

**Ivan JURAN¹, Tanja GOTLIN ČULJAK¹, Ante VILENICA², Dinka GRUBIŠIĆ¹,
Aleksandar MEŠIĆ¹**

¹Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju

²Student diplomskog studija Fitomedicina

ijuran@agr.hr

RAČUNALNI PROGRAMI KAO POTPORA ODREĐIVANJU OPTIMALNOG ROKA SUZBIJANJA ŠTETNIKA

SAŽETAK

Ključni trenutak u zaštiti poljoprivrednih kultura od štetnika jest točno određivanje optimalnog roka primjene insekticida, za što je potrebno određenim metodama utvrditi brojnost populacije štetnika u usjevu. Za obilazak i pregled usjeva potrebno je dosta vremena i ljudskog rada, što je proizvođačima ponekad veliki problem. Zbog toga su osmišljeni razni računalni programi koji pomažu i olakšavaju donošenje vrlo teških odluka. Iako postoji veliki broj programa, vrlo malo ih se koristi u praksi. Danas jedini komercijalno dostupan računalni program za pomoć pri određivanju optimalnih rokova suzbijanja štetnika jest proPlant koji se koristi kao pomoć pri zaštiti šećerne repe, uljane repice, krumpira i žitarica, a uključuje razvijene fenološke modele i za štetnike tih kultura i za njihove prirodne neprijatelje.

Ključne riječi: optimalni rok tretiranja, računalni programi, fenološki modeli, štetnici

UVOD

Precizna poljoprivreda moderni je koncept korištenja digitalnih tehnologija u nadziranju i optimiziranju procesa poljoprivredne proizvodnje, a radi uštede vremena i materijalnih sredstava, smanjenja negativnih učinka agrokemikalija na okoliš te veće proizvodnje zdravstveno ispravne hrane. Rasprostranjenost štetnih organizama u poljoprivredi ovisi o lokaciji i o vremenskim prilikama u pojedinoj godini, a racionalnu i ekonomski prihvatljivu odluku o uporabi sredstava za zaštitu bilja vrlo je teško donijeti. Da bi ta odluka bila pravilno donesena i da bi se mogla smanjiti nepotrebna uporaba sredstava za zaštitu bilja, poljoprivrednik mora imati pristup informacijama o problemima koje uzrokuju štetni organizmi. Iako pristupačne i razumljive podatke, koje poljoprivrednicima pomažu u donošenju tih odluka, koriste razvijeni računalni programi koji se sve više upotrebljavaju kao potpora u zaštiti poljoprivrednih kultura. Programi, skraćenog naziva DSS (prema engleskom decision support systems), većom upotrebom digitalnih i informacijskih tehnologija postaju sve važniji. U eksperimentalnim korištenjima pokazali su napredak u suzbijanju bolesti, korova i štetnika uz smanjenje broja aplikacija sredstava za zaštitu bilja. Programi rade na temelju imitiranja logike i učinkovitosti rješavanja problema

na način kako bi to napravila stručno osposobljena osoba i najučinkovitiji su na područjima na kojima bi stručnjak svoje znanje mogao primijeniti. Mogu sadržavati samo jednu komponentu, kao što su proračunske tablice ili baze podataka, ili mogu biti kombinacije više komponenata. Da bi računalni program bio uspješan mora biti precizan, pouzdan te lako razumljiv i lak za korištenje.

RAZVOJ I UPOTREBA RAČUNALNIH PROGRAMA U POLJOPRIVREDI

Korištenje računala u poljoprivredi zamišljeno je još u 60-im godinama prošloga stoljeća, ali počinju se intenzivnije koristiti tek uvođenjem kućnih računala sredinom 80-ih godina. U zadnjih nekoliko godina, sve je veći napredak u tehnologiji. Pri tom su osmišljene nove mogućnosti rješavanja problema u poljoprivredi za koju je bitno otkriće „osobnog digitalnog asistenta“ ili skraćenog naziva PDA (eng. personal digital assistant) koji se koristi kao digitalni planer dnevnih aktivnosti, a u sebi sadrži veći broj različitih korisnih funkcija (kalendar, kalkulator, sat, klijent elektronske pošte, itd.). Veliki broj DSS-a radi na temelju PDA-a, a opskrbljeni su GPS prijnikom koji može sadržavati geografske informacije poput karata tla, topografskih karata ili karata koje mogu prikazivati bilo koje druge okolišne uvjete. U kombinaciji s podacima o vremenu, ti podatci mogu uvelike olakšati upotrebu sredstava za zaštitu bilja za određeno područje. PDA su, stoga, prikladan alat ili za samostalno korištenje ili za korištenje u sklopu računala. U nekim državama razvijaju se i neki drugi programi koji mogu pomoći u zaštiti bilja, poput GIS-a (eng. geographic information system), a sve veći napredak u mobilnoj komunikaciji ima i GNSS (eng. global navigation satellite system) koji također može pomoći pri donošenju odluka u poljoprivredi. Uzorci prikupljeni na određenom mjestu s pomoću senzora montiranih na traktore ili drugu mehanizaciju mogu poslužiti kao važan čimbenik u razvitku DSS-a (Shtienberg, 2013). S obzirom na prednosti i potencijalne koristi koje pruža DSS nije iznenađujuće da su u poljoprivredi, u samo nekoliko godina, razvijeni brojni programi koji su dostupni i spremni za korištenje. Unatoč brojnosti i raznovrsnosti tih programa teško je utvrditi točan broj koji se upravo koristi. Mnogo poljoprivrednika dostupne programe ne koristi, a prema brojnim tvrdnjama velik broj programa niti ne radi pouzdano, a mnogi nisu niti dovršeni. Jedan od glavnih razloga zašto poljoprivrednici ne koriste takve programe jest u tome što ne prihvaćaju nove tehnologije, a kao glavni problem proizvođači ističu skeptičnost oko odluka koje donosi računalni program, i to smatraju glavnom preprekom. Pogreška u izradi većine DSS programa jest u tome što izrađivači nisu uzeli u obzir znanje proizvođača pri korištenju novih tehnologija. Većina programa razvijena je za potrebe akademske i znanstvene zajednice pa nije jednostavna za korištenje. Također, i visoka cijena nekih DSS-a ograničavajući je čimbenik u raširenosti uporabe te tehnologije.

Poljoprivrednici imaju različita očekivanja od DSS programa, a neki od onih programa koji su razvijeni nisu mogli ispuniti ta očekivanja (Knight i Mumford, 1994). Zadatak DSS programa jest pružiti poljoprivrednicima pomoć pri donošenju odluka o optimalnom roku primjene insekticida. Na taj način proizvođači dobivaju točnu informaciju o tome je li uopće potrebno tretirati te ako jest, kad je to potrebno provesti. Zahvaljujući tim informacijama uzgajivači neće tretirati ako nije potrebno, odnosno neće trošiti nepotrebne količine insekticida, što će donijeti ekološku, ali i ekonomsku korist (Amsalem i Vanunu, 2008). Informacije potrebne za točan rad većine programa jesu podaci o vremenskim prilikama, kao što su temperatura i relativna vlaga zraka kao najvažniji čimbenici koji uvjetuju pojavu nekog štetnika. Te podatke program dobiva automatski od državnih hidrometeoroloških zavoda ili privatnih meteoroloških postaja. Sve te informacije program analizira u bazi podataka i proizvođaču nudi sažetak u obliku tablica ili u obliku karata, a korisnik rezultat može pregledati na osobnom računalu, tabletu ili telefonu nove generacije u realnom vremenu.

Za različite štetne organizme postoje i različiti tipovi DSS programa koji su specijalizirani za određene kategorije.

Soypest je DSS program koji se bazira na internetskom korištenju. Razvijen je na National Research Centre for Soybean (NRCS) u suradnji s Institute of Int. Management and Technology (IIMT). Cilj tog projekta bio je pružiti uzgajivačima pravilne i precizne odluke pri zaštiti soje od štetnika. Sustav pomaže identificirati prisutne štetnike i njihovu aktivnost, a sve informacije daje na temelju prepoznatih šteta, prema morfologiji štetnika te prema njihovim slikama.

Agrex je profesionalni program koji poljoprivrednicima daje precizne i točne preporuke i savjete pri korištenju gnojiva, zaštiti usjeva, navodnjavanju te prognozi pojave štetnika u proizvodnji voća i povrća.

Rice-crop Doctor je profesionalni DSS program koji je razvijen na National Institute of Agricultural Extension Management (MANAGE), a koristi se u uzgoju riže. Program daje točnu prognozu napada štetnika i preporuke za preventivne ili kurativne mjere zaštite. Iako se prvenstveno koristi u uzgoju riže, Rice-crop Doctor može se koristiti i u nekim drugim poljoprivrednim kulturama.

Exowhem se koristi kao internetski alat, a služi kao pomoć poljoprivrednicima pri uzgoju pšenice i raspolaže svim informacijama o njezinom uzgoju. Program daje preporuke o načinu uzgoja pšenice ovisno o području i klimatskim uvjetima te daje i savjete za obradu tla, gnojidbu i navodnjavanje. Osim toga poljoprivrednicima daje savjete i informacije o zaštiti pšenice od štetnih organizama.

Pesticide advisor je program koji poljoprivrednicima pomaže u donošenju točnih i sigurnih odluka u korištenju sredstava za zaštitu bilja, što uključuje pravilno doziranje te njihovu točnu i sigurnu primjenu. Koristi se u Indiji te

sadrži detaljne informacije za sva registrirana sredstva za zaštitu bilja u realnom vremenu (Singh i Gupta, 2016).

FIDS (eng. Forest Insect and Disease Survey) je DSS program koji se koristi u zaštiti šumskog bilja od bolesti i štetnika, a proizvođačima daje informaciju o povoljnim uvjetima za infekciju te informaciju o visini populacije pojedinog štetnika (Power, 1988).

proPLANT

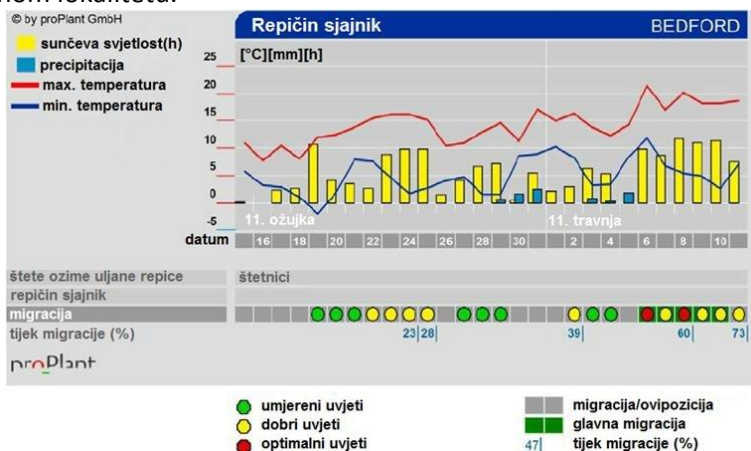
Danas jedini komercijalno dostupan DSS program u zaštiti bilja od štetnika jest proPlant. Koristi se u savjetodavne svrhe u zaštiti uljane repice, šećerne repe, krumpira i žitarica od štetnika. Program je razvijen u Njemačkoj u suradnji Instituta za poljoprivredno-informatičke znanosti te komore agronoma savezne države Sjeverne Rajne-Vestfalije. Taj programa je lako dostupan i ne zahtijeva veliko informatičko znanje. Može se koristiti putem interneta, kao program na osobnom računalu, ali također i kao aplikacija na pametnom telefonu. Danas se program koristi u velikom broju europskih zemalja, a prvi je put potvrđen i isproban u Njemačkoj 2001. godine (Williams, 2010).

Za dobivanje preciznih i točnih informacija u suzbijanju štetnika sustav zahtijeva točne podatke o razvojnom stadiju usjeva, o gustoći populacije štetnika te informacije o meteorološkim uvjetima. Program ima mogućnost automatskog unosa meteoroloških podataka s najbliže meteorološke postaje, a daje prognozu za iduća tri dana. Svi navedeni podatci potrebni su da bi program mogao dati točnu informaciju i preporuku o tome treba li i kada primijeniti insekticid, koji insekticidi odabrati i u kojoj dozi, a vrednuje i učinkovitost prethodnih primjena. Prije korištenja sustava u praksi potrebno je sustav prilagoditi lokalnim klimatskim prilikama i razvojnom ciklusu pojedinog štetnika kroz dulji niz godina da bi korisnici dobili točne informacije o optimalnim uvjetima za aktivnost štetnika.

ProPlant uključuje razvijene fenološke modele za najvažnije štetnike uljane repice, a to su: repičin crvenoglavi buhač (*Psylliodes chrysocephala* Linneaus, 1758), repičin sjajnik (*Brassicogethes aneus* Fabricius 1775), mala i velika proljetna repičina pipa (*Ceutorhynchus pallidactyllus* Marsh, 1802 i *Ceutorhynchus napi* Gyll, 1837) i repičina mušica komušarica (*Dasyneura brassicae* Winnertz, 1853). Ti modeli razvijeni su u višegodišnjim istraživanjima i predviđaju vrijeme pojave štetnika u usjevu na temelju meteoroloških podataka koji uključuju minimalnu, maksimalnu i srednju dnevnu temperaturu zraka, minimalnu temperaturu tla na 20 cm dubine, broj sunčanih sati tijekom dana, količinu oborina i brzinu vjetera (Frahm i sur., 1996; Newe i sur., 2003; Williams, 2010). Program izračunava vrijeme početka i završetka migracije svakog štetnika u usjevu, dnevne uvjete za migraciju odraslih oblika te daje procjenu postotka populacije odraslih oblika štetnika koja je do određenog

trenutka migrirala u usjev. Sustav izračunava vrijeme koje je potrebno ženama za odlaganje jaja kao i intenzitet odlaganja jaja, početak odlaganja jaja te vrijeme izlaska ličinki iz jaja uzimajući u obzir meteorološke podatke (Johnen i Meier, 2000).

Na primjeru repičina sjajnika i meteoroloških podataka na području Ujedinjenog Kraljevstva, gdje je potvrđena ispravnost rada sustava i gdje je sustav dostupan proizvođačima bez naknade za pristup, prikazat će se način rada i informacije koje proPlant može dati korisnicima. Kada korisnik pristupi alatu, prikazuje mu se niz grafikona i karata. Na slici 1. prikazan je utjecaj meteoroloških čimbenika na pojavu odraslih oblika repičina sjajnika te njihovu migraciju, uvjete za odlaganje jaja kao i postotak ličinki koje su izašle iz jaja na određenom lokalitetu.



Slika 1. Meteorološki uvjeti za pojavu repičina sjajnika na području Velike Britanije, prilagođeno prema Cook i sur. (2013)

Iz podataka prikazanih na slici 1., u određenoj godini, može se vidjeti početak pojave odraslih oblika sredinom ožujka kada su uvjeti za to umjereni zato što su u tom razdoblju temperature još relativno niske, a iznose oko 10°C. Već nekoliko dana kasnije uvjeti za pojavu postaju dobri s temperaturom od 15°C i dovoljnom količinom broja sunčanih sati tijekom dana. Optimalni uvjeti za pojavu repičina sjajnika nastupaju početkom travnja. U tom razdoblju odvija se i glavna migracija štetnika u usjev, a za njezin je početak potrebna dovoljna količine sunčeve svjetlosti (broj sunčanih sati tijekom dana) te maksimalna dnevna temperatura zraka od 20°C.

Podatke o meteorološkim uvjetima, proPlant dobiva od meteoroloških postaja koje se nalaze u različitim klimatskim područjima, a što je više meteoroloških postaja uključeno u sustav, proPlant će dati precizniju prognozu za pojedini lokalitet. Ako se podatci o aktivnosti štetnika utvrđeni u poljskim uvjetima ne poklapaju s podacima koje program predviđa, može ih se lako prilagoditi za određeno klimatsko područje.

Na slici 2. prikazane su sve meteorološke postaje na području Ujedinjenog Kraljevstva koje su uključene u proPlant model i uvjeti za početak migracija repičina sjajnika u usjev uljane repice. Korisnik odabire meteorološku postaju koja je najbliža željenom lokalitetu/usjevu i dobiva informacije u realnom vremenu. Crvena boja označava početak migracije štetnika u usjev, žuta označava početak migracije kroz nekoliko idućih dana, a zelena boja znači da migracija još nije počela jer na određenom lokalitetu vladaju nepovoljne klimatske prilike.



Slika 2. Početak migracije repičina sjajnika, prilagođeno prema Cook i sur. (2013)

Ako je migracija počela (crvena boja meteorološke postaje), korisnik prelazi na iduću kartu (slika 3) koja prikazuje migraciju repičina sjajnika unutar usjeva.



Slika 3. Nova migracija repičina sjajnika unutar usjeva, prilagođeno prema Cook i sur. (2013)

Nakon odabira određene meteorološke postaje koja je najbliža usjevu korisnik dobiva informaciju o uvjetima migracije štetnika u usjevu. Svijetlozelena i tamnozeleno boja označavaju nepovoljne uvjete za migraciju repičina sjajnika, a razlikuju se u indeksu leta, pri čemu svijetlozelena boja

odgovara indeksu leta 0 (migracija nije moguća), a tamnozeleno boja odgovara indeksu leta 1 (nema migracije). Žuta boja označava dobre uvjete za migraciju i odgovara indeksu leta 2, a crvena boja označava optimalne uvjete za migraciju te odgovara indeksu leta 3. Ako je tri uzastopna dana na izabranoj meteorološkoj postaji prikazana žuta boja, sustav će dati upozorenje da je potrebno otići u usjev i obaviti vizualni pregled biljaka na prisutnost odraslih oblika. Ako aplikacija prikazuje crvenu boju tijekom jednoga dana, korisniku se preporučuje da isti ili najkasnije idući dan obiđe usjev i obavi vizualni pregled biljaka da bi se utvrdilo je li prag odluke prijeđen i je li potrebna primjena insekticida. Na slici 4., odnosno na trećoj karti u aplikaciji, prikazan je postotak populacije repičina sjajnika koji je, do određenog trenutka, migrirao u usjev.



Slika 4. Postotak migracije repičina sjajnika, prilagođeno prema Cook i sur. (2013)

Odabirom određene meteorološke postaje korisnik dobiva informaciju o postotku populacije koja je završila migraciju pa tako zelena boja označava da migracija još nije niti započela. Žuta boja označava djelomičnu migraciju, pri čemu se očekuje povećanje populacije repičina sjajnika tijekom idućeg razdoblja, a korisniku se savjetuje praćenje prethodne karte (slika 3.) do početka cvatnje uljane repice. Crvena boja označava kraj migracije koju je program procijenio s obzirom na dobivene meteorološke podatke. U tom slučaju završeno je kritično razdoblje jer je sva populacija repičina sjajnika završila migraciju, a biljke uljane repice nalaze se u fazi razvoja u kojoj štetnik više ne može činiti znatnije štete.

ZAKLJUČAK

U današnje je vrijeme moderna tehnologija i informatizacija prisutna u svakom području ljudskog života, a prijeko je potrebna u procesu automatizacije i povećanja učinkovitosti poljoprivredne proizvodnje. Računalni programi (DSS sustavi) postaju se popularniji među proizvođačima jer nužno ne zahtijevaju instalaciju posebnih programa niti kupnju licenci, a u budućnosti će se sve više poljoprivrednih proizvođača oslanjati na savjete i informacije koji im ti sustavi omogućuju. Računalni programi u zaštiti bilja od štetnika vrlo su vrijedan alat jer smanjuju utrošak ljudskog rada i omogućuju znatnu uštedu

vremena u tehnologiji proizvodnje poljoprivrednih kultura, međutim treba znati da rade na temelju informacija koje im daje čovjek. Prema tome proizvođači se ne smiju oslanjati isključivo na rad računala nego ipak moraju obilaziti i pregledavati usjeve nakon što ih sustav upozori o kritičnoj visini populacije pojedinog štetnika.

SUMMARY

The key moment in the protection of agricultural crops against pests is precisely determining the optimal time of insecticide application using different methods in the field. Visual inspections of crops are necessary but time consuming and producers usually do not have enough time. For this reason, various computer programs have been developed to help and facilitate very difficult decisions. Although there is very large number of these programs, very few are used in practice. Today, the only commercially available computer program is proPlant which is used as help in protection of sugar beet, oilseed rape, potato and cereals against insect pests. It includes developed phenological models both for the pests of and their natural enemies.

Key words: optimal time of treatment, decision support systems, phenological models, pests

LITERATURA

Amsalem, G., Vanunu, N. (2008). Agricultural Pest Control Decision Support System, dostupno na: <http://in.bgu.ac.il> (pristupljeno: 23.9.2018.)

Cook, S. M., Döring, T., Ferguson, A. W., Martin, J. L., Skellern, M. P., Smart, L. E., Wats, N. P., Welham, S. J., Woodcok, C., Picket, J. A. (2003). Development of an integrated pest management strategy for control of pollen beetles in winter oilseed rape, dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/265514707_Development_of_an_integrated_pest_management_strategy_for_control_of_pollen_beetles_in_winter_oilseed_rape (pristupljeno: 24.9.2018.)

Frahm, J., Johnen, A., Volk, T. (1996). Development of the PRO_PLANT decision support system for plant protection in cereals, sugar beet and rape. EPPO Bulletin, 26, 609-622.

Johnen, A., Meier, H. (2000). A weather-based decision support system for mainign oilseed rape pests. Proceedings BCPC Conf-Pests & Diseases, 2, 793-800.

Knight, J. D., Mumford, J. D. (1994). Decision Support Systems in Crop Protection. SAGE Journals, 23 (4), 281-285.

Newe, M., Meier, H., Johnen, A., Volk, T. (2003). proPlant expert.com – an online consultation system on crop protection in cereals, rape, potatoes and sugar beet. EPPO Bulletin, 33, 443-449.

Power, J. M. (1988). Decision Support Systems for the Forest Insect and Disease Survey and for Pest Management, dostupno na: <http://www.nrcan.gc.ca/forests> (pristupljeno: 24.9.2018.)

-
- Shtienberg, D.** (2013). . Will Decision Support Systems Be Widely Used for the Management of Plant Diseases, dostupno na: <http://bpp.oregonstate.edu/> (pristupljeno: 24.9.2018.)
- Singh, N., Gupta, N.** (2016). ICT based decision support systems for Integrated Pest Management (IPM): A review. ARCC Journals, 37 (4), 309-316.
- Williams, I.** (2010). Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests. London, Springer, 381-405.

pregledni rad