

UDK: 631.52:632.95.025.8  
*Pregledni rad - Review paper*

Datum prijema: 5.12.2023.  
Datum odobrenja: 15.12.2023.  
Doi broj: 10.5937/32ah-48151

## **Dve decenije useva tolerantnih na herbicide u Republici Srbiji**

Goran Malidža, Siniša Jocić, Goran Bekavac, Jovana Krstić, Vladimir Miklič,  
Nenad Dušanić

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju,  
Novi Sad  
e-mail: goran.malidza@ifvcns.ns.ac.rs

### **REZIME**

Oplemenjivanje i testiranje useva tolerantnih na herbicide (HTC) u Srbiji odvija se skoro tri, a tradicija njihovog gajenja oko dve decenije. U Republici Srbiji i drugim evropskim državama dozvoljeno je gajenje isključivo HTC koji su dobijeni klasičnim metodama oplemenjivanja, bez korišćenja genetičkog inženjerstva. To su za sada suncokret, uljana repica i šećerna repa tolerantni na herbicide ALS inhibitore i kukuruz tolerantan na cikloksidim. Izuzev hibrida suncokreta tolerantnih na tribenuron-metil i imidazolinone, koji zauzimaju preko 80% površina pod ovim usevom u Srbiji, ostali HTC zastupljeni su na mnogo manjim površinama (1-17%). Potencijal ovih useva se često ne koristi na najbolji način, a glavni izazov i pretnja su korovi rezistentni na herbicide na koje su ovi usevi tolerantni. Veliki problem za održivost ovih sistema proizvodnje u Srbiji je što se uzgajivači ovih useva oslanjaju uglavnom na herbicide na koje su tolerantni, zanemarujući druge mere u integrisanom suzbijanju korova. Da bi se očuvali ovi resursi kao deo integralnog sistema suzbijanja korova neophodno je poboljšati nivo znanja proizvođača o najboljoj praksi gajenja ovih useva, njihovim prednostima i rizicima. Kao mač sa dve oštrice, HTC omogućuju poljoprivrednicima da poboljšaju smenu herbicida različitih mehanizama delovanja i suzbijanje određenih korova rezistentnih na pojedine herbicide, ali takođe mogu dovesti do prekomerne upotrebe herbicida na koje su tolerantni, uticati na selekciju rezistentnih korova i promenu sastava korovske flore. Herbicidi i HTC su veoma važni resursi savremene biljne proizvodnje ali isključivo kao deo integralnog suzbijanja korova, bez preteranog oslanjanja na ove useve i herbicide na koje su tolerantni.

**Ključne reči:** usevi, herbicidi, tolerantnost, rezistentnost.

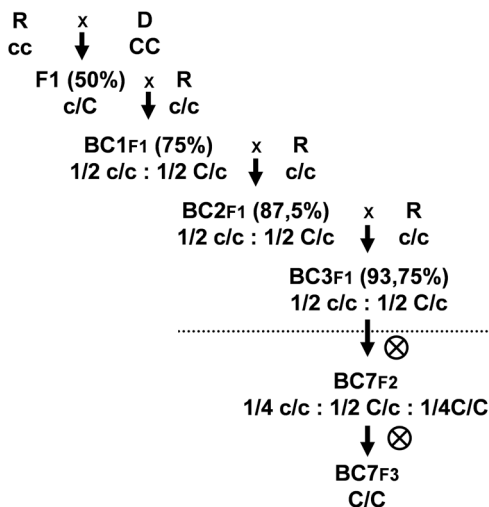
## UVOD

Usevi tolerantni na pojedine herbicide (Herbicide-Tolerant Crops – HTC) su izuzetno značajna naučno-tehnološka otkrića čija se komercijalizacija vezuje za kraj prošlog i početak ovog veka. Najvažniji podsticaji za širu upotrebu HTC bili su usporen razvoj herbicida i nedostatak herbicida novih mehanizama delovanja, zabrana prometa nekih herbicida u Evropskoj Uniji, brz razvoj i ekspanzija populacija korova koji su razvili rezistentnost na najčešće korišćene herbicide. Korišćenje ovih useva u Republici Srbiji započeto je pre dvadeset godina, odnosno 2004. godine kada je komercijalizovan prvi hibrid suncokreta tolerantan na herbicide iz grupe imidazolinona (Clearfield system). Četiri godine kasnije, na domaćem tržištu pojavili su se hibridi suncokreta tolerantni na tribenuron-metil (SUMO i ExpressSun hibridi) i hibridi kukuruza tolerantni na cikloksidim (CTM, ULTRA ili DUO hibridi). Za uvođenje ovih hibrida u praksu i obuku njihovih korisnika na domaćem tržištu, najveću ulogu je imao Institut za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada. Posle prethodno pomenutih HTC, na domaćem tržištu su se mnogo kasnije pojavili hibridi uljane repice tolerantni na imidazolinone i sorte šećerne repe tolerantne na pojedine ALS inhibitore. Razvoj rezistentnosti na herbicide kod korova se kao prirodni fenomen mnogo ranije pojavio u svetu od HTC. Međutim, kod nas se desilo obrnuto, mada je teško proceniti da li su i koliki uticaj u pojavi rezistentnosti korova na herbicide imali pojedini HTC. HTC i herbicidi na koje poseduju tolerantnost su kao mač sa dve oštrice - mogu pomoći u suzbijanju rezistentnih korova (kao na primer cikloksidim u suzbijanju divljeg sirka rezistentnog na ALS inhibitore u ULTRA hibridima kukuruza) ili povećati selekcionu pritisak na korove i uticati na brži razvoj rezistentnosti na herbicide (kao u usevima tolerantnim na neke ALS inhibitore). Najveći problem za održivu proizvodnju HTC u Srbiji i koegzistenciju sa korovima rezistentnim na iste herbicide, je što se uzgajivači ovih useva oslanjaju najviše ili samo na herbicide na koje su ove gajene biljke tolerantne, pri čemu se zanemaruju druge mere u integralnom sistemu suzbijanja korova. Stoga u ovoj publikaciji dat je detaljniji prikaz useva tolerantnih na pojedine herbicide u Srbiji i iskustva iz dvadesetogodišnjeg perioda njihove komercijalne primene.

## NAČIN STVARANJA HTC U REPUBLICI SRBIJI

Ispitivanja efekata zajedničke primene herbicida povoljnijih ekotoksikoloških osobina i širokog spektra delovanja sa usevima koji su tolerantni na ove herbicide, započeta su kod nas krajem prošlog veka i traju skoro tri decenije. Stvaranje inbred linija i hibrida suncokreta i kukuruza tolerantnih na pojedine herbicide započeto je u istom vremenskom periodu kada su izvođeni prvi ogleđi u poljskim uslovima. U proizvodnji kukuruza i suncokreta u Evropskoj Uniji (EU) i Srbiji tradicionalno se koriste herbicidi i nehemijske mere, premda se poljoprivrednici dominantno oslanjaju na herbicide. Oplemenjivanje kukuruza i suncokreta na tolerantnost prema pojedinim herbicidima u Srbiji datira od poslednje dekade prošlog veka. Krajem prošlog i početkom ovog veka, masovnijem korišćenju HTC kod nas prethodile

su godine stvaranja i ispitivanja prvih hibrida suncokreta tolerantnih na herbicide iz grupe imidazolinona i hibrida kukuruza tolerantnih prema cikloksidimu u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo (Jocić i sar., 2001; Bekavac i sar., 2006). U prethodnim ogledima potvrđena je prednost zajedničkog korišćenja HTC odličnih agronomskih svojstava i herbicida na koje su oni tolerantni, što je podstaklo da se 1998. godine u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo započnu konverzioni programi najboljih hibrida kukuruza i suncokreta na tolerantnost prema odabranim herbicidima korišćenjem konvencionalnih metoda oplemenjivanja. Od svega što je tada započeto na kukuruзу, zbog regulative i potrebe tržišta Srbije i EU, registrovani i komercijalizovani su samo hibridi tolerantni na cikloksidim. Postupak introdukcije gena odgovornih za tolerantnost kukuruza na cikloksidim zasnovan je na klasičnoj oplemenjivačkoj proceduri, što je podrazumevalo da se odabrane NS roditeljske linije hibrida odličnih agronomskih osobina ukrste sa donorima pomenutog svojstva, a zatim je sprovedena procedura povratnog ukrštanja sa rekurentnim roditeljima (back cross, BC). U konverzionom programu za testiranje tolerantnosti BC generacija korišćen je preparat na bazi cikloksidima, kojim su se iz generacija povratnih ukrštanja zadržavale samo individue koje imaju željeni gen. Način nasleđivanja tolerantnosti kukuruza prema cikloksidimu je parcijalna dominacija (Gengebach et al., 1999) i pomenuto svojstvo je bilo potrebno uneti u obe roditeljske komponente prostih (single-cross) hibrida. Dobijeni genotipovi se po osnovnim agronomskim svojstvima ne razlikuju od originalnih hibrida, osim po tolerantnosti na herbicid cikloksidim (Bekavac i sar., 2006). Slična procedura korišćena je i kod stvaranja inbred linija suncokreta tolerantnih na imidazolinone i tribenuron-metil, gde je u oba slučaja parcijalna dominacija način nasleđivanja tolerantnosti na pomenute herbicide (Jocić i sar., 2001, 2008, 2011).



**Slika 1.** Šematski prikaz procedure povratnog ukrštanja korišćene u stvaranju inbred linija kukuruza tolerantnih na cikloksidim (R – inbred linija recipient osetljiva na cikloksidim, D – donor gena tolerantnosti na cikloksidim, BC1F1, BC2F1, BC3F1... – generacije povratnih ukrštanja sa recipientom, ⊗ – samooplodnja, BC7F2 – generacija iz sedmog povratnog ukrštanja i samooplodnje, BC7F3 – inbred linija sa osobinama recipienta, homozigotna za alele tolerantnosti prema cikloksidimu).

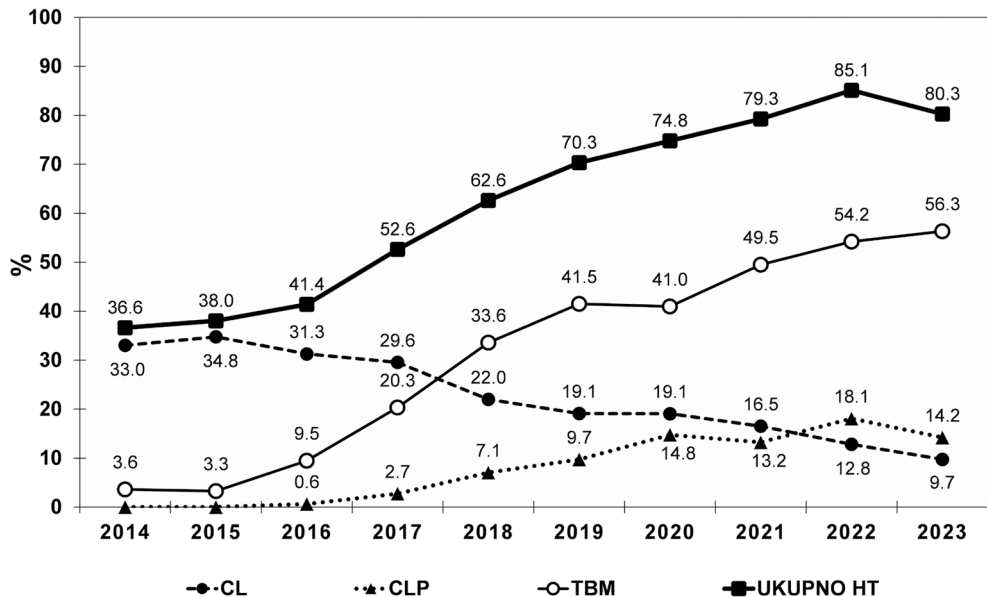
**Picture 1.** Backcrossing procedure used in the creation of cycloxydim-tolerant maize inbred lines (R – recipient inbred line susceptible to cycloxydim, D – donor of gene for cycloxydim tolerance, BC1F1, BC2F1, BC3F1... – generations of backcrosses with the recipient, ⊗ – self-crossing, BC7F2 – generation from the seventh backcross and self-crossing, BC7F3 – inbred line with recipient characteristics, homozygous for cycloxydim tolerance alleles).

## SUNCOKRET TOLERANTAN NA IMIDAZOLINONE I TRIBENURON-METIL

Do komercijalizacije i značajnijeg povećanja udela tolerantnih hibrida suncokreta na pojedine herbicide, proizvođači suncokreta su imali na raspolaganju usku paletu herbicida za suzbijanje širokolisnih korova i tradicionalno su se oslanjali na herbicide posle setve a pre nicanja (Malidža, 2006). Pored toga, strožija regulativa dovela je do zabrane prometa nekih herbicida u EU, a samim tim i u Srbiji (Kraehmer et al., 2014). U istom periodu kada su zabranjeni pojedini herbicidi za primenu u suncokretu, započeo je inovativni pristup u suzbijanju korova u ovom usevu zasnovan na hibridima tolerantnim na herbicide iz grupe imidazolinona i tribenuron-metil. Komercijalna primena hibrida suncokreta tolerantnih na herbicide kod nas je zvanično započeta pre oko dve decenije, odnosno 2004. godine, kada je u EU i Srbiji registrovan prvi hibrid suncokreta tolerantan na imidazolinone, a čija je zastupljenost u prvoj godini proizvodnje bila oko 4% ukupnih posejanih površina suncokreta. Suzbijanje korova herbicidima u hibridima suncokreta tolerantnim na imidazolinone (imazamoks u EU i Srbiji) i tribenuron-metil našlo je široku primenu u svim državama koje su značajni proizvođači ove uljarice. Takozvani „Sistem čistog polja“ (Clearfield sistem, CL) uveden je prvi putu na evropsko tržište 2004. godine (u Srbiji i Španiji), zahvaljujući hibridu Rimi (ili Rimisol) stvorenom u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. Hibridi suncokreta tolerantni na imidazolinone predstavljaju prve komercijalizovane HTC na našem tržištu i koji su dobijeni bez korišćenja genetičkog inženjerstva/inženjeringa. CL hibridi suncokreta i sistem proizvodnje su najpoznatiji i najduže na tržištu, a posebno se ističu zbog jednostavnosti i mogućnosti suzbijanja dominantnih korova, uključujući i parazitski korov volovod (*Orobancha cumana*). Ovaj sistem proizvodnje rapidno je povećavao svoje učešće u ukupnim površinama, pre svega zahvaljujući mogućnosti suzbijanja korova koji se ne mogu efikasno ili nikako suzbiti u konvencionalnoj proizvodnji, odličnoj efikasnosti i fleksibilnosti vremena primene herbicida uz zagarantovanu selektivnost prema usevu (Malidža i sar., 2003ab, 2004, 2016; Pfenning et al., 2008; Kukorelli et al., 2011). Od početnog uspešnog rasta tržišnog udela semena, CL hibridi suncokreta beleže konstantan pad učešća na tržištu od 34,8% u 2015. godini do 9,7% u 2023. godini (Grafik 1). Kao jedan od uzroka pada udela na tržištu CL hibrida pripisuje se otkriću novog gena CLHA-Plus koji omogućuje određene prednosti u odnosu na CL sistem proizvodnje. Hibridi sa CLHA-Plus genom predstavljali su novi takozvani Clearfield Plus (CLP) sistem proizvodnje, koji je bio svojevrsna evolucija CL sistema. Ovaj sistem je omogućio efikasnije suzbijanje korova zahvaljujući unapređenoj formulaciji preparata na bazi imazamoksa uz dodatak efikasnijih adjuvanata. Takođe, tolerantnost CLP hibrida prema imidazolinonima je značajno povećana u poređenju sa CL hibridima zahvaljujući CLHA-Plus genu što takođe omogućava razvoj novih herbicidnih formulacija koje pružaju fleksibilnije i pouzdanije suzbijanje korova (Pfenning et al., 2012). Između ostalog, olakšano je suzbijanje samoniklih biljaka suncokreta sa novim CLHA-Plus genom sa ALS inhibitorima u poređenju sa drugim sistemima zasnovanim na tolerantnom ALS enzimu. Tolerantnost CLP hibrida je obezbeđena samo na imidazolinone ali ne i prema drugim ALS inhibitorima (Malidža i sar., 2022a). Pored prethodnih prednosti, olakšano je oplemenjivanje zbog novog CLHA-Plus gena i bez takozvanog „gena modifikatora“

koji je obavezan u CL hibridima (Sala et al., 2008). Zahvaljujući efikasnijim adjuvantima i unapređenoj formulaciji preparata za CLP sistem, moguće je ostvariti visoku efikasnost primenom manjih količina herbicida u odnosu na formulacije preparata za CL sistem, čime se ujedno smanjuje rizik od oštećenja narednih useva u plodoredu. Bez obzira na sve prednosti, površine sa ovim sistemom nisu rasle kako je to bilo predviđeno. Tek u poslednje dve godine udeo semena CLP hibrida suncokreta je prestigao CL hibride na domaćem tržištu i kretao se od 0,6% u 2016. godini do 14,2% u 2023. godini (Tabela 1).

Sistem suzbijanja korova zasnovan na zajedničkoj primeni hibrida suncokreta tolerantnih na tribenuron-metil i preparata na bazi ovog herbicida doživeo je brzu ekspanziju na domaćem tržištu. Ovaj sistem proizvodnje odlikuju slične prednosti kao CL i CLP sistem, a izdvajaju ga odlična efikasnost i mogućnost suzbijanja velikog broja širokolisnih korova primenom preparata na bazi tribenuron-metila posle nicanja korova i useva. U odnosu na CL sistem, omogućava efikasnije suzbijanje pojedinih višegodišnjih širokolisnih korova (npr. *Cirsium arvense*), na osnovu čega proizvođači suncokreta donose odluku oko izbora između ova dva sistema (Malidža i sar., 2006). Na domaćem i tržištu pojedinih evropskih država, među prvim hibridima sa ovim svojstvom bili su SUMO hibridi stvoreni u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo (Jocić i



**Grafik 1.** Udeo atestiranih količina semena hibrida suncokreta tolerantnih na pojedine herbicide u ukupnim količinama semena suncokreta u Republici Srbiji (CL – Clearfield hibridi tolerantni na imidazolinone, CLP – Clearfield Plus hibridi tolerantni na imidazolinone; TBM – hibridi tolerantni na tribenuron-metil, UKUPNO HT – ukupno tolerantni na herbicide).

**Figure 1.** Share of certified quantities of sunflower hybrids seeds tolerant to certain herbicides in total quantities of sunflower seeds in the Republic of Serbia (CL - Clearfield hybrids tolerant to imidazolinones, CLP - Clearfield Plus hybrids tolerant to imidazolinones; TBM - tribenuron-tolerant hybrids, UKUPNO HT- total herbicide-tolerant).

sar., 2008, 2011). Poslednjih deset godina plasman semena hibrida suncokreta tolerantnih na tribenuron-metil beleži nagli rast od 3,6% u 2014. godini do 56,3% u 2023. godini (Grafik 1, PSS Sombor, 2014-2023). Veliki uspeh ovog sistema može se zahvaliti mogućnošću efikasnog suzbijanja najvažnijih širokolisnih korova korišćenjem uglavnom sve više jeftinijih generičkih preparata na bazi tribenuron-metila i povećanom broju hibrida na tržištu čija agronomska svojstva su bila na nivou konvencionalnih hibrida. Procenjuje se da su na domaćem tržištu u poslednje dve godine hibridi tolerantni na imidazolinone i tribenuron-metil ukupno bili zastupljeni preko 80%. Uprkos raspoloživim efikasnim herbicidima (imazamoks i tribenuron-metil), herbicidi koji se primenjuju posle setve a pre nicanja suncokreta preporučuju se kao osiguranje useva tokom prve četiri do pet nedelja rasta, obezbeđujući fleksibilniju primenu herbicida imazamoks ili tribenuron-metil posle nicanja (Knežević et al., 2013). Iskustva u Mađarskoj takođe potvrđuju da je primena pojedinih herbicida posle setve a pre nicanja useva, uz naknadnu primenu posle nicanja preparata na bazi imazamoksa, veoma efikasna i pouzdana praksa (Nagy et al., 2006), što bi trebalo da bude i u Srbiji kao deo integralnog sistema i antirezistentne strategije u suzbijanju korova.

### KUKURUZ TOLERANTAN NA CIKLOKSIDIM

Od hibrida kukuruza tolerantnih na cikloksidim za takozvani DUO sistem proizvodnje kukuruza (Duo System je brend kompanije BASF) se očekivao veliki doprinos u unapređenju suzbijanja travnih korova. Ovaj sistem predstavlja inovativni tandem herbicida cikloksidim i hibrida kukuruza odličnih agronomskih osobina tolerantnih na ovaj herbicid, a koji omogućuje najefikasnije suzbijanje korova iz familije *Poaceae* uz zagarantovanu selektivnost herbicida prema usevu. Važno je istaći da osobine ovog sistema pružaju visoku garanciju za uspeh u suzbijanju travnih korova u proizvodnji kukuruza, kao što su *Sorghum halepense*, *Cynodon dactylon*, *Agropyrum repens*, *Echinochloa crus-galli*, *Panicum* spp. i *Setaria* spp. Najvažnije prednosti ovog sistema su: 1) odlična tolerantnost ULTRA hibrida koja obezbeđuje odličnu selektivnost i fleksibilan izbor količine i vremena primene preparata na bazi cikloksidima; 2) odlična efikasnost u suzbijanju travnih korova i jedinstvena mogućnost suzbijanja *S. halepense* rezistentnog na ALS inhibitore, *C. dactylon* i *A. repens*; 3) pogodnost za suzbijanje travnih korova u združenim usevima sa kukuruzom (pasulj i dr.); 4) pouzdanije suzbijanje travnih korova u poređenju sa alternativnim opcijama u kukuruzu (Malidža i Orbović, 2004; Malidža i sar., 2007, 2020). Iako DUO sistem nudi efikasnije, jednostavnije, fleksibilnije i po usev selektivnije suzbijanje travnih korova u odnosu na alternativne hemijske mere, na tržištu je prisutan veoma mali broj hibrida sa ovim svojstvom i udeo atestiranog semena ovih hibrida na domaćem tržištu se poslednjih deset godina kretao malo iznad 1% (Tabela 1, PSS Sombor 2014-2023). Poslednjih godina povećan je značaj ovih hibrida i preparata Focus Ultra zbog narastajućeg problema i otežanog suzbijanja divljeg sirka rezistentnog na ALS inhibitore u kukuruzu. Potvrđeni slučajevi rezistentnosti divljeg sirka na cikloksidim i druge herbicide inhibitore ACC-aze u Srbiji, upozoravaju na posledice od preteranog oslanjanja na ove herbicide

(Malidža, 2018; Malidža i Rajković, 2018; Malidža i Krstić, 2022). Da bi se izbegle posledice i DUO sistem bio održiv što duže i na što većoj teritoriji, potrebno ga je pravilno pozicionirati kao deo integralnog sistema suzbijanja korova. Manji ali potencijalni problem mogu biti samonikle biljke kukuruza sa tolerantnošću na cikloksidim u narednim usevima.

### ULJANA REPICA TOLERANTNA NA IMIDAZOLINONE

Hibridi uljane repice tolerantni na imidazolinone su kao kod suncokreta deo poznatog Clearfield sistema, jer ovom sistemu pripadaju sve gajene biljke tolerantne na imidazolinone, odnosno herbicid imazamoks u Srbiji. Uvođenjem CL hibrida u praksu omogućen je napredak u suzbijanju korova zahvaljujući mogućnosti zajedničke primene sa herbicidima širokog spektra delovanja kao što su imazamoks i metazahlor. Njihovim izborom posle nicanja efikasno se mogu suzbiti dominantni korovi uljane repice, a posebno problematične vrste iz iste familije kao što je *Sinapis arvensis* (Malidža i Rajković, 2012). Selektivnost imazamoksa prema usevu je zagarantovana, a efikasnost herbicida ne zavisi toliko od preduslova kao što su kvalitetna priprema zemljišta i padavine za njihovo aktiviranje. Ove nekad nezamislive mogućnosti u ovom usevu, uticale su na prihvatanje ovog sistema suzbijanja korova u praksi. Bez obzira na pomenute prednosti, udeo atestiranih količina semena CL hibrida uljane repice (analogno udelu u ukupnim površinama) na domaćem tržištu u poslednjih deset godina kretao se od 8,83% u 2014. godini do 16,8% u 2016. godini. U poslednjih nekoliko godina zabeležena je stagnacija i čak tendencija opadanja udela ovog sistema na domaćem tržištu (Tabela 1, PSS Sombor 2014-2023).

**Tabela 1.** Udeo atestiranih količina semena hibrida kukuruza, uljane repice i šećerne repe tolerantnih na pojedine herbicide u ukupnim količinama semena ovih useva u Republici Srbiji (%)

**Table 1.** Share of certified quantities of seeds of hybrids of maize, oilseed rape and sugar beet tolerant to certain herbicides in the total quantities of seeds of these crops in the Republic of Serbia (%)

Sistem- System*	Godina - Year									
	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
DUO kukuruz	0,90	0,96	0,69	0,74	0,91	1,26	1,42	1,07	1,43	1,20
DUO maize										
CL uljana repica	8,83	11,77	16,82	13,54	14,31	13,94	15,83	14,40	9,57	
CL oilseed rape										
CS šećerna repa					1,37	2,79	1,41	1,91	2,69	3,83
CS sugar beet										

\*DUO – DUO ili ULTRA hibridi kukuruza tolerantni na cikloksidim; CL – Clearfield hibridi uljane repice tolerantni na imidazolinone; CS – CONVISO SMART sorte šećerne repe tolerantne na ALS inhibitore

\* DUO - DUO or ULTRA maize hybrids tolerant to cycloxydim; CL - Clearfield oilseed rape hybrids tolerant to imidazolinones; CS - CONVISO SMART sugar beet varieties tolerant to ALS inhibitors

## ŠEĆERNA REPA TOLERANTNA NA ALS INHIBITORE

Herbicidi u šećernoj repi imaju ograničeno delovanje preko zemljišta i ograničenu fleksibilnost primene, a u zavisnosti od prisutnih korova i vremena njihovog nicanja potrebno je zajedno primeniti 2-4 preparata (3-7 aktivnih supstanci) u 3-4 tretiranja. Selektivnost veoma zavisi od faze useva, količine herbicida i vremenskih uslova (Peterson, 2004). Uvođenjem u praksu sorata šećerne repe tolerantnih na ALS inhibitore ponuđene su nove do tada nezamislive mogućnosti. Ovim sistemom napravljen je revolucionarni napredak u suzbijanju dominantnih korova u ovom usevu, a on se zasniva na zajedničkom korišćenju sorata šećerne repe odlične tolerantnosti na herbicide ALS inhibitore (Conviso Smart, CS) i preparata (Conviso One) na bazi aktivnih materija foramsulfuron i tienkarbazon-metil koje poseduju veoma širok spektar delovanja na širokolisne i uskolisne korove. Prednosti CS sistema su efikasnije, jednostavnije, fleksibilnije i po usev selektivnije suzbijanje korova. Veoma važno je istaći jedinstvenu karakteristiku herbicida foramsulfuron i tienkarbazon-metil, a to je mogućnost efikasnog suzbijanja parazitske cvetnice *Cuscuta campestris*, što takođe može biti jedan od važnijih razloga za donošenje odluke o korišćenju CS sistema proizvodnje. Iako ovaj sistem omogućuje primenu manjih količina ekotoksikološki povoljnijih herbicida, rezistentni korovi na ALS inhibitore upozoravaju i otežavaju njegovo pozicioniranje. Šećerna repa tolerantna na ALS inhibitore se kod nas ispitivala u ogledima od 2013. godine, a komercijalna primena je otpočela 2018. godine (Malidža i sar., 2015a; Balgheim et al., 2016). Prednosti i nedostaci ovog sistema pokazali su se već u prvim godinama gajenja, a posebno u efikasnom suzbijanju viline kosice i drugih korova sa jednim ili dva tretiranja preparatom Conviso One. Međutim, najveći problem za širu primenu ove tehnologije u Srbiji predstavljaju populacije *Amaranthus retroflexus* i *Ambrosia artemisiifolia* rezistentne na ALS inhibitore (Malidža et al., 2022b; Malidža i Krstić, 2023; Vrbničanin et al., 2023). Uvođenjem sorti boljih agronomskih osobina, procenjuje se da su Conviso Smart sorte šećerne repe od 2018-2023. godine veoma slabo povećale udeo na tržištu od 1,37-3,8% (Tabela 1).

## PREDNOSTI I RIZICI GAJENJA HTC U REPUBLICI SRBIJI

Stvaranjem HTC pokušalo se privremeno ublažiti nedostatak i za sada, od strane nauke, neotkrivanje herbicida novog mehanizma delovanja. Međutim, suštinski je samo proširena mogućnost primene starih herbicida na više useva, što ipak dolazi posebno do izražaja kada HTC imaju prednosti koje opravdavaju njihovo korišćenje u situacijama kada su konvencionalni načini suzbijanja korova inferiorniji. U Srbiji su zastupljeni sledeći HTC: 1) suncokret tolerantan na tribenuron-metil i imidazolinone, 2) kukuruz tolerantan na cikloksidim, 3) uljana repica tolerantna na imidazolinone i 4) šećerna repa tolerantna na ALS inhibitore. Od pomenutih useva najviše su zastupljeni HT hibridi suncokreta, dok su ostali znatno manje. Osim kukuruza tolerantnog na cikloksidim, ostali usevi su tolerantni na herbicide istog mehanizma delovanja, odnosno ALS inhibitore (Janjić i Malidža, 2014,



Malidža, 2016). O prednostima zajedničke primene HTC sa herbološkog aspekta uverili smo se iz prvih oglada sa genetički modifikovanim (GM) kukuruzom i sojom tolerantnim na glifosat i kukuruzom tolerantnim na glufosinat-amonijum (Bekavac i sar., 1998; Malidža i Bekavac, 2001; Malidža, 2003). Prvi ogladi su brzo potvrdili prednosti zajedničke primene „totalnih“ herbicida glifosata i glufosinat-amonijuma u genetički modifikovanim usevima koji su tolerantni na ove herbicide. Zahvaljujući nadmoćnosti pomenutih herbicida u poređenju sa konvencionalnim hemijskim merama i globalnom uspehu GM biljaka tolerantnih na glifosat i glufosinat-amonijum, česta su bila optimistička predviđanja njihove buduće komercijalne primene i u EU. Međutim, opšte poznata činjenica je da regulativa u EU i Srbiji nije dozvolila korišćenje ovih GM useva. Bez obzira da li su u pitanju GM usevi ili usevi dobijeni konvencionalnim metodama oplemenjivanja tolerantni na pojedine herbicide, u najvažnije prednosti njihove zajedničke primene sa herbicidima na koje su tolerantni ubrajaju se: jednostavnije i efikasnije suzbijanje korova, smanjenje fitotoksičnosti od herbicida, fleksibilno vreme primene herbicida, manja ograničenja u smeni useva, suzbijanje rezistentnih i parazitskih korova, mogućnost primene manjih količina ekotoksikološki povoljnijih herbicida, pogodnost za konzervacijske sisteme biljne proizvodnje i dr. Zbog svega pomenutog, poljoprivredni proizvođači su se uglavnom oslanjali na stare herbicide i nove tolerantne useve, koji su starim herbicidima omogućili novu namenu. U pojedinim usevima izbor herbicida različitih mehanizama delovanja je veoma ograničen i uvođenje novog mehanizma delovanja zahvaljujući stvaranju tolerantnih hibrida kod pojedinih ratarskih useva je bila i ostala privremeno korisna strategija (Malidža i sar., 1999, 2003; Malidža i Janjić, 2004; Green, 2012). U nedostatku novih mehanizama delovanja herbicida, da bi se dobilo na vremenu i proširio izbor opcija u hemijskom suzbijanju korova, najčešće se pribegava stvaranju tolerantnih useva na pojedine herbicide. Na taj način proizvođači ovih useva nalaze nove namene starim herbicidima. Međutim, važnije je pomoći poljoprivrednim proizvođačima da shvate da mnoge korovske vrste u uslovima dugotrajne primene istih herbicida se „navikavaju“ na njih i da bez obzira na početni uspeh njihove efikasnosti u suzbijanju tih korova vek njihove upotrebe je ograničen (Vencill et al., 2012). Zbog brojnih prednosti, poljoprivredni proizvođači se sve više oslanjaju na useve tolerantne na pojedine herbicide, a zapostavljaju nehemijske mere u suzbijanju korova. Iako ovi usevi pružaju poljoprivrednicima mogućnost optimizacije rotacije herbicida i suzbijanja rezistentnih korova, postoji rizik od prevelikog oslanjanja na herbicide na koje su ovi usevi tolerantni. Ova praksa može rezultirati promenama u sastavu korovske flore i izazvati selekciju rezistentnih korovskih biotipova (Owen, 2016). Zahvaljujući hibridima kukuruza tolerantnim na cikloksidim, moguće je efikasno suzbijanje divljeg sirka iz rizoma rezistentnog na ALS inhibitore primenom cikloksidima koji je drugačijeg mehanizma delovanja. Zbog ovog razloga, sa porastom površina sa prisustvom populacija divljeg sirka rezistentnih na ALS inhibitore, povećava se značaj i porast površina zasejanih hibridima kukuruza tolerantnih na cikloksidim (Malidža i sar., 2015b). Iako u ovom slučaju postoji privremeno rešenje, korišćenje ovog ili drugih useva i herbicida na koje su oni tolerantni, korisno je isključivo ukoliko se koriste kao deo antirezistentne strategije bez preteranog oslanjanja u dužem periodu na herbicide istog mehanizma delovanja. Nažalost, većina proizvođača žele pojednostavljena rešenja, reaktivni

su, a ne proaktivni, potcenjuju fenomen rezistentnosti korova, oslanjaju se najviše ili isključivo na herbicide i imaju poteškoće u određivanju optimalnog vremena primene herbicida. Korovi rezistentni na ALS inhibitore i dr., dovoljno su jaka opomena da je upotreba tolerantnih useva i herbicida na koje su oni tolerantni održiva samo kao dodatak drugim merama u raznovrsnom integralnom suzbijanju korova (Bonny, 2016; Malidža et al., 2016). Oslanjanjem uglavnom na hibride suncokreta tolerantne na ALS inhibitore, povećava se rizik od ukrštanja sa hibridnim formama divljeg suncokreta (Božić et al., 2015, 2019). U ovom slučaju može doći do transfera gena odgovornog za tolerantnost na herbicide iz grupa sulfonilurea i imidazolinona, pri čemu bi nastale rezistentne populacije hibridnih formi divljeg suncokreta (korovski suncokret) i samim tim izgubile prednosti ovih tehnologija i stvorili bi se problemi u suzbijanju ovog korova u drugim usevima u kojima su se ovi herbicidi efikasno koristili za ovu namenu. U vezi sa tim, uvek treba da bude podsetnik da je prvi usev tolerantan na herbicide u Srbiji bio suncokret tolerantan na imidazolinone, za čije stvaranje je korišćen divlji suncokret kao donor gena odgovornog za tolerantnost. Takođe, transfer gena u obrnutom smeru, od useva prema divljem srodniku, očekivan i potvrđen je fenomen kod suncokreta koji ne smemo potceniti (Massinga et al., 2003).

## LITERATURA

- Balgheim, N., Wegener, M., Mumme, H., Stibbe, C., Holtschulte, B.*: CONVISO SMART – ein neues System zur erfolgreichen Kontrolle von Ungräsern und Unkräutern in ALS-toleranten Zuckerrüben. 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Braunschweig, pp. 327-334, 2016.
- Bekavac, G., Malidža, G., Konstantinović, B., Stojaković, M., Jocković, Đ., Zlokolica, M., Miladinović, J.*: Razvoj i značaj transgenih biljaka otpornih prema herbicidima. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 30, 63-86, 1998.
- Bekavac, G., Malidža, G., Jocković, Đ., Stojaković, M., Ivanović, M., Vasić, N., Purar, B., Nastasić, A.*: Novosadski CTM hibridi kukuruza. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 42 (2), 273-278, 2006.
- Bonny, S.*: Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops, Weeds, and Herbicides: Overview and Impact. Environmental Management, 57, 31-48, 2006.
- Božić, D., Pavlović, D., Bregola, V., di Loreto, A., Bosi, S., Vrbničanin, S.*: Gene Flow from Herbicide-Resistant Sunflower Hybrids to Weedy Sunflower. Journal of Plant Diseases and Protection, 122 (4), 183-188, 2015.
- Božić, D., Saulić, M., Savić, A., Gibbings, G., Vrbničanin, S.*: Studies on gene flow from herbicide resistant to weedy sunflower. Genetika, 51 (1), 297-308, 2019.
- Gengenbach, B. G., VanDee, K. L., Egli, M. A., Wyse, D. L., Somers, D. A.*: Genetic relationships of alleles for tolerance to sethoxydim herbicide in maize. Crop Science, 39 (3), 812-818, 1999.
- Green, J. M.*: The benefits of herbicide-resistant crops. Pest Management Science, 68 (10), 1323-1331, 2012.
- Janjić, V., Malidža, G.*: Genetički modifikovane biljke otporne na herbicide. Genetički modifikovani organizmi: činjenice i izazovi, Zbornik radova naučnog skupa, Beogradu, SANU, str. 67-77, 2014.
- Jocić, S., Škorić, D., Malidža, G.*: Oplemenjivanje suncokreta na otpornost prema herbicidima. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 35, 223-233, 2001.
- Jocić, S., Malidža, G., Hladni, N., Gvozdrenović, S.*: Novi hibridi suncokreta tolerantni na tribenuron-metil. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 45, 89-95, 2008.
- Jocić, S., Malidža, G., Cvejić, S., Hladni, N., Miklić, B., Škorić, D.*: Development of sunflower hybrids tolerant to tribenuron methyl. Genetika, 43 (1), 175-182, 2011.

- Knežević, S., Elezović, I., Datta, A., Vrbničanin, S., Glamočlija, D., Simić, M., Malidža, G.:** Delay in the critical time for weed removal in imidazolinone-resistant sunflower (*Helianthus annuus*) caused by application of pre-emergence herbicide. *International Journal of Pest Management*, 3, 229-235, 2013.
- Kraehmer, H., van Almsick, A., Beffa, R., Dietrich, H., Eckes, P., Hacker, E., Hain, R., Strek, H. J., Stuebler, H., Willms, L.:** Herbicides as weed control agents: state of the art. II. Recent achievements. *Plant Physiology*, 166, 1132-1148, 2014.
- Kukorelli, G., Reisinger, P., Torma, M., Ádámcski, T.:** Experiments with the control of common ragweed in imidazolinone-resistant and tribenuron-methyl-resistant sunflower. *Herbologia*, 12, 15-22, 2011.
- Malidža, G., Ivanović, D., Bekavac, G., Jasnić, S.:** Značaj genetički modificovanih biljaka u suzbijanju štetnih organizama. *Pesticidi*, 14 (2), 125-151, 1999.
- Malidža, G., Bekavac, G.:** Weed control in transgenic corn tolerant to glufosinate amonium and glyphosate. Prvi međunarodni simpozijum „Hrana u 21. veku“, Subotica, pp. 193-194, 2001.
- Malidža, G.:** Suzbijanje korova u kukuruzu tolerantnom prema glufosinat-amonijumu. *Acta herbologica*, 12 (1-2), 67-76, 2003.
- Malidža, G., Jocić, S., Škorić, D.:** Weed and broomrape (*Orobanche cernua*) control in Clearfield sunflower. EWRS, 7<sup>th</sup> Mediterranean Symposium, Cukurova Univ. Adana - Turkey, pp. 51-52, 2003a.
- Malidža, G., Jocić, S., Škorić, D., Orbović, B.:** Najnoviji rezultati u suzbijanju korova i volovoda u Clearfield\* suncokretu. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 38, 237-250, 2003b.
- Malidža, G., Jocić, S., Škorić, D., Orbović, B.:** Clearfield\* sistem proizvodnje suncokreta. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 40, 279-290, 2004.
- Malidža, G., Janjić, V.:** Genetički modificovane biljke tolerantne prema herbicidima - herbolški aspekt. *Acta herbologica*, 13 (2), 289-308, 2004.
- Malidža, G., Orbović, B.:** Suzbijanje *Sorghum halepense* iz rizoma u kukuruzu tolerantnom prema cikloksidimu. *Acta herbologica*, 13 (2), 475-482, 2004.
- Malidža, G.:** Suzbijanje korova u suncokretu. *Biljni lekar*, 4-5, 398-411, 2006.
- Malidža, G., Jocić, S., Škorić, D.:** Suncokret tolerantan prema tribenuron-metilu. *Biljni lekar*, 4-5, 411-419, 2006.
- Malidža, G., Bekavac, G., Orbović, B.:** Reakcija tolerantnog kukuruza prema cikloksidimu u zavisnosti od količine i vremena primene herbicida. *Acta herbologica*, 16 (2), 127-136, 2007.
- Malidža, G., Rajković, M.:** Suzbijanje korova u uljanoj repici tolerantnoj prema imidazolinonima. *Zbornik rezimea radova XIV Simpozijuma o zaštiti bilja i IX Kongresa o korovima, Zlatibor*, str. 165-166, 2012.
- Malidža, G., Rajković, M., Čurčić, Ž.:** Weed control with foramsulfuron and thiencazabozone-methyl in sugar beet tolerant to ALS-inhibiting herbicides. *Plant health for sustainable agriculture: Book of abstracts: scientific conference in the frame of Cropsustain project, Ljubljana, Slovenia*, p. 98, 2015a.
- Malidža, G., Rajković, M., Vrbničanin, S., Božić, D., Jurišić, J.:** Suzbijanje divljeg sirka i običnog štira rezistentnih na ALS inhibitore. *Zbornik rezimea radova XIII savetovanja o zaštiti bilja, Zlatibor*, str. 70-71, 2015b.
- Malidža, G.:** Usevi tolerantni prema herbicidima u Srbiji: izazovi i strategije. *Zbornik rezimea X kongresa o korovima, Vrdnik, Srbija*, str. 18, 2016.
- Malidža, G., Vrbničanin, S., Božić, D., Jocić, S.:** Integrated weed management in sunflower: challenges and opportunities. In the Proceedings of International Sunflower Conference, Edirne. *International Sunflower Association*, pp. 90-99, 2016.
- Malidža, G.:** Resistance of Johnsongrass [*Sorghum halepense* (L.) Pers.] to ALS and ACCase-inhibiting herbicides in Serbia. *Dr. Ujvárosi Miklós Alapítvány a gyommentes környezetért 35. találkozója és a Magyar Gyomkutató Társaság 24. Konferenciája, Nova, Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 19 (1), 58-60, 2018.
- Malidža, G., Rajković, M.:** Johnsongrass (*Sorghum halepense*) resistance to ACCase inhibiting herbicides in Serbia. *Book of Abstracts, 18<sup>th</sup> EWRS Symposium, Ljubljana, Slovenia*, 2018.
- Malidža, G., Rajković, M., Jocić, S., Cvejić, S.:** Sensitivity of different herbicide-tolerant sunflower hybrids to selected ALS-inhibiting herbicides. In the Proceedings, 20<sup>th</sup> International Sunflower Conference, Novi Sad, Serbia, p. 143-143, 2022a.

- Malidža, G., Krstić, J., Salas, M., Jean-Sébastien, N., Rajković, M.:** Cross-resistance of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) to ALS-inhibiting herbicides, and management options in dominant arable crops in Serbia. The 8<sup>th</sup> International Weed Science Congress “Weed Science in a Climate of Change”, Bangkok, Thailand, p. 138, 2022b.
- Malidža, G., Krstić, J.:** Prvi slučaj rezistentnosti divljeg sirka na cikloksidim i novi slučajevi rezistentnosti na ariloksifenoksi propionate u Srbiji: Nove opomene veoma potcenjenog fenomena. XVII Savetovanje o zaštiti bilja, Zlatibor, str. 14-15, 2022.
- Malidža, G., Krstić, J.:** Rezistentnost ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) na herbicide kao uzrok njenog povećanog prisustvo na poljoprivrednim površinama u Srbiji i integralni sistem mera za njeno suzbijanje. Zbornik radova VIII skupa Odeljenja hemijskih i bioloških nauka, SANU, Beograd, str. 41-59, 2023.
- Malidža, G., Vasić, M., Rajković, M., Bekavac, G.:** Suzbijanje korova u združenoj setvi useva pasulja i kukuruza tolerantnog na cikloksidim. *Acta herbologica*, 29 (1), 25-33, 2020.
- Massinga, R. A., Al-Khatib, K., St-Amand, P., Miller, J. F.:** Gene flow from imidazolinone-resistant domesticated sunflower to wild relatives. *Weed Science*, 51, 854-862, 2003.
- Nagy, S., Reisinger, P., Pomsár, P.:** Experiences of introduction of imidazolinone-resistant sunflower in Hungary from herbolological point of view. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue*, 20, 31-37, 2006.
- Owen, M. D. K.:** Diverse Approaches to Herbicide-Resistant Weed Management. *Weed Science*, 64, 570-584, 2016.
- Petersen, J.:** A review on weed control in sugarbeet - from tolerance zero to period threshold. In Inderjit ed., *Weed Biology and Management*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 467-483, 2004.
- Pfenning, M., Palfay, G., Guillet, T.:** The CLEARFIELD® technology – A new broad-spectrum post-emergence weed control system for European sunflower growers. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue*, 649-654, 2008.
- Pfenning, M., Tan, S., Perez-Brea, J.:** Improved Weed Control in Clearfield-Plus Sunflowers with superior herbicide solutions. In the Proceedings of 18<sup>th</sup> International Sunflower Conference, Mar del Plata, Argentina, pp. 535-538, 2012.
- Sala, C. A., Bulos, M., Echarte, A. M., Whitt, S., Budziszewski, G., Howie, W., Singh, B., Weston, B.:** Development of CLHA-Plus: a novel herbicide tolerance trait in sunflower conferring superior imidazolinone tolerance and ease of breeding. In the Proceedings of XVII International Sunflower Conference, Cordoba, Spain, pp. 489-494, 2008.
- PSS Sombor:** Godišnji izveštaji o atestiranim količinama semena i sadnog materijala u 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016., 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 i 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. godini.
- Vencill, W. K., Nichols, R. L., Webster, T. M., Soteres, J. K., Mallory-Smith, C., Burgos, N. R., Johnson, W. G., Clelland, M. R.:** Herbicide resistance: toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. *Weed Science*, 60, 2-30, 2012.
- Vrbničanin, S., Božić, D., Bastajić, Dj., Tojić, T., Nedeljković, D.:** Response of ragweed to nicosulfuron and imazamox. Joint ESENIAS and DIAS Scientific Conference and 12<sup>th</sup> ESENIAS Workshop. Globalisation and invasive alien species in the Black Sea and Mediterranean regions – management, challenges and regional cooperation. Varna, Bulgaria, Book of Abstracts, p. 138, 2023.

## Two decades of herbicide-tolerant crops in the Republic of Serbia

### SUMMARY

The breeding of herbicide-tolerant crops (HTC) has been going on in Serbia for almost three decades, and cultivation has been a tradition for two decades. In Serbia, it is allowed to cultivate plants that are tolerant to certain herbicides and have been obtained using conventional breeding methods without the use of genetic engineering. These are sunflowers, oilseed rape and sugar

beet, which are tolerant to some ALS inhibitors, as well as maize, which is tolerant to cycloxydim. With the exception of sunflower, which is tolerant to tribenuron-methyl and imidazolinone and occupies over 80% of the arable land of this crop in the Republic of Serbia, the other HTC are represented on smaller areas (1-17%). The potential of these crops is often not used in the best way, and the main challenge and threat are weeds that are resistant to herbicides to which these crops are tolerant. A big problem for the sustainability of growing these crops in Serbia is that growers of these crops rely mainly on herbicides to which they are tolerant and neglect other measures of integrated weed management (IWM). In order to protect these resources as part of IWM, growers' knowledge of best cultivation practices, their benefits and risks must be improved. As a double-edged sword, HTCs allow growers to improve the rotation of herbicides with different modes of action and the control of certain herbicide-resistant weeds, but they can also lead to overuse of herbicides to which they are tolerant and influence the selection of resistant weeds and the shift in weed flora. flora. Herbicides and HTC are very important resources of modern crop production, but only in the context of IWM and without excessive use of these crops and herbicides to which they are tolerant.

**Keywords:** crops, herbicides, resistance, tolerance.