

**Maja ŠČEPANOVIĆ<sup>1</sup>, Adakaya SINAN<sup>2</sup>, Valentina ŠOŠTARČIĆ<sup>1</sup>, Ema BRIJAČAK<sup>3</sup>  
Ana, PINTAR<sup>1</sup>, Klara Barić<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za herbologiju

<sup>2</sup> Student diplomskog studija Poljoprivredna tehnika – mehanizacija

<sup>3</sup> Studentica diplomskog studija Fitomedicina

mscepanovic@agr.hr

## **NOVE METODE I PRISTUPI PRECIZNOM SUZBIJANJU KOROVA**

### **UVOD**

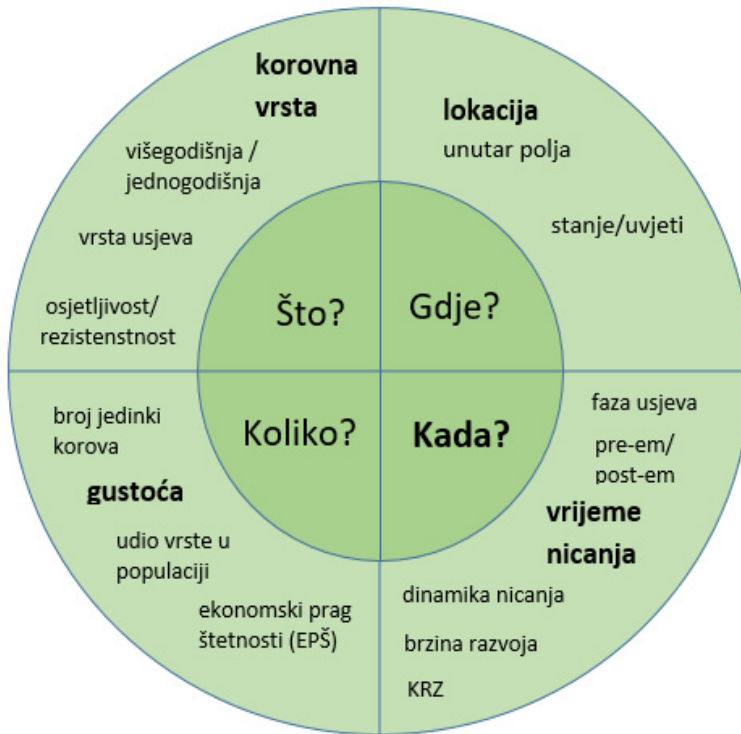
U današnje vrijeme mnoge tehnologije nastoje proizvodne procese automatizirati i u kratkom vremenu učiniti što ih učinkovitijima. Isto se događa u poljoprivredi gdje se razvijaju pametni strojevi koji obavljaju “pravu stvar” u “pravo vrijeme” i s ispravnom količinom resursa u procesu proizvodnje. Prednost takve automatizacije proizvodnog procesa u 25 godišnjem razdoblju (1982. – 2007.) vidljiva u smanjenom utrošku radne snage za 30 %, uz istovremeno dvostruko povećanje produktivnosti (O'Donoghue i sur., 2011). Za navedeni napredak zaslužno je uvođenje novih tehnologija u poljoprivrednu proizvodnju (GPS, roboti i dr.).

Osim visoke učinkovitosti i smanjenja utroška radne snage, danas je u fokusu proizvodnje ali i cjelokupnog javnog mijenja proizvodnja hrane na ekološki prihvatljiv način uz istovremeno očuvanje okoliša. Izazovi za poljoprivrednog proizvođača udvostručeni su jer se s jedne strane zahtijeva povećanje poljoprivredne proizvodnje uz sve veću konkurentnost među poljoprivrednim proizvođačima, a s druge strane zahtijeva manja uporaba pesticida i mineralnih gnojiva. Upravo je spoznaja o potencijalnim negativnim nuspojavama poljoprivrede na zdravlje ljudi, životinja i okoliš glavni pokretač koncepta precizne zaštite bilja. Glavni cilj precizne poljoprivrede jest uspostava takvih sistema (Decision support system-DSS) koji optimiziraju unos svih resursa uz istovremeno zadržavanje visokih prinosa. Dostignuće smanjenje uporabe pesticida (herbicida) uglavnom oslanjalo ili na redukciju dozacije pesticida ili na istovremenu primjenu pesticida i neke druge mjere u suzbijanju korovnih vrsta, najčešće mehaničkog suzbijanja. Međutim, najnovijim trendovima u području suzbijanja korova razvijaju se tzv. pametni strojevi sa sensorima za detekciju korova s kojima se može čak potpuno izbjeći primjenu pesticida.

S gledišta suzbijanja korova, za provedbu postupka precizne zaštite potrebno je prikupiti točne podatke, kvalitetno ih obraditi i provesti preciznu aplikaciju herbicida (ili neke druge mjere suzbijanja) a sve u cilju da se primijeni „ispravna količina herbicida na ispravno mjesto i u ispravno vrijeme“. Brz razvoj

informacijske tehnologije doveo je do napretka *računalnog vida*<sup>1</sup> i u poljoprivrednoj praksi čime je znatno olakšano provođenje precizne zaštite bilje. Do sad razvijeni strojevi računalnog vida još uvijek ne mogu potpuno zamijeniti ljudski rad, ali se postiže djelomična zamjena, a u nekim slučajevima razina procjene stroja (robot) čak je bolja od ljudskog oka. Ključ tog napretka neprestana je suradnja agronoma (biologa) i inženjera strojarstva i informacijskih tehnologija odnosno svih dionika iz STEM (*science, technology, engineering i mathematics*) područja.

Usmjereno i precizno suzbijanje korova moguće je jedino ako se odgovori na četiri temeljna pitanja: što, gdje, koliko i kada (slika 1.).



**Slika 1.** Shema preciznog suzbijanja korova (prilagođeno prema predavanju "Digital farming" tvrtke BayerCropScience)

<sup>1</sup> Računalni vid je područje umjetne inteligencije koje se bavi prepoznavanjem dvodimenzionalnih ili trodimenzionalnih predmeta. U poljoprivredi označava stroj koji simulira ljudsko oko da bi obavio mjerenja i procjene i u proizvodnji zamijenio ljudski rad

## ŠTO SUZBIJATI?

Pitanje "što" odnosi se na poznavanje korovne flore u usjevu. Na temelju **ispravne determinacije štetnog organizma** (korova) može se odabrati najučinkovitiji herbicid ili kombinacija herbicida za određenu vrstu. Ispravna determinacija korovnih vrsta posebice je važna u ranijoj razvojnoj fazi (kotiledoni – dva lista) jer primjena herbicida u mlađem razvojnom stadiju omogućuje primjenu nižih dozacija herbicida od propisanih, a što će rezultirati manjim unosom herbicida u okoliš. Također, ispravna determinacija korova osnova je za primjenu DSS (*decision support system*) modela i modela prognoze nicanja koji proizvođaču, temeljem korovne flore u usjevu, sugeriraju koji herbicid, u kojoj dozi te u koje vrijeme primijeniti. U ranoj razvojnoj fazi biljke upravo i jest najteže pravilno odrediti kojoj korovnoj vrsti pripada. To je pogotovo zahtjevno u monokotiledonih korovnih vrsta (trave) koje su morfološki vrlo slične. Da bi se poljoprivrednim proizvođačima olakšala i ubrzala determinacija korovnih vrsta, razvijaju se razne aplikacije za automatizirano digitalno prepoznavanje korovnih vrsta. Ideja tih aplikacija jest u tome da uz pomoć moderne tehnologije (pametnih telefona) pruže poljoprivrednom proizvođaču informaciju o tome koje mu korovne vrste dominiraju u polju. Za prepoznavanje korova koriste se razna morfološka obilježja biljke, poput oblika kotiledona i listova, boje, površinske strukture i teksture, omjera duljine rubova i površine lišća. Algoritam uspoređuje takve informacije sa obilježjima „naučenim“ iz fotografija koje se koriste prilikom stvaranja algoritma. Kao izlaz sustav predlaže niz vrsta za koje je algoritam izračunao visoku sukladnost s fotografijama. Rezultat se prenosi natrag na korisnikov uređaj (pametni telefon) i daje mu informaciju o zastupljenoj korovnoj vrsti. Do sad su razvijene samo aplikacije za determinaciju dikotiledonih korovnih vrsta, što je i očekivano zbog velike zahtjevnosti u prepoznavanju monokotiledonih vrsta. Jednu takvu aplikaciju razvila je tvrtka Bayer AG (Bayer Digital Farming) pod nazivom WeedScout. Autori navode da aplikacija daje vrlo visoku preciznost identifikacije za vrste korova s relativno jedinstvenim izgledom listova (kotiledona) kao što je pr. *Galium aparine*, a za neke vrste npr. za rod *Matricaria* determinacija je manje pouzdana (Santel i sur., 2018).

Digitalno prepoznavanje korova bit će velika pomoć i proizvođačima u Hrvatskoj. Naime, najveći broj naših poljoprivrednika nema neposredni kontakt sa stručnjakom odgovarajućeg obrazovanja u području zaštite bilja. Nadalje, specifičnost hrvatske poljoprivrede jest veliki broj malih proizvođača s usitnjenim posjedima, velike razlike u razinama obrazovnih, tehničkih i tehnoloških resursa poljoprivrednika; niska razina nužnih znanja za poljoprivrednu proizvodnju u skladu s aktualnim trendovima te nedostatan transfer znanja do poljoprivrednog proizvođača. Stoga će takva brza digitalna

rješenja biti zasigurno velika pomoć i našim proizvođačima. Djelatnici Zavoda za herbologiju SuZ Agronomskog fakulteta u suradnji s partnerima iz IT sektora pokreću aktivnosti iz područja digitalnog prepoznavanja korova i stvaranja digitalne platforme za precizno suzbijanje korova.

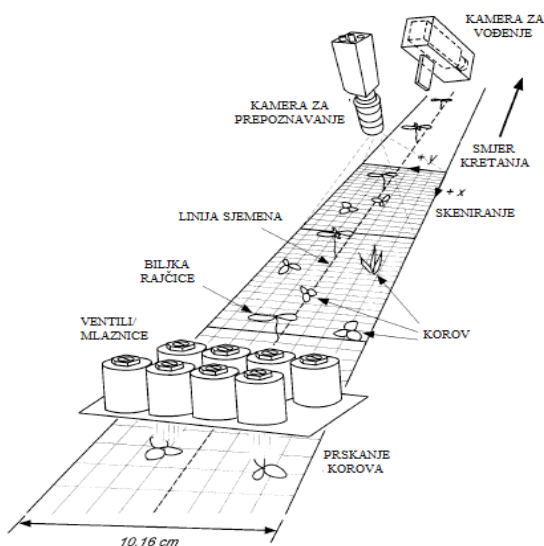
### GDJE SUZBIJATI?

Drugo pitanje u preciznoj zaštiti od korova jest **gdje** se korov nalazi u usjevu. Poznavanjem mjesta "gdje" se korov nalazi u usjevu može se preciznije aplicirati herbicid, a time i izbjeći primjena herbicida na dijelovima polja na kojima nije potrebna - usmjerena aplikacija. Napredna tehnologija i računalni vid najviše se koriste za to područje odnosno za otkrivanje i razlikovanje usjeva i korova da bi se omogućila primjena herbicida na točno određenim mjestima gdje su korovi prisutni, umjesto aplikacije preko cijelog polja (Blackemr i Schepers, 1996).

Tehnologija računalnog vida dijeli se u tri faze: -1.) fotografiranje (prikupljanje podataka o distribuciji), 2.) obrada slike – analiza i 3.) U/I (ulazno/izlazna kontrola). Prikupljanje slika temelj je sustava računalnog sustava u kojem se koriste kamere ili skeneri u prikupljanju slika odgovarajuće kvalitete da bi se zadovoljili zahtjevi analize. Programi za obradu slike u poljoprivredi se koriste za određivanje površine listova, za analizu boje plodova, za određivanje zrelosti plodova, za klasifikaciju, za praćenje rasta biljaka i za *određivanje gustoće korova* (Sabanci i Aydin, 2014). U/I predstavlja softver koji koristi operater ili drugi sustav u svrhu komuniciranja s računalom. Ulazni podatci opisuju se kao signali koje sustav prima, a izlazni podatci su signali koje sustav šalje. U sklopu obrade slike najčešće se koristi softveri za razvoj, kao što su MATLAB i OpenCV.

Da bi se herbicidi mogli usmjereno primjenjivati, odnosno samo na onom dijelu parcele gdje se nalaze korovne vrste, potrebno je imati opremu za daljinsko snimanjem ili tehnologiju senzora, drugim riječima robote. Dvije su različite metode koje se pri tom koriste: usmjerena aplikacija bazirana na mapiranju i usmjerena aplikacija u stvarnom vremenu. U sustavu mapiranja proces suzbijanja korova odvija se u dvije faze. Prvo se mapiraju područja u kojima su korovi prisutni na polju, čime se stvara karta korova na polju s pomoću vozila sa satelitskim sustavom pozicioniranja. Tada se karta učitava u bazu vozila (robot) za aplikaciju pesticida s ciljem da se aplikacija provede samo na dijelove polja s korovom. Kod usmjerene aplikacije u stvarnom vremenu istodobno se odvija lociranje korova i aplikacija. Senzor koji je razvijen za suzbijanja korova i smješten na prednjoj strani sustava, detektira korove i posredstvom računala prenosi te informacije na uređaj za aplikaciju koji se temelji na načelu otvaranja/zatvaranja. Kad uređaj za aplikaciju primi signal da je korov uočen, započinje apliciranje na područje u kojem se korov nalazi. Ukratko, tim se sustavima u kraćem vremenu mogu otkriti korovi među kultiviranim biljkama i provesti aplikacija herbicida.

Bez obzira na metodu (mapiranje ili stvarno vrijeme), prvi korak usmjerene aplikacije herbicida jest uspješno razlikovanje usjeva, korova i tla. Za ostvarenje procesa razlikovanja obično se koristi analiza boje, oblika ili veličine, a većina istraživanja pokazuje da za precizno razlikovanje korova i usjeva na polju nije dovoljna samo jedno obilježje. To je pogotovo izraženo u proizvodnji na otvorenom gdje vanjski uvjeti (vjetar, prašina, svjetlosne promjene, zasjenjivanje) utječu na uređaj za prikupljanje slika i daju različite rezultate. U istraživanju Lee i sur. (1999) razvijen je inteligentni robotski sustav aplikacije herbicida unutar redova usjeva rajčice (slika 2.). Rezultati istraživanja pokazuju da je u poljskim uvjetima oko 25 % rajčica pogrešno identificirano i poprskano, oko 50 % korova nije uopće poprskano, a biljke rajčice koje su bile prekrivne korovom prepoznate su kao korov i bile tretirane herbicidom. Nasuprot tome, u zatvorenom prostoru samo je 8 % biljaka rajčice nepravilno poprskano. To pokazuje da ovaj prototip robota uspješno funkcionira jedino na glatkim površinama i za jasno oblikovane i dobro odvojene predmete, što je rijetkost u poljoprivrednoj proizvodnji na otvorenom. Općenito, glavne poteškoće u takvim sustavima ogledaju se u smanjenoj preciznosti ciljanja pri prskanju, poprečnom pomicanju koje se događa između vremena snimanja slike i odgovarajućeg vremena kad su korovi na toj slici zapravo poprskani te u pomaku osjetnika pri vožnji preko neravnih površina. Iako su rezultati takvih istraživanja vrlo obećavajući i rezultiraju znatnom uštedom herbicida zbog usmjerene aplikacije, potrebno je još usavršiti tehnologiju računalnog vida da bi se navedene greške svele na minimum. Prije svega potrebno je poraditi na uspješnijem razlikovanju usjeva i korova poboljšanjem obrade slike uz korištenje raznih filtra i tehnika poboljšanja slike. Fokus nadolazećih istraživanja trebao bi biti na razvoju učinkovitih algoritama u povećanju brzine rada, kao i na razvoju sustava podobnog za rad u vanjskim uvjetima.

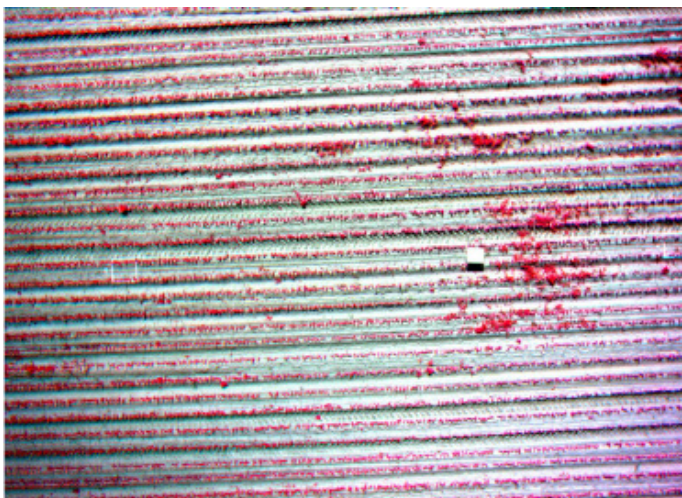


**Slika 2.** Shema robotskog sustava kontrole korova (Lee i sur., 1999)

Sustav mapiranja korova s naknadnom usmjerenom aplikacijom herbicida razvijen je od Peňa i sur. (2013). Sustav je razvijen s pomoću automatske objektna analize, u polju snimljenih slika, s pomoću bespilotnih letjelica (UAV; eng. *unmanned aerial vehicle*) s hiper spektralnim kamerama (slika 3.). Istraživanje je uključivalo prikupljanje slika visokih razlučivosti s bespilotnom letjelicom, analizu slika objektnim metodama i generiranje karte korova za usmjerenu aplikaciju herbicida.



**Slika 3.** Bespilotna letjelica s četiri rotora iznad polja usjeva (Peňa i sur. , 2003)



**Slika 4.** Slika (kompozicija u boji i infracrveno) dobivena s pomoću bespilotne letjelice na 30 m visine (Peňa i sur., 2003)

Algoritam je učinkovito identificirao sve redove usjeva na temelju njihova linearnog uzorka i na temelju kontekstualnih obilježja vegetacijskih objekata koji pripadaju redovima. Korovi koji su se nalazili u području između redova

kukuruza razlikovali su se od usjeva prema njihovim relativnim položajima s obzirom na redove usjeva (slika 4.). Postotci prekrivenosti korovom određeni su radi stvaranja karte korova u obliku mreže. Utvrđeno je da se kombinacijom daljinskih snimki visoke razlučivosti snimljenih bespilotnom letjelicom i OBIA postupkom mogu stvoriti karte zakorovljenosti koje se koriste za planiranje usmjerene aplikacije herbicida.

Te moderne tehnologije računalnog vida, osim za usmjerenu aplikaciju herbicida, mogu se koristiti i za mehaničke mjere suzbijanja korova, ili za kombinaciju mehaničkih mjera (između redova) i usmjerene aplikacije herbicida (unutar reda). Tillett i sur. (2008) razvili su stroj za mehaničko suzbijanje korova unutar redova koristeći računalni vid. Eksperimentalni stroj temeljio se na komercijalno dostupnom kultivatoru opremljenom konvencionalnim motičicama za prostor između redova. Također je opremljen s dva nova modula za plitku kultivaciju unutar redova usjeva (slika 5.). Za otkrivanje faze približavanja biljkama korišten je vizualni sustav. Ta informacija kombinirana je s izmjerenom rotacijom diska radi izračunavanja fazne pogreške između sljedeće biljke i odsječenog dijela diska. Fazna je pogreška ispravljena ubrzavanjem ili usporavanjem hidrauličkog pogona, što je naposljetku omogućilo sinkronizaciju mehanizma čak i pri promjenjivom razmaku usjeva.



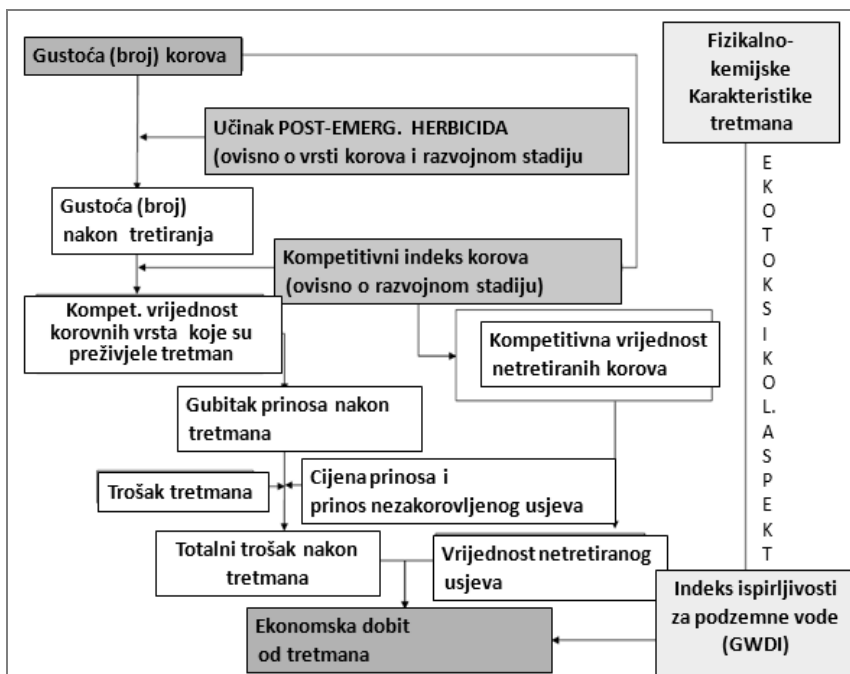
**Slika 5.** Kultivacijski disk s odsječenim dijelom za kultivaciju unutar reda (Tillett i sur. , 2008)

Te tehnologije poznate još pod nazivima umjetna inteligencija, roboti, računalni vid i dr. svakako imaju blisku budućnost u poljoprivrednoj proizvodnji. Pred ostvarenjem su komercijalizacije u SAD-u, poznate kao „*see and spray*“ tehnologija. Proizvođači navode da se tom tehnologijom utroši i 90 % manje herbicida nego pri aplikacijom širom. Također, usmjerenom aplikacijom samo na korov omogućeno je i korištenje neselektivnih herbicida, što klasičnom tehnologijom nije moguće u post-emergence roku.

### **KOLIKO I KOJA DOZA HERBICIDA?**

Pitanje "**koliko**" odnosi se na poznavanje razvojne faze korovnih vrsta prema kojoj se određuje dozacija herbicida. Koliko herbicida primijeniti zapravo je usko povezano s pitanjem što, odnosno koji herbicid primijeniti. To znači da je preduvjet uspješna determinacija korova, a moderna tehnologija tu nudi digitalna rješenja u obliku aplikacija za determinaciju. DSS (eng. *decision*

*support system*) modeli ili tzv. bio-ekonomični modeli nude poljoprivrednim proizvođačima pomoć u odluci koji herbicid i u kojoj dozi primijeniti na određenoj poljoprivrednoj površini. Ti bio-ekonomični modeli integriraju biologiju korovnih vrsta s ekonomskim aspektom uzgoja određene poljoprivredne kulture. Načelo DSS modela jest odabir herbicida temeljem: utvrđene gustoće i sastava korovne flore u polju, zatim izračuna očekivanoga gubitka prinosa prije i nakon provođenja mjera suzbijanja korova te procjene ekonomske isplativosti (dobiti) tretiranja i potencijalne tržišne vrijednosti uzgajane kulture (crtež 1.).



**Crtež 1.** Prikaz svih čimbenika koji ulaze u izradu bio-ekonomičnog modela (prema predavanju Masin)

Najveći broj komercijalno dostupnih modela, proizvođačima ratarskih kultura dostupan je u Sjedinjenim Američkim Državama: Mississippi- HERB, MSU HERB i NebHERB (Rankins i sur., 1998); Michigan –WEEDSIM (Renner i sur., 1999); Sjeverna Karolina – HADSS (Scott i sur., 2011); Colorado – WEEDCAM (Lybecker, 1991), Nebraska – WeedSOFT (Neeser i sur. 2004). U Europi se u ovom području ističu Italija – GenstINF (Berti i Zanin, 1997) i Danska – Pl@ntInfo (Jensen, 2000).

Izrada tih modela relativno je dugotrajna zbog specifične biologije korovnih vrsta i potrebe da se za svaku korovnu vrstu u željenoj poljoprivrednoj kulturi utvrdi njezin kompetitivan indeks. Nasuprot tome, krajnjim korisnicima tih modela jedini je zadatak obaviti „scouting“ odnosno pregled polja kako bi se



utvrdila prisutna korovna flora. Upravo je potreba za „scouting-om“ jedan od glavnih razloga težeg prihvaćanja ovih modela od poljoprivrednih proizvođača, iako je dokazano da se njihovim korištenjem može dvostruko smanjiti uporaba herbicida (Masin i sur., 2010). Trošak, preciznost (mogućnost prepoznavanja korova u mladom razvojnom stadiju) i vrijeme potrebno da se obavi „scouting“ limitirajući su čimbenici za korisnike DSS modela, pogotovo u situacijama kad je potrebno na nekoliko polja (lokacija) obaviti pregled i utvrditi izniklu korovnu floru. I u tome slučaju znatno će pomoći digitalne aplikacije za determinaciju korova kao i digitalne tehnike izrade mape korova na određenom području.

Korištenje DSS modela daje poljoprivrednim proizvođačima informaciju o tome je li potrebno tretirati i s čim je potrebno tretirati. Međutim, ne daje informaciju **kad** je potrebno obaviti tretiranje.

### KAD SUZBIJATI KOROV?

Do sad nije razvijen ni jedan moderan stroj koji bi mogao predvidjeti vrijeme ponika korovnih vrsta. Svaka korovna vrsta ima specifičnu dinamiku nicanja, odnosno početak i trajanje nicanja u usjevu. Za neke vrste razdoblje nicanja traje vrlo kratko (nekoliko tjedana), a za druge može trajati puno dulje (Ogg i Dawson, 1984). Kad bi sve sjemenke korova nicale istovremeno, njihovo suzbijanje bio bi vrlo jednostavan zadatak (Davis i sur., 2008). Međutim, korovi niču u različito vrijeme i različitom dinamikom, što im omogućuje da izbjegnu mjerama suzbijanja, da proizvedu sjeme i stvore banku sjemena tla koje može ostati vijabilno u tlu godinama (Burnside i sur., 1996; Conn i sur., 2006). Često se u poljoprivrednoj praksi događa da se herbicidi primjene prerano ili prekasno. Nakon prerane primjene herbicida, često slijedi novi ponik korova, što iziskuje dodatno tretiranje. Nasuprot tome, prekasna aplikacija može imati slabiji učinak jer korovi tada prerastu razvojnu fazu u kojoj su osjetljivi na herbicidne pripravke (Šćepanović i sur., 2015). Za pravovremenu procjenu tretiranja, u poljoprivredno razvijenim zemljama, razvijeni su modeli prognoze dinamike nicanja korova u usjevu. Na temelju prognoze kad će korovi početi nicati i koliko će trajati razdoblje nicanja, može se odrediti optimalno vrijeme suzbijanja korova i dati odgovor na posljednje pitanje „**kad**“ je potrebno primijeniti herbicid.

Postoji nekoliko modela s pomoću kojih se može prognozirati vrijeme nicanja korova u usjevu: fenološki, empirijski i mehanistički. S obzirom da mehanistički modeli za predviđanje nicanja korova uzimaju u obzir procese unutar sjemenke i okolišne uvjete uključene u proces nicanja (svjetlost, temperatura, količina vlage u tlu, dormantnost sjemena i dr.), najtočniji su i danas najviše korišteni modeli. Izrada mehanističkih modela temelji se na izračunu sume vodno-toplinskih jedinica koja je potrebna za nicanje određene korovne vrste. Suma vodno-toplinskih jedinica izračunava se praćenjem dnevnih uvjeta tla

(temperature i vodnog potencijala) te specifičnih bioloških pragova potrebnih za nicanje sjemena u tlu (biološki minimum i vodni potencijal) (Masin i sur., 2012). Biološki minimum najniža je temperatura, a biološki vodni potencijal minimalna količina vlage u tlu koja je potrebna za nicanje. Praćenjem dinamike nicanja korovnih vrsta u polju, kroz nekoliko godina na nekoliko lokacija, uz istovremeno bilježenje dnevnih mikroklimatskih uvjeta u tlu (temperatura tla i vodni potencijal tla u zoni nicanja) te uz poznate vrijednosti biološkog minimuma i biološkog vodnog potencijala, izrađuju se krivulje nicanja korova u usjevu koje predstavljaju prognozu nicanja. Zadnja faza izrade modela odnosi se na provjeravanje valjanosti modela njegovim korištenjem za predviđanje nicanja u polju.

U svijetu je trenutno dostupno nekoliko mehanističkih modela temeljenih na konceptu sume vodno-toplinskih jedinica, to su: *WeedTurf* i *AlertInf* u sjevernoj Italiji, *WeedCast* u SAD-u i *Weedem* u Australiji (Archer i sur., 2001; Walsh i sur., 2002; Masin i sur., 2008). Modeli su dostupni na internetu u obliku interaktivnih softverskih aplikacija te su za krajnjeg korisnika, poljoprivrednog proizvođača, vrlo jednostavni. Unošenjem traženih informacija kao što su lokacija najbliže meteorološke postaje, datum sjetve usjeva te odabirom korovnih vrsta na parceli izračunava se postotak izniklih korova od ukupnog broja korova koje će niknuti do kraja sezone. Na taj način poljoprivredni proizvođač može odlučiti kad će provesti tretiranje, odnosno tretiranje prilagoditi što većem broju poniklih korova i time jednom aplikacijom herbicida suzbiti korove u usjevu (Masin i sur., 2008).

U Hrvatskoj trenutno nema razvijenih prognoznih modela nicanja. Na Zavodu za herbologiju Agronomskog fakulteta tijekom 2012. godine započela su prva istraživanja bioloških parametara korovnih vrsta za usjeve kukuruza i soje. Do sada su utvrđene vrijednosti bioloških minimuma i biološkog vodnog potencijala za korovne vrste *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album* (Magosso, 2013), *Abutilon theophrasti* (Šoštarčić, u postupku objave) te *Amaranthus retroflexus* (Šoštarčić, 2015), a trenutno se utvrđuju i vrijednosti za ostale ljetne korove koji se redovito javljaju u tim usjevima. Da bismo u budućnosti mogli koristiti mehanistički model prognoze nicanja korova, kao posljednja stepenica u njegovoj izradi, nužno je kontinuirano praćenje i prikupljanje podataka o nicanju najčešćih korovnih vrsta u poljskim uvjetima u kontinentalnoj Hrvatskoj.

## ZAKLJUČAK

Glavni cilj precizne poljoprivrede jest uspostava takvih sustava koji optimiziraju unos svih resursa uz istovremeno zadržavanje visokih prinosa. Usmjerenost i precizno suzbijanje korova moguće je jedino ako se primijeni „prava količina herbicida na pravo mjesto i u pravo vrijeme“. Najnovijim

trendovima u području suzbijanja korova razvijaju se pametni strojevi sa senzorima za detekciju korova s kojima se može čak i potpuno izbjeći primjenu pesticida. Nove tehnologije poznate kao umjetna inteligencija, roboti, računalni vid i dr. bliska su budućnost u poljoprivrednoj proizvodnji i pred početkom su komercijalizacije u razvijenim poljoprivrednim zemljama. Robotskom kontrolom korova uz usmjerenu aplikaciju herbicida može se smanjiti uporaba herbicida i do 90 %. Odabir odgovarajućeg herbicida i optimalnog vremena primjene mogu se znatno olakšati novim tehnologijama poput digitalne aplikacije za determinaciju korova, bioekonomičnih modela (DSS modeli) i prognoznih modela nicanja korova.

## LITERATURA

- Archer, D. W., Forcella, F., Eklund, J. J., Gunsolus, J.** (2001). WeedCast Version 2.0. [www.morris.ars.usda.gov](http://www.morris.ars.usda.gov)
- Berti, A., Zanin, G.** (1997). GESTINF: a decision model for post-emergence weed management in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Crop Prot.*, 16, 109-116.
- Blackmer T., Schepers J.** (1996). Using DGPS to improve corn production and water quality. *GPS World.*, 7, 44-52.
- Burnside, O. C., Wilson, R. G., Weisberg, S., Hubbard, K. G.** (1996). Seed longevity of 41 weed species buried 17 years in eastern and western Nebraska. *Weed Science*, 44,74– 86.
- Conn, J. S., Beattie, K. L., Blanchard, A.** (2006). Seed viability and dormancy of 17 weed species after 19.7 years of burial in Alaska. *Weed Science*, 54,464–470.
- Jensen, A. L., Boll, P. S., Thyssen, I., Pathak, B. K.** (2000). Pl@ntelInfo - A web-based system for personalised decision support in crop management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25, 271-294.
- Lee, W. S., Slaughter, D. C., Giles, D. K.** (1999). Robotic weed control system for tomatoes. *Precision Agriculture*, 1(1), 95-113.
- Lybecker, D. W., Schwarzer, E. E., King, R. P.** (1991). Weed management decisions in corn based on biocenomic modeling. *Weed Science*, 39, 124-129.
- Magosso, D.** (2013). Study of germination parameters of summer weeds: transferability of AlertInf model to Croatia. *Diplomski rad. Corsi di laurea magistrale in Scienze e Technologie Agrarie. Universita' degli studi di Padova.*
- Masin, R., Loddo, D., Benvenuti, S., Otto, S., Zanin, G.** (2012). Modeling Weed Emergence in Italian Maize Fields. *Weed Science*, 60, 254–259.
- Masin, R., Vaseleidas, V., Loddo, D., Otto, S., Zanin, G.** (2010). A single time survey method to predict the daily weed density for weed control decision making. *Weed Science*, 59, 270-275.
- Masin, R., Cacciatori, G., Zuin, M. C., Zanin, G.** (2008). AlertInf: Modello di previsione delle emergenze per il controllo della infestanti del mais in Veneto. *Italian Joournal of Agrometeorology*, 112-113.
- Neeser, C., Dille, J. A., Krishnan, G., Mortensen, D. A., Rawlinson, J. T., Martin, A. R., Bills, L. B.** (2004). WeedSOFT®: A Weed Management Decision Support System, *Weed Science*, 52, 115-122.

.....  
**O'Donoghue, E. R. A., Hoppe, D. E., Banker, R. Ebel, K. Fuglie, P., Korb.** (2011). The changing organization of US farming. USDA Economic Research Service. EIB No. 88 www.ers.usda.gov/media/176816/eib88\_1pdf . Pristupljeno 20. 8. 2018.

**Ogg, A. G., Jr., Dawson J. H.** (1984). Time of emergence of eight weed species. Weed Science 32:327–335.

**Peña, J. M., Torres-Sánchez J., de Castro A. I., Kelly M., López-Granados F.** (2013). Weed mapping in early-season maize fields using object-based analysis of unmanned aerial vehicle (UAV) images. PloS one. 8(10): e77151.

**Rankins, A. D., Shaw, R., Byrd, D.** (1998). HERB and MSU-HERB field validation for soybean (*Glycine max*) weed control in Mississippi. Weed Technology, 12, 88-96.

**Renner, K. A., Swinton, S. M., Kells, J. J.** (1999). Adaptation and evaluation of the WEEDSIM weed management model for Michigan. Weed Science, 47, 338-348.

**Sabancı K., Aydın, C.** (2014). Görüntü işleme Tabanlı Hassas İlaçlama Robotu. Tarım Bilimleri Dergisi. 20(4): 406-414 Santel, H.J., Hellweg, S., Rechsteiner, D., Schikora, M. Weed identification by mobile device. 18th European Weed Research Society Symposium, Ljubljana.

**Scott, G. H., Askew, S. D., Bennett, A. C., Wilcur, W.** (2001). Economic evaluation of HADDs computer program for weed management in nontransgenic and transgenic cotton. Weed Science, 49, 549-557.

**Šćepanović, M., Masin, R., Šoštarčić, V., Barić, K., Ostojić, Z.** (2015). Prognoza dinamike nicanja korova u integriranoj zaštiti ratarskih kultura, Glasilo biljne zaštite, br. 1/2 – dodatak, godina XV, 45- 46.

**Šoštarčić, V.** (2015). Biološki parametri toploljubivih korovnih vrsta: transfer AlertInf modela iz Italije u Hrvatsku. Rektorova nagrada. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

**Šoštarčić, V., Šćepanović, M., Masin, R., Magosso, R., Zanin, G.** (2018). Estimation of biological parameters for germination of *Abutilon theophrasti* Medik. Periodicum biologorum – u postpuku objave.

**Tillett, N. D., Hague, T., Grundy, A. C., Dedousis, A. P.** (2008). Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. Biosystems Engineering, 99(2), 171-178.

**Walsh, M., Forcella, F., Archer, D., Eklund, J.** (2002). WEEDem: turning information into action. Proceedings of the 13th Australian Weeds Conference. Perth, Australia.

pregledni rad