Biblid: 0350-2953 (2015) 41(4): 221-230
UDK: 582.916.26

Originalni naučni rad
Original scientific paper

**PRIMENA TESTA PRITISKA ZA MERENJE SILE
OTVARANJA LJUSKI ULJANE REPICE
PRESSURE TEST USED TO MEASURE POD
SHATTERING FORCE IN OILSSEED RAPE**

Koprivica R¹, Veljković Biljana¹, Božić M², Turan J³, Barać S⁴, Bošković N²

¹Univerzitet Kragujevac, Agronomski fakultet, Srbija, Cara Dušana 34

²Univerzitet Kragujevac, Fakultet tehničkih nauka Čačak,

³Univerzitet Novi Sad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

⁴Univerzitet Priština, Kosovska Mitrovica, Poljoprivredni fakultet, Lešak

e-mail: biljavz@.kg.ac.rs

SAŽETAK

Sazrevanjem useva uljane repice, nastaju gubici zbog otvaranja ljuski pre žetve (samoosipanja i klimatskih uslova) i usled protresanja stabljika u toku žetve, radom delova kombajna. Koliko je interesovanje istraživača na rešavanju problema otvaranja ljuski uljane repice, pokazuju i literaturni podaci iz kojih se vidi da je za merenje sile razbijanja ljuski razvijeno nekoliko metoda.

Među različitim mehaničkim metodama, koje se koriste za merenje sile otvaranja ljuski, najjednostavniji je test pritiskom. Međutim, uređaji za merenje mehanikih osobina plodova i semena poljoprivrednih kultura su vrlo precizni, ali dosta skupi. Iz tog razloga, projektovan je, jednostavan i znatno jeftiniji uređaj za merenje sile otvaranja i kršenja ljuski uljane repice, a koji je korišćen u našim istraživanjima. Cilj rada je utvrđivanje maksimalne granične vrednosti sile otvaranja, kršenja i otkidanja ljuski uljane repice primenom merno akvizicionog sistema. Za realizaciju cilja istraživanja korišćene su ljuske uljane repice sorte Banačanka.

U izvedenim istraživanjima maksimalna sila otpora otkidanja u pravcu rasta ljuske kretala se u granicama od 1,25 do 5,14 N. Sila potrebna za kršenje tj. otkidanje ljuske u suprotnom pravcu njenog rasta bila je manja i iznosila je 0,98 do 2,98 N. Merenje sile otpora otvaranja ljuski izvršeno je u dva horizontalna položaja. Prvi položaj je kada sila deluje u smeru debljine ljuske i ona u proseku iznosi 3,97 N. Kod drugog, bočnog položaja, delovanje vertikalne sile na popreču osu u smeru širine ljuske, sila za razbijanje iznosi u proseku 5,08 N. Veličina sile potrebne za otkidanje i kršenje ljuske zavisi od sorte, vlažnosti, položaja, veličine i oblika ljuske, debljine peteljke i broja vlakana u njoj. Prilikom dejstva sile po uzdužnoj osi, u smeru dužine ljuske, prosečna veličina sile otvaranja je 2,16 N. Sila potrebna za otvaranje ljuske zavisila je od vlažnosti, dužine linije spajanja, oblika i debljine ljuske, broja semenki, kao i od morfoloških osobina sorte.

Ključne reči: uljana repica, ljuska, sila otvaranja, sila otkidanja, sila kršenja.

1. UVOD

Pucanje zrelog, suvog ploda je uobičajeni prirodni proces, pri kome biljke rasturaju svoje seme kako bi se proširile i opstale u prirodi. Proces rasipanja semena u prirodi je koristan, ali u proizvodnji poljoprivrednih kultura je štetan, jer dolazi do nastanka velikih gubitaka semena i smanjenja prinosa. Ljuske uljane repice podeljene su pregradom na dve polovine u kojima se nalazi seme. Te dve polovine ljuske svojom celom dužinom su povezane linijom za spajanje. Prilikom sazrevanja, u fazi pune zrelosti, dolazi do lakog odvajanja jedne od druge polovine ljuske duž linije zone spajanja.

U tehnologiji proizvodnje uljane repice postoje određeni problemi koji su vezani za žetvu, a odnose se na gubitke semena nastali pucanjem ljuski pre i u toku žetve. U proizvodnim uslovima visina gubitaka iznosi od 1,5-31,9% od prinosa i zavisi od sorte, stanja useva, primenjenih kombajna, brzine rada, regulisanja radnih delova na hederu i vršalici i dr. (Ivančan 1990, Malinović 2003, Malinović 2004, Marković 2012, Zimmer 2006, Turan 2007, Hobson 2002, Bruce 2001).

Kod zrelog useva uljane repice, nastaju gubici usled otvaranja ljuski pre žetve bilo da nastaje samoosipanjem ili pod uticajem klimatskih faktora i u toku žetve protresanjem stabljika radom delova kombajna. Hobson je utvrdio da su pri tihom vremenu, bez jakih vetrova, gubici smena nastali samoosipanjem iznosili 11 kg/ha, odnosno 0,5% od prinosa.

Spokas (2012) navodi da je dnevni gubitak semena uljane repice nastao samoosipanjem u normalnim uslovima 0,1%, a ako u toku žetve padne kiša gubici se povećavaju do 0,3% od prosečnog prinosa. Najmanji gubici semena prilikom samoosipanja od 0,04% bili su kod novih hibrida čije su ljuske otpornije na otvaranje, a najveći kod komercijalnih sorata 0,07% od prinosa na dan. Žetva komercijalnih sorata mora da se obavi u kratkom roku od 3-4 dana, dok ubiranje hibrida može da se produži do 6 dana.

Otvaranje ljuske se javlja kao rezultat visoko koordiniranih i regulisanih fizioloških procesa u rastu i formiranju zone spajanja. Prilikom sazrevanja dolazi do slabljenja te zone, raskidanja ćelija, što prouzrokuje pucanje šava i razdvajanja dve polovine ljuske uljane repice. Odvajanje nastaje zbog suvog sloja, u kome su ćelije mehanički oslabile u zoni spajanja. U rastu i formiranju zone spajanja ljuski uključeno je više od jednog gena (Sorefan et al., 2009).

Rezultati istraživanja Ma Ni i sar. (2012) pokazuju da veličina sile otvaranja ljuske uljane repice zavisi od morfoloških osobina sorata. Novo stvorena sorta uljane repice ima veći indeks otpornosti na pucanje, razbijanje 0,85 u odnosu na kontrolnu sortu 0,21. Povećana otpornost ljuske novih sorata uticala je na smanjene gubitake sa 15,7% na 5,7% od prosečnog prinosa. Isti autori navode da visina gubitaka zavisi i od vremena početka žetve. Optimalno vreme za žetvu uljane repice u njihovim uslovima je kada sadržaj vlažnosti semena padne ispod 20%.

U razvijenim zemljama, selekcija uljane repice ide u pravcu stvaranja novih sorata koje su otporne na otvaranje (lomljenje). Utvrđivanje sile otvaranja ljuski u polju ne može se tačno odrediti jer su klimatski uslovi sazrevanja različiti za svaku godinu. Metod koji se u praksi koristi za utvrđivanje gubitaka semena na polju nastalih pucanjem otvaranjem ljuski uljane repice je postavljanje posuda za prihvatanje ispalog zrna između redova. Da bi došli do rezultata ovom metodom, potrebno je svakodnevno pratiti otvaranje ljuski na

polju od momenta početka sazrevanja ljuske do njihovog završetka. Proces sazrevanja i otvaranja ljuski zavisi od klimatskih uslova i njegovo praćenje je posebno otežano u kišnim godinama. Zbog toga je potrebno izvršiti razbijanje ljuski u laboratorijskim uslovima gde će se simulirati uslovi u prirodi. Iz nama dostupne literature, došli smo do saznanja, da je razvijeno nekoliko laboratoriskih metoda za utvrđivanje otvaranja ljuski uljane repice.

Davies and Bruce (1997) su otpornost ljuske na otvaranje odredili testom pritiska, savijanjem konzole sa mernom čelijom. Prilikom ovog testa ljuska (linija spajanja) je postavljena horizontalno na drvenu podlogu, za koju je sa donje strana zalepljena lepkom. Ova metoda se koristi za ispitivanje homogenih materijala na primer epruvete čelika, kod kojih su jasno definisane dimenzije. Zid ljuske repice nije homogen i vrlo je složene geometrije, što predstavlja poteškoću pri merenju sile pucanja. Zbog toga rezultati merenja mogu biti manje precizni, ali njegove približne vrednosti su od značaja za dalju selekciju uljane repice.

Da bi odredili mehaničke osobine ljuski uljane repice, Morgan et al. (1998), Bruce et al., (2001) vršili su test "slučajnog udara". Test se sastoji u tome da je 20 ljuski stavljeno u kontejner sa šest čeličnih kuglica, koje su se kretale i udarale u ljuske određeno vreme u trajanju od 10, 20, 40 i 80 sekundi. Posle svakog perioda protresanja provereno je koliko je ljuski ostalo ne razbijeno, što je uzimano kao merilo sile otpora na otvaranje.

Kadkol et al. (1984) predlažu da metoda koja se koristi za testiranje razdvajanja ljuski treba da simulira otvaranje ljuski koje se dešava na polju u toku žetve kombajnima. Autori su ispitivali razdvajanje ljuske pomoću konzole sa mernom čelijom, koja je pratila sve promene na plodu. Liu et al. (1994) za merenje sile otvaranja ljuski su razvili test sa klatnom, koristeći konzolu sa mernom trakom koja simulira prirodni proces protresanja biljaka na polju prilikom rada kombajna. To je test kojim se postižu dinamički pokreti biljaka slični prirodnim uslovima protresanja. Kadkol (2009) je ugradnjom kompjuterskog softera poboljšao i usavršio prethodne aparature sa klatnom za testiranje pucanje ljuski i ispadanje semena. Wang et al. (2007) su uporedili rezultate dobijene na terenu sa rezultatima dobijenim testom sa klatnom i testom slučajnog uzorka za merenje sile razbijanja. Na osnovu istraživanja, autori su zaključili, da su gubici semena na terenu približniji rezultatima dobijenim testom sa klatnom nego testom slučajnog udara.

Squires et al. (2003) su za utvrđivanje razbijanja ljuski uljane repice razvili brz i jednostavan metod. Razbijač ljuski sa promenljivom brzinom rada, je mehanički uređaj koji omogućava merenje uticaja sile potrebne za razbijanje pojedinačnih ljuski. Primenom razbijača, autori su došli do zaključka, da su ljuske Brassica rapa cv. Parkland znatno otpornije na otvaranje u odnosu na ljuske Brassica napus cv. Quantum. Ljuske obe vrste postale su krhke i sklone otvaranju, prilikom kratkotrajnog perioda dehidracije, pri čemu je sadržaj vode smanjen sa 70 % na 10%.

Bruce et al. (2001) zaključuju da su plodovi sintetskih linija sorata bili otporniji na otvaranje, nego zrele ljuske komercijalnih sorata koje su u upotrebi. Potpuni izvršaj semena od 97,5% kod komercijalnih sorata ostvaren je pri brzini bubnja od 600 o/min. Kod sintetske linije, za isti procenat izvršaja, brzina bubnja morala je da se poveća na 800 o/min, pri istom sadržaju vlage semena. Čime se potvrđuje da su plodovi sintetskih linija otporniji na otvaranje i osipanje. Pri manjim brzinama bubnja, kod sintetskih linija uočeno

je veće oštećenje semena (2,2%) nego kod komercijalnih sorata (1,0%). Razliku u oštećenju semena između sorata pri komercijalnoj žetvi repice ispitivali su Szot et al. (1995), i zaključili, da osetljivost na otvaranje ljuski i oštećenje semena zavise od sorte.

Rezultati Davies i Bruce (1997) pokazuju da su vrednosti sile otvaranja ljuski kod komercijalne sorte Apex bile manje u odnosu na pet eksperimentalnih linija sorata. To ukazuje na mogućnost poboljšanja otpornosti otvaranja ljuski uljane repice komercijalnih sorata. Prosečna maksimalna sila otvaranje kod komercijalne sorte je 2,08 N, a kod eksperimentalnih sorata kreće se od 2,42-5,9 N.

Raman et al. (2011) u Australiji su ispitivali 192 populacije vrste uljane repice *Brassica napus*, *B. rapa*, *B. juncea* i *B. carinata*, koje predstavljaju osnovu genetskog materijala za dobijanje elitnog semena linija i sorata otpornih na otvaranje. Ogledi sa uljane repicom postavljeni su u saksijama u zatvorenom prostoru i na otvorenom u polju. Od svakog genotipa uzeto je po pet ljuski da bi se ustanovila sila potrebna za njihovo otvaranje. Metodom klatna, utvrđena je potrebna energija za razbijanje ljuski koja je varirala u granicama od 2,09 do 5,28 mJ za uzorke uzete iz zatvoreng prostora i 2,3 do 5,58 mJ za one sa polja. Prema Kadkolu (2009) ustanovljena granica pucanja je dovoljna da spreči samoosipanje plodova pod uticajem klimatskih faktora, visokih temperatura i slabijih vetrova, ali nedovoljna da spreči otvaranja ljuski prilikom žetve uspravnog useva uljane repice kombajnima. Maksimalnu silu otvaranja ljuski treba i dalje istraživati i tražiti je u fiziologiji i razvoju (dužini) linije zone spajanja. Izmerena sila potrebna za otvaranje ljuski je u pozitivnoj korelaciji između biljaka prizvedenim u zatvorenom i otvorenom prostoru. To ukazuje, da je utvrđivanje sile otvaranja ljuski pouzdana mera za predviđanje otpora sili otvaranja ploda uljane repice. Pomoću gen markera pronađeno je više gena koji su nosioci povećane otpornosti otvaranja ljuski.

Danius Arturas (2012) ispitivao je uticaj Elastiq i debljinu prstiju vitla na silu otvaranja ljuski uljane repice sorte Bios. Za merenje veličine statičke sile otvaranja ljuski korišćena je aparatura „INSTRON 5960” sa sondom prečnika 5 mm. Radi praktičnog ispitivanja uticaja debljine prstiju vitla na gubitke semena, napravljena je posebna konstrukcija vitla. Rezultati istraživanja pokazuju, da je potrebna veća statička sila za otvaranje ljuski uljane repice tretirane sa Elastiqom, tj. da su one otpornije i da se teže otvaraju. Autor je laboratorijskim ispitivanjima, dokazao da je kod tretiranog useva 30% neotvorenih ljuski i 12% kod netretiranog useva uljane repice Elastiqom. Isto to pokazuju i rezultati merenja statičke sile otvaranja ljuski u horizontalnoj osi (položaju), koja je kod netretiranog useva iznosila 3,0 N, a kod tretiranog 3,5-4 N. Najmanji gubici semena na motovilu zabeleženi su kada je odnos brzine rada kombajna i periferne brzine motovila iznosio λ 1,1. Pri povećanju na λ 1,5 gubici semena uljane repice su povećani u granicama od 2,94-4,02% od prosečnog prinosa.

Prema navodima Babića (2007) mehaničke osobine poljoprivrednih materijala ispituju se slično kao i mašinske, opterećivanjem na pritisak, smicanje, istezanje, savijanje i uvijanje. Međutim, različite sorte, ne homogena struktura, nepravilan oblik i vlažnost ploda i semena, otežavaju ispitivanje mehaničkih osobina poljoprivrednih materijala (Kaifas 1984). Među različitim metodama, koje stoje na raspolaganju za merenje mehaničkih osobina biljnih materijala, plodova i semena, najjednostavniji je test pritiskom. Da bi se ovakva ispitivanja realizovala konstruisani su uređaji za merenje mehaničkih osobina, sile pucanja ljuske i razaranje smena (Danius Arturas 2012).

Uređaji za merenje mehaničkih osobina plodova i semena poljoprivrednih kultura su vrlo precizni ali dosta skupi, i u Srbiji su prava retkost. Metode za ispitivanje mehaničkih osobina treba da budu precizne, brze, efikasne, a uređaji za merenje jeftini. Međutim, dosadašnje metode koje su poznate i napred navedene ne ispunjavaju ove zahteve. Iz tog razloga projektovan je jednostavan i znatno jeftiniji uređaj za merenje sile otkidanja, otvaranja i kršenja ljuski uljane repice. Razvijena je precizna, brza i efikasna metoda - test pritiska za merenje mehaničkih osobina biomaterijala.

Cilj rada se odnosi na primenu novo projektovanog merno akvizicionog sistema za merenje sile otvaranja, kršenja i otkidanja ljuski od centralne grančice uljane repice i da se utvrde njihove maksimalne granične vrednosti.

2. MATERIJAL I METODE

Uređaj za merenje sile otvaranja i kršenja ljuski uljane repice napravljen je u Laboratoriji za Mehatroniku Fakulteta tehničkih nauka u Čačku, a primena sistema realizovana je u Laboratoriji za mehanizaciju Agronomskog fakulteta u Čačku. U toku istraživanja merena je sila otkidanja ljuski u pravcu rasta, sila kršenja (otkidanja) u suprotnom pravcu od rasta ljuske, sila otvaranja po vertikalnoj osi (po dužini) ljuske, sila otvaranja po horizontalnoj osi (po širini) ljuske i sila otvaranja po horizontalnoj osi (bočni položaj po debljini ljuske).

Merno akvizicioni uređaj je namenjen za merenje fizičko-mehaničkih svojstava kod plodova poljoprivrednih kultura. Njime se mogu meriti: sile kršenja i otkidanja plodova od biljke ili od peteljke, sila otvaranja ploda (mahune, ljuske i dr.) i sila deformacije semena, odnosno sila razaranja (drobljenja, gnječenja) i razbijanja semena.

Uređaj za ispitivanje mehaničkih osobina se sastoji od stabilnog postolja sa pločom, pomerljivog nosača pribora za pritiskanje, pritisne sonde, merne ćelije, instrumentacionog pojačavača, akvizicione kartice, LabVIEW aplikacija na računaru.

Za realizaciju cilja istraživanja korišćene su ljuske uljane repice sorte Banačanka roda 2014. godine. Na oglednom polju koji je postavljen u Čačku, metodom slučajnog uzorka odabrane su reprezentativne biljke uljane repice. Prilikom odabira biljaka uljane repice, vodilo se računa o tome, da one a i ljuske budu ujednačene. Biljka uljane repice je pre merenja podeljena na manje delove, kako ne bi prilikom merenja sile kršenja i otkidanja jedne ljuske dolazilo do oštećenja drugih na istoj grančici. U toku istraživanja mereni su sledeće parametri: dužina, širina i debljina ljuske, broj semena u ljuski i njihova težina, težina prazne ljuske i ukupna težina ljuske. Za merenja ovih parametara korišćeno je kljunasto merilo i tehnička vaga. Merenja su obavljena na reprezentnom uzorku od 10 ljuski u tri ponavljanja. Dobijeni podaci merenja su statistički obrađeni.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Istraživanje fizčkih osobina osnovnih karakteristika ljuski uljane repice sorte Banačanka, pokazuju da je prosečna dužina iznosila 65,86 mm, debljina 3,42 mm i širina 5,54 cm.

Tabela 1 Osnovne karakteristike ljuske uljane repice sorte Banačanka

Tab. 1 Main characteristics of the pod of oilseed rape cv. 'Banačanka'

Parametri	Min	Max	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Dužina ljuske (mm)	51.8	70.58	65.86	5.869002
Širina ljuske (mm)	5.19	5.98	5.54	0.244049
Debljina ljuske (mm)	2.89	3.86	3.42	0.350149
Broj semena u ljuski	19.0	30.0	23.4	3.238655
Težina same ljuske (mg)	44.0	80.0	64.5	11.39444
Težina zrna (mg)	81.0	144.0	115.2	17.99259
Ukupna težina ljuske (mg)	125.0	218.0	179.7	26.8744

Prosečan broj semenki u ljuski je 23,4 a njihova težina 115,2 mg. Maksimalni broj semenki u ljuski je 30, što je u skladu sa rezultatima Marinkovića et al. (2009) i karakteristika sorte. Ukupna težina ljuski sa semenom je u proseku 179,7 mg, a sama težina ljuske 64,5 mg. Ako se iz odnosa težine i broja zrna izračuna masa 1000 zrna videće se da je ona 4,92 gr što je veće od mase koju navode Marinković i sar. (2009).

Merenje sile otkidanja vršeno je tako što se ljuska postavi na pločicu postolja, koja je malo prosečena, a ispod koje se nalazi merna ćelija. Kroz prosečeni deo pločice provuče se peteljka, tako da se ljuska osloni na neprosečeni deo pločice postolja. Ručnim povlačenjem stabljike po pravcu rasta, dolazi do otkidanja ljuske od centralne grančice. Merna ćelija registruje promenu sile opterećenja u toku testiranja i meri maksimalnu upotrebljenu silu za otkidanje. Registrovana sila otkidanja ljuski prenosi se preko pretvarača i pojačavača na računar. Na ekranu računara dobija se izveštaj sa svim zabeleženim podacima prikazanim u tabeli i na vremenskom dijagramu (Sl. 1). Nakon uspešno generisanog izveštaja, dobijaju se i podaci o maksimalnim silama otkidanja na pojedinačnim uzorcima ljuske, kao i osnovne statističke informacija, kao što su aritmetička sredina, maksimalna i minimalna vrednost, mediana, varijansa i standardna devijacija. Istim postupkom merena je i sila kršenja ploda od osnovnog stabla i bočne grančice, s tom razlikom što je ljuska ručno povlačena u suprotnom pravcu od rasta ploda. U praksi, većina spoljnih sila koje deluju na ljuske su sile savijanja. Dejstvom sile, dolazi do odvajanja (kršenja, otkidanja) ljuske na mestu spoja peteljke sa grančicom ili do otvaranja ljuske. U toku žetve ljuske mogu biti otvorene pod dejstvom, razdeljivača, motovila, kosionog aparata, pužnog transportera i međusobnim dodirima, trenjem grana stabljika i njenih delova. Pri otvaranju ljuski, seme ispada ispred hederskog stola na zemljište i na taj način nastaju gubici kršenja i otkidanja u obliku slobodnog semena i celih ljuski.

U toku žetve, pri radu kombajna, motovilo okretanjem zahvata gornji i srednji deo biljke uljane repice, povija ih, privlači na režući aparat, pri čemu su ljuske izložene silama koje deluju na istezanje i kidanje. Kada sila pređe neku graničnu vrednost peteljka se prekida, krši, lomi i odvaja od grančice na stabljici. Na taj način motovilo može da prouzrokuje pojavu gubitaka semena u vidu otkinutih, skršenih, celih ili otvorenih ljuski.

Glavni gubici hedera su na desnom razdeljivaču bez obzira da li je heder sa pasivnim razdeljivačem ili sa vertikalnom kosom. Na razdeljivaču sa vertikalnom kosom gubici uglavnom nastaju usled rezanja i trenja biljaka o razdeljivač i stranicu hedera. Kod pasivnog razdeljivača bez vertikalne kose, dolazi do gubitaka semena usled većeg

nagomilavanja biljaka, guranja, kidanja i velikog međusobnog trenja (Ivančan 1990). U proizvodnim uslovima visina gubitaka na hederu kombajna nastali radom motovila i režućeg aparata su 2,23 -15,3 %, a razdeljivača 3,3 -7,8 %. (Ivančan 1990, Hobson 2002, Bruce 2001, Zimmer 2006, Turan 2007.).

U izvedenim istraživanjima, maksimalna sila otpora otkidanja u pravcu rasta ljuske kretala se u granicama od 1,25 do 5,14 N. Sila potrebna za kršenje tj. otkidanje ljuske u suprotnom pravcu njenog rasta, bila je manja i iznosila je 0,98 do 2,98 N. Veličina sile potrebne za otkidanje i kršenje ljuske zavisi od sorte, vlažnosti, položaja, veličine i oblika ljuske, debljina peteljke i broja vlakana u njima (Roberts 2002. Child 2003). Kršenje, otkidanje i otvaranje, raste sa smanjenjem vlage u peteljci i ljusci. Suvlje peteljke postaju krte pa ih i manja sila od 1 N pri dodiru motovila ili drugih delova stabljike krše.

Tabela. 2. Sile otkidanja, kršenja i otvaranja ljuske uljane repice

Tab. 2. Forces Breakout of violations and opening the shell rapeseed

Parametri	Min. (N)	Max. (N)	Srednja vrednost (N)	Standardna devijacija
Sila otkidanja u pravcu rasta ljuske	1,25	5,14	3,33	1,23
Sila kršenja u suprotnom pravcu od rasta ljuske	0,98	2,98	1,96	0,75
Sila otvaranja po vertikalnoj-uzdužnoj osi ljuske	0,35	3,59	2,16	1,16
Sila otvaranja po horizontalnoj osi ljuske (sila deluje u smeru debljine)	0,88	7,72	3,97	2,38
Sila otvaranja po horizontalnoj osi (sila deluje u smeru širini) ljuske	3,11	7,78	5,08	1,64

Merenje sile otpora otvaranja ljuske izvršeno je u dva horizontalna položaja. Prvi položaj je kada je ljuska postavljena da leži svojom širinom na postolje, tako da sila deluje normalno na širinu ljuske. Drugi položaj je delovanje vertikalne sile na popreču osu ljuske, kada je ona okrenuta bočno za 90^0 u odnosu na predhodni položaj. U ovom položaju sila opterećenja deluje normalno na debljinu ljuske. Silom pritiskača sonde deluje se sve dotle dok se ljuska ne otvori. Iz tabele 2 se može zaključiti, da je potrebna veća sila od 5,08 N za otvaranje ljuski kada je ona postavljena na stranu i sila deluje u smeru širine ljuske.

Sl. 1. Merenje sile kršenja komuški

Fig. 1. Measurement of breaking force for rape pods

Merenje sile otvaranja ljuske u vertikalnom položaju, po uzdužnoj osi, vršeno je tako, što je ljuska postavljena vertikalno između pločice pritiskača i pločice postolja, ispod koje se nalazi merna ćelija. U ovom položaju sila opterećenja deluje u smeru prve dimenzije - dužine ljuske. Ujednačenim ručnim povlačenjem pomerljivog nosača sa pritisnom pločom na dole, deluje se na ljusku, sve do momenta otvaranja. Sila opterećenja raste sve do trenutka otvaranja ljuske, odnosno do njene trajne deformacije, kada sila počinje naglo da pada. Merna ćelija prati sve promene koje se dešavaju na ljuski i registruje maksimalnu vrednost tj. maksimalnu silu otvaranja ljuske.

Najveća veličina sile koja je delovala po vertikalnoj osi, a pri čemu je došlo do otvaranja ljuske je 3,59 N kada je ona bila pravilnog oblika. Najmanja sila otvaranja od 0,35 N zabeležena je kod iskrivljene-savijene ljuske. Naši rezultati istraživanja otvaranja ljuski se podudaraju sa rezultatima drugih autora Davies i Bruce (1997), Xiaoli et al (2007), Danius Arturas (2012), Božić et al. (2014). Veličina sile potrebne za otvaranje ljuske zavisi od oblika, vlažnosti, dužine linije spajanja, debljine ljuske, broja semenki u njoj, kao i od morfoloških osobina sorte.

Maksimalne sile otvaranja ljuski u horizontalnom smeru delovanja sile po širini i debljini su veće u odnosu na vertikalni smer po dužini ljuske. Do sličnih rezultata došli su i Ekincil et al. (2010) u ispitivanjima mahuna rogača.

Sa gledišta pogodnosti za izvršaj uljane repice, ljuske treba da se lako otvaraju i da pri tome ne dolazi do oštećenja zrna. Smatra se, da je manji problem povećana otpornost na otvaranje ljuski u procesu vršidbe, nego otvaranje ljuski koje nastaje radom hedera. Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja zaključujemo da je žetvu uljane repice najbolje obaviti kada je čvrstoća ljuske na otvaranje od 2 N i 3 N.

4. ZAKLJUČAK

Jedan od uslova za povećanje površina pod uljanom repicom i dobijanje većih prinosa, je rad na selekciji, radi stvaranja novih produktivnih sortata i hibrida, ujednačenog sazrevanja i otpornih na otvaranje ljuski. Pored rada na selekciji, u tehnološki proces proizvodnje uljane repice treba uvesti jednu agrotehničku meru pred žetvu, tretiranje useva sredstvima za sprečavanje pucanja ljuski.

U vreme žetve uljane repice kod ubiranja semena postoje određeni problemi, vezani za gubitke semena nastali otvaranjem ljuski pre i u toku žetve. Zrele ljuske uljane repice same se otvaraju i prosipaju seme, koje može biti izgubljeno za svega nekoliko dana. Slaba otpornost ljuske uljane repice na sile otkidanja i otvaranja, direktno utiču na povećanje gubitaka na hederu. Poznavanjem sile otvaranja, kršenja, razaranja ljuske i semena, radni delovi kombajna, mogu se tako podesiti da gubici semena prilikom žetve budu minimalni. Utvrđivanjem maksimalne sile otpornosti ljuske na otvaranje različitih sorata i vrsta repice koristiće selekcionarima pri stvaranju novih otpornijih sorata u odnosu na postojeće.

5. LITERATURA

[1] Babić M., Babić Ljiljana (2007). Fizičke osobine poljoprivrednih materijala. Autorizovana predavanja. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

[2] Božić M., Koprivica R., Bošković N., Veljković B. (2014). Merno akvizicioni sistem za merenje sile otvaranja plodova poljoprivrednih kultura. Traktori i pogonske mašine. Vol 19, No.4, p.98-106

[3] Bruce D.M., Hobson R.N., Morgan C.L. Child R.D (2001). Threshability of Shatter-resistant Seed Pods in Oilseed Rape. J.agric.Engng Res. 80(4), 343-350

- [4] Child R. D., Summers J. E., Babij J., Farrent J. W., Bruce D. M. (2003). Increased resistance to pod shatter is associated with changes in the vascular structure in pods of a resynthesized *Brassica napus* line. *J. Exp. Bot.* 54: 1919-1930
- [5] Danius A. (2012). Harvesting Losses Assessment of Summer OilSeed Rape "Bios" http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa0001:E.02~2012~D_20120528_122048-19405/DS.005.0.01.ETD
- [6] Davies C.G., Bruce D.M. (1997). Fracture mechanics of oilseed rape pods. *Journal of materials science* 32:5895-5899
- [7] Ekincil K., Yilmaz D., Ertejin C., (2010): Effects of moisture contentn and compression positions on mechanical properties of rob pod (*Ceratonia siliqua* L.), *African journaj of agricultural research* Vol. 5 (10), p. 1015-1021
- [8] Ivančan S. (1990): Žetva uljane repice kombajnima. *Aktuelni zadaci mehanizacije poljoprivrede. Zbornik radova*. IN: Dubravko Filipović (eds). Opatija, Hrvatska, pp 155-160
- [9] Kadkol G.P., MacMillan R.H., Burrow R.P. Halloran, G.M. (1984) Evaluation of *Brassica* genotypes for resistance to shatter.I. Development of a laboratory test. *Euphytica* 33: 63-73.
- [10] Kadkol G.P. (2009) *Brassica* shatter-resistance research update. In: *Proceedings of the 16th Australian Research Assembly on Brassicas Conference*, Ballarat Victoria, pp 104-109
- [11] Kaifas, F. (1984) Strehght properties of grain crops. *Mechanical properties of agricultural materials*. Polish Academi of science, Warszawa, pp 127-140
- [12] Liu X-Y., MacMillan R.H., Burrow R.P. (1994) Pendulum test for evaluation of the rapture strength of seed pods. *Journal of Texture Studies* 25 (2): 179-189
- [13] Malinović N., Mehandžić R., Furman T., Savin L., Tomić M (2003). Gubici pri ubiranju uljane repice. *Traktori i pogonske mašine*. Vol. 8, No. 4, p. 106-111.
- [14] Malinović N., Mehandžić R., Furman T., Savin L., Tomić M (2004). Tehnologija ubiranja uljane repice. *Traktori i pogonske mašine*. Vol. 9, No. 3, p. 78-83.
- [15] Marković D., Koprivica R., Pešović U., Randić S., Veljković B. (2012). Praćenje rada žitnog kombajna postavkom pametnih mernih pretvarača. *Traktori i pogonske mašine*. Vol. 17, No. 5, p. 27-32.
- [16] Ma Ni, Zhang Chun-lei, Li Jun, Zhang Ming-hai, CHENG Yu-gui, Li Guang-ming and Zhang Shujie. (2012). Mechanical Harvesting Effects on Seed Yield Loss, Quality Traits and Profitability of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) *Journal of Integrative Agriculture* 11(8): 1297-1304
- [17] Marinković R., Marjanović-Jeromela Ana, Mitrović P. (2009) Osobenosti proizvodnje ozime uljane repice (*Brassica napus* L.). *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad, Sveska 46, p. 33-43
- [18] Morgan C. L., Bruce D. M., Child R., Ladbroke Z.L., Arthur E. A. (1998). Genetic variation for pods resistant to shattering among lines of oil-seed rape developed from synthetic *B. napus*. *Field Crops Research* 3701, 1-13
- [19] Price J. S., Neale M. A., Hobson R. N., Bruce D. M. (1996). Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. *Journal of Agricultural Engineering Research* 65(3):183-191
- [20] Raman R., Raman H ., Kadkol G., Coombes N., Taylor Belinda., Luckett D. (2011) Genome-wide association analyses of loci for shatter resistance in Brassicas. 17th Australian Research Assembly on Brassicas (ARAB) Wagga, Wagga NSW , pp. 36-41
- [21] Roberts J. A., Elliott K. A., Gonzalez-Carranza Z. H. (2002) Abscission, dehiscence, and other cell separation processes. *Ann. Rev. Plant Biol.* 53: 131-158
- [22] Sorefan K., Girin T., Liljegren S.J., Ljung K., Robles P., Galvan-Ampudia C.S., Offringa R., Friml J., Yanofsky M.F., Ostergaard, L. (2009) A regulated auxin minimum is required for seed dispersal in *Arabidopsis*. *Nature* 459: 583-587
- [23] Squires T.M., Gruwel M.L.H., Zhou R., Skohansanj S, Abramas S.R, Culter A.J. (2003) Dehydration and dehiscence in siliques of *Brassica napus* and *Brassica rapa*. *Canadian Journal of Botany* 81 (3): 248-254

- [24] Spokas L., Velicka R., Rimkeviciene M., Marcinkeviciene A. (2005) Ripening dynamics and natural falling of spring rape seeds. Zemes ukio Mokslai 3: 29-38
- [25] Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J. (1995). The effect of the work of combine subassemblies on the extent of damage to rapeseeds. Zemedelska Technicka, 41(4):141-143
- [26] Turan J., Mehandžić R., Malinović N. (2007) Žetva uljane repice namenskim hederom. Savremena poljoprivredna tehnika 33(1-2): 92-98.
- [27] Wang R., Ripley V.L. and Rakow G., (2007) Pod shatter resistance evaluation in cultivars and breeding lines of *Brassica napus*, *B. juncea* and *Sinapis alba*. Plant Breeding 126:588-595.
- [28] Zimmer R., Košutić S.(2006): Ubiranje uljane repice u sezoni 2005 u Istočnoj Slavoniji. Poljoprivredna tehnika, Vol.31, br.3, sr.37-41
- [29] Xiaoli T., Jiefu Z., Zhiyan Z., Jia Z., Song J., Cunkou Q., Jiayang L. (2007) Quantitative determination of the strength of rapeseed pod dehiscence AGRONOMY: Crop Physiology vol3 p. 284-288 <http://gcirc.org/fileadmin/documents/Proceedings/IRCWuhan2007>

PRESSURE TEST USED TO MEASURE POD SHATTERING FORCE IN OILSEED RAPE

Koprivica R¹, Veljković Biljana¹, Božić M², Turan J³, Barać S⁴, Bošković N²

SUMMARY

Ripening of oilseed rape crops leads to seed losses due to pod shatter (silique dehiscence) before harvest (natural shedding and climatic conditions) and due to stem shaking during harvest through the operation of combine harvester parts. The vast research interest in solving the pod shattering problem in oilseed rape has been manifested through a body of literature reporting data on several methods developed to measure the pod fracture force.

Among the different mechanical methods used to measure the force needed for pod shattering, the pressure test provides the highest level of simplicity. However, devices that measure the mechanical properties of fruits and seeds of agricultural crops are rather expensive, yet highly precise. It is for this reason that a simple and much cheaper device has been designed to measure pod shattering and breaking forces in oilseed rape. The device was used in this study which aimed at determining maximum shattering breaking and detachment forces using the data measurement and acquisition system. Pods of oilseed rape cv. 'Banačanka' were used in the research.

The maximum detachment force in the pod growth direction ranged from 1.25 to 5.14 N. The force needed to break off i.e. detach the pod in the direction opposite to that of its growth was lower i.e. within the range of 0.98-2.98 N. The pod shattering force was measured in two horizontal positions. In the first position, the force was applied in the pod thickness direction, and it was 3.97 N. In the second i.e. lateral position, the vertical force applied to the lateral axis in the pod width direction was 5.08 N on average. The force needed to detach and break the pod off at the pedicel is dependent upon cultivar, moisture, position, size and shape of the pod, pedicel thickness and number of tissues per pedicel. When force is applied along the longitudinal axis, in the pod length direction, the shattering force is 2.16 N. The force required for pod opening depended upon moisture, suture length, pod shape and thickness, number of seeds and morphological traits of the cultivar.

Key words: oilseed rape, pod, shattering force, detachment force, breaking force.

Napomena; Rad je deo istraživanja na projektu br. 31051 pod nazivom Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, finansiran od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije.

Primljeno: 17. 10. 2015. god.

Prihvaćeno: 08. 11. 2015. god.