

**Bibliid:** 0350-2953 (2006) 32: 3-4, p. 158-166  
**UDK:** 631.354:633.15:631.53.02

Originalni naučni rad  
Original scientific paper

## **RAZVOJ SAVREMENE MEHANIZACIJE ZA PROIZVODNJU SEMENSKOG KUKURUZA**

### **APPLICATION OF MODERN AGRICULTURAL MACHINES IN SEED CORN PRODUCTION**

Marković D.\* Branković D.\*\*

#### **REZIME**

U radu su prikazane prednosti primene savremene poljoprivredne mehanizacije (kombajna i čupača metlica) u proizvodnji semenskog kukuruza radi povećanja kvaliteta semena i smanjenja ukupnih troškova proizvodnje. Rad prikazuje poređenje različitih tehnoloških rešenja kombajna za berbu semenskog kukuruza, kao i iskustva sa primenom kombajna za berbu kukuruza šećerca, u berbi semenskog kukuruza i prva praktična iskustva sa novim tipom čupača metlica sa gumenim diskovima.

**Ključne reči:** primena, kombajni, čupanje metlica, semenski kukuruz

#### **SUMMARY**

This paper analyze advantages of appliance of modern special purpose agricultural machines (harvester and detasseling machines) in seed corn production in order to increase the quality of seed material and decrease of overall costs of production. Paper presents comparison of different technological designs of seed corn harvesters, as well as experiences with usage of sweet corn harvester in seed corn harvesting and experience with new type of detasseling machine with rubber disc system.

**Key words:** application, harvesters, detasseling, seed corn

#### **UVOD**

Kukuruz se u svetu proizvodi na površini od cca. 150.000.000 ha. Najveći proizvođači kukuruza u svetu su : Argentina, Brazil, Kina, Francuska, Meksiko, Rumunija, SAD, koje proizvode između 55 i 60% svetske proizvodnje. Srbija i Crna Gora proizvodi oko 1% (1.400.000 ha) svetske proizvodnje kukuruza. Promene klimatskih uslova, povećana otpornost novih bolesti, zahtevaju uvođenje novih sorti i nove tehnologije u proizvodnji semenskog kukuruza.

---

\* Dr Dragan Marković, redovni profesor, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Katedra za poljoprivredno mašinstvo

\*\* Dragan Branković, ITN Food Business Development, Beograd

## ČUPANJE METLICA

Čupanje metlica u Srbiji traje oko dve sedmice, mada zbog raznih činilaca ovaj period može da se produži i do pet sedmica. Čupanje metlica počinje kada su iznikle iz lista. Ovo se najčešće dešava jedan do dva dana nakon prvog pojavljivanja metlice. Ukoliko se čupanje obavi prerano, jedan - dva lista će biti isčupana zajedno sa metlicom ili može doći do loma metlice i nepotpunog čupanja. Prerano čupanje metlica zajedno sa lisnom masom je nepoželjno, jer izaziva gubitke u prinosu.

Mehanizovano odstranjivanje metlice obavlja se specijalnim mašinama visokog klirensa i sistemi mogu generalno da se podele na tri grupe:

"Sekači" – rotacioni nož sa vertikalnom osom, promenljive visine obavlja sečenje vrha stabljike zajedno sa metlicom.

"Čupači" – najčešći sistem je sa dva gumena valjka ili točka po redu, koji se okreću jedan prema drugom, sa promenljivom visinom, hvataju metlicu i gornje listove i povlačenjem nagore obavljaju njeno odstranjivanje, što simulira ručno čupanje metlica. Novi sistem čupanja sa dva gumena diska (sl. 1) prvi put je primenjen u Srbiji 2005. godine i fokus ovog dela rada je na efikasnosti ovog sistema.

Uništavanje polena prskanjem hemijskim preparatima.

Analizirana su dva 4-redna čupača visokog klirensa (1,8 m) od istog proizvođača, kao i upoređivani kombajni. Mašine su bile opremljene sa dve "korpe," koje nose radnike za finalnu inspekciju i čupanje zaostalih metlica. Mašine su, takođe, bile opremljene i sitnilicom (tarupom) za "oca" i prskalicom zahvata 16 m, ali ove mogućnosti mašine nisu analizirane. Kako bi se dobili komparativni rezultati prva mašina je imala sistem rotacionih noževa za sečenje metlice, a druga je bila opremljena sistemom za čupanje metlica sa gumenim diskovima. Obe mašine su vozili iskusni rukovaoci (pošto je rukovalac bitan faktor u efikasnosti mašine), sa preko 10 godina iskustva u rukovanju samohodnim čupačima.

Prilikom testiranja, poštovano je uputstvo proizvođača mašine da se pre primene gumenih diskova, obavi kratak rez metlica noževima, a zatim nakon jedan - dva dana (kada metlica iznikne dodatnih 4 cm) da se obavi čupanje metlice diskovima. Takođe, poštovano je uputstvo proizvođača da sečenje ili čupanje zahvata 2,5 gornja lista. Bez obzira na to koji način mehanizovanog uklanjanja metlica se primeni, ručno uklanjanje metlica koje su preostale, kasno iznikle, slomljene prilikom čupanja i sl. je neophodno primeniti kao poslednji fazu uklanjanja metlica. Na jednom delu parcele na kojoj je obavljeno ispitivanje sprovedeno je ručno čupanje metlica, dok je u još jednom delu parcele uključen stari tip čupača metlica sa sistemom za čupanje gumenim valjcima kako bi se obavila upoređenja.

Kontrola visine sistema za čupanje metlica obavljana je ručno. Mašina sa rotacionim noževima imala je radnu brzinu između 9 i 12 km/h (maksimalna izmerena radna brzina bila je 14 km/h u ravnom i dobro pripremljenom polju s ujednačenom visinom kukuruza), dok je na istoj parceli mašina sa gumenim diskovima imala radnu brzinu između 6 i 8 km/h. Manja radna brzina mašine sa gumenim diskovima je očekivana, imajući u vidu činjenicu da rukovalac mora da zahvati diskovima metlicu na optimalnoj visini od 4 cm ispod vrha metlice. Ukoliko se poštuju uputstva proizvođača mašine čupač metlica sistemom sa gumenim diskovima radi sa velikom efikasnošću i minimalnim oštećenjem lisne mase, ali gumeni diskovi se koriste kao druga i eventualno treća faza u procesu uklanjanja metlica. Prva faza ostaje sistem rezanja metlica. U poređenju sa potpuno ručnim uklanjanjem metlica, gubici u prinosu usled korišćenja gumenih diskova za čupanje metlica iznose oko

5%. Neki hibridi razvijaju izuzetno snažne metlice koje nije moguće iščupati, pa je neminovno koristiti samo noževe u tri prolaza. Ukoliko se samo koriste rotirajući noževi, gubici u prinosu iznose od minimalnih 6 do maksimalnih 10%. Najveći gubici ustanovljeni su prilikom korišćenja sistema za čupanje gumenim valjcima i iznosili su od 10-15%, a u nekim slučajevima i više od 15%.

Prosečna efikasnost sistema za čupanje metlica gumenim diskovima je između 75 i 91%. Najbolji rezultati se postižu u dobro pripremljenim parcelama, s ujednačenim nicanjem. U manje povoljnim uslovima, procenat uklonjenih metlica će se smanjiti, a oštećenje lisne mase povećati.

Pošto su analizirane mašine opremljene i korpama koje nose radnike za finalnu inspekciju i čupanje preostalih metlica, kao i tarupom za "oca" i vrlo efikasnom prskalicom, proračunato je da ovakva mašina vraća investiciju nakon dve radne sezone. Proračun je zasnovan pod pretpostavkom da mašina obavi uklanjanje metlica sa površine od 300 ha i prskanje semenskog kukuruza, kukuruza šećerca i suncokreta na ukupnoj površini od 500 ha. Za uklanjanje metlica sa 1 ha semenskog kukuruza porebno je angažovati 250 ljudskih radnih časova za potpuno ručno uklanjanje metlica ili dva do tri radna časa čupača metlica (3 prolaza). Mašina bez dodatne investicije može da se koristi za sečenje cveta duvana i prskanje zaperaka, čime se vreme vraćanja investicije u ovu mašinu skraćuje.



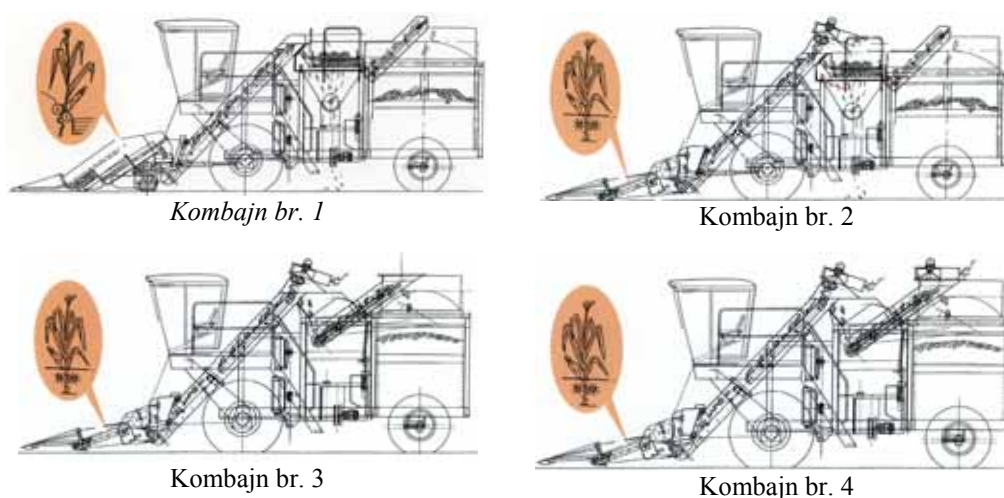
Sl. 1. Sistem za čupanje gumenim diskovima  
Fig. 1. "Pulling" detasseling system with rubber discs

## BERBA

Berba semenskog kukuruza počinje kada zrno dostigne fiziološku zrelost koja je najčešće pri vrednosti vlage od 30-38%. Pri fiziološkoj zrelosti seme ima najbolji potencijal i kvalitet. Ukoliko je moguće, poželjna je brza berba kada seme dostigne fiziološku zrelost, pošto će zakašnjenje u berbi imati za posledicu izlaganje semena neželjenim posledicama, kao što su temperaturni ekstremi, padavine, bolesti, napad ptica i sl. Osim navedenih posledica, mehanizovana berba semenskog kukuruza sa procentom vlage ispod 30% ima za posledicu povećanje gubitaka, usled krunjenja zrna.

Upotreba kombajna za kukuruz šećerac, bez komušackog stola, u berbi semenskog kukuruza probno je počela pre nekoliko godina, dok je tek u sezoni berbe 2005. jedan proizvođač primenio ovakav tip kombajna, kao osnovni kombajn za berbu semenskog kukuruza. Tradicionalan način berbe je i dalje beračima komušaćima, proizvedenim u EU, različite starosne strukture i tehnoloških rešenja. U ovom radu izlažemo poređenja i iskustva u berbi četiri kombajna, koje je proizveo isti proizvođač (sl. 2).

Usled ograničenja u veličini rada, samo zaključci ove uporedne analize će biti prikazani. Kombajn br. 1 i br. 2 su imali ugrađene seckalice biljnih ostataka ispod hedera ("tarup"), ali ovi uređaji nisu korišćeni kako bi se dobili relevantni podaci za upoređenje.



Sl. 2. Tehnološke šeme sva četiri kombajna  
Fig. 2. Technological schematics of all four harvesters

Ovaj rad analizira dve osnovne karakteristike kombajna s aspekta uticaja mehanizovane berbe na kvalitet semenskog materijala: učinak kombajna i gubici na polju, usled mehanizovane berbe.

Tab. 1. Osnovne tehničke karakteristike upoređenih kombajna za semenski kukuruz

Tab. 1. Basic technical data of compared seed corn harvesters

	Kombajn br. 1* Combine no.1	Kombajn br. 2* Combine no.2	Kombajn br. 3 Combine no.3	Kombajn br. 4 Combine no.4
Motor Motor	Hlađen vodom 156 kW Water-cooled	Hlađen vodom 168 kW Water-cooled	Hlađen vodom 168 kW Water-cooled	Hlađen vodom 168 kW Water-cooled
Heder Head	4-redni sa valjcima 4-rows with rollers	4-redni sa pločama 4-rows with plates	4-redni za šećerac 4-rows for sweet corn	6-redni za šećerac 6-rows for sweet corn
Međuredno rastojanje Inter-row distance	77,5 cm	70 cm	70 cm	70-85-70-85- 70 cm
Komušački sto Corn shelling table	+	+	-	-
Tarup Crop residue chopping	+	+	-	-
Stalk extractor	-	1	1	2
Rekuperator zrna Grain recirculation	-	-	-	-
Bunker Bunker	7 m <sup>3</sup>	7 m <sup>3</sup>	7 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>
Transmisija Transmission	Hidrostatski 4x4 Hydrostatic 4x4	Hidrostatski 4x4 Hydrostatic 4x4	Hidrostatski 4x4 Hydrostatic 4x4	Hidrostatski 4x4 Hydrostatic 4x4
Max. radna brzina Max.working speed	9 km/h	9 km/h	9 km/h	9 km/h

## UČINAK KOMBAJNA

Tabela br. 2 pokazuje da su svi kombajni radili maksimalnim kapacitetom u poljima sa prinosom do 7 t/ha obranog klipa. Kada se prinos poveća, radna brzina kombajna se smanjuje, ali je 6-redni kombajn imao najveću propusnu moć (t/ha). U uslovima prosečnog prinosa u Srbiji oko 8-10 t/ha, kombajn br. 2 je imao najveću radnu brzinu. Kombajn br. 3 je imao malo manju radnu brzinu, usled činjenice da je njegov heder opremljen gumenim privodnim lancima. Kombajn br. 4 je imao najveći pad radne brzine u funkciji od prinosa, ali je to očekivano, jer je ovaj kombajn jedini imao 6-redni heder.

Tab. 2. Radna brzina (učinak) kombajna u funkciji od prinosa

Tab. 2. Working speed (capacity) of harvesters in function of yield

	Kombajn br. 1* Combine no.1	Kombajn br. 2* Combine no.2	Kombajn br. 3 Combine no.3	Kombajn br. 4 Combine no.4
Prinos po hektaru Yield per hectar	5,0 t			
Prosečna radna brzina Average work speed	8-9 km/h	8-9 km/h	8-9 km/h	8-9 km/h
Prinos po hektaru Prinos po hektaru	5,1 – 8,0 t			
Prosečna radna brzina Average work speed	7,5 km/h	7,7 km/h	7,7 km/h	7,8 km/h
Prinos po hektaru Prinos po hektaru	8,1 – 10,0 t			
Prosečna radna brzina Average work speed	6,9 km/h	7,4 km/h	7,1 km/h	6,8 km/h
Prinos po hektaru Yield per hectar	>11,0 t			
Prosečna radna brzina Average work speed	5,9 km/h	6,5 km/h	6,8 km/h	6,2 km/h

\* Kada se koristi sitnilica ("tarup") na kombajnim br. 1 i br. 2, radna brzina je ograničena kvalitetom seckanja, na 5 km/h.

Ukoliko je prinos ekstremno visok (iznad 11 t), kombajni br. 1 i br. 2 su imali smanjenje radne brzine, jer je ograničavajući faktor u ovako velikom masenom protoku postao komušajući sto, a ne heder. Tabela br. 1 ne prikazuje promenu radne brzine kombajna u funkciji od uslova polja. Tokom analize, kombajn br. 1 sa hederom i otkidačkim valjcima imao je najveću radnu brzinu u parcelama koju se bile izraženo zakorovljene.

## GUBICI U POLJU

Praćenje gubitaka je vrlo bitan deo procesa berbe. Prema istraživanju OHIO State, USA, gubitak od 1 klip na svakih 30 m dužine po svakom redu daje ukupan gubitak od oko 64 kg klipa po hektaru. Prosečan gubitak usled krunjenja od 2 zrna na 0,1 m<sup>2</sup> (1 square feet) daje ukupan gubitak od dodatnih 64 kg zrna po hektaru. Takođe isto istraživanje je pokazalo da se većina gubitaka ostvaruje na beračkoj sekciji kombajna. Najnovije istraživanje u vezi sa ovom temom pokazalo je da se 80% gubitaka usled berbe javljaju zato što klip nikada nije ni ušao iz hedera u kombajn.

Analizirane gubitke usled mehanizovane berbe semenskog kukuruza podelili smo u sledeće grupe:

- Neobrani i slomljeni klipovi koji ostaju na zemlji,
- Okrunjena zrna, usled berbe,
- Okrunjena zrna, usled komušanja i
- Gubici usled transporta klipova, unutar kombajna.

Pošto je sve analizirane kombajne proizveo isti proizvođač, i pošto je namera ovog rada da pokaže razlike u pristupu proizvođača tehnologiji berbe semenskog kukuruza, gubici pod rednim brojem 4 nisu analizirani, jer su potpuno isti za sva četiri kombajna.

- Analiza je obavljena na sledeći način:
- Berba je obavljena sa tri FAO grupe hibrida (FAO 200, 400 i 600),
- Gubici su mereni na svaki 1m dužine radnog zahvata (radni zahvat 2,1 m) na dužini od 200 m,
- Neobrani i slomljeni klipovi su prebrojavani,
- Okrunjena zrna su prebrojavana i
- Nakon merenja izračunata je matematička srednja vrednost za potrebe ovog rada.

Usled ograničenja u veličini rada, biće prikazani samo zaključci ove uporedne analize.

U toku analize, najveći gubici su zabeleženi prilikom berbe vrlo ranih hibrida (FAO 200 grupa). Gubici su se ogledali prvenstveno u vidu neobranih i polomljenih klipova. Razlog za izuzetno visoke gubitke (cca. 1-1,5 klip na svakih 5 m) je ekstremno nisko postavljen drugi klip na stabljici, kao i činjenica da je drugi klip bio okrenut vrhom prema zemlji (rastojanje vrha klipa od tla je bilo i ispod 20 cm). Najveće gubitke imao je kombajn br. 1, pošto je ovaj kombajn imao heder sa otkidačkim valjcima. Otkidački valjci hedera kombajna br. 1 su postavljeni pod uglom od oko 30° u odnosu na tlo, što u uslovima veoma nisko postavljenog drugog klipa dovodi do velikih gubitaka prvenstveno slomljenih klipova i okrunjenih zrna. Ostala tri kombajna imali su hedere sa otkidačkim pločama čiji ugao u odnosu na tlo je znatno manji, pa su samim tim imali i manje gubitke.

U toku berbe kasnijih hibrida (FAO grupa 400 i 600) nisu zabeleženi značajni gubici u vidu neobranih i slomljenih klipova (prosek za sve kombajne je bio oko 1 klip na 50 m). Gubici su uglavnom bili posledica lošeg podešavanja kombajna. Kombajni br. 3 i br. 4 imali su najmanje gubitke u procesu berbe, što se moglo i predvideti, jer su kombajni bili

opremljeni hederom za kukuruz šećerac sa gumenim privodnim lancima. Najmanje gubitke po svim grupama imao je kombajn br. 3. Iako je kombajn br. 3 svojom konstrukcijom indentičan kombajnu br. 4, razlika u gubicima između ova dva kombajna je postojala, jer je kombajn br. 4 imao 6-redni heder širine 4,8 m, zbog čega je bio teži za rukovaoca da održi tačnu poziciju beračkih sekcija u odnosu na redove.

Tokom analize, uočeno je da kombajni br. 2, 3 i 4 imaju povećane gubitke u procesu berbe, ukoliko setva nije obavljena na isti međuredni razmak na koji su podešene beračke sekcije hedera. Kombajn br. 1 s hederom sa otkidačkim valjcima i međurednim razmakom od 77,5 cm nije imao nikakvih problema u berbi u setvenoj strukturi sa međurednim razmakom od 70 cm.

Kombajni br. 1 i br. 2 su bili opremljeni komušaćkim stolom. Gubici u procesu komušanja zavise od nekoliko osnovnih faktora:

- Sadržaj vlage u semenu (manja vlaga – veći gubici i obrnuto)
- Brzina komušaćkih valjaka i presa
- Tip hibrida.

U toku berbe semenskog kukuruza s optimalnom vlagom od 30-38%, gubici usled komušanja su bili oko 50-100 zrna po jednom dužnom metru radnog zahvata (2,5-5 zrna po 0,1 m<sup>2</sup>). Analiza je utvrdila da gubici, usled komušanja, umnogome zavise od samog hibrida. Značajniji gubici su uočeni prilikom komušanja kukuruza sa nižim procentom vlage i to 120-150 zrna po dužnom metru radnog zahvata. Pošto kombajni br. 3 i br. 4 nisu imali komušaćki sto, ovi kombajni nisu ni imali gubitke usled komušanja.

U opštem zaključku u vezi sa učinkom savremenih kombajna, može se reći da su svi kombajni radili sa velikim kapacitetom i pouzdanošću. Kombajn br. 4 je imao najveći kapacitet (tona na čas), što je i očekivano, jer je ovaj kombajn jedini imao 6-redni heder. Kombajn br. 2 je imao najveću radnu brzinu (hektara na čas). Kombajn br. 3 (4-redni kombajn za šećerac) je imao najmanje gubitke i osnovni razlog zašto je ovaj kombajn imao manje gubitke od kombajna br. 4 je velika širina 6-rednog hedera. 6-redni heder zahteva velike, ravne i odlično pripremljene parcele s izuzetno preciznom setvom, kako bi postigao najbolji odnos između učinka i gubitaka. Bitno je naglasiti da su kombajni br. 3 i br. 4 (kombajni za šećerac) imali veće procenat otpada u bunkeru od kombajna br. 1 i 2, koji su imali komušaćki sto. Kombajn br. 1 je imao najveće gubitke u procesu berbe (zbog hedera s otkidačkim valjcima), najveći procenat slomljenih klipova (posebno izraženo u ranim hibridima grupe FAO 200). Kombajn br. 1 imao je i najveće gubitke usled komušanja, a jedan od razloga je i taj što su klipovi delimično ili potpuno bili okomušani već u procesu berbe.

Takođe, treba imati u vidu da su kombajni sa hederom i otkidačkim pločama (br. 2, 3 i 4) imali veću osetljivost na kukuruzne korove, koji su izazivali zagušivanje otkidačkih ploča i uticali na učinak kombajna. Kombajn br. 1 nije imao ili je imao vrlo malo problema sa zakorovljenošću parcele.

## ZAKLJUČAK

Primena savremene mehanizacije za proizvodnju semenskog kukuruza (kombajni i čupači metlica) postala je neophodnost kako bi se postigao maksimalan kvalitet i potencijal semena, smanjili troškovi proizvodnje i ostvarila konkurentnost na tržištu. Imajući u vidu povećanje cena ljudskog rada, kao i problem uključivanja velikog broja radnika za kratko vreme, radi uklanjanja metlica, broj samohodnih čupača metlica će se u budućnosti



povećavati. Iako ručno uklanjanje metlica daje najbolje rezultate u smislu kvaliteta rada i pronosa, troškovi ljudskog rada su postali viši od gubitaka koji nastaju upotrebom mehanizacije za uklanjanje metlica. Ovo je osnovni razlog zašto će većina proizvođača početi da prelazi na mehanizovano čupanje metlica. Razvoj novog sistema za čupanje gumenim diskovima je veliki korak u poboljšanju kvaliteta mehanizovanog uklanjanja metlica, iako je ručni rad i dalje neophodan, kao poslednja faza procesa.

Kombajni za semenski kukuruz su dostigli visok nivo u pogledu učinka, pouzdanosti i dugotrajnosti. Kombajni za kukuruz šećerac su pokazali odlične rezultate u berbi semenskog kukuruza. Heder s otkidačkim pločama će postati dominantan, dok će odluka o komušaćkom stolu na kombajnu zavisiti od tehnologije proizvodnje.

#### LITERATURA:

1. Airy J. 1950. Current problems of detasseling, in D. Wilkinson (ed.) Proceedings of the 5<sup>th</sup> Ann. Maize and Sorghum Ind. Res. Conf. 1950. Amer. Seed Trade Assoc. (ASTA), Washington, pp. 7-17.
2. Beck D. 2002. Seed Production Concept, International Maize and Wheat Improvement Center, USA.
3. Burris J. S. The history of seed corn harvesting, in A.D. Knapp (ed.) Proceedings of the 14<sup>th</sup> Ann. Seed Technology Conference. Seed Science Center, Ames, Iowa, pp. 87-89.
4. Burris J. S. and Schultz Q. 1997. High moisture seed corn harvest and its affect on seed quality, in D. Wilkinson (ed.) Proceedings of the 52<sup>nd</sup> Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. Amer. Seed Trade Assoc. (ASTA), Washington, pp. 228-254.
5. Larson J. One step harvesting, in J.E. Cortes (ed.) Proceedings of the 14<sup>th</sup> Ann. Seed Technology Conference. Seed Science Center, Ames, Iowa, pp. 93-98.
6. Instruction Manual BOURGOIN Detasseling Machine 2204, Chantonay, Francuska, 2005.
7. Instruction Manual BOURGOIN Seed Corn Harvester JLD, Chantonay, Francuska, 2005.
8. Wilhelm W.W, B. E. Johnson, and J. S. Schepers: Yield, quality, and nitrogen use of inbred corn with varying numbers of leaves removed during detasseling Crop Sci.

Primljeno: 10.01.2006.

Prihvaćeno: 13.01.2006.