



UDK: 63:004 (497.11)

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

ISPITIVANJE UJEDNAČENOSTI ISEJAVANJA SEMENA METODOM ODZIVNIH POVRŠINA

Dragan Marković, Žarko Čebela, Vojislav Simonović, Ivana Marković*

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Sažetak: Predmet ovog rada je optimizacija ujednačenosti isejavanja semena korišćenjem metode odzivnih površina i provera optimalnog nivoa promenljivih. Promenljive su modelirane kao potpritisak na setvenim pločama, prečnik setvenih otvora i periferna brzina setvenih ploča. Metoda može da se koristi za optimizaciju međusetvenog rastojanja svih ratarskih i povrtarskih kultura za čiju setvu se koristi pneumatska sejalice sa potpritisakom. Modeli su shodno usvojenim koeficijentima važeći za brzinu rotacije setvenih ploča od $0.053 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do $0.192 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, za prečnik otvora na setvenim pločama od 1.66 mm do 3.34 mm i za potpritisak na setvenim pločama od 2.64 kPa do 9.36 kPa.

Ključne reči: sejalice, razmak, pritisak, odzivna površina.

UVOD

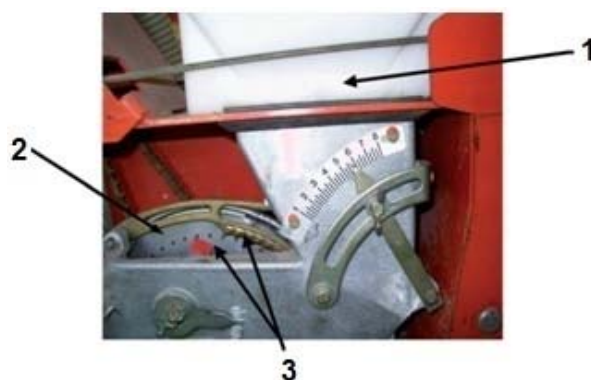
Vazдушna struja u kojoj vlada potpritisak u setvenim aparatima pneumatskih sejalice koristi se da usisnim efektom nanese i zadrži seme na setvenoj ploči. Setvene ploče koje služe za distribuciju semena od ispusta rezervoara za seme do brazdice u zemljištu su tanke i kružnog oblika. Razmak isejanog semena zavisi od: broja zahtevanih semena po m^2 , podešenog međurednog razmaka, odabrane setvene ploče i od spregnutih prenosnika u menjačkoj kutiji. Razmak između semena u redu zavisi od norme setve, a određuje se i na osnovu biološkog zahteva određenog hibrida. Broj posejanog semena treba da je veći za 10-12% od broja biljaka u sklopu u nicanju [9].

* Kontakt autor. E-mail: dmarkovic@mas.bg.ac.rs

Rezultati istraživanja su deo projekta Ministarstva za nauku i obrazovanje, program Tehnološki razvoj, pod nazivom „Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu povrća i voća“, broj TR 35043.

MATERIJAL I METODE RADA

Precizna sejalice koja je korišćena u eksperimentu sastojala se od setvenog aparata sa vertikalnim setvenim pločama opstrujavanih vazdušnom strujom u kojoj vlada potpritisak. Seme iz levkastog otvora rezervoara za seme dospeva na otvore rotacione setvene ploče pod dejstvom potpritiska u vazduhu sa suprotne strane ploče. Potpritisak se prekida na donjoj strani sekcije i seme propada u sprovodnu cev pod dejstvom gravitacije. Ukoliko se na jednom otvoru nalazi više semena, upravljiv uređaj uklanja višak i vraća ih u levak. Opšti prikaz uređaja koji je korišćen u eksperimentu prikazan je na slici 1.



Slika 1. Opšti prikaz setvene jedinice:

1. levak rezervoara za seme, 2. setvena ploča, 3. skidač viška semena

Figure 1. An overview of the planting unit:

1. funnel seed box, 2. seed plate, 3. excess seed remover

Traka probnog stola, dužine 15 m i širine 14 cm, postavljena je ispod setvenog aparata. Njena uloga je da prihvati isejano seme i da obezbedi uslove za određivanje položaja semena koje se koristi za testove u laboratoriji u cilju određivanja performansi setvenog aparata. Merenje razmaka semena vrši se sa onim brojem isejanog semena koji odgovara pređenom putu sejalice od 10 metara pri datoj brzini za svaki test [4]. Setveni aparat postavljen je što je bliže traci da bi se eliminisalo skakanje semena, a setvena ploča je pogonjena elektromotorom dok je ventilator za stvaranje potpritiska različitih nivoa pogonjen priključnim vratilom traktora. Traka je pogonjena nezavisno od setvene ploče. Brzina kretanja sejalice manifestovana brzinom trake i brzina rotacije setvene ploče su sinhronizovani. Setveni aparat bio je podešen za teorijsko međusetveno rastojanje od 11.8 cm [3].

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Kao statistička i matematička tehnika, metoda odzivnih površina bila je potrebna za optimizaciju rukovanja (periferna brzina setvene ploče i potpritisak) i konstruktivnih promenljivih (prečnik otvora).

Problem odzivne površine obično je usmeren na neki odziv Y , koji je u funkciji k nezavisnih promenljivih $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_k$, odnosno:

$$Y = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k)$$

i odzivna površina može uzeti različite oblike u zavisnosti od tipa funkcije odziva. U ovom radu je izabrana odzivna funkcija definisana oblikom kvadratnog polinoma na sledeći način:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_i \sum_j \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon, \quad i \leq j, \quad (1)$$

gde je:

- Y - zavisna promenljiva (odziv),
- $X_{i,j}$ - kodirane nezavisne promenljive,
- β_0 - prekid,
- $\beta_{i,j,k}$ - koeficijenti regresije,
- ε - greška.

Kodirana nezavisna promenljiva X_i se izračunava pomoću sledeće jednačine:

$$X_i = \frac{\xi_i - \xi^*}{d_s} \quad (2)$$

gde je:

- ξ - nezavisna promenljiva u originalnim jedinicama,
- ξ^* - vrednost nivoa (centralna tačka) nezavisne promenljive,
- d_s - vrednost koraka u originalnim jedinicama.

Određivanje centralne tačke za svaku nezavisnu promenljivu bazirana je na uslovima u polju i fizičkim osobinama semena. Konstruisanje zahteva pet nivoa za svaku nezavisnu promenljivu. Ovi nivoi bili su kodirani: -1.682, -1, 0, 1 i 1.682 (redom) [1].

Korišćeno je pet različitih setvenih ploča sa različitim prečnikom. Centralna tačka u ovom konstruisanju je kodirana kao nula a centralna tačka za prečnik otvora izabrana je da bude 2.5 mm. Vrednost koraka je 0,5mm i na osnovu toga su izračunati prečnici otvora setvenih ploča 1.66; 2.0; 3.0 i 3.34 mm. U eksperimentu su bile korišćene setvene ploče sa prečnika 185 mm i sa 48 otvora po obodu. Ploče su dobavljane od proizvođača sejalice, a otvori na pločama su bili bušeni laserskim mašinama sa tolerancijom od $\pm 0,1$ mm. Maksimalan prečnik otvora je takav da ne dozvoljava semenu da prođe kroz njega.

Sejalica korišćena u eksperimentu poseduje točak koji se kotrlja po zemljištu i koji prenosi kretanje do setvene ploče pomoću prenosnika snage.

Sejalica je funkcionisala sa pet različitih perifernih brzina setvenih ploča. Ovo su bile brzine 0.05; 0.08; 0.12; 0.16 i 0.19 m s⁻¹. Selektovanje periferne brzine setvene ploče ostvareno je uzimajući u obzir brzinu kretanja sejalice u polju [2, 6, 7].

Potpritisak u pet nivoa je menjan promenama brzine priključnog vratila. Nivo potpritisaka je bio centriran u 6.0 kPa dok su drugi nivoi bili izračunati za vrednost koraka od 2.0 kPa kao 2.64; 4.0; 8.0 i 9.36 kPa.

U tabeli 1 data je lista nezavisnih promenljivih i kodirani nivoi faktora.

Tabela 1. Kodirani nivo za nezavisne promenljive korišćenjem funkcija odzivne površine

Table 1. Coded levels for independent variables using response surface functions

Faktor <i>Factor</i>	Jedinica <i>Unit</i>	Kod <i>Cod</i>	Kodirani nivoi <i>Coded levels</i>				
			-1.682	-1	0	+1	+1.682
Periferna brzina <i>Peripheral speed</i>	m·s ⁻¹	X ₁	0.05	0.08	0.12	0.16	0.19
Prečnik otvora <i>Diameter of hole</i>	mm	X ₂	1.66	2.00	2.50	3.00	3.34
Potpritisak <i>Vacuum</i>	kPa	X ₃	2.64	4.00	6.00	8.00	9.36

Svaki operativni uslov postavljen je pažljivo, a nivo potpritisaka se meri korišćenjem vakuuma metra. Ispitivanje je obavljeno u tri ponavljanja.

Performanse ujednačenosti sejanja pomoću preciznih sejalica definisane su merama: indeks izostavljanja semena, indeks višestrukosti semena, indeks kvaliteta setve i preciznost, koeficijent varijacije ostvarenih razmaka itd. Indeks izostavljanja semena I_{miss} je procenat rastojanja većih 1,5 puta od željenog međusetvenog rastojanja. Indeks višestrukosti semena I_{mult} je procenat rastojanja manjih ili jednakih polovini željenog međusetvenog rastojanja. Indeks kvaliteta setve I_{qf} je procenat rastojanja koja su veća od polovine, a manja od 1,5 puta željenog međusetvenog rastojanja.

U idealno preciznom procesu sejanja, ne postoji izostavljanje i višestrukost i indeks kvaliteta setve je 100%. Međutim, u realnim uslovima, neka odstupanja od teorijskog razmaka tokom srtve su očekivana. Ovo znači da indeks kvaliteta setve može biti u upotrebi, ali rastojanja između semena nisu identična teorijskom razmaku. Iz ovog razloga, potreban je drugi indikator za ujednačenost sejanja. Stoga, ustanovljen je dodatni kriterijum za performanse nazvan geometrijskim odstupanjem od teorijskog razmaka. Ova definicija je data sledećom jednačinom:

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Z - Z_{th})^2}{N}} \quad (3)$$

gde je:

- Z [cm] - izmereni razmak,
- Z_{th} [cm] - teorijski razmak,
- N [-] - broj posmatranja;

Trebalo bi zabeležiti da je ova definicija različita od dobro poznate standardne devijacije. To je mera koliko tačno se seme smešta u zemljište i odstupa od teorijskog razmaka. Ova funkcija bi mogla da se posmatra kao funkcija nepovoljnosti pošto je neko odstupanje od teorijskog razmaka nepovoljno.

Tabela 2 Kodirane i nekodirane nezavisne promenljive i vrednosti performansi

Table 2. Coded and uncoded independent variable values and performance

R.B. No.	Nezavisne promenljive Independent variable values			Zavisne promenljive (vrednosti performansi) Dependent variable values (performance values)			
	X_1 v [m·s ⁻¹]	X_2 d [mm]	X_3 P [kPa]	I_{gf} [%]	I_{miss} [%]	I_{mult} [%]	E_{rms} [%]
1	-1 0.08	-1 2	-1 4	54.13 2.69	45.86 2.69	0 0	23.53 1.74
2	-1 0.08	1 3	-1 4	97.92 0.90	2.08 0.90	0 0	2.19 0.11
3	1 0.16	-1 2	-1 4	26.51 0.69	72.48 2.42	1.01 1.75	41.19 3.78
4	1 0.16	1 3	-1 4	93.23 5.49	4.69 2.71	2.08 3.65	2.93 0.67
5	-1 0.08	-1 2	1 8	91.15 0.90	7.81 0.00	1.04 0.90	4.38 0.88
6	-1 0.08	1 3	1 8	97.40 0.90	1.04 0.90	1.56 0	2.06 0.15
7	1 0.16	-1 2	1 8	73.81 1.21	25.08 3.02	1.01 1.75	8.11 0.73
8	1 0.16	1 3	1 8	95.31 1.57	3.12 1.57	1.56 1.57	2.93 0.11
9	-1.682 0.053	0 2.5	0 6	93.23 0.91	4.69 1.57	2.09 1.81	3.77 1.08
10	1.682 0.192	0 2.5	0 6	70.43 1.86	24.27 2.46	4.30 3.36	7.35 0.75
11	0 0.12	-1.682 1.66	0 6	39.49 8.44	52.50 5.99	0.90 1.56	34.01 5.27
12	0 0.12	1.682 3.34	0 6	88.53 2.38	5.20 3.25	6.26 2.68	4.08 1.07
13	0 0.12	0 2.5	-1.682 2.64	61.21 7.39	49.39 4.44	3.00 1.34	21.55 4.58
14	0 0.12	0 2.5	1.682 9.36	84.69 2.06	11.26 2.06	4.05 0	5.33 0.63
15	0 0.12	0 2.5	0 6	89.06 4.69	8.85 3.93	2.08 0.91	4.79 0.31
16	0 0.12	0 2.5	0 6	86.98 1.80	8.33 2.38	4.69 1.56	4.45 0.41
17	0 0.12	0 2.5	0 6	89.42 1.83	6.35 1.59	4.23 2.42	4.32 0.61
18	0 0.12	0 2.5	0 6	88.56 2.41	9.88 0.92	1.56 1.57	4.87 0.92
19	0 0.12	0 2.5	0 6	86.46 5.49	7.29 0.90	6.25 4.69	4.84 0.48
20	0 0.12	0 2.5	0 6	88.02 1.81	9.37 1.57	2.61 0.91	5.87 0.91

Pri idealnom rasporedu semena u zemljištu ne treba da postoji izostavljanje ili višestrukost, indeks kvaliteta setve treba da bude 100%, a geometrijsko odstupanje takođe da bude nula [10].

Kao što se može videti sejalice koja vrši isejavanje pri perifernoj brzini $0,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, s prečnikom otvora setvene ploče 3mm i potpritiskom 4 kPa (eksperiment 2, Tab. 2) daje odgovarajući rezultat kvadratnog člana indeksa kvaliteta setve, indeksa izostavljanja i višestrukosti semena i geometrijskog odstupanja [8]. Rezultati mogu biti tumačeni dobro izabranim opsegom nezavisnih promenljivih i vrednošću koraka.

Sledeće polinomne funkcije sa transformisanim zavisnim promenljivim za preciznije predviđanje razvijeni su korišćenjem tri ponavljanja u svakom slučaju za:

- model indeksa kvaliteta setve (I_{qf})

$$\sqrt{I_{qf}} = 9,33 - 0,412X_1 + 0,943X_2 + 0,702X_3 + 0,351X_1X_2 + 0,693X_2X_3 - 0,361X_2^2 - 0,385X_3^2, \quad (4)$$

- model indeksa izostavljanja semena (I_{miss})

$$\sqrt{\frac{I_{miss}}{100 - I_{miss}}} = 0,317 + 0,129X_1 - 0,307X_2 - 0,208X_3 - 0,103X_1X_2 + 0,197X_2X_3 - 0,101X_2^2 - 0,112X_3^2, \quad (5)$$

- i model geometrijsko odstupanja E_{rms} :

$$\sqrt{E_{rms}} = 2,165 - 0,304X_1 + 1,192X_2 + 0,752X_3 + 0,23X_1X_2 + 0,788X_2X_3 - 0,511X_2^2 - 0,353X_3^2. \quad (6)$$

Rezultati postepene regresivne analize za svaku funkciju data je u Tabelama 3-5.

Sejalica je delovala u optimalnom nivou da verifikuje rezultate od svakog modela. Napravljeni su takođe neki dodatni potvrđni testovi za dalju verifikaciju modela. Sejalica je takođe testirana za različite teorijske razmake od 7 do 14,2 cm. Ovi testovi bili se preduzeti za dalju potvrdu optimalnog nivoa nadenih promenljivih. Sva ponavljanja bila su upotrebljavana za razvijanje funkcija odzivnih površina. Funkcije odzivnih površina bile su razvijene za svaki kriterijum ispitivanih osobina.

Model za indeks višestrukosti semena nije izvođen pomoću raspoloživih podataka. Modeli su važeći za brzinu rotacije setvenih ploča od $0,053 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do $0,192 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, za prečnik otvora na setvenim pločama od 1.66 mm do 3.34 mm i za vakum na setvenim pločama od 2.64 kPa do 9.36 kPa.

Na osnovu rezultata postepene regresivne analize, najvažnija promenljiva koja je merodavna za setvu je prečnik rupe, pošto je odgovoran za 38%, 43% i 47% varijacija u posmatranim indeksima, (Jednačine 1-3, Tabele 3-5). U sva tri modela opisana jednačinama i tabelarno uočava se nedostatak kvadratnog uticaja periferne brzine setvene ploče. Ovo znači da periferna brzina ploče linearno utiče na ovaj fizički problem i da manja brzina znači veći indeks kvaliteta setve [5]. Manja brzina ploče takođe

redukuje indeks izostavljanja semena i kvadratnokoreno odstupanje. Optimalni nivoi prečnika otvora i vakuma vrednovani po sva tri modela veoma su bliski (Tab. 6).

Tabela 3. Rezultati postepene regresije za model indeksa kvaliteta setve

Table 3. Results for the gradual regression model index quality planting

Promenljiva Variable	Koeficijent Coefficient	Prosečna greška Average error	Verovatnoća, p Probability, p	Koeficijent odredenosti, R^2 [%] Coefficient of Determination, R^2 [%]
const	9,330	0,0616	2×10^{-70}	-
X_2	0,943	0,0481	1×10^{-25}	38,67
X_3	0,702	0,0481	1×10^{-20}	60,12
X_2X_3	-0,693	0,0629	3×10^{-15}	72,36
X_1	-0,412	0,0481	3×10^{-11}	79,76
X_3^2	-0,385	0,0629	9×10^{-7}	85,66
X_2^2	-0,361	0,0466	3×10^{-10}	91,61
X_1X_2	0,351	0,0629	9×10^{-7}	94,75

Tabela 4. Rezultati postepene regresije za model indeksa izostavljanja semena

Table 4. Results for gradual regression model index omitting seeds

Promenljiva Variable	Koeficijent Coefficient	Prosečna greška Average error	Verovatnoća, p Probability, p	Koeficijent odredenosti, R^2 [%] Coefficient of Determination, R^2 [%]
const	0,317	0,0196	6×10^{-22}	-
X_2	-0,307	0,0153	4×10^{-26}	43,28
X_3	-0,208	0,0153	1×10^{-18}	63,14
X_2X_3	0,197	0,0200	1×10^{-13}	73,61
X_1	0,129	0,0153	3×10^{-11}	81,24
X_3^2	0,112	0,0140	6×10^{-10}	86,50
X_2^2	0,101	0,0140	1×10^{-8}	91,50
X_1X_2	-0,103	0,0200	3×10^{-6}	94,39

Tabela 5. Rezultati postepene regresije za model geometrijskog odstupanja

Table 5. Results gradual regression model for geometric tolerances

Promenljiva Variable	Koeficijent Coefficient	Prosečna greška Average error	Verovatnoća, p Probability, p	Koeficijent odredenosti, R^2 [%] Coefficient of Determination, R^2 [%]
const	2.165	0.064	2×10^{-70}	-
X_2	-1.192	0.050	1×10^{-29}	47.60
X_3	-0.752	0.050	1×10^{-20}	66.55
X_2X_3	0.788	0.065	1×10^{-16}	78.74
X_1	0.511	0.048	3×10^{-14}	87.01
X_3^2	0.353	0.048	2×10^{-9}	91.45
X_2^2	0.304	0.050	1×10^{-7}	94.54
X_1X_2	-0.230	0.065	9×10^{-4}	95.58

Interesantno je primetiti da su površine indeksa izostavljanja semena i E_{rms} vrlo sličnog oblika. Gubici koji su se dogodili za vreme testova prouzrokovali su odstupanja u teorijskom međusetvenom rastojanju, i kao rezultat, E_{rms} funkcija ima slični oblik kao funkcija indeksa izostavljanja zrna.

Tab. 6 Optimalni nivoi promenljivih za razvijene modele

Tab. 6 Optimal levels of variables in developed models

Model <i>Model</i>	Optimalni nivo za prečnik otvora <i>The optimal level for hole diameter</i>		Optimalni nivo za vakuumski pritisak <i>The optimal level of vacuum pressure</i>	
	Kodirano <i>Coded</i>	Nekodirano [mm] <i>Uncoded [mm]</i>	Kodirano <i>Coded</i>	Nekodirano [kPa] <i>Uncoded [kPa]</i>
I_{af}	1,173	3,08	-0,11	5,8
I_{miss}	1,250	3,12	-0,17	5,7
E_{rms}	1,320	3,16	-0,41	5,2

Da bi se pronašao optimalan opseg korišćenja je optimizacija nivoa prečnika rupe i vakuumskog pritiska pomoću tri različita modela, a konture odzivnih površina indeksa izostavljanja semena, indeksa kvaliteta setve i kvadratnokorenog odstupanja bili su preklapani. Optimalni nivo koji je prikazan za svaki model je u istakanom regionu i ovo je takav region u kome se može očekivati indeks kvaliteta setve približno 99% ili 100% i minimalna kvadratnokorena greška i indeks izostavljanja semena. Prečnik rupe od 3.1 mm i potpritisak od 5.5 kPa su podesni nivoi za rad sejalice u optimalnom radnom režimu, respektivno, za odabrane koeficijente.

ZAKLJUČAK

Metodologija odzivnih površina je koristan alat i daje vrednosti optimalnih performansi preciznih sejalica. Razvijene jednačine mogu biti korišćenje za postavljanje performansi u zavisnosti od promenljivih poput indeksa kvaliteta setve, indeksa izostavljanja semena i odstupanja od teorijskog međusetvenog rastojanja za sličan tip sejalice kao što je ona korišćena u studiji pod poznatim radnim uslovima. Tačnost međusetvenog rastojanja najviše zavisi od prečnika otvora na setvenim pločama. Optimalna vrednost ovog prečnika je oko 3 mm. Nivo potpritiska je važan i povezan sa prečnikom otvora a izbor za njegov optimalni nivo na osnovu fizičkih osobina semena je oko 5.5 kPa. Periferna brzina setvenih ploča takođe utiče na međusetveno rastojanje, ali porast u brzini odražava se obrnuto proporcionalno na kvalitet setve, indeks izostavljanja semena i kvadratnokoreno odstupanje. U praktičnim uslovima povećavanje kapaciteta sejalice, broj otvora na setvenim pločama trebao bi biti maksimalan pošto će ovo smanjiti perifernu brzinu setvenih ploča, a sledstveno, maksimalan indeks kvaliteta setve povećava tačnost međusetvenog rastojanja, kao i smanjenje izostavljanja i višestrukosti semena. Geometrijsko odstupanje trebalo bi da bude korišćeno kao pokazatelj, pošto tačnost razmaka ne treba da bude zasnovana samo na gornjem maksimumu indeksa kvaliteta setve već takođe na minimiziranju izostavljanja i višestrukosti semena i odstupanju od teorijskog razmaka.

LITERATURA

- [1] Box, G.E.P, Draper, N. 1987. *Empirical Model-Building and Response Surfaces*. John Wiley & Sons, New York, 669.
- [2] Kachman, S.D., Smith, J.A. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. *Transactions of the ASAE*. 38(2): 379–387.
- [3] Karayel, D., Barut, Z.B., Özmerzi, A. 2008. Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder. *Biosystems Engineering*. 87(4): 437-444.
- [4] Karayel, D. 2007. Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean. *Soil and Tillage Research*. 41(2): 56-67
- [5] Marković, D., Veljić, M., Simonović, V. 2009. Razvoj rešenja za softversko upravljanje brzinom setvenih ploča sejalice. *Poljoprivredna tehnika*. 34(1): 137-144
- [6] Milenković, B., Barać, S. 2010. Uticaj brzine rada setvenih agregata na ostvareni prinos kukuruza. *Poljoprivredna tehnika*. 35(2): 73-77.
- [7] Milenković, B., Barać, S. 2008. Uticaj brzine rada setvenih agregata na distribuciju semena u redu i ostvareni sklop biljaka kukuruza. *Poljoprivredna tehnika*. 33(2): 65-71.
- [8] Mileusnić, Z., Đević, M., Petrović, D., Miodragović, R. 2008. Optimizacija traktorsko-mašinskih sistema za obradu zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 34(3-4).
- [9] Moody, F.H., Hancock, J.H., Wilkerson, J.B. 2003. Evaluating planter performance-cotton seed placement accuracy. *ASAE Paper*. 3: 1146.
- [10] Yazgi, A., Degirmencioglu, A. 2007. Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology. *Biosystems Engineering*. 97(3): 347-356.

RESEARCH OF SEEDING DISTANCE UNIFORMITY BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Dragan Marković, Žarko Čebela, Vojislav Simonović, Ivana Marković

*University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade,
Republic of Serbia*

Abstract: The subject of this paper is to optimize the uniformity seeding distances using response surface methodology and validated optimal level variables. Variables are modeled as a vacuum on the seed plate, diameter planting holes and peripheral speed of sowing records. The method can be used to optimize seeding distance of field and vegetable crops for which sowing is used pneumatic vacuum seeding machine. The models are valid for the speed of rotation of the plate seeding $0.053 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ to $0.192 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, the diameter of the holes in the seed plate from 1.66 mm to 3.34 mm and the vacuum of the seed plate 2.64 kPa to 9.36 kPa. Accuracy seeding distance depends on the diameter of the holes in the seed plate. The optimum value of about 3 mm in diameter is used for cotton seeds in the experiment. The level of vacuum pressure is important and connected

with a diameter holes and the choice of its optimal level based on the physical properties of the seeds is about 5.5 kPa.

Key words: seeding machine, distance, pressure, response surface.

Datum prijema rukopisa: 12.10.2012.

Paper submitted:

Datum prijema rukopisa sa ispravkama:

Paper revised:

Datum prihvatanja rada:

23.10.2012.

Paper accepted: