

**Bibliid:** 0350-2953 (2008) 34: 3-4, p. 171- 179  
**UDK:** 631.3.001.892

Originalni naučni rad  
Original scientific paper

## **PRAVCI RAZVOJA MEHANIZACIJE ZA RACIONALNIJU I EKOLOŠKU PROIZVODNJU HRANE**

### **TRENDS IN DEVELOPMENT OF MACHINERY FOR RATIONAL ECO- FOOD PRODUCTION**

Malinović N, Meši M.\*

#### **REZIME**

Rad predstavlja analizu i prikaz mogućih postupaka racionalne primene mehanizacije i razvoj novih rešenja mašina u svrhu ekološke poljoprivrede. Precizna poljoprivreda, dobar odabir i racionalizacija u tehnološkim postupcima i primenjenoj tehnici mogu da rezultiraju ka očuvanju i popravci zemljišta, kao i proizvodnji zdrave hrane.

**Ključne reči:** obrada zemljišta, potrošnja goriva, utrošak mašinskog rada, sabijanje zemljišta, inteligentne mašine

#### **SUMMARY**

This paper presents review and analysis of available methods for rational utilisation of machinery and development of novel machines for eco-food. Precision agriculture, valid selection and rationalization of technological procedures and mechanization, can lead to soil conservation and improvement, as well as to production of eco-food.

**Key words:** soil tillage, fuel consumption, working hours consumption, soil compaction, intelligent machines

#### **UVOD**

Tržišni uslovi nameću potrebu smanjenja troškova, pri proizvodnji hrane. Istovremeno, se postavljaju se sve oštriji zahtevi za očuvanje zemljišta i proizvodnje zdrave hrane. Izborom tehnoloških postupaka i adekvatne mehanizacije moguće je ostvariti veću ekonomsku i energetska efikasnost, uz očuvanje ekološke sredine i zemljišta. Brz napredak u elektronici i računarskim tehnologijama uslovio je i razvoj inteligentnih mašina za precizno vođenje, setvu i okopavanje širokorednih kultura. Ta rešenja treba da doprinesu proizvodnji zdrave hrane, bez primene hemijskih sredstava za suzbijanje korova.

---

\* Dr Nedeljko Malinović, redovni profesor, dr Mihal Meši, vanredni profesor, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8.

## MATERIJAL I METOD RADA

Analizom višegodišnjih ispitivanja različitih rešenja mehanizacije u obradi zemljišta, đubrenja, setvi i ubiranju ratarskih useva izvedeni su zaključci i preporuke. Razvijena su prototipska rešenja preciznih sejatica i inteligentnih kopačica, koja su korišćena u realizaciji setve i okopavanja useva kukuruza. Korišćeni su rezultati drugih i sopstvenih istraživanja. Obavljena je diskusija rezultata i date korisne preporuke.

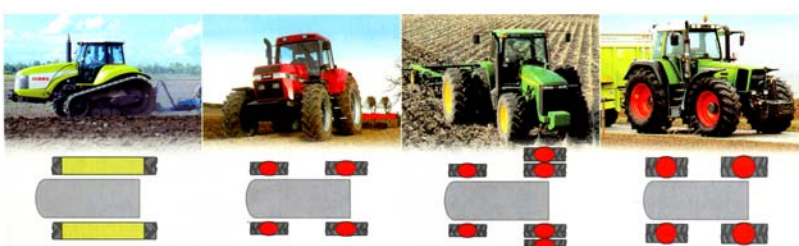
## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Racionalizacija, ekološki, ekonomski i energetski efekti su značajna stavka u opredelenju i izboru mehanizacije pre svega u obradi zemljišta. Navedeni pokazatelji treba da budu osnova kod planiranja opremanja mehanizacijom poljoprivrednih imanja. Postupci i mašine koje doprinose boljim efektima u obradi zemljišta, mogu biti na razne načine realizovani.

Primenom visokoproduktivnih agregata moguće je očuvanje zemljišta, ekonomičnija i ekološki zdravija proizvodnja.

Tab. 1 Specifični pritisak na zemljište u zavisnosti od hodnog sistema traktora

Tab. 1 Specific soil pressure in dependence of tractor driving system

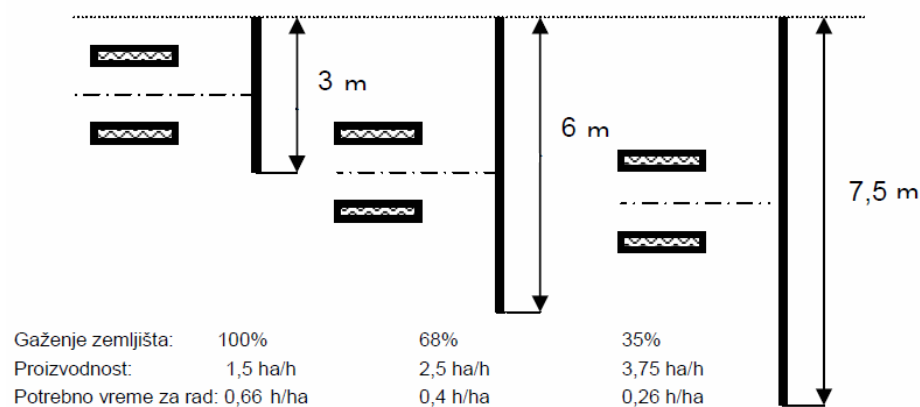


|                | belt drive   | standard tyres |           | dual tyres |          | extra wide tyres |           | Type                          |
|----------------|--------------|----------------|-----------|------------|----------|------------------|-----------|-------------------------------|
|                |              | front          | rear      | front      | rear     | front            | rear      |                               |
| t              | 63.5 cm wide |                |           |            |          |                  |           | belt / tyres                  |
| bar            | 11.6         |                | 11.4      |            | 12.3     |                  | 11.7      | tyre pressure                 |
| m <sup>2</sup> | –            | 1.60           | 1.0       | 1.60       | 1.20     | 1.60             | 1.00      | contact area                  |
| m <sup>2</sup> | 2 x 1.35     | 2 x 0.194      | 2 x 0.256 | 2 x 0.194  | 4 x 0.15 | 2 x 0.220        | 2 x 0.295 | total contact area            |
| bar            | 2.70         | 0.90           |           | 0.99       |          | 1.03             |           | average contact area pressure |
| bar            | 0.42*        | 2.38           | 1.13      | 2.38       | 0.80     | 1.34             | 0.99      |                               |

\* In reality, measured values of the contact area pressure alongside the flexible belt drive lie between 0.3 and 0.8 bar.

Savremeni farmeri pri planiranju opremanja mehanizacijom imaju težak matematički model. Istovremeno, imaju i više promenljivih koje su međusobno funkcionalno zavisne, a čiji je karakter promena teško definisati.

Izbor parametara mehanizacije i tehnoloških postupaka treba da se zasnivaju na bazi faktora uticajnih na produktivnost, ekonomičnost, energetsku efikasnost i očuvanje zemljišta. Izborom hodnog mehanizma traktora može da se utiče na površinu gaženja i sabijanje zemljišta (tab. 1). Povećanjem radnog zahvata mašina pored povećanja produktivnosti, znatno se smanjuje procenat gaženja. To se najbolje uočava na primeru širine radnog zahvata kombajna (slika 1).



Sl. 1 Prikaz efekata proizvodnosti, gaženja i mašinskog rada u funkciji radnog zahvata mašine

Fig. 1 Review of effects of productivity and machine labour as the function of machine working width

Primenom traktora većih snaga u konvencionalnoj osnovnoj obradi produktivnost može da se poveća i do 5 puta, uz uštedu energije i smanjenje gaženja.

Tab. 2 Primena kategorije traktora u eko proizvodnji

Tab. 2 Utilization of tractor category in eco production

|                                                                                    | Kategorija traktora-tractor category |                       |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                                                    | do 50 kW                             | 100 - 150 kW<br>(125) | 150 - 250 kW<br>(200) |
| Prosečan radni zahvat pluga, m<br>Average working width of plow, m                 | 0,6                                  | 1,8                   | 3,0                   |
| Produktivnost pri brzini od 2 m/s, ha/h<br>Productivity on velocity 2 m/s, ha/h    | 0,43                                 | 1,3                   | 2,16                  |
| Energetsko učešće pri oranju, kWh/ha<br>Participation of energy in plowing, kWh/ha | 116,2                                | 96,1                  | 92,5                  |
| Relativni odnos broja tragova, %<br>Relativ relation of track numbers, %           | 100                                  | 33                    | 20                    |

Korišćenjem združenih agregata u konvencionalnoj obradi takođe se doprinosi značajnoj energetske uštedi, povećanju produktivnosti i smanjenju gaženja (tabela 3).

Primenom novih sistema obrade, alternativnih oruđa u odnosu na konvencionalnu obradu (raonim plugom) ostvaruje se značajna ušteda energije, povećanje profita i povećani efekat na kvalitet zemljišta (tabela 4).

Tab. 3 Odnos eksploatacionih parametara pri radu mašina u pojedinačnim prohodima i združenih agregata (pokazatelji na bazi traktora od 120 kW)

Tab. 3 Relation between exploitation parameters during machine's work in an individual passage and associated aggregates (indexes based on tractor of 120 kW)

| Eksploatacioni pokazatelji<br>Exploitation<br>index                                | Agregati-Aggregate machines               |       |         |                                                |                       |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|---------|------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
|                                                                                    | Pojedinačni prohodi<br>Individual incomes |       |         | Združeni agregati<br>Joined aggregate machines |                       |                             |
|                                                                                    | Priprema                                  | Setva | Zaštita | Priprema+<br>setva                             | Prskanje<br>(zaštita) | Priprema+<br>setva+ zaštita |
| Radni zahvat, m<br>Working width, m                                                | 6                                         | 6     | 24      | 6                                              | 24                    | 6                           |
| Produktivnost, ha/h<br>Productivity, ha/h                                          | 6                                         | 4,8   | 19,2    | 4,8                                            | 19,2                  | 4,8                         |
| Energetsko učešće mašina,<br>kWh/ha<br>Energy participation of<br>machines, kWh/ha | 20                                        | 25    | 6,25    | 25                                             | 6,25                  | 25                          |
|                                                                                    | 51,25                                     |       |         | 31,25                                          |                       | 25                          |
| Relativni odnos broja tragova,<br>%<br>Relativ relation of track<br>numbers, %     | 100                                       |       |         | 50                                             |                       | 25                          |
| Mašinski rad, h/ha<br>Machine work, h/ha                                           | 0,16                                      | 0,2   | 0,05    | 0,2                                            | 0,05                  | 0,2                         |
|                                                                                    | 0,41                                      |       |         | 0,25                                           |                       |                             |

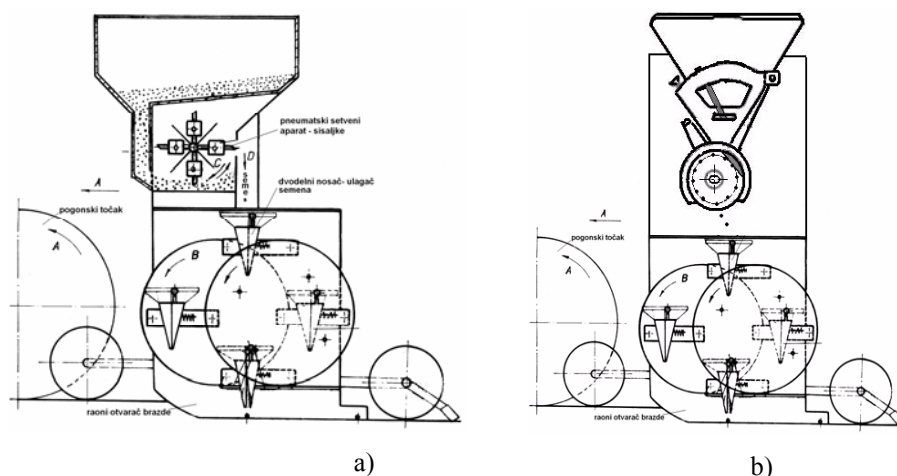
Tab. 4 Neke od prednosti alternativnih sistema obrade

Tab. 4 Some advantages of alternative tillage systems

| Obrada<br>Tillage                                          | Kišne<br>gliste,<br>kom/m <sup>2</sup><br>Rainworm<br>kom/m <sup>2</sup> | Kretanje nitrata po slojevima<br>dubine, mgNO <sub>3</sub> -N/kg<br>Motion of nitrates in depth,<br>mgNO <sub>3</sub> -N/kg |            |         | Degradacija<br>zemljišnih<br>agregata, %<br>Reduction of<br>soil<br>aggregates,<br>% | Energetsko<br>učešće,<br>kWh/ha<br>Energy<br>participation,<br>kWh/ha | Cena<br>rada,<br>Eura/ha<br>Working<br>price,<br>Euro/ha |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                                            |                                                                          | 20 (cm)                                                                                                                     | 40<br>(cm) | 60 (cm) |                                                                                      |                                                                       |                                                          |
| Plug +<br>priprema +<br>setva<br>Plow+preparation+drilling | 1-3                                                                      | 10                                                                                                                          | 46         | 44      | 81                                                                                   | 130-180                                                               | 90-120                                                   |
| Malč+setva<br>Mulch tillage<br>+drilling                   | 15-20                                                                    | 20                                                                                                                          | 42         | 38      | 72                                                                                   | 80-120                                                                | 60-100                                                   |
| Direktna setva<br>Direct drill                             | 25-35                                                                    | 35                                                                                                                          | 36         | 29      | 68                                                                                   | 25-40                                                                 | 30-40                                                    |

Proizvodnja zdrave hrane, uz očuvanje ekološke sredine podrazumeva maksimalnu redukciju, pa i potpuno izostavljanje hemije. Kada je korov u pitanju izostavljanje herbicida podrazumeva njegovo mehaničko uništavanje. Ideja za mehanizovano umesto ručnog

okopavanja širokorednih kultura uslovlila je razvoj novih tehničkih rešenja. Departman za poljoprivrednu tehniku, pri Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu, razvio je liniju inteligentnih mašina za precizno vođenje agregata, preciznu setvu i okopavanje širokorednih kultura. Realizacija precizne sejalice sa usisnim mlaznicama tipa DP-2010 (slika 2a) nije zadovoljila u laboratorijskom ispitivanju. Zbog toga se prešlo na primenu postojećeg setvenog aparata, koji radi na principu vakuum vazdušne struje tipa PNEUMASEM II (slika 2b).

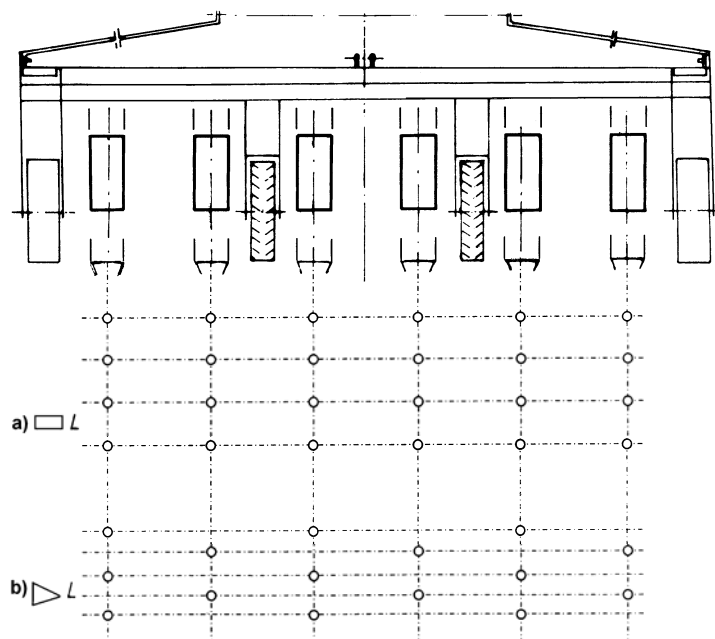


*Sl. 2 Šema i izgled setvenih sekcija pneumatske sejalice (levo-varijanta A na bazi pneumatskih sisaljki, desno-varijanta B na bazi pneumatskog setvenog aparata tipa Pneumasem II)*

*Fig. 2 Schema and images of sowing sections of a pneumatic sowing machine (left - variant A with pneumatic suction cups, right - variant B based on a Pneumasem II-type pneumatic sowing mechanism )*

Uz primenu novog rešenja rotacionog transportnog kola i preciznog doziranja semena setvenim aparatom PNEUMASEM II može da se ostvari željeni raspored semena u setvi oblika pravougla ili trougla (slike 3a i 3b).

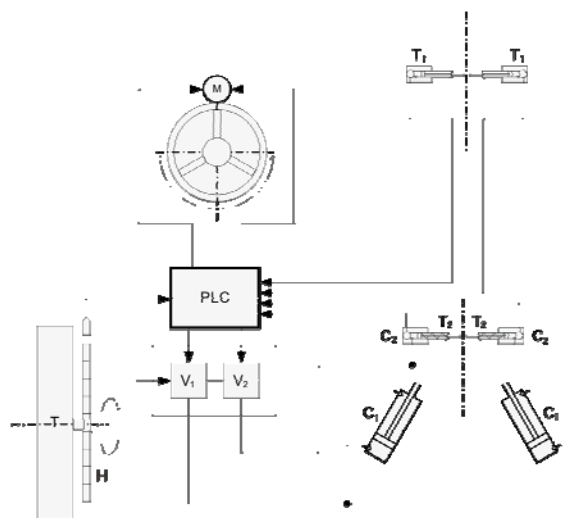
Na savremenim poljoprivrednim mašinama upravljanje i vizuelno vođenje agregata zahteva veliki deo pažnje rukovaoca. Rukovalac je zauzet vođenjem i upavljanjem i ne može da se posveti drugim zadacima (kontroli režima, kvaliteta i dr.). Savremene mašine poseduju sistem samovođenja koje može biti zasnovano na mašinskom vođenju, praćenjem redova ili komparativnih tačaka i drugi način pomoću GPS-a ili RTKDGPS sa tačnošću do 2,5 cm. Departman za poljoprivrednu tehniku, razvio je liniju inteligentnih mašina za preciznu setvu, okopavanje i vođenje agregata u setvi i međurednoj kultivaciji. Sistem upravljanja radnim organima inteligentne kopačice kao i praćenje rada i vođenje agregata u međurednoj kultivaciji prikazan je na slici 3.



Sl. 3 Precizna pravougaona (a) i trouglasta (b) setva  
Fig. 3 Precise rectangular (a) and triangular (b) sowing

Opis slike:

Sistem upravljanja i vođenja agregata u setvi i međurednoj kultivaciji obavlja se pomoću programibilnog logičkog kontrolera (PLC), koji upravlja i inteligentnom kopačicom. Razvojem uređaja za upravljanje, odnosno vođenje agregata oslobađa rukovaoca. On ne mora da ulagaže napor za vizuelno vođenje i može da se posveti drugim zadacima (kontroli režima rada, kvaliteta i drugo). Na principijelnoj skici (slika 3) obeleženi mehanički tasteri-pipalice T1 detektuju odstupanje kursa kretanja agregata od pravca reda biljaka. Informaciju daju preko induktivnih davača logičkom kontroleru (PLC), koji upravlja elektromotorom, koji je ugrađen u uzubljen na točak upravljača traktora. Elektromotor obavlja korekciju pravca u dijapazonu zadatih tolerantnih odstupanja. Kod upravljanja inteligentnom kopačicom programibilni logički kontroler PLC dobija signal od induktivnog davača na ozubljenom segmentu (slika 3 pozicija H). Induktivni davač broji impulse koje registruje kao pređeni put, a koji odgovara zadatom razmaku između biljaka u redu. U momentu nailaska na biljku, odnosno nakon izbrojanih impulsa koji odgovaraju razmaku biljaka, aktivira se ventil V1, koji uključuje klipnjaču C1 i aktivira pipalice –tastere T1. Tasteri daju povratnu informaciju preko PLC-a i ventila V na radne cilindre C koji ubacuju rotacione radne organe za unutar rednu obradu, istovremeno za sva četiri reda kopačice. Realizacijom pravilnog i preciznog rasporeda zrna u setvi uz primenu sistema automatskog vođenja, mogu da se stvore uslovi za uspešnu primenu inteligentne kopačice.



*Sl. 4 Principijelna skica sistema za vođenje agregata i upravljanje radnim organima za unutarrednu kultivaciju*

*Fig. 4 Diagram of a system for aggregate control and control of work organs for in-row cultivation*

U postupku ispitivanja u laboratorijskim uslovima (slika 5), kao i u poljskim uslovima (slika 7) kopačica je ostvarila dobre rezultate do maksimalne brzine 0,4 km/h.



*Sl. 5 Laboratorijsko ispitivanje inteligentne kopačice*

*Fig. 5 Laboratory testing of an intelligent digger*



*Sl. 6 Funkcionalna šema i realizacija sekcije uređaja za istovremeno okopavanje useva u redu i između redova*

*Fig. 6 Functional diagram and realization of the section for simultaneous in-row and inter-row hoeing*



*Sl. 7 Automatska kopačica u radu na polju*

*Fig. 7 Automatic hoeing machine in the field*

Preko te maksimalne brzine, zbog sporosti pneumatskih izbačaja klipova sa rotacionim radnim organima, mora se dati šire polje uz biljku da ne bi došlo do njenog povređivanja.

## **ZAKLJUČAK**

Proizvodnja hrane dobija sve više u značaju s obzirom na to da će energetska kriza usloviti angažovanje dela poljoprivrednih površina za proizvodnju obnovljivih izvora energije. Intenzifikacija, radi povećanja prinosa, zahteva primenu produktivnije mehanizacije koja će zadovoljiti ekološke i ekonomske sisteme proizvodnje. Izborom parametara hodnog mehanizma traktora čuva se zemljište od gaženja, korišćenjem produktivnije mehanizacije i traktora većih snaga motora, smanjuje se gaženje i emisija izduvnih gasova, uz povećanje proizvodnosti i ekonomičnosti proizvodnje. Primenom konzervacijskih umesto konvencionalnih metoda doprinosi se uvećanju biološke aktivnosti zemljišta, smanjuje efekat ispiranja azota i degradacije zemljišta uz uštedu energije i povećanje profita, odnosno smanjenje troškova po jedinici površine. Razvojem i primenom savremenih dostignuća

inteligentnih mašina, doprinosi se maksimalnoj redukciji i isključivanju hemije za suzbijanje korova.

#### LITERATURA

1. Malinović N, Mehandžić R, Škrbić N, Đenić J. 2001. Analiza kvaliteta rada i energetskih pokazatelja pri različitim tehničko-tehnološkim postupcima obrade i setve pšenice. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 27(3-4), 94-100.
2. Malinović N, Mehandžić R, Anđelković S. 2003. Dostignuća i razvoj tehnike za setvu strnih žita. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 29(1-2), 28-35.
3. Tebrugge F. 1990. Zaoravanje slame – višestruka korist. *Agrotehničar*, 9, 34-36.
4. Gobor Z. 2006. Mehanička eliminacija korova u zoni između biljaka u redu kod okopavina primenom robotskih sistema, *Savremena poljoprivredna tehnika*, 32(1-2):63-70.
5. Malinović N. et al. 2006. Razvoj inteligentnih mašina za setvu i okopavanje širokorednih poljoprivrednih kultura, *Revija agronomska saznanja*, 16(3):12-13.

Primljeno: 15.01.2008.

Prihvaćeno: 18.01.2008.