, 107-153, 1997.
- Jutsum, A.R., Graham, J.C.:** Managing weed resistance: The role of the agrochemical industry. *Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference – Weeds*, Brighton, UK, 2, 557-566, 1995.
- Konstantinović, B.:** Razvoj herbicida, njihova sadašnjost i budućnost. *Zbornik radova V kongresa o korovima*, Banja Koviljača, 170-177, 1996.
- Konstantinović, B.:** Istorijski razvoj, sadašnje stanje i budućnost herbicida. U: *Savremeni problemi herbologije* (M. Kojić, V. Janjić, urednici). Herbolološko društvo Srbije, 99-107, 1997.
- Konstantinović, B.:** Poznavanje i suzbijanje korova. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1999.
- Konstantinović, B., Elezović, I., Marković, M.:** Rezistentnost korovskih vrsta na herbicide i metode utvrđivanja. *Zbornik radova Šestog kongresa o korovima*, Banja Koviljača, 346-357, 2000.
- Konstantinović, B.:** Determination of triazine resistant biotypes of *Setaria viridis*. *Proc. BCPC Conference – Weeds 2001*, Brighton, UK, 607-612, 2001.
- Konstantinović, B., Bošković, J.:** Biotehnologija u zaštiti bilja. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 105-151, 2001.
- Konstantinović, B., Meseldžija, M.:** Determination of resistant biotypes of *Amaranthus retroflexus* L. on triazines. *Med. Fac. Landbouw. Univ. Gent*, 66/2b, 769-773, 2001.
- Konstantinović, B., Meseldžija, M.:** Antirezistentna strategija – korovi i herbicidi. *Zbornik XXIII seminara iz zaštite bilja Vojvodine*, Novi Sad, 31-33, 2002.
- Konstantinović, B., Meseldžija, M.:** Determination of triazine-resistant biotypes of *Chenopodium hybridum* L. *Proc. 12th EWRS (European Weed Research Society) Symposium*, Wageningen, Netherlands, 144-145, 2002a.
- Konstantinović, B., Živanović, M., Meseldžija, M.:** Sprovođenje agrotehničkih i hemijskih mera u cilju sprovođenja pojave rezistentnih korova. *Biljni lekar*, 4, 306-309, 2002.
- Konstantinović, B., Meseldžija, M., Popović, S., Konstantinović, Bo.:** Study of resistance to ALS inhibitors in the weed species *Echinochloa crus-galli*. *Proc. BCPC International Congress-Crop Science & Technology*, Glasgow, Scotland, 771-776, 2003a.
- LeBaron, H.M., Gressel, J.:** *Herbicide Resistance in Plants*. John Wiley & Sons, New York, USA, 1982.
- LeBaron, H.M.:** Herbicide resistance in plants – an overview. *Weeds Today*, 14, 4-6, 1987.
- LeBaron, H.M., McFarland, J.:** Herbicides resistance in weeds and crops. An overview and prognosis. In: *Managing Resistance to Agrochemicals* (M.B. Green, H.M. LeBaron, W.K. Moberg, eds.), ACS, Washington DC, USA, 336-352, 1990.
- Letouze, A., Gasquez, J.:** A pollen test to detect ACCase target-site resistance within *Alopecurus myosuroides* populations. *Weed Research*, 40, 151-162, 2000.
- Lior, E., Sibony, M., Kigel, J., Rubin, R.:** Polymorphism in the resistance of *Plantago lagopus* to herbicides. *Weed Research*, 40, 457-466, 2000.
- Moss, S.R.:** Herbicide-Resistant Weeds. In: *Weed Management Handbook* (R.E.L. Naylor, ed.), BCPC, Blackwell Publishing, 225-251, 2002.
- Nevill D., Cornes D., Howard S.:** The role of HRAC in the Management of Weed Resistance. *Pesticide Outlook*, 1998.
- Powles, S., Holtum, J.A.M. (eds):** *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1994.
- Powles, S.:** Succes from adversity: Herbicide resistance can drive changes to sustainable weed management systems. *Proc. BCPC – Weeds*, Brighton, UK, 1119-1126, 1997.
- Powles, S., Preston, C., Bryan, I., Jutsum, A.:** Herbicide resistance: Impact and management. *Advances in Agronomy*, 58, 57-93, 1997.
- Putwain, P.P., Mortimer, A.M.:** The resistance of weeds to herbicides: Rational approaches to containment of a growing problem. *Proc. BCPC – Weeds*, Brighton, UK, 285-294, 1989.
- Rubin, B.:** Herbicide-resistance weeds – the inevitable phenomenon: Mechanisms, distribution and significance. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheit und Pflanzenschutz*, XV, 17-32, 1996.
- Ryan, C.F.:** Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. *Weed Science*, 18, 614-616, 1970.
- Shaner, D.L., Bascomb N.F., Smith, W.:** Imidazolinone-Resistant Crops: Selection, Characterisation and Management. In: *Herbicide Resistant Crops* (S.O. Duke, ed.). CRC Press, Inc., New York, 143-157, 1992.

- Stanković-Kalezić, R., Janjić, V., Ostojić, Z.:** Rezistentnost različitih biotipova *Chenopodium album* prema atrazinu. Zbornik Jugoslovenskog savetovanja o primeni pesticida, Opatija, 1989.
- Vila Aiub, M.M., Ghera, C.M.:** The role of fungal endophyte infection in the evolution of *Lolium multiflorum* resistance to diclofop-methyl. Weed Research, 41, 265-274, 2000.
- Warwick, S.I.:** Herbicide resistance in weedy plants; Physiology and population biology. Annual Review Ecology System, 22, 95-114, 1991.
- Wrubel, R.P., Gressel, J.:** Are herbicide mixtures useful for delaying the rapid evolution of resistance? A case study. Weed Technology, 8, 635-648, 1994.
- www.weedscience.com

Weed Resistance to Herbicides in Serbia and Worldwide

SUMMARY

Since the discovery of the first weed species, *Senecio vulgaris* L, resistant to triazines, a total of 415 biotypes of weed species have been determined that are resistant to herbicides, i.e. 183 weed species, of which 110 are dicotyledonous and 73 grass species, belonging to 18 groups with different mechanisms of action. Rapid increase in the number of these populations' representatives continues steadily through frequent use of the same herbicides or those with identical mechanism of action. In plants, resistance can naturally spread, or it can be induced by techniques such as genetic engineering or selection of resistant biotypes obtained by tissue culture or mutagenesis. In respect to tolerant plants, resistant biotypes most frequently do not only survive commercial herbicide rates, but extremely high rates as well. Resistant biotypes with multifold resistance mechanisms represent a challenge for their control. Researchers keep trying to develop easier methods of detecting changes in the target sites of resistance mechanisms by using molecular biology.

Keywords: Resistance; Herbicides; Weeds

Primljen 03.07.2008.

Odobren 10.07.2008.