Biblid:0350-2953 (2018) 44(3): 99-104;
UDK: 631.3; 631.5

Originalni naučni rad
Original scientific paper

**PRIMENA PRECIZNE POLJOPRIVREDE U RATARSKOJ PROIZVODNJI:
KONCEPT I IMPLEMENTACIJA
APPLICATION OF PRECISION AGRICULTURE IN CROP PRODUCTION:
CONCEPT AND IMPLEMENTATION**

**Višacki, Vladimir¹, Sedlar Aleksandar¹, Bugarin Rajko¹, Mašan Vladimir²,
Turan Jan¹, Janić Todor¹, Ponjičan Ondrej¹**

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Trg D. Obradovića 8,
21000 Novi Sad, Srbija

² Univerzitet Mendel u Brnu, Departman za hortikulturu, Valtička 337, 691 44 Lednice,
Češka Republika

SAŽETAK

Precizna poljoprivreda je koncept upravljanja u poljoprivrednoj proizvodnji koja se bazira na osnovu posmatranja, merenja i međusobnog uticaja između biljaka, useva i plodoreda ili sa aspekta uzgoja životinja. Prednosti se uočavaju u obliku povećanja prinosa i/ili povećanju profitabilnosti produkcije poljoprivrednika. Ostali aspekti dolaze kroz bolje uslove rada, povećanu dobrobit životinja i potencijal za poboljšanje raznih aspekata za upravljanje prirodnim resursima. Tako, precizna poljoprivreda doseže širi cilj u vezi održivosti poljoprivredne proizvodnje. Primena visoke tehnologije i tehnike u poljoprivredi je objedinjena i nazvana precizna poljoprivreda. Iako je koncept precizne poljoprivrede, na neki način, počeo da se primenjuje još pre 50 godina, 1990. godina se smatra početnom.

Ključne reči: precizna poljoprivreda, tehnologija, tehnika, koncept, profitabilnost.

1. UVOD

Precizna poljoprivreda podrazumeva bolje upravljanje inputima kao što su mineralna đubriva, herbicidi, semena, goriva korišćenog tokom obrade, setve ili aplikacije pesticida. Preciznije podrazumeva da se inputi koriste na ispravan i bolji način, na pravo mesto u pravo vreme u tačno određenim količinama. S preciznom poljoprivredom prevazilazi se primena uniformne distribucija mineralnih đubriva, sredstava za zaštitu bilja, navodnjavanja, semena itd. Tačnije, proizvodne parcele se dele na polja, na više upravljačkih zona u kojima će se u zavisnosti od zemljišta, terena i prethodne proizvodnje upotrebiti različita količinu inputa. Podela po zonama nudi povećanje produktivnost useva i održivost farme kroz poboljšanje upravljanja inputa što dovodi do bolje zaštite životne sredine.

Sa strane poljoprivrednika, prednosti ovakvog upravljanja dovode do pravilnog izbora hibrida prema informacijama o kvalitetu i plodnosti zemljišta, rasipanju mineralnog đubriva, smanjenja upotrebe sredstava za zaštitu bilja i potrošnje goriva i na kraju smanjenog sabijanja zemljišta. Prednosti primena precizne poljoprivrede za društvo su takođe poznati. Ovaj vid proizvodnje podrazumeva primenu različitih hardvera i softvera, uređaja za navođenje mašina, senzora zemljišta i useva, informacioni menadžment, sistem odlučivanja što utiče na ublažavanje zagađenja životne sredine koje proizilazi iz prekomerne primene azota i fosfora kao đubriva.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Implementacija precizne poljoprivrede postala je moguća zahvaljujući razvoju tehnologije senzora koja se koristi u kombinaciji sa procedurama u vezi mapiranja varijable u odgovarajućoj agrotehničkoj meri na proizvodnom prostoru, kao što su oranje, setva, đubrenje, aplikacija herbicida i pesticida, žetvi i u stočarstvu. Ključna karakteristika za postizanje "preciznosti" proizilazi iz korišćenja sistema za pozicioniranje, pre svega globalnog navigacionog satelitskog sistema (GNSS). Kontrola kretanja u poljoprivredi ili automatsko upravljanje kretanjem (*Controlled Traffic Farming-CTF*) i sistemi auto-pilota su najuspešniji oblici koji se koriste.

Za primenu promenljive norme (*Variable Rate Application - VRA*) koristi se senzorska tehnologija za mapiranje, odnosno pravljenje zona. Na osnovu ovih zona formira se varijabilna norma koja se postiže primenom GNSS i sistemima koji omogućuju postizanje varijabilne norme semena, đubriva ili pesticida. Tako se za postizanje varijabilne norme isključuju određene sekcije sejalice, prskalice kao i rasipača mineralnog hranica. Isti sistemi se primenjuju i da bi se eliminisalo preklapanje u prohodima kao i rad na granici parcele.

Upotrebom ovih sistema u preciznoj poljoprivredi postižu se određene uštede što je potvrđeno između ostalog i rezultatima istraživanja u vezi održive primene tehnike za aplikaciju pesticida. Istraživanja su rezultat terenskog i praktičnog rada i aktivnosti Tehničko-edukativnih radionica održanih u 2017. i 2018.

Dosadašnja iskustva u korišćenju uređaja za navigaciju pokazuju da su postignute uštede u proseku 2,24 eur/ha korišćenjem sistema navođenja agregata. Konkretno u proizvodnji pšenice uštedi se 18 do 48 evra po hektaru. Primenom varijabilnih normi može se uštedeti od 10 do 25 evra po hektaru u zavisnosti od površina, kao i smanjiti korišćenje azota za 10 do 15% bez uticaja na smanjenje prinosa. Korišćenjem senzora pri aplikaciji pesticida količina koja se koristi se može u proseku smanjiti za 13%. Primenom precizne poljoprivrede u navodnjavanju upotreba vode je u odnosu na konvencionalni način proizvodnje manja za 25% što znatno smanjuje direktne troškove proizvodnje od 44 evra po hektaru. U setvi, kontrolom sekcija sejlaice šteti se 3 do 5% količine semena.

Poljoprivredna proizvodnja počinje sa osnovnom obradom. Primena precizne poljoprivrede može biti kroz utvrđivanja sabiljenosti parcele i vučnih otpora, određivanja prisustva karakterističnih delova parcele i adekvatnog odabira izbora sistema obrade. Najvažnija tačka u proizvodnji predstavlja kvalitet setve. Na primer, upotrebom kamere koja će snimiti prisustvo korova na parceli, može se utvrditi za koliko će se prinos smanjiti jer je na kombajnu postavljen merač prinosa na elevatoru. Ukoliko je prisustvo korova 25% na parceli, smanjenje prinosa suncokreta može biti do čak 30%. Ili ako je prisustvo korova u usevu suncokreta između 15 i 20%, može doći do smanjenja prinosa do 22%. Jedino ako je prisustvo korova manje od 3%, može se pretpostaviti da to neće značajno uticati na prinos ili se ne može dokazati gubitak prinosa.

U proizvodnji suncokreta koristi se i druga vrste kamere za merenje temperature biljke i određivanje broja šokova koje doživi biljka u toku vegetacionog perioda. Prvi šokovi se pojavljuju usled velikih količina padavina, kada je suncokret u fazi 4 lista. Posebno, suncokret najveće šokove trpi pri aplikaciji pesticida pri visokim temperaturama. Gubotak u prinosu se može predvideti pri aplikaciji pesticida kada suncokret ima minimum 8 listova pa sve do 12 listova. Šok biljke dovodi do smanjenja prinosa do 7%. Ovo je dobijeno na osnovu statističke analize odnosno generisanja modela predviđanja događaja na osnovu ulaznih parametara. Temperatura biljke može dostići 30°C u maju i junu dok u julu može preći granicu od 40°C kada biljka prolazi kroz najveći temperaturni šok. Objašnjenje za pojavu šoka pri aplikaciji pesticida i visokim temperaturama se ogleda u tome što je suncokret toploljubiva biljka i svoju biološku

aktivnost ispoljava na najvišem nivou kada je radijacija Sunca najviša. Stanje šoka biljke se može pratiti infracrvenim kamerama ili praćenjem satelitskih snimaka u termalnom spektru i to sa preciznošću od $0,1^{\circ}$ C. Na osnovu ovih podataka se formira mapa temperaturnih polja na osnovu koje se vrši navodnjavanje. Efekti navodnjavanja se mogu odmah registrovati, a korekcija radiati ponovnim snimanjem. Upotreba infracrvene kamere pri navodnjavanju kod sistema precizne poljoprivrede danas je uzela veoma veliki udeo jer se može veoma lako primeniti. Na kraju, mapiranje prinosa predstavlja završni posao na osnovu čega treba da se uoče ekonomski efekti primene precizne poljoprivrede.

Varijabilna norma đubrenja i setva predstavljaju direktnu primenu precizne poljoprivrede. Na osnovu mapiranja parcele prema sadržaju elemenata, prinosom prethodne godine, planiranim usevom i potrebama zemljišta obavlja se kontinuirana promena norme đubrenja. Varijabilna norma izvodi se tako što se na izlazu iz rezervoara mineralnog đubriva menja veličina otvora. Sistem dobija informaciju o poziciji od GPS uređaja, a na osnovu mape ima informacije o potrebnoj normi đubrenja koju primenjuje.

Primenom varijabilnih normi postiže se smanjenje količine korišćenih pesticida, semena i đubriva za više od 11%. Ovo ostvaruje ekonomski efekat i smanjuje troškove proizvodnje za 5,5%. Upotreba đubriva, na primer može biti manja za 25%, a prinos će se povećati za 20%. Varijabilna norma aplikacije pesticida se ostvaruje promenom norme tretiranja po istim podacima koje dobija rasipač ali se promena norme obavlja kontinualnim promenom pritiska ili čak aktiviranjem rasprskivača drugog protoka.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

Najsveobuhvatnija tipologija tehnologije precizne poljoprivrede podeljena je u tri glavne kategorije: tehnologije navođenja, tehnologije snimanja i tehnologija reagovanja.

Tehnologije navođenja, odnosno komponente i softver koji navode, obuhvataju sve oblike automatskog upravljanja/smernica za kretanje traktora ili samohodne poljoprivredne mašine, obezbeđujući pomoć vozaču, mašinsko vođenje, kontrolisano-ograničeno kretanje; Tehnologije navođenja mogu se koristiti u poljoprivrednoj praksi (uključujući i tradicionalnu proizvodnju), fokusirajući se na precizno kretanje mašina unutar i između polja sa opipljivim rezultatima u smanjenom preklapanju, što uzrokuje manju upotrebu semena, đubriva i pesticida uz istovremeno smanjenje eksploatacije mašina i potrošnje goriva.

Tehnologije snimanja (senzori, vazdušne ili satelitske platforme i prikupljanje prostornih informacija), uključuju mapiranje tla, mapiranje vlage u tlu, mapiranje oblika, mapiranje prinosa itd. Tehnologije snimanja su potrebne da bi se dobijale informacije iz polja (pre, za vreme i nakon perioda vegetacije, obrada – setva – aplikacija pesticida i đubriva - žetva), a nakon obrade ovih podataka dobijaju se informacije neophodne za bilo koju vrstu aplikacije precizne poljoprivrede.

Tehnologija reagovanja koristi podatke sistema za snimanje i omogućava minimiziranje svih inputa (seme, đubriva, pesticida, vode) u optimalnoj količini koja odgovara vrsti useva i unapređuje način rasta i razvoja biljke. Očekuje se da će prava kombinacija ove tri kategorije povećati ili barem zadržati prinos sa prednostima višeg kvaliteta i minimalnog uticaja na životnu sredinu.

Tehnologija snimanja u preciznoj poljoprivredi

Kao naredni korak implementacije precizne poljoprivrede jeste prosto rečeno sakupljanje podataka sa polja. Prvenstveno se misli na podatke o prinosu jer je to početak daljeg procesa odlučivanja. Kao primer posmatrača se sledeća fotografija. Na njoj su bojama označeni

prinosi na različitim parcelama. Dati prinosi su snimljeni prilikom vršidbe kombajna. Kombajn sadrži sistem za merenje prinosa i konstantno ga prikazuje na monitoru kombajna. Ukoliko se ti podaci povežu sa navigacijom date u prethodnom delu, dobija se data mapa prinosa. Mapa prinosa se koristi za dalje agrotehničke operacije. Tako se na primer na mestima gde je bilo prinosa kulture ispod 2 t/ha odobrava povećano đubrenje u iznosu od 20%. Tamo gde je prinos na parceli bio veći od 4.4 t/ha, tamo se norma đubrenja smanjuje za 20%. Ova raspodela norme đubrenja se može uraditi još preciznije. Osim datih ograničenja, uvede se još kategorija kao što su mesta gde se neće vršiti uopšte đubrenje a to je na primer na mestima gde je prinos bio preko 6,5 t/ha. U oblastima gde je prinos bio između 1 i 2 t/ha, norma đubrenja se povećava za 50%. Dodatno se može uvesti da se oblasti gde je izmeren prinos manji od 0,5 t/ha označe kao mesta gde je potrebna hitna reakcija mere popravke zemljišta i detaljnog ispitivanja.

Sl. 2. Mapa prinosa preuzeta sa kombajna

Pored merenja prinosa i fizičkih karakteristika zemljišta u tehnologiju snimanja u preciznoj poljoprivredni uključene su još neki indeksi koji se dobijaju korišćenjem drugih sistema.

Kulture se razlikuju, čak i na istom polju. Tehnologija Precizna poljoprivredna omogućava bolju identifikaciju, analizu i upravljanje vremenskom i prostornom varijabilnošću u polju. Preciznost je u svrhu smanjenja ove varijabilnosti kroz više usmerene i ciljane napore - napore koji bi trebali povećati proizvodnju održavajući kvalitet i kvantitet useva. Kada se govori o daljinskom senzoru u preciznoj poljoprivredi, odmah se misli na senzore o indeksima vegetacije. Vegetacija ili vegetativni indeks izračunava se pomoću različitih spektralnih opsega, obično u zavisnosti od vrste stresa biljaka što je cilj da se vizualizuje. Zdravstveno stanje biljke moguće je ispitati i proveriti, snimiti a zatim i procesuirati uz pomoć različitih indeksa kao što su: NDVI, NDRE, VARI, TGI, SIPI2, LCI, BNDVI, GNDVI. Svaki indeks ima drugačiju upotrebu i drugačiji vizuelni izlaz. Njihova svrha jeste ta da se preko tih indexa vrši provera trenutnog stanja biljke, proverava potreba za vodom i različitim hranljivim materijala ili čak utvrđuje prisustvo bolesti ili insekata na biljci (stepen zaraženosti). Ovi indeksi se dobijaju snimanjem spektralnim kamerama čija cena u zavisnosti od namene i rezolucije može biti od 3870 EUR pa do 175620 EUR. Zbog visoke cene opreme ali i zahtevnog rada tokom snimanja, najčešće se koriste usluge trećih lica koji će izvršiti snimanje ili usluge koje su na raspolaganju

vezane za korišćenje satelitskih snimaka sa manjom preciznošću. U oba slučaja zahteva dobro obučenog inženjera precizne poljoprivrede.

Indeks normirane razlike vegetacije - U preciznoj poljoprivredi, NDVI se koristi za merenje biomase. Dok se u šumarstvu koristi za kvantifikaciju indeksa šumske raznovrsnosti i lista.

NDRE - Normalizovana razlika crvenog spektra - Indeks osetljiv na sadržaj hlorofila u lišću suprotno od efekata pozadine, tla. Ovaj indeks se može formulisati samo ako je dostupan crveni spektar.

SIPI2 - Indeks intenzivne pigmentne strukture 2 - Indeks koji se koristi u područjima sa visokom varijabilnošću u strukturi krošnje (npr. Šumarstvo).

LCI - Leaf Chlorophyll Index - Indeks za procenu sadržaja hlorofila u područjima potpune pokrivenosti listova.

TGI - Indeks trouglastog zelenila - RGB indeks za osetljivost hlorofila. TGI indeks se oslanja na vrednosti refleksije na vidljivim talasnim dužinama. To je prilično dobar pokazatelj za sadržaj hlorofila u područjima sa velikom gustinom lišća.

VARI - Vidljivi atmosferski otporni indeks - RGB indeks za pokrivanje listova. Ovaj indeks se koristi za procenu dela vegetacije u slici sa niskom osetljivošću na atmosferske efekte.

BNDVI - Indeks blue indeksiranog razlikovanja - BNDVI je indeks bez dostupnosti crvenih kanala koji koristi vidljive plave, za područja osetljiva na sadržaj hlorofila.

GNDVI - Indeks zelene normalizovane razlike vegetacije - GNDVI indeks koristi vidljive zelene umesto vidljive crvene i blizu infracrvene. Korisno za merenje brzine fotosinteze i praćenje stresa biljaka.

Sl. 8. NDVI index polja i mapa temperatura biljaka na polju; bordo boj označava loše stanje biljaka odnosno visoku temperaturu.

4. ZAKLJUČAK

U periodu od nekoliko godina, na značaj dobija i poslednji četvrti deo implementacije precizne poljoprivrede. Pod implementacijom tog dela podrazumeva se korišćenje višegodišnjih

podataka o prinosu i varijabilnost ostalih faktora. Predstavlja sveobuhvatnu analizu promene prinosa, fizičkih i hemijskih svojstava zemljišta na osnovu čega se prave modeli i pokušavaju da uoče greške i nedostaci. Osnovno se prati povećanje plodnosti zemljišta, nedostaci mikro i makro elemenata, efekti različite primenjene tehnologije obrade zemljišta ili celokupne proizvodnje. Na primer, pri obradi srednje lakih i lakih zemljišta upotrebom razrivača umesto pluga dovodi do povećanja humusa u površinskom sloju zemljišta a najčešće je obuhvaćen sloj od 0,3 m. Posle 3 godine uvodi se oranje kako bi se humusom obogatio sloj od 0,3 do 0,6 m. Drugi primer jeste situacija kada u pojedinim delovima parcela gde je usled lošeg prinosa vršeno povećanje norme đubrenja došlo je do smanjenja prinosa. Efekat povećanje norme đubrenja je dao rezultat u prve dve godine a u ostalim godinama taj efekat je izostao. Shodno tome, preduzimaju se mere za utvrđivanje uzoraka takvog događaja. Osim ovih analiza, vrše se analize iskorišćenosti mehanizacije i greške u toku rada. Na primer, zabeležena je smanjena potrošnja goriva iz godinu u godinu zbog promene tehnologije proizvodnje. Proces snimanja ovakvih podataka i dobijana uopšte celokupnih podataka sa polja je Telematika.

Telematika se naziva "sledeća velika stvar" u poljoprivrednoj industriji jer prikuplja podatke u realnom vremenu iz poljoprivrednih mašina i traktora koja radi na terenu i prenosi iste na internet ili na oblak. Opsežna upotreba telematike koja integriše vremenske stanice na poljoprivrednim lokacijama i monitore vlage kako bi se informacije o klimatskim uslovima u poljoprivredi u realnom vremenu mogle preneti na globalno tržište u narednih nekoliko godina. Ove napredne rešenja nude daljinsko upravljanje poljoprivrednim mašinama, daljinskom dijagnostikom i direktnom tehničkom podrškom tehničkog osoblja proizvođača na globalnom tržištu. Prednosti rešavanja problema za rešavanje problema na daljinu i pitanja bez fizičkih putovanja na terenu povećavaju usvajanje telematike na globalnom tržištu preciznih poljoprivrednih proizvoda. Do 2017. Godine, zauzela je 17% ukupnog tržišta precizne poljoprivrede.

APPLICATION OF PRECISION AGRICULTURE IN CROP PRODUCTION: CONCEPT AND IMPLEMENTATION

SUMMARY

Precision agriculture is the concept of management in agricultural production based on observation, measurement and interaction between plants, crops and crops or from the aspect of animal breeding. Benefits are seen in the form of increased yields and / or increased profitability of farmers' production. Other aspects come through better working conditions, increased animal welfare and the potential for improving various aspects of natural resource management. Thus, precise agriculture achieves a broader goal of sustainability of agricultural production. The application of high technology and technology in agriculture is unified and called precision agriculture. Although the concept of precise agriculture, in a way, began to apply even 50 years ago, 1990 is considered an initial one.

Key words: precision agriculture, technology, technique, concept, profitability.

Napomena: Rad predstavlja deo istraživanja na projektu „Unapređenje proizvodnje kukuruza i sirka u uslovima stresa“, evidencioni broj TR – 31073, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Primljeno: 10. 08. 2018. god.

Prihvaćeno: 25. 08. 2018. god.