УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
АГРОНОМСКИ ФАКУЛТЕТ У ЧАЧАКУ

Мр Ранко Копривица

УТИЦАЈ СОРТЕ И ВРЕМЕНА БЕРБЕ НА ОСНОВНЕ ФИЗИЧКЕ И МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ ПЛОДА И ЗРНА УЉАНЕ РЕПИЦЕ

Докторска дисертација

Чачак, 2018.

UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC
FACULTY OF AGRONOMY, ČAČAK

Ranko Koprivica, M. Sc.

EFFECT OF CULTIVAR AND HARVEST DATE ON MAJOR PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF RAPESEED FRUITS AND SEEDS

Doctoral Dissertation

Čačak, 2018

I. Аутор

Име и презиме: Ранко Копривица

Датум и место рођења: 07.02.1956. године, Приштина

II. Докторска дисертација

Наслов: Утицај сорте и времена бербе на основне физичке и механичке особине плода и зрна уљане репице

Број поглавља: 9

Број страница: 122

Број табела: 25

Број слика: 47

Број библиографских података: 125

Установа и место где је рад израђен: Агрономски факултет, Чачак, Универзитет у Крагујевцу

Научна област (УДК) 633.853.492-152.63:631.576.3/.4]:631.561(043.3)

Ужа научна област: Пољопривреда, уљана репица, сорте, плод и љуска, одвајање семена од љуске.

Кључне речи: уљана репица, садржај воде у зрну, сорта, механичке особине љуски, сила отварања и кршења љуски, физичке особине зрна, примена Elastiq-а.

Ментор: др Јан Туран, ванредни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Новом Саду

III. Оцена и обрана

Датум пријаве теме: 28.12.2015. године

Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације: IV-04-217/12 13.04.2016. године

Комисија за оцену подобности теме и кандидата:
1. др Јан Туран, ванредни професор, Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду, ужа научна област: Пољопривредна техника.
2. др Душан Радивојевић, редовни професор, Пољопривредни факултет, Земун, Универзитет у Београду, ужа научна област: Пољопривредна техника.
3. др Никола Бокан, ванредни професор, Агрономски факултет, Чачак Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област: Ратарство и крмно биље.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:
1. др Душан Радивојевић, редовни професор, Пољопривредни факултет, Земун, Универзитет у Београду, ужа научна област: Пољопривредна техника
2. др. Драгослав Ђокић, виши научни сарадник, Институт за крмно биље, Крушевац, ужа научна област: Пољопривредна техника
3. др Никола Бокан, ванредни професор, Агрономски факултет, Чачак Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област: Ратарство и крмно биље.
4. др Игор Балалић, виши научни сарадник, Институт за ратарство и повртарство Нови Сад, ужа научна област: Агротехника

Датум одбране дисертације:

I. Author

First name and surname: Ranko Koprivica

Date and town of birth: 7 February 1956, Priština

II. Doctoral dissertation

Title: Effect of cultivar and harvest date on major physical and mechanical properties of rapeseed fruits and seeds

Number of chapters: 9

Number of pages: 122

Number of tables: 25

Number of figures: 47

Number of references: 125

Institution and town in which the research was conducted: University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Čačak

Scientific field (UDC) 633.853.492-152.63:631.576.3/.4]:631.561(043.3)

Scientific subfield: Agriculture, rapeseed, cultivar, pod, pod shattering

Keywords: rapeseed, seed moisture content, cultivar, mechanical properties of pods, pod shattering force, pod rupture force, physical properties of seeds, Elastiq

Supervisor: Dr. Jan Turan, Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad

III. Ratings and defence

Date of title submission: 28 December 2015

Reference number and date of title acceptance decision: IV-04-217/12
13 April 2016

PhD Thesis Title and Candidacy Eligibility Evaluation Committee:
1. Dr. Jan Turan, Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, Scientific Subfield: Agricultural Engineering.
2. Dr. Dušan Radivojević, Professor, Faculty of Agriculture, Zemun, University of Belgrade, Scientific Subfield: Agricultural Engineering.
3. Dr. Nikola Bokan, Associate Professor, Faculty of Agronomy, Čačak, University of Kragujevac, Scientific Subfield: Field and Forage Crops

PhD Thesis Evaluation and Defence Committee:
1. Dr. Dušan Radivojević, Professor, Faculty of Agriculture, Zemun, University of Belgrade, Scientific Subfield: Agricultural Engineering;
2. Dr. Dragoslav Đokić, Senior Research Associate, Institute of Forage Crops, Kruševac, Scientific Subfield: Agricultural Engineering;
3. Dr. Nikola Bokan, Associate Professor, Faculty of Agronomy, Čačak, University of Kragujevac, Scientific Subfield: Field and Forage Crops;
5. Dr. Igor Balalić, Senior Research Associate, Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Scientific Subfield: Cultural Practices

Date of thesis defence:

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

АГРОНОМСКИ ФАКУЛТЕТ У ЧАЧКУ

Ментор:

Др Јан Туран, редовни професор, Универзитета у Новом Саду

Пољопривредни факултет Нови Сад

____

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:

1. Др Душан Радивојевић, редовни професор, председник

   Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Земун,

   ____

2. Др Драгослав Ђокић, виши научни сарадник, члан

   Институт за крмно биље, Крушевац

   ____

3. Др Никола Бокан, ванредни професор, члан

   Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет, Чачак

   ____

4. Др Игор Балалић, виши научни сарадник, члан

   Институт за ратарство и повртарство Нови Сад

   ____

Датум одбране: ___________________________________

Изјава захвалности

Велику захвалност дугујем ментору Проф. др Јану Турану, редовном професору, на изванредној сарадњи, помоћи при одабиру теме, за указано велико поверење и слободу коју ми је пружио у току експерименталног рада и писања текста дисертације. Сматрам, да сам то оправдао и испунио све што се од мене очековало.

Проф. др Душану Радивојевићу, редовном професору, захваљујем се на дугогодишњој сарадњи, искреној, стручној и пријатељској помоћи у току израде докторске дисертације.

Захваљујем се др Драгославу Ђокићу, вишем научном сараднику, на указаној помоћи при извођењу дела експерименталних истраживања везаних за физичке особине зрна и на сугестијама у току писања докторске дисертације.

Проф. др Николи Бокану, ванредном професору, захваљујем се на изузетној савесности приликом прегледа рукописа, добронамерним саветима, драгоценој помоћи и критичком приступу који је учинио дисертацију квалитетнијом.

Захвалност дугујем коментору Др Игору Балалићу, вишем научном сараднику, на корисним саветима и упуствима у циљу побољшања квалитета дисертације, као и на значајним сугестијама у интерпретацији резултата статистичке обраде података.

Захваљујем се члановима колектива Агрономског факултета у Чачку на неизмерном разумевању, бескрајном стрпљењу и подршци током свих ових година да истрајем у започетом послу и стигнем до самог краја.

Захвалност изражавам др Милуну Петровићи, ванредном професору Агрономског фкултета у Чачку на уложеном труду око статистичке обраде података.

Посебно се захваљујем мр Драгану Ђуровићу, асистенту Агрономског факултета у Чачку, на несебичној помоћи, корисним сугестијама при анализи статистичких података и писању финалног текста ове дисертације.

Идеја да се у експерименталним исраживањима примени средство за повећање механичке чврстоће плода Elastiq потекла је од др Драгана Терзића, вишег научног сарадника, Института за крмно биље у Крушевцу, на чему му се најискреније захваљујем.

Захвалност упућујем дипл. инг. електротехнике Милошу Божићу, асистенту и дипл. инг. мехатронике Николи Бошковићу, сараднику у настави на Катедри за мехатронику, Факултета Техничких Наука у Чачку, на помоћи у реализацији мерно аквизициионог система и апликације за мерење силе отварања, откидања и кршења плодова пољопривредних култура.

Највећу захвалност дугујем члановима своје породице, на томе што су од почетка веровали у мене и што су ми била велика подршка, мотивација и инспирација свих ових година. Мојој деци која су ми радошћу испунила живот и давали ми снагу да завршим започето. Рад посвећујем млађим генерацијама и својој деци сину Слободану и ћерки Драгани као постреk за учење и даљи успех у животу.

Аутор

РЕЗИМЕ

У технолошом процесу производње уљане репице, највећи проблем је одређивање правог момента бербе. Неправовремена берба и неправилна примена машина за жетву, прузоркују велике губитке приноса, лошији квалитет зрна и уља, што умногоме умањује успех производње ове веома значајне уљарице. Време беребе је повезано са морфолошким особинама сорти и општим стањем усева на производним парцелама. Поред тога, неуједначено сазревање и веома кратак период до наступања презрелости плодова, отежава одређивање правог времена почетка, трајања и завршетка бербе. Основни проблем у берби уљане репице су губици зрна који настају отварањем љуски, углавном због њених неповољних механичких особина, односно недовољне чврстоће плода на отварање и кршење.

У току истраживања испитиване су разлике између сорти Банаћанка, Јасна и Славица у физичким (дужина, ширина, дебљина, број зрна и њихова маса, маса празне љуске, укупна маса љуске са зрном) и механичким особинама љуски (силе кршења и отварања љуски). Мерење силе отпора отварања љуски обављено је тестом притиска у хоризонталном положају, када сила делује по попречној оси нормално на ширину љуске, као и вертикалном положају, када сила делује по уздужној оси љуске. Максималне граничне вредности силе кршења установљене су повлачењем гранчице супрутно од правца раста љуске, све до момента одвајања петељке љуске од гранчице. За потребе експеримента пројектован је и реализован уређај са мерно аквизиционим системом за одређивање силе кршења и отварања љуски у хоризонталном и вертикалном положају. Одређивање вредности силе кршења и отварања љуски испитиваних сорти уљане репице обављено је при садржају воде у зрну од 14,39% до 16,07% у првом и од 9,33 % до 10,56% у другом року-времену бербе. У циљу повећања механичке отпорности на отварање и кршење љуски, три недеље пре бербе уљане репице фолијарно је примењен Elastiq средство на бази полимера латекса.

Време бербе је значајно утицало на величину силе отварања у вертикалном и хоризонталном положају љуски, при чему су љуске убране у првом року бербе у просеку биле отпорније на отварање у односу на љуске из другог рока бербе.

Све испитиване сорте су у просеку имале једнаку отпорност на отварање у хоризонталном положају љуске. У вертикалном положају сорта Банаћанка (2,99 N) је била отпорнија на отварање љуски у односу на сорте Јасна (2,63 N) и Славица (2,45 N).

Сила отварања у вертикалном положају љуски повезана је са масом празне љуске са преградом, са ширином и дебљином љуски, а у хоризонталном положају љуске са масом зрна.

Смањењем садржаја воде у зрну, односно сазревањем љуски, сила кршења свих сорти је опадала, јер при томе долази до слабљења споја између петељке љуске и централне гранчице. Силе кршења у вертикалном и хоризонталном положају љуски у првом року су биле веће у односу на њихову величину у другом року бербе само код сорти Банаћанка и Славица.

У првом року бербе највећа сила кршења љуски по вертикалној оси утврђена је код сорта Банаћанка (1,56 N) а у хоризонталном положају, поред ње (1,38 N) и код сорте Славица (1,33 N). У другом року бербе, код презрелих биљака није било значајних разлика у вредностима силе кршења љуски између сорти.

Вредности силе отварања љуски су веће од сила кршења у вертикалном и хоризонталном положају љуске код свих сорти у оба рока рока бербе на обе варијанте примене Elastiq-а.

Фолијарна примена Elastiq-а, средства за побољшање механичких особина љуски, утицала је на повећање отпорности на отварање љуски код свих сорти у хоризонталном и вертикалном положају љуске. Поред тога, примена Elastiq-а је утицала на повећање отпорности на кршење у хоризонталном положају љуски код свих сорти, а у вертикалном положају само код сорте Банаћанка.

Поред одређивања вредности механичких особина љуски, испитиване су и физичке особине зрна сорти уљане репице при различитим садржајима воде у зрну (6%,11%,16% и 21).

Физичке особине: маса 1000 зрна, запремина, порозност, статички и динамички угао насипања и коефицијент статичког трења зрна повећавале су се, а вредности густине и насипне масе зрна су се смањивале са порастом садржаја воде у зрну.

Сорте су се разликовале у погледу вредности свих физичких особина у обе године, осим густине, насипне масе и порозности зрна у 2015.години.

Сорта Јасна је у првој години испитивања имала највећу масу 1000 зрна и запремину зрна, као и најмању порозност, насипну масу и густину зрна у обе године. Највећи статички и динамички угао насипања забележен је код сорте Славица.

При било ком садржају воде у зрну, највећи коефицијент статичког трења био је на подлози од шпер плоче, затим пластике, алуминијумског, челичног и поцинкованог лима, а најмањи на подлози од нерђајућег челичног лима. Коефицијент статичког трења на свим подлогама и при свим садржајима влажности зрна сорте Банаћанка био је мањи у доносу на сорте Јасна и Славица.

Кључне речи: уљана репица, садржај воде у зрну, сорта, механичке особине љуски, сила отварања и кршења љуски, физичке особине зрна, примена Elastiq-а.

SUMMARY

The main issue in rapeseed production technology is the proper timing of harvest. Untimely harvest and improper use of harvesting machinery cause huge crop losses and a reduction in seed and oil quality, thus negatively affecting the production of rapessed as a highly important oilseed crop. Harvest date is associated with the morphological properties of cultivars, as well as with the overall state of the crop in the field. Moreover, non-uniform ripening and a very short period before the fruits enter the overripe stage hamper the timing of the onset, duration and termination of harvest. The main rapeseed harvest problem is seed loss due to pod shatter, mostly as the result of unfavourable mechanical properties i.e. insufficient shatter and rupture strength of pods.

During the research, cvs. ’Banaćanka’, ’Jasna’ and ’Slavica’ were tested for differences in the physical properties of pods (pod length, pod width, pod thickness, number of seeds, seed weight, weight of pods without seeds, total weight of pods with seeds) and mechanical properties of pods (pod shatter force and pod rupture force). Pod shatter resistance force was measured by the pressure test in the horizontal direction, involving an action of the force along the transverse axis normal to pod width, as well as in the vertical direction, with the force applied along the longitudinal axis of the pod. Maximum pod rupture force values were established by pulling the twig in the direction opposite to that of pod growth until the pedicel was detached from the twig. The experiment involved the design and use of a device comprising a data measurement and acquisition system for the determination of the pod shatter and rupture force applied in both horizontal and vertical direction. Pod shatter and rupture force values for the tested rapeseed cultivars were determined at seed moisture ranging from 14.39% to 16.07% at the first harvest date, and from 9.33 % to 10.56% at the second harvest date. To increase mechanical shatter and rupture resistance, the rapeseed crop was foliarly treated with the polymer latex-based product Elastiq three weeks before harvest.

Harvest date had a significant effect on shatter force in both vertical and horizontal pod direction, with the pods harvested at the first harvest date showing higher average shatter resistance than those at the second harvest date.

Pod resistance to shatter along the horizontal axis was identical on average in all cultivars. Along the vertical axis, cv. ’Banaćanka (2.99 N) was more resistant to pod shatter than ’Jasna’ (2.63 N) and ’Slavica’ (2.45 N).

Pod shatter force along the vertical axis was dependent on the weight of an empty pod with a septum, as well as on pod width and pod thickness. Along the horizontal axis, it depended on seed weight.

As the seed moisture content decreased i.e. as pods ripened, the rupture force in all cultivars decreased due to the weakened union of the pedicel with the central twig. Rupture forces along the vertical and horizontal pod axes were higher at the first harvest date than at the second only in ‘Banaćanka’ and ‘Slavica’.

At the first harvest date, pod rupture force along the vertical axis was highest in ‘Banaćanka’ (1.56 N), and the force along the horizontal pod axis was greatest in ’Banaćanka’ (1.38 N), followed by ’Slavica’ (1.33 N). At the second harvest date, overripe plants showed no significant differences in pod rupture force values among the tested cultivars.

Pod shatter force values were higher than rupture force values along the vertical and horizontal axes in all cultivars at both harvest dates in both Elastiq treatments.

The foliar treatment with Elastiq to improve the mechanical properties of pods increased pod shatter resistance in all cultivars along both the horizontal and vertical pod axis. Also, Elastiq treatment improved pod rupture resistance along the horizontal axis in all cultivars, and along the vertical axis only in ’Banaćanka’.

In addition to the mechanical properties of pods, rapeseed cultivars were evaluated for the physical properties of seeds at different seed moisture levels (6%, 11%, 16% and 21%).

The physical properties (thousand-seed weight, seed volume, porosity, the static angle of repose, the dynamic angle of repose and the static seed friction coefficient) increased, while true density and bulk density of the seeds decreased with increasing seed moisture content.

The tested cultivars differed in all physical properties, in both years, except true density, bulk density and porosity in 2015.

‘Jasna’ had the highest values for thousand-seed weight and seed volume in the first experimental year, and the lowest for porosity, bulk density and true density in both years. The highest static and dynamic angles of repose were determined in ‘Slavica’.

At any seed moisture level, the coefficient of static friction was highest against plywood, followed by plastic sheet, aluminium, steel and galvanised steel sheet, and the lowest against stainless steel sheet. The static friction coefficient on all frictional surfaces and at all seed moisture levels was lower in ’Banaćanka’ than in ’Jasna’ and ’Slavica’.

Keywords: rapeseed, seed moisture content, cultivar, mechanical properties of pods, pod shattering force, pod rupture force, physical properties of seeds, Elastiq.

САДРЖАЈ

1. УВОД

Уљана репица спада међу четири најважније уљане биљке у свету поред соје, палме и сунцокрета. Гаји се на површини од око 36 милиона хектара према подацима FAO за 2013. годину. Тачније, просечне површине под уљаном репицом за период од 2005. до 2013. године износе 31,5 милиона хектара, од тога површине у Европи су 8 милиона хектара, што је 25,5% од укупних површина под овом биљком. Највећу производњу уљане репице имају Канада, Кина, Индија, Аустралија, а у Европи Немачка, Француска, Велика Британија, Пољска, Чешка и Украјина. Тенденције у производњи уљане репице показују да се површине под овом културом константно повећавају. Просечни приноси сувог зрна уљане репице по хектару у свету износе 1,86 t ha^{-1} за период од 2005. до 2013. године (обрачун аутора према FAO подацима). Највеће приносе зрна од 3-4 t ha^{-1} имају чланице Европске Уније, Немачка, Данска, Велика Британија, а приносе од око 3,5 t ha^{-1} постижу Француска, Пољска, Чешка, док се у осталим европским земљама постижу нешто нижи приноси.

Просечна производња уљане репице у Републици Србији у периоду 2005.-2015. године износи 28.889 t, на површини од 11.089 хектара са просечним приносима од 2,5 t ha^{-1}.

Уљана репица се гаји ради зрна које у себи садржи 40-48% уља и 18-25% беланчевина (Marjanović-Jeromela et al., 2007; Crnobarac et al., 2013; Balalić et al., 2017). Рафинисано уље уљане репице користи се како у исхрани људи тако и у техничке сврхе, у индустрији сапуна, боја, текстила, коже, у штампарству и као додатак мазивима.

У последњој деценији уљана репица је постала важна култура за производњу метил естра, чијом се прерадом добија биодизел. У производњи биодизела од ратарских култура уљана репица је са шестог места доспела на друго место, одмах иза соје. Према наводима Haile (2014) од укупне светске производње биодизела 10-15% се произведе од уљане репице.

Као важан извор биообновљиве енергије, биодизел је еколошки прихватљивији енергент од фосилних горива-дизела и зато се све више користи као замена тих горива. Биодизел је чисто еколошко гориво, које не загађује околину, јер при сагоревању нема чађи, сумпорних испаравања, олова и других штетних честица и добија се из обновљивих извора (Brkić et al, 2005; Marjanović-Jeromela et al, 2006; Копривица и сар., 2007; Marinković et al., 2009).

После пресовања семена уљане репице и екстракције уља остаје сачма, чијом се даљом прерадом добијају уљане погаче које се користе као протеинска храна за исхрану стоке, и у потпуности могу да замене погаче соје. У исхрани домаћих животиња уљана репица се може користити и у свежем стању, као најранија пролећна и најкаснија јесења високопротеинска зелена сточна храна. У зеленој маси уљане репице налази се више сварљивих протеина него у кукурузу, житарицама и суданској трави (Marjanović-Jeromela et al, 2007).

У производњи уљане репице као нуспроизвод добија се 4,4 t ha^{-1} сламе која се користи као биомаса у виду брикета. Према наводима Brkića et al., (2005), топлотна моћ биљне масе уљане репице (17,40 MJ kg^{-1}) је већа од топлотне моћи сламе соје (15,7 MJ kg^{-1}) и пшенице (14,3 MJ kg^{-1}).

Уљана репица је једна од најбољих медоносних биљака за испашу пчела, јер цветање почиње рано у пролеће и траје 15–25 дана. Нектар се у цвету уљане репице образује непрекидно и са једног хектара уљане репице која је у пуном цвету пчеле могу да сакупе од 80-195 kg ha^{-1} меда. Мед од уљане репице спада у прву класу по квалитету. Поред меда, за пчеларе је интересантна као прва паша, а због огромне количине полена долази до убрзаног размножавања и јачања пчелињих друштава. Полен се користи и у фармацеутској индустрији за справљање лекова који се употребљавају за превентиву и лечење многих обољења (Marinković et al., 2006).

Велики агротехнички значај уљана репице има у плодореду, јер рано ослобађа површине, па се на тај начин стварају добри предуслови за правовремену и квалитетну обраду земљишта за наредну културу. Истовремено са раним напуштањем земљишта стварају се услови за сетву накнадних култура, чиме се могу остварити две жетве годишње. Поред тога уљана репица је добар предусев за многе друге биљне врсте. Коренов систем уљане репице дубоко продире у земљиште и утиче на побољшање његове структуре. Може да се гаји на тешким земљиштима и земљиштима мање плодности (Marjanović-Jeromela et al, 2010; Crnobarac et al., 2013).

Површине, производња и приноси уљане репице нагло су повећани након великог напретка у оплемењивању уљане репице. Створене су сорте озиме уљане репице типа дуплих нулташа "00" и "000" без еруко киселине у уљу и ниског садржаја глукозинолата у семену. То су сорте које имају високи генетички потенцијалом за принос и садржај уља у семену, као и повећану отпорност на различите болести, ниске температуре и стрес (Marjanović-Jeromela et al, 2007).

Производни процес уљане репице је потпуно механизован и изводи се успешно са постојећом механизацијом која се користи за производњу осталих ратарских култура. На тај начин се рационалније и боље искоришћавају средства механизације, пошто се скоро ни једна агротехничка мера у производњи уљане репице временски не поклапа ни са једном важнијом операцијом друге културе.

У технологији производње уљане репице постоје одређени проблеми који су везани за жетву и губитке зрна насталих отварањем и кршењем љуски. Код зрелог усева уљане репице губици зрна настају пре жетве самоотварањем плода или под утицајем климатских фактора, а у току жетве радним деловима комбајна.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

2.1. Време бербе

У производњи уљане репице најделикатнији проблем је одређивање времена, почетка, трајања и завршетка бербе, јер од њега у великој мери зависи количина убраног приноса и квалитет зрна. Време почетка бербе зависи од сортних особина, временских услова, примењене агротехнике и начина жетве.

Бројни литературни подаци (Todorić, 1975; Mustapić, 1984; Wang et al., 2007; Rameeh, 2013; Qing-Song et al., 2014) указују на то да постоје различита научна мишљења о избору времена почетка, трајања и начина бербе. Поједини истраживачи, почетак бербе уљане репице одређују на основу изгледа и боје љуске и зрна, док други на основу фазе развоја репродуктивних органа.

Према Maleržu (1972) одређивање времена и начина механизоване бербе уљане репице отежавају: неуједначено цветање, отварање љуски и међусобна испреплетаност биљака.

Уљана репица цвета дуго и неуједначено, па процес цветања може да траје цео месец. Дуго цветање изазива неуједначено сазревање љуски и зрна на различитим нивоима делова биљака, односно на њиховим гранама и цвастима.

Отварање љуски је условљено њиховом слабом механичком чврстоћом. На отварање љуски осим сортних особина, утичу и многи други фактори: влажност љуске, влажност и температура ваздуха, зараженост усева коровима, болестима и штеточинама.

У току жетве полеглог усева узајамна испреплетеност грана суседних биљака отежава процес убирања. Приликом рада раздељивача комбајна у жетви полеглог усева уљане репице стварају се велики губици зрна настали отварањем и кршењем љуски.

Stanaćev (1982) наводи три степена зрелости уљане репице и то:

- Зелена зрелост, где су љуске зелене боје, семе тамно зелено, једро. На семену се појављују црвено-мрке тачке. Семе се при трљању између дланова руку раздваја на две половине. Влажност семена је око 40%.
- Техничка зрелост је препознатљива по томе што су цветна стабла жуто-мрке боје, флекаста и еластична у својој доњој трећини. Љуске се отварају под притиском између дланова руку. Влажност семена је 14-19%.
- У пуној зрелости цветна стабла су смеђе боје, одрвенела и ломљива. Љуске су тамно-смеђе боје, лако се отварају, семе је црно, влажност семена је испод 14%.

На основу боје и стања усева уљане репице, Todorić (1975) и Mustapić (1984) су одредили четири степена зрелости и то: зелена, жута, техничка-технолошка и пуна зрелост. Са бербом уљане репице може се почети у зеленој и жутој зрелости ако се примењује двофазна жетва. Најбоље је једнофазну жетву обавити у техничкој зрелости усева, када се стварају најмањи губици и добија најбољи квалитет зрна и уља. У техничкој зрелости усев је жућкасто-смеђе боје, стабљике зеленкасто-жуте, лишће претежно осушено и делимично жуто смеђе. На бочним гранама љуске су већим делом жуто смеђе, а мањим делом жуто зеленкасте боје. Љуске на централним гранама су сиво смеђе боје и отварају се при лаганом удару руке о стабљику. Зрна су тврда и углавном смеђе боје, а мање жуто-зеленкасте боје са смеђим пегама.

Према наводима Marinković et al. (2009) уљану репицу је најбоље убирати у технолошкој зрелости. У овој фази усев је жућкасто смеђе боје, лишће је скоро осушено, плодови на бочним гранама већим делом жутосмеђе боје, а мањим делом жутозеленкасте боје. При лаганом удару руком по стабљици плодови на централној грани пуцају. Семе у плодовима је углавном смеђе боје и тврдо. Жетва се обавља житним комбајнима када влага у зрну падне испод 13%.

Резултате истраживања о утицају различитог времена бербе на отпорност отварања љуски пет јарих сорти уљане репице (*Brassica napus* L.) објавио је Rameeh (2013). Аутор је бербу почео у физиолошкој зрелости када је 90% љуски на биљци имало исту боју. Остали рокови бербе су померани за по 10 дана од предходног рока, тако да је задњи рок после 30 дана од почетка бербе. Принос зрна уљане репице је утврђен за сваки рок бербе. Губици зрна у берби зависили су од осетљивости сорти на отварање љуски. Разлика у приносу зрна између првог и осталих, каснијих рокова бербе представља губитак зрна настао услед осетљивости сорти на отварање. Разлика у приносу зрна између првог и другог рока бербе је од 119,8 kg ha^{-1} код сорте Hyola 60 до 289,92 kg ha^{-1} код сорте Sarigol. Најосетљивија сорта на отварање љуски у првом и другом року жетве је Sarigol, затим Option 500 и RGS003. Разлика приноса зрна сорте Hyola 60, између првог и трећег рока бербе је 245,36 kg ha^{-1}, а сорте Option 500 је 670,32 kg ha^{-1}. Разлика у приносу између првог и четвртог рока бербе код сорте Hyola 60 је 488,79 kg ha^{-1}, а код сорте Sariga1 302,49 kg ha^{-1}. У другом року жетве губитак зрна настао отварањем љуски је варирао од 3% код сорте Hyola 401 до 8,87% код сорте Sarigol. У трећем року жетве, губици зрна настали отварањем љуски износили су од 7,07% код сорте Hyola 60 до 20,5% код сорте Option 500. У најкаснијем року жетве губици зрна настали отварањем љуски варирали су од 14,13% код сорте Hyola 60 до 39,87% код сорте Option 500. Код испитиваних сорти уљане репице установљена су велика генетска варирања отпорности отварања љуски. У трећем и четвртом року жетве повећана је количина расутог зрна настала отварањем љуски. На основу истраживања, аутори закључују да су сорте Hyola 60 и Hyola 401 толерантније на отварање љуски од сорти Option 500 и Sarigol.

У току трогодишњих истраживања на четири локалитета Holzapfel et al. (2013) су испитивали 17 хибрида уљане репице отпорних на отварање љуски. Аутори су једнофазну жетву уљане репице обавили у оптималном року и 3-4 недеље после оптималног рока. Губици зрна настали отварањем љуски варирали су од 16% до 67% од приноса. Међутим, ако изузмемо губитке зрна два рана хибрида, изазване невременом (јаким ветровима), губици осталих хибрида су мањи од 5%. У касној жетви 3-4 недеље после оптималног рока, просечни трогодишњи губици зрна су повећани од 5,9% до 7,7% од приноса у зависности од хибрида и локације. У каснијој жетви губици зрна настали самоотварањем љуски пре бербе били су већи од губитака зрна изазваних отварањем љуски под утицајем ветрова. Мања је разлика у висини губитака зрна насталих отварањем љуски између хибрида него између времена бербе.

Према истраживањима Szota and Rudka (2005), губици зрна настали у пољу, отварањем љуски хибрида уљане репице Margo и Jure су износили 22 g m^{-2} или 7% од просечног приноса. Већи губици зрна од наведених настали самоотварањем љуски установљени су код сорте Star 31 g m^{-2} или 12% од просечног приноса. Хибриди уљане репице су имали већи принос за 22,2%-25,8% у односу на сорту.

У различитим роковима жетве Tariq et al. (2015) су истраживали десет перспективних сорти уљане репице (*Brassica napus* L.) отпорних на отварање љуски. За први рок жетве одабрана је фаза физиолошке зрелости сорте, а остали рокови су се померали за по 10 дана од предходног рока. У каснијим роковима бербе отпорност љуски на отварања опада, а губици зрна расту. Разлика у приносу зрна између првог и четвртог рока жетве је 154 kg ha^{-1} код отпорних сорти и 266 kg ha^{-1} код мање отпорних сорти на отварање љуски. У зависности од сорти проценат оштећења зрна настао радом делова комбајна је од 8,05% до 10,04% у првом и од 16,85% до 25,15% у четвртом року жетве. У каснијим роковима жетве отпорност зрна на разбијање опада у односу на раније рокове. На основу резултата истраживања, аутори су издвојили сорте отпорне на отварање љуски и користили их за даљу селекцију уљане репице.

Wang et al. (2007) су на основу боје усева одредили време бербе код слабо отпорне сорте *Brassica napus* и отпорних сорти на разбијање љуски *B. juncea* и *Sinapis alba*. Аутори су бербу уљане репице почели у пуној зрелости када је 60% усева имало исту боју. Други рок бербе је у моменту када је цео усев на парцели био у пуној зрелости. Трећи рок бербе је 30 дана после другог рока. Најмањи губици зрна настали отварањем љуски, забележени су у првом, а највећи у трећем року бербе. Просечни губици зрна у једнофазној жетви уљане репице, у другом року бербе, кретали су се од најмањих 4% код генотипа Vulcan (*B. juncea cv.*) до највећих 61% код генотипа DH12075 (*B. napus)*.

Према наводима Špokasa (2005), најбоље је бербу јаре уљане репице обавити у повољним временским условима, када је садржај воде у семену испод 15%. У неповољним временским приликама, са бербом треба почети раније, када је удео воде у зрну испод 20%. Висина губитака зрна насталих самоотварањем љуски зависи од дужине трајања бербе уљане репице. Дозвољена граница губитака зрна је 1% од просечног приноса. По сунчаном времену садржај воде у зрну се смањује сваког дана за 3-5% када је он испод 30%. У случају када киша пада узастопно 3-4 дана садржај воде у зрну се повећа за 1-3%. При местимичним и краткотрајним пљусковима садржај воде у зрну се не мења. У повољним временским условима дневни губитак зрна уљане репице настао самоосипањем је 0,1%, а у случају кишног периода он се повећава на 0,3% од просечног приноса. Аутори су најмање дневне губитке зрна настали самоосипањем од 0,04% установили код нових хибрида отпорних на отварање љуски. Највећи дневни губици зрна од 0,7% су код комерцијалних, мање отпорних сорти на отварање љуски. Бербу комерцијалних сорти треба обавити у кратком року од 3-4 дана, док убирање хибрида може да се продужи до 6 дана. Аутори препоручују да сорту Lisora треба раније убирати, због тога што се њена маса зрна дневно смањује за 0,05%.

Tys et al. (2003) су код сорте Bolko установили губитке зрна настали отварањем љуски осам дана после оптималног рока бербе. У неповољним временским условима за жетву губици зрна код сорте Bolko су 425 kg ha^{-1}, а у повољним 85 kg ha^{-1}. Губици зрна код сорте Maral су 80 kg ha^{-1} у неповољним и 25 kg ha^{-1} у повољним временским условима.

Истраживања спроведена у Финској (Pahkala and Sankari, 2001) указују да брзина ветра од 8 m s^{-1} проузрокује отварање љуски и губитке зрна од 25 kg ha^{-1}

на дан. Због јаког ветра и касније жетве за 10 дана од оптималног рока губици зрна настали разбијањем љуски повећани су за три пута.

Према наводима Madani et al. (2011) најбоље време за бербу уљане репице је у вечерњим сатима при садржају воде у зрну око 18%. У том моменту се постиже највећи принос од 3.600 kg ha^{-1} и најмањи губитак зрна настао отварањем љуски од 14%. Одступање од оптималног рока бербе уљане репице доводи до смањења приноса и повећања укупних губитака зрна. Каснијом бербом 15 дана после оптималног рока, губици настали самотварањем љуски пре бербе повећани су од 3,5% до 6,3%, а у току жетве од 14,8% до 16,3% од просечног приноса.

Qing-Song et al. (2014) су код сорте Huayouza 62 пратили губитке зрна од момента почетка бербе, када је 70% љуски било жуте боје, па све до краја бербе и потпуног отварања љуски. У зависности од времена бербе укупни губици зрна су варирали од 7,00% до 15,80% од просечног приноса. У првом року бербе уљане репице губици зрна су најмањи, а у каснијим роковима се повећавају. У првом року бербе код зеленог усева утврђени су највећи губици зрна и то на хедеру 7,80-31,0% и вршалици 56,87-92,90% од укупних губитака на комбајну. Каснијом жетвом уљане репице, губици зрна на вршалици су смањени, а на хедеру повећани. Уочена је позитивна корелација између укупних губитака зрна и садржаја воде у зрну код љуски на главним цвастима и гранама. Највећа маса зрна и садржај уља у њему добијени су код 16,23% воде у зрну. Опадање влажности зрна доводи до смањења масе зрна и садржаја уља. Аутори закључују да је оптимално време за једнофазну жетву уљане репице при садржају воде у зрну од 11% до 13%.

Skubisz and Rudko (1998) су код сорти Bolko, Leo и Mar одредили силу отварања љуски у зависности од фазе зрелости уљане репице. Аутори су бербу обавили у фази техничке и пуне зрелости зрна при потпуном развијеним и формираним љускама и наливеним зрном. Испитиване сорте су се разликовале по отпорности на отварање љуски. Високу отпорност на отварање љуски имала је сорта Leo са просечном силом од 1,67 N. Нешто мања отпорност љуске је установљена код сорте Bolko 0,90 N, а најмања код сорте Mar 0,68 N. Фазе зрелости усева утицале су на величину силе потребне за отварање љуски. Љуске убране у фази потпуног развоја, формирања љуски и наливања зрна су најосетљивије, јер се отварају при дејству силе од 0,80 N. Већа отпорност на отварање 1,07 N је код љуски убраних у пуној зрелости, а највећа 1,78 N у време техничке зрелости. Највећа отпорност на отварање љуски код сорте Leo је у техничкој зрелости (2,23 N), а нешто мања 1,64 N у пуној зрелости. Најмања сила отварања љуски од 1,15 N је у фази потпуног развоја, формирања и наливања зрна. Од испитиваних сорти најмању силу отварања љуски имала је сорта Mar 0,80 N, због повећаног садржаја влаге у фази формирања љуски и наливања зрна.

Услед природног и механичког отварања љуски, пре и у току жетве настају велики губици зрна расутог на површину земљишта. После неколико дана, месеци или година када се у земљишту створе услови зрна ће да проклијају и изникнуће биљке које у наредном усеву представљају коров. Колики ће губици зрна да буду и колико ће самониклих биљака да изникне, зависи од сортних особина, услова гајења, примењене технологије у производњи уљане репице, а посебно од времена и начина бербе (Haile et al., 2013; Haile et al., 2014; Haile et al., 2014a; Peltonen, 2014).

Резулати истраживања Haile et al. (2014) показују да постоји разлика у колични расутог семена по земљишту између сорти *B. napus* и генотипова 5440 и 45H26. Губици зрна настали самоосипањем су већи код сорти него код хибрида. Поред тога, већи су губици зрна настали у двофазној него у једнофазној жетви уљане репице, па је и већа вероватноћа да се појаве самоникле биљке. У трогодишњим истраживањима аутора просечни губици зрна уљане репице су 260 kg ha^{-1} или 10% од приноса. То је неколико десетина пута више од оптималне норме семена потребне за сетву уљане репице у западној Канади (4-6 kg ha^{-1}). На овај начин у просеку на површини земљишта остане 8.300 зрна m^{-2} из којих потенцијално могу да изникну самоникле биљке уљане репице, чији број се може смањити у случају измрзавања или напада штеточина (Haile et al., 2014 a).

Haile (2013) је после једнофазне жетве уљане репице установио губитке у целим и неотвореним љускама и самом зрну расутог по земљишту. Утврђено је, да су у производним условима уљане репице губици зрна били 4,9-9% док на огледној парцели 7,3% (184 kg ha^{-1}) или 5.821 зрно m^{-2}.

2.2. Проблем отварања љуски

Отварање љуски и расипање зрна у природи је користан процес, јер се биљке на тај начин размножавају, стварају нове генерације и продужавају врсту. У производњи уљане репице овај процес је штетан, јер проузрокује велике губитке зрна и смањење приноса. Поред тога, у наредној години ће из расутог семена по земљишту изникнути коров, којег треба уништити хербицидима, чиме се загађује животна средина и поскупљује производња.

Отварање љуске се јавља као резултат високо координираних и регулисаних физиолошких и бихемијских процеса у расту и формирању љуске. У току сазревања љуске, услед слабљења зоне спајања и цепања спојне линије, долази до раздвајања горње и доње половине љуске од средишне преграде. Пошто ћелије у сувом слоју зоне спајања механички ослабе и покидају се, долази до одвајања делова љуске. Повећаним активностима ензима у процесу раздвајања љуски прво се одвоје ћелије у средишној прегради, а затим и у зони спајања (Meakin and Roberts, 1990; Sorefan et al., 2009).

На ивицама преграде потпуно зрелих и развијених љуски у зони спајања налазе се 2-3 слоја ћелија са танким зидовима. Истраживачи су на ћелијама 7-8 недеља после цветања, пратили промене које се дешавају приликом њиховог старења и раздвајања. Процес одвајања доње и горње половине (карпеле) од средишне преграде љуске почиње са старењем ћелијског зида. Потпуно одвајање средишне преграде од љуске долази тек после контакта са другим љускама, при чему се раскидају васкуларне везе између преграде и љуске (Meakin and Roberts, 1990; Chauvaux et al., 1997; Child et al., 1998).

Kadkol et al. (1986) наводе да се на шавовима љуске *Brassica napus* налази слој састављен од танких зидова недрвенастих ћелија који смањује њену отпорност на отварање. Код *B. rape* (жуте и смеђе) не постоји слој недрвенастих ћелија, па су оне природно отпорније на раздвајање љуски. Укрштањем *B. rapa* и *Brassica napus* створене су нове сорте отпорне на отварање љуски. Такође су Morgan et al. (2000), укрштањем *B. oleracea alboglabra* и *B. rapa*, добили линије *B. napus* отпорне на отварање љуски.

Banga et al. (2011) су укрштањем аустралијских генотипова *B. napus*, као женског родитеља са поленом *B. carinate* створили хибриде отпорне на отварање љуски. На крају пете генерације од 165 биљака издвојене су оне које су отпорне на разбијање љуски**.** Анализом анатомске грађе љуске, *B. napus* установљено је да се у зони спајања горње и доње половине љуске са средишном преградом налазе танки зидови паренхимских ћелија који старењем изазивају одвајања љуски. Код одабраних биљака *Brassica carinata* отпорних на отварање љуски на спојном месту љуске са преградом, налазе се ћелије са дебелим зидовима које спречавају раздвајање љуски. Сазревањем и старењем љуски ових биљака, у зони спајања не долази до промена које би довеле до раскидања ћелија и одвајања преграде од љуске.

У летњим и сунчаним данима, при високим температурама и ниским релативним влажностима ваздуха, због слабе механичке чврстоће зрелих плодова, долази до самог отварања љуски и самоосипања зрна. На повећање губитака зрна пре жетве још додатно утичу неповољне временске прилике киша, град и јаки ветрови (Pahkal and Sankari, 2001; Tys et al., 2003; Špokas, 2005). Услед додиривања и међусобног контакта грана једне биљке са гранама друге биљке, долази до трења, отварања љуски и расипања зрна (Tan et al., 2007; Holzapfel et al., 2013). У завршној фази сазревања уљане репице, поред климатских фактора, на отварање љуски и расипавање зрна пре жетве, утиче и појава болести и штеточина (Rameeh, 2013; Tarić, 2015).

Ради утврђивања висине губитака зрна који настају отварањем љуски многи истраживачи су развијали сопствене методе или користили већ постојеће методе других аутора. Утврђивање висине губитака зрна може се вршити у пољу визуелном методом, слободном проценом или бројањем отворених љуски на биљкама, као и бројањем изниклих биљака после жетве. Једна од метода која се у пракси користи за утврђивање губитака зрна на пољу је постављање посуда између редова за прихватање зрна испалог из љуски. На овај начин могу да се установе и губитци зрна који настају радом делова комбајна у току жетве. Праћење процеса сазревања, отварања љуски и утврђивање губитака зрна у пољу је отежано и не може се тачно одредити, јер зависи од спољних фактора (ветра, кише, града, птица). Због тога је за утврђивање отпорности љуске на отварање развијено више лабораторијских механичких метода и тестова.

Да би одредили отпорност љуске на отварање, Morgan et al. (1998) су реализовали „тест случајног удара" (Random Impact Testing-RIT), који су касније применили и други аутори (Bruce et al., 2001; Squires et al., 2003), а усавршили Jinping et al. (2015). Тест случајног удара се састоји у томе да се 20 љуски стави у контејнер са шест челичних куглица. Приликом окретања контејнера у одређеном времену (у трајању од 10, 20, 40 и 80 секунди), куглице ударају у љуске и разбијају их. Отпорност љуски на отварање утврђује се бројањем неразбијених љуски после сваког временског периода окретања контејнера.

Методе које се користе у лабораторији за тестирање отварања љуски, треба да симулирају разбијање љуски које се у стварности догађа на пољу пре и у току бербе. Због тога су Kadkol et al. (1984) за мерење силе отварања љуски реализовали тест са клатном. Биљка уљане репице се стави у апаратуру за тестирање, где осцилаторним кретањем клатно удара и разбија љуске симулирајући природни процес разбијања љуски у пољу. На тај начин се биљке у стварности протресају под утицајем ветра или радом комбајна. Liu et al. (1994) су уградњом давача силе повећали прецизност мерења отварања љуски тестом са клатном, а Kadkol (2009) је исти тест побољшао и усавршио израдом и уградњом компјутерског софтвера.

Davies and Bruce (1997) су направили универзалну машину за тестирање отпорности љуске на отварање тестом притиска. Пре тестирања љуска се залепи за подлогу и повлачењем петељке помоћу тест машине долази до одвајања средишне преграде од горње и доње половине љуске. У току тестирања све промене које се дешавају на љусци прати давач силе (мерна ћелија) који региструје границу еластичности и максималну силу отварања љуске.

Rudko (1999) је применио нови метод за отварање љуски који се од предходног разликује по томе што се уместо петељке врши повлачење копљастог врха љуске. Лаганим савијањем копљастог врха долази до слабљења спојног места и његовог благог раздвајања од љуске. Даљим деловањем веће силе на копљасти врх долази до потпуног одвајања средишне преграде од љуске дужином целе линије спајања. Приликом овог поступка не долази до деформације или уништвања преграде са копљастим врхом и љуске.

Wang et al. (2007) су упоредили резултате отпорности отварања љуски добијених на терену са резултатима добијеним тестом са клатном и тестом случајног удара. На основу резултата истраживања, аутори закључују да су губици зрна утврђени на пољу приближнији резултатима добијеним тестом са клатном него тестом случајног удара.

2.3. Механичке и физичке особине љуске

Конструкција и експлоатација пољопривредних машина и опреме није могућа без познавања механичких особина пољопривредних материјала. У свим случајевима нарушавања структуре материјала у току кошења, резања, откидања, трешења, круњења, млевења, транспорта, брикетирања, пресовања и др. потребно је добро знати којим спољним утицајем силе, притиска, брзине, се може обавити одређена механичка операција (Babić and Babić 2007).

Механичке особине пољопривредних материјала испитују се слично као и механичке особине чврстих материјала, оптерећивањем на притисак, смицање, истезање, савијање и увијање. Испитивање механичких особина пољопривредних материјала отежавају различитост сорти, нехомогена структура материјала, неправилан облик плода и садржај воде у плоду и семену. Приликом утврђивања механичких особина плода и зрна узима се довољан број узорака, како би се смањиле грешке настале статистичким расипањем резултата мерења (Kaifas, 1984).

Многи су се аутори бавили утврђивањем силе отварања љуски уљане репице, чије резултате наводимо у даљем тексту.

Tan et al. (2007) су истраживали 47 генотипова *Brassica napus* и једног генотипа *Brassica carinata.* Аутори су на основу теста притиска, утврдили да је отпорност љуски на отварање код *Brassica napus* зависила од генотипа и да је варирала од 0,77 N до 3,77 N. Генотип *Brassica carinata* имао је већу отпорност на отварање 4,60 N. То указује на могућност да се особине повећане отпорности на разбијање љуски *Brassica carinata* могу искористити у стварању нових сорти *Brassica napus*.

У Аустралији су Raman et al. (2011) испитивали 192 генотипа *Brassica napus, B. rapa, B. juncea i B. carinata,* које представљају основу генетског материјала за добијање елитног семена сорти отпорних на отварање. Аутори су огледе са уљаном репицом поставили у затвореном простору и у пољу, а да би установили силу потребну за отварање љуски узели су по пет љуски од сваког генотипа. Применом теста са клатном, утврдили су потребну енергију за разбијање љуски која је износила од 2,09 mJ до 5,28 mJ за биљке узете из затвореног простора и 2,3 mJ до 5,58 mJ за оне са поља.

Према резултатима Bruce et al. (2001), зреле љуске синтетичких сорти уљане репице су отпорније на отварање од конвенционалних сорти. Потпуни извршај зрна од 97,5% код конвенционалних сорти остварен је при брзини бубња од 600 o min^{-1}. Да би добили приближан извршај масе при истом садржају воде у зрну, код синтетичких сорти, аутори су повећали брзину бубња са 600 на 800 o min^{-1}. При мањим брзинама бубња, уочено је веће оштећење зрна (2,2%) код синтетичких сорти, него код комерцијалних сорти Mars и Apeks (1,0%).

Szot et al. (1995) су испитивали разлику у оштећењу зрна у току жетве између сорти уљане репице, и закључили да отварање љуски и оштећење зрна зависе од сорте и садржаја воде у њему. При нижим брзинама бубња, веће је оштећење зрна синтетичких сорти него код комерцијалних сорти Mars и Apeks. Зрно синтетичких сорти је осетљивије на оштећења у току и после жетве у односу на зрно комерцијалних сорти.

Према Kadkolu (2009) граница отварања љуски треба да буде толико велика да не отежава вршидбу плодова приликом убирања, а да спречава прерано отварање плодова и самоосипање зрна под утицајем климатских фактора високих температура и слабијих ветрова.

Zhang CL et al. (2012) су тестом случајног удара установили да осетљивост отварања љуски уљане репице зависи од морфолошких особина сорти. Новостворене сорте уљане репице имале су већи индекс отпорности на разбијање 0,85 у односу на стандардну сорту 0,21. Повећањем отпорности љуске на отварање код нових сорти утицало је на смањење губитака са 15,7% на 5,7%. Аутори наводе да висина губитака зрна зависи и од почетка жетве и да је оптимално време за жетву уљане репице када је садржај воде у зрна испод 20%.

Модификованим тест случајног удара Jinping et al. (2015) су истраживали утицај величине љуске и садржаја воде у љусци на њену отпорност разбијања. Резултати теста показују да се отпор разбијања љуски смањује са опадањем садржаја воде у зрну. Отпор разбијања љуски скоро линеарно опада са смањењем садржаја воде у зрну, све док је влага зрна већа од 20%. Када садржај воде у зрну опадне испод 20%, индекс разбијања љуски се драстично смањује, и на крају износи 0,16. Индекс разбијања љуски уљане репице сорте Qin You 7 креће се између 0,11-0,58**.** Поред садржаја воде у зрну и величина љуске је имала значајан утицај на разбијање љуски. Љуске дуже од 6 cm имале су знатно већи индекс разбијања (0,25) у односу на љуске мање од 5 cm (0,07).

Тестом случајног удара Yan-Cheng et al. (2008) су код 229 сорти *Brassica napus* L. утврдили велике разлике у индексу разбијања од 0,00 до 0,77 са коефицијентом варијације од 114,4%. Од укупног броја испитиваних сорти само две сорте или 0,9%, су биле отпорне на разбијање љуски, 3,93% је било релативно отпорно, а 8,73% је средње отпорно. Већи број сорти је веома осетљив на разбијање љуски (59,38%), док је 27,7% осетљиво. Корелациона анализа показује да индекс разбијања љуски има значајну позитивну корелацију (P 0,01) са дебљином зида, дужином и ширином љуске и бројем зрна у љусци.

Аутори су тестом случајног удара истраживали отпорност разбијања љуски код три отпорне и четири осетљиве сорте на разбијање љуски. За експеримент су узели љуске са врха, из средине и доњег дела биљаке. Индекс отпорности љуске на разбијање је различит и зависио је од њиховог положаја на биљци, генетских особина сорти и садржаја воде у зрну. Положај љуски на биљци значајно је утицао на индекс отпорости разбијања љуски и кретао се од 18,67-93,57%. Љуске на најнижим гранама биле су отпорније на разбијање за 55,04% од љуски на средњим и за 60,43% од љуски на горњим гранама.

Davies and Bruce (1997) су код комерцијалне сорте Apex и пет експерименталних ново селекционисаних сорти уљане репице отпорност љуске на отварање одредили тестом притиска. Код комерцијалне сорте Apex дужина љуске је била 70,5 mm, ширина 2,89 mm и дужина линије спајања 50,2 mm. Ново селекционисане сорте имале су мању дужину љуске, али већу дужину и ширину линије спајања од комерцијане сорте Apex. Највећу силу отварања од 5,90 N имала је нова сорта чија је дужина љуске 55,8 mm, ширина љуске 3,54 mm, дужина линије спајања 52,6 mm и њена ширина 0,57 mm. Најмања вредност силе отварање љуски од 0,58 N забележена је код експерименталне сорте дужине 61,6 mm и ширине љуске 3,52 mm, линијом спајања дугом 51,8 mm и широком 0,52 mm. Просечна вредност максималне силе отварања љуски код комерцијалне сорте је 2,08 N, а код експерименталних сорти варирала је у границама од 0,58 N до 5,90 N. Аутори закључују да су вредности силе отварања љуски код комерцијалне сорте биле ниже у односу на четири нове експерименталне сорте, што указује на могућност побољшања отпорности отварања љуски уљане репице код комерцијалних сорти.

Методом притиска Peng Fei et al. (2011**)** су истраживали 68 сорти *Brassica napus,* и установили да сила отварања љуски зависи од сорте и да се кретала од 0,59 N до 2,75 N. Код већине испитиваних сорти, вредност силе отварања љуски кретала се око 1,60 N. Код отпорнијих сорти на отварање љуски забележене су и веће вредности силе од 2,20 N. Аутори наводе да се отпорност на разбијања љуски преноси на следеће генерације. У шестој генерацији, просечна сила код слабо отпорних сорти била је 0,73 N, а код отпорних 1,9 N. За преношење наследних особина отпорности на отварање љуски подједнако учествују два главна гена. Поред наследних особина, утицај на отварања љуски уљане репице имају и климатски фактори.

Силу отварања љуски модификованом методом притиска Hui-Ming et al. (2013) су установили код 286 сорти *Brassica napus*. Резултати истраживања указују на велике разлике између сорти у величини силе отварања љуски од 0,5 N до 3,5 N, у просеку 1,94 N, са коефицијентом варијације од 31,55%. Од 140 конвенционалних сорти *Brassica napus*, најмања сила отварања од 1 N забележена је код 6 сорти или 4,29% од укупног броја испитиваних сорти. Код највећег броја сорти, 76 или 54,29%, сила отварања љуски је између 1 N и 2 N. Код осталих 49 сорти, или 35%, сила отварања је између 2 N и 3 N, док је код 9 сорти или 6,42% сила отварања виша од 3 N. Радом на селекцији уљане репице, аутори су добили две сорте отпорне на отварање љуски са силом отварања око 3 N**.** Код седам сорти сила отварања је преко 3 N, а код једне перспективне сорте преко 3,47 N. Сила отварања љуски код три хибрида или 2,05% је мања од 1 N, код 96 хибрида или

65,75%, сила је између 1 N и 2 N, а код 47 хибрида или 32,19%, између 2 N и 3 N. Највећа сила отварања љуски код хибрида је до 3 N. Сила отварања љуски код хибрида је у просеку 1,83 N, а варирала је од 0,82 N до 2,87 N, са коефицијентом варијације од 22,11%. Аутори закључују да је сила отварања код конвенционалних сорти већа него код хибрида, што указује на проблеме који се јављају у селекцији добијања хибрида уљане репице. Основне физичке особине љуске и зрна код сорти и хибрида су приближно исте. Корелаиционом анализом је утврђена позитивна корелација између силе отварања љуски и масе љуске, као и силе отварања љуски и масе зрна у љусци.

Li et al. (2012) су анализирали утицај сорте, величине љуске, садржаја воде у љусци и зрелости љуске на јачину спојног места и силу отварања. Резултати истраживања 28 сорти уљане репице показали су да је сила отварања љуске варирала од 0,90 N до 3,04 N, што је зависило од сорти, влажности и величине љуски. Аутори су за испитивање користили велике љуске, дужине 71 mm, ширине 4,94 mm, дебљине 2,77 mm и садржајем воде у зрну 8,76 %. Поред великих љуски за оглед су користили и мање љуске, дужине 59 мм, ширине 3,26 мм, дебљине 1,85 мм и садржајем воде у зрну 8,68%. Величина љуске уљане репице имала је значајан утицај на јачину линије спајања и отварање љуски. Повећањем величине љуске повећавала се и сила отварања љуске. Аутори су доказали да је просечна сила отварања код великих љуски 2,09 N, а код малих 1,13 N. Велике љуске имају већу отпорност на отварање, док су мање љуске осетљивије и слабо отпорне на отварање. Када су љуске једне сорте исте по величини, јачина спојног места расте са повећањем воде у зрну, па је потребна већа сила за њихово отварање. При повећаном садржају воде у зрну од 16,04%, просечна сила отварања љуски је 2,16 N, а варирала је од 2,14 N до 3,1 N. Код усева са 8,5% влаге, просечна сила отварања љуски је 1,67 N, а варирала је од 1,5 N до 1,84 N.

Child et al. (2003) су методом кидања испитивали комерцијалне и нове сорте отпорне на отварање љуске. За отварање љуске код нове сорте DK 142 потребна је већа сила у просеку за 118% и утрошена енергија за 161% у односу на комерцијалну сорту Apex. Сила отварања љуски код комерцијалне сорте варирала је у распону од 0,15 N до 1,0 N, а утрошена енергија од 5 mJ до 90 mJ. Потребна сила за отварање љуски код нове сорте је у просеку износила 1,33 N, а варирала је од 0,29 N до 3,0 N, а утрошена енергија од 9 mJ до 265 mJ. Код сорте DK 142 постојала је високо значајна корелација између укупне енергије кидања љуске са вредностима отпора отварања целе љуске. Укупне енергије кидања љуске сорте Apex није била у значајној корелацији са вредностима отпора отварања целе љуске. Дужина линија спајања је у значајној корелацији са максималном силом кидања и утрошеном енергијом отварања љуски. Максимална сила и утрошена енергија кидања комада узетог из зида љуске је повезана са отпорношћу отварања целе љуске. Максимална сила отварања љуске и утрошена енергија код сорте DK 142 су у корелацији са дужином и ширином линије спајања. Љуске сорте DK 142 су отпорније на отварање у односу на љуске сорте Apex због веће линије спајања. Повећана отпорност љуске на отварање сорте DK 142 зависи и од угла под којим су главни попречни нерви преграде повезани са линијом спајања, а уздужни са петељком. Аутори закључују да је већа отпорност на отварање сорте DK 142 због дуже линије спајања између преграде и љуске, као и повезаности снопа испреплетаних нерава у њима.

Значајан утицај на силу откидања љуски уљане репице имају особине сорти, количина ђубрива, влажност стабљике и брзина повлачења љуски приликом бербе (Hoseinzadeh et al., 2010). Аутори су испитивали три сорте са различитим количинама ђубрива и брзинама откидања љуски у току брања. Највећу просечну силу откидања љуски имала је сорта Opera 5,16 N, а најмању сорта Okapi 3,23 N. Величина силе откидања љуски зависила је од сортних особина, односно морфолошке грађе петељке и љуске. Са повећањем брзине повлачења љуски, код све три сорте, смањује се сила откидања. Код сорте Opera, при брзини повлачења љуске од 50 mm s^{-1}, забележена је максимална сила откидања од 8,60 N, а при брзини од 150 mm s^{-1} сила од 3,30 N. Најмања сила откидања установљена је код сорте Okapi 2,07 N. Сила откидања расте са повећањем садржаја воде у стабљици. При највећем садржају воде од 60%, за откидање љуски употребљена је сила од 7,2 N, а код 40% воде у стабљици сила одкидања је 3,1 N. Аутори даље наводе, да се са повећањем норме ђубрива повећава и сила откидања љуски. Код усева уљане репице који је ђубрен уреом у количини од 550 kg ha^{-1}, сила откидања је 4,79 N, а код норме од 400 kg ha^{-1} сила одкидања је 3,93 N. На основу средњих вредности силе брања односно одкидања, аутори закључују да није било значајних разлика ($P>0,05$) између норми ђубрива од 250 kg ha^{-1} и 400 kg ha^{-1}. Ђубрење уљане репице уреом није утицало на број зрна у љусци, већ само на његову масу. Просечан број зрна у љусци је 24% и у 85% случајева зависио је од сорте и дужине љуске. Постојала је разлика у дужини, ширини и дебљини љуске, као и дужини петељке ($P<0,01$) код испитиваних сорти.

Szot and Rudko (2005**)** су утврдили да су хибриди дали веће приносе зрна за 22,2%-25,8% у односу на сорту, без обзира што су они били осетљивији на отварање љуски. Сила потребна за отварање љуске код хибрида је за 27% мања него код сорти и износила је код хибрида Margo 0,77 N и Jura 0,82 N а код сорте Star 1,09 N. Осетљивост на отварање љуски је варирала и разликовала се имеђу сорти и хибрида. Коефицијент варијације код хибрида Margo је 30,1%, Jura 48,3%, а код сорте Star 31,8%**.** Аутори наводе да је танка љуска од 2,99 mm, утицала да хибрид Margo буде осетљивији на отварање од хибрида Jura и сорте Star.

Истражујући механизам отварања љуски Rudko (1999) је применио нову методу отварања љуске повлачењем њеног копљастог врха. Просечна сила отварања љуски уљане репице сорте Bolko, измерена овом методом је 0,46 N, а кретала се од 0,1 N до 0,9 N, при садржају воде у зрну 9%.

До сличних резултата у једногодишњим истраживањима применом напред наведене методе отварања љуски дошли су Tys et al. (2007). Аутори су на основу осетљивости отварања љуски испитиване сорте сврстали у врло, средње и слабо осетљиве. Код врло осетљиве сорте на отварање љуски Baldur, аутори су измерили мању силу отварања од 0,40 N. Код средње осетљивих сорти Californium, Titan и Vectra сила отварања се кретала од 0,4 N до 0,55 N. Најотпорније сорте на отварање љуски Extend и Exgold имале су вредности силе отварања веће од 0,55 N. Аутори у својим истраживањима наводе да су отпорније на отварање љуске уљане репице гајене у западном (0,55 N) него у источном делу Пољске (0,44 N).

Baczkiewicz et al. (2001) су применом исте методе одредили силу отварања љуски сорте Jet Neuf и изабраних мутаната ове сорте. Резултати истраживања су показали да је сила отварања љуски већа код мутаната (1,07 N), него код контролне сорте Jet Neuf (0,6 N). Код појединачно одабраних биљака мутаната коефицијент варијације је већи (6,2%-65,2%) него код сорте (20,9%-47,1%). Просечна дужина љуске и дужина игличастог врха су код мутаната мањи, а пречник љуске већи него код сорте. Аутори су доказали да су дужина и пречник љуске, и дужина игличастог врха у значајној корелацији (α = 0,01) са силом отварања љуски. Највећи коефицијент корелације је између силе отварања љуске и пречника љуске (r = 0,31).

Tys et al. (2010) и Rudko (2011) сматрају да се у Пољској мало урадило на селекцији нових сорти отпорних на отварање љуски. Најновије сорте уљане репице су двоструко осетљивије на отварање љуски него старе сорте гајене пре 15 година. Аутори су код 32 старе сорте утврдили просечну силу отварања љуски од 1,40 N, а кретала се од 0,95 N до 2,05 N. Сила отварања љуски код 36 нових сорти је у просеку мања за 0,74 N (0,50-1,26 N) у односу на старе сорте. Просечан садржај воде у зрну испитиваних сорти је од 7% до 8%. Сила отварања љуски је у корелацији са масом љуске са зрном и масом празне љуске без зрна. Просечна маса љуске са зрном је 0,2 g, а кретала се од 0,162 g до 0,281 g, а без зрна 0,08 g (0,06-0,12 g). Просечна маса зрна у љусци је 0,12 g, а кретала се од 0,09 g до 0,16 g.

У Пољској су Luczkiewicz et al. (2012, 2013) испитивали 144 генотипа уљане репице и од тога броја издвојили 4 генотипа, која показују већу отпорност на отварање љуски. Аутори су у два рока бербе (у фази техничке зрелости и четири недеље после) утврђивали отпорност отварања љуски користећи упоредо четири методе. У току испитивања користили су методе: визуелна процена отворених љуски у пољу, бројање неотворених љуски на парцели, тестирање љуски тестом случајног удара и мерење силе отварања љуски тестом притиска. Применом све четири методе, утврђено је да су већу отпорност на отварање љуски и мање расипање семена имали нови у односу на старе генотипове. Аутори су методом визуелне процене, установили у техничкој зрелости да се проценат отворених љуски кретао од 0,8% до 8,3%, а четири недеље после техничке зрелости од 5% до 12,5 %. Најмањи проценат неотворених љуски у оба рока бербе је код сорте Californium 91,7% у првом и 87,5% у другом року бербе. Највећи проценат неотворених љуски је код генотипа 306/6А и то 99,2% у првом и 95% у другом року бербе. Применом друге методе (бројањем отворених љуски на парцели) у другом року бербе од 50 одабраних биљака 8,36% било је отворених љуски код генотипа 306/6А и 11,68% код сорте Californium. Применом теста случајног удара, после 60 s (секунди) тестирања остало је 52% неразбијених љуски у првом и 45,5% у другом року бербе код сорте Californium. У истим условима испитивања, код генотипа 306/6А остало је 61% неразбијених љуски у првом и 65% у другом року бербе. Просечна сила отварања љуски сорте Californium је 0,79 N у техничкој зрелости и 1,5 N четири недеље после техничке зрелости. Највећу отпорност на отварање љуски имао је мутант Кротко у просеку 1,23 N у првом и 2,82 N у другом року, затим 306/6А 1,19 N у првом и 2,59 N у другом року бербе. Од свих истраживаних генотипова, код генотипа 306/6А забележена је највећа максимална сила отварања љуски од 8,23 N, што је за 33,66 % више него код љуски из контролне сорте. У оба рока бербе код свих генотипова уљане репице, сила отварања љуски имала је велики коефицијент варијације од 29,4% до 73,67%. Разлика у сили отварања љуски сорте Californium и осталих генотипова постојала је и између година истраживања. Код сорте Californium најмања сила разбијања љуски измерена је у 2013. години 0,79 N, а највећа 1,5 N у

2011. години. Од свих истраживаних генотипова мутант Кротко је имао највеће силе отварања љуски у 2013. години 1,23 N а у 2011. години 2,82 N. Трогодишње просечне вредности силе отварања љуски код мутанта Кротко су 1,92 N, а код контролне сорте Californium 1,08 N.

Morgan et al. (2000) су укрштањем *B. oleracea alboglabra* и *B. rapa*, добили линије *B. napus* са великом отпорношћу на отварање љуски. Аутори су за одређивање отпорности отварања љуски применили три различите методе. На терену је прво одређена отпорност отварања љуске визуелно-емпиријском методом, скалом од 0 (веома осетљиве линије на отварање) до 5 (изразито отпорне сорте на отварање). Након те процене убране су љуске за лабораторијско испитивање, применом теста притиска и теста случајног удара. Применом напред наведених метода за утврђивање отпорности љуски на отварање, аутори су добили сличне резултате на терену и у лабораторији. За отварање љуски линије DK129 утрошена је већа енергија (0,88 J) због дубоких љуски са дебелим и еластичним зидовима. Код сорте Apex, љуске су исто биле дубоке, али са танким и врло кртим зидовима, па је мање утрошена енергија за отварање љуски (0,38 J). Остале испитиване линије имале су плиће љуске са тањим зидовима, слабом еластичношћу и мањом утрошеном енергијом за отварање љуски од 0,19 J. Просечне вредности максималне силе отварања љуски од 2,73 N биле су код комерцијалне сорте Apex мање у односу на нове експерименталне линије. Максимална сила отварања љуски код линија DK142 је 6,0 N, а линије DK129 је 4,77 N. Аутори наглашавају да не постоји генетска повезаност између отпорности отварања љуски са другим карактеристикама љуски, као што су положај љуске на стабљици и дужина љуске. Комерцијалне сорте Apex и Tapidor су имале дугачке и широке љуске хоризонтално постављене на стабљици, за разлику од линија DK150 и DK142, које су имале краће у усправне љуске на гранама. Број зрна у љусци је зависио од дужине љуске, тако да су комерцијалне сорте имале знатно већи број зрна у љусци него селекцијом створене линије отпорне на отварање.

Summers et al. (2003) су упоредно истраживали физичке особине љуске комерцијалне сорте Apex и нове сорте DK142 отпорне на отварање љуски, гајених на пољу и у стакленику. Аутори наводе да су биљке сорте DK142 гајене у затвореном простору и у пољу имале сличну отпорност отварања љуски, а која је скоро за три пута већа у односу на отпорност љуски комерцијалне сорте уљане репице Apex. Због генетских особина аутори су уочили велике разлике у димензијама љуски између сорти Apex и DK142. Љуске сорте DK142 биле су краће за 15% у односу на љуске сорте Apex, али су оне имале дебље зидове и дебљу петељку. Празне љуске сорте DK142 су теже за 25%, а заједно са преградом, петељком и игличастим врхом за 50% од љуски сорте Apex. Због мањег броја зрна у љусци за 55% укупна маса целе љуске са зрном је за 23% мања код сорте DK142 него код сорте Apex. Однос масе зрна и љуске са преградом код сорте Apex је 1,68:1, а код сорте DK142 је 0,57:1. Укупна маса целе љуске код сорте Apex је у корелацији са дужином и масом празне љуске, као и масом преграде са врхом и петељком (r=0,65–0,91). Сви ови пареметри су значајно у позитивној корелацији са отпором отварања љуски, осим масе зрна. Слични резултати су и код сорте DK142 (r=0,56, значајност 0,1%). Дуже љуске са већом масом љуски су код обе сорте отпорније на отварање. Највећа разлика између љуски две сорте је била у маси и величини саме љуске без зрна. Димензије љуски уљане репице, дужина, маса љуске и преграде су у корелацији са високим степеном значајности са отварањем љуски. Поред тога, јаре сорте уљане репице имале су мању отпорност на отварање љуски у односу на озиме сорте. Каснија сетва уљане репице код обе сорте проузроковала је веће губитке зрна настале отварањем љуски.

Према резултатима Koprivice et al. (2015) сила потребна за кршење љуске деловањем у супротном правцу од њеног раста кретала се од 0,98 N до 2,98 N. Просечна сила отварања у вертикалном положају љуски дејства силе по уздужној оси је 2,16 N. До сличних резултата дошли су Božić et al. (2014) при мерењу силе откидања и отварања љуски по вертикалној оси. Просечна сила кршења љуски у супротном правцу од њеног раста је 1,70 N, а сила отварања по вертикалној оси 3,74 N. Аутори закључују да је сила откидања-кршења и отварање највише зависила од садржаја воде у љусци, облика и дебљине љуске, броја зрна и морфолошких особина сорти.

2.4. Примена средстава за побољшање механичких особина и смањење отварања љуски

Један од начина смањења губитка зрна насталих отварањем љуски је превентивна примена средстава за заптивање и спречавање отварања плодова пољопривредних култура 2-3 недеље пре жетве. Данас су на светском тржишту најзаступљеније две групе средстава за заптивање љуски и то: пинолне групе производа на бази димера ди-1p-метилена/β-пинена димер + олигомер и производи латекс полимера (Gentvainyte, 2015).

Применом прве групе средстава на бази пинолена, регулише се кретање односно циркулација воде између љуске и спољашње средине. Танак омотач око љуске, као полупропустљива мембрана, омогућава да вода испари из љуске, али спречава да вода продре у њу из спољашње средине (киша, роса). На тај начин, приликом процеса влажења и сушења љуске, смањује се њено ширење, скупљање и отварање. У ову групу средстава спадају производи: Aventrol, Pedagral, Agrovital, Spondam и Pod-Cea.

Друга група средстава на бази латекс полимера не регулише кретање влаге у љусци, него побољшање механичких особина љуски које постају отпорније на отварање. Из ове групе средстава познати су производи: Iskay, Pod-Stik и Elastiq (Gentvainyte, 2015).

Истраживачи и даље унапређују, развијају и проналазе нова средства за заптивање љуски која ће се користити у производњи уљане репице. Нова генерација средстава за заптивање плодова, приликом наношења формира танку еластичну опну која смањује напон на површини љуске и спречавају њено отварање. У ову групу средство за заптивање љуски спада производ са трговачким називом Contact (Gentvainyte et al., 2015).

Darginavičiene et al. (2011) наводе да примена средствима за заптивање и спречавање отварања љуски не утиче на формирање љуски и њихов раст. Грађа љуске у зони спајања на којима је примењен Aventol се разликује од љуски на којима он није примењен. Линија спајања љуски код којих је примењен Aventol је компактна и затворена, па теже долази до отварања љуски. Поред тога, Aventrol утиче и на повећање броја љуски на биљкама и масе зрна.

Резултати истраживања о утицају примене средстава за заптивање у циљу смањења отварања љуски и растурања зрна су различита и контраверзна. Мањи број аутора наводи да примена средстава за заптивање љуски није утицала на њихово отварање и смањење губитака зрна (Johnson et al., 2005; Haile et al., 2014). Због трошкова горива, набавке средства за заптивање, ангажовања радне снаге аутори Johnson et al. (2005), Kosteckas et al. (2009), Holzapfel et al. (2010), Špokas et al. (2014), препоручују примену средстава за заптивање љуски само у одређеним ситуацијама када је лоше време, касна жетва, зараженост усева болестима и штеточинама.

Треба узети у обзир да се применом машина за апликацију средстава за заптивање плодова усев гази точковима трактора или самоходих прскалица. Том приликом долази до гажења и отварања љуски, што додатно утиче на повећање губитака зрна. У циљу смањења прохода, гажења усева, планирања радних агротехничких мера, а посебно из економских разлога, примену заптивача љуски треба комбиновати са фолијарним ђубрењем (Kosteckas et al., 2009).

Према резултатима испитивања многих аутора, средства за заптивање љуски треба примењивати, јер имају позитиван утицај на повећање отпорности на отварање љуски, смањење губитака и повећање приноса зрна (Rudko, 2002; Crnobarac et al., 2002; Zimmer et al., 2006; Kosteckas et al., 2009; Darginavičiene et al., 2011; Danius, 2012; Nunes et al., 2015).

Према мишљењу Haile et al. (2014) у литератури нема много резултата о примени заптивача љуски, нарочито оних који су везани за практичну примену. Аутори су у току две сезоне применили два различита средства за заптивање љуски код пет сорти уљане репице. Резултати испитивања су показали да применом заптивача плодова нису смањени губици зрна који настају отварањем љуски уљане репице.

Ефикасност примене средстава за заптивање и спречавање отварања љуски зависи од временских услова (Kosteckas et al., 2009). У неповољним временским условима уз примену седства за спречавање отварања љуски губици зрна су 37 kg ha^{-1} а без примене средства 421 kg ha^{-1}. У повољним временским условима за сазревање уљане репице уз примену средства за спречавање отварања љуски принос зрна је повећан за 31 kg ha^{-1}. Применом средства за заптивање љуски укупни губици зрна озиме уљане репице код сорте Elvis су смањени за 5,6 пута.

У истраживањима Špokas et al. (2014) примена заптивача љуски на бази пинолена није имала утицаја на промену садржаја влаге семена и смањење губитака зрна насталих отварањем љуски. Аутори наводе да средство за заптивање љуски треба применити само у случају одлагања жетве због лоших временских услова и сазревања усева. Оправдано је у току сазревања усева применити средство за заптивање љуски само у случају када се очекују повољни временски услови за жетву. У каснијој берби уљане репице губици зрна настали отварањем љуски су већи код усева на коме није примењено средство за спречавање отварања љуски. У производним условима жетву уљане репице аутори су обавили у првом року бербе при садржају воде у зрну од 8%. Губици зрна настали отварањем љуски код усева на којем је примењено средство за заптивање плодова Aventrol су 3,15 kg ha^{-1}, а без примене сердства 4,11 kg ha^{-1}. Када је жетва уљане репице обављена у повољним временским условима 15 дана после првог рока губици зрна су били приближно исти (12 kg ha^{-1}) без обзира на примену Aventrol-а. Жетвом уљане репице 20 дана после првог рока, губици зрна су повећани на 71,49 kg ha^{-1} са применом и 142,64 kg ha^{-1} без примене Aventrol-а.

У повољним временским условима применом Aventrol-а жетва уљане репице може да се одложити за 5 дана.

Holzapfel et al. (2010) су истраживали утицај средстава за спречавање отварања љуски (Pod Stik и Pod Ceal DC) на губитке зрна у зависности од времена и начина бербе четири сорте уљане репице *Brassica napus L.* и једне сорте *B. juncea.* На две локације једнофазном жетвом у оптималном року, убрано је од 12% до 15% или 142-371 kg ha^{-1} више зрна него двофазном жетвом. Три недеље после оптималног рока бербе двофазном жетвом уљане репице убрано је 276-413 kg ha^{-1} више зрна у односу на једнофазну жетву. Само на једној локацији при једнофазној жетви уљане репице уз примену заптивача љуски губици зрна су смањени, а принос повећан за 217 kg ha^{-1} или 16%, док на осталим локацијама приноси су били исти. Примена заптивача љуски није имала значајног утицаја на отварање љуски, чак и онда када су губици зрна настали отварањем љуски били велики. Насупрот томе, значајан утицај на губитке зрна имале су сортне особине. Посебно је то изражено код једне сорте *B. napus*, где су губици зрна били ниски чак и онда када су губици настали отварањем љуски код других сорти били јако високи. У оптималном року жетве уљане репице губици зрна су износили 5,9% од приноса. Каснијом жетвом, од две до четири недеље после оптималног рока, губици зрна су повећани на 17,3%. Укупни губици зрна настали самоотварањем и механичким откидањем љуски пре бербе су од 1% до 14% у зависности од сорте и локације. Просечно повећање губитака зрна у жетви уљане репице на свим локацијама зависило је од сортних особина. У другом року бербе губици зрна настали самоотварањем љуски код сорте *B. napus* су 2-57%, а код сорте *B. juncea* 16% од укупних губитака зрна.

Gentvainyte et al. (2015) су применом средстава за повећање механичке чврстоће љуски Spodnam-а, Elastiq-а и Gripil-а у жетви уљане репице, смањили губитке зрна за 35%. На усеву где није примењено средство за заптивање љуски губици зрна су 224,1 kg ha^{-1} или 7,23%. У истом усеву губици зрна настали отварањем љуски су 46,3 kg ha^{-1} или 1,49% пре жетве и 177,8 kg ha^{-1} или 5,74% у току жетве. На усеву где је примењено средство Contact утврђени су најмањи губици зрна 55,7 kg ha^{-1} или 1,8%, од тога 14,9 kg ha^{-1} или 0,48% пре жетве и 40,8 kg ha^{-1} или 1,32% у току жетве. Губици зрна код усева третираног Elastiq-om су 21 kg ha^{-1} или 0,68% пре жетве и 102 kg ha^{-1} или 3,32% у току жетве. Аутори су економском анализом укупних трошкова производње уљане репице доказали да је применом средства за заптивање љуски добијен већи принос зрна и остварена већа финансијска добит. Применом Elastiq-а, губици зрна су смањени, а финансијска добит повећана за 9,02 € ha^{-1}. Применом Contact-а приход је повећана за 34,57 € ha^{-1} или 3,5 пута.

Према наводима Svoboda (2010) у Чешкој је применом средства за заптивање љуски Agrovital-а у жетви уљане репице повећан принос од 330-380 kg ha^{-1} и маса 1000 зрна од 5,6 g на 5,72 g, и остварена већа нето добит од 2.020 до 2.201 Kč ha^{-1} (чешких круна по хектару) .

Према истраживањима Kosteckas et al. (2009), примена Aventrol-а је економски оправдана само ако се користи у комбинацији са фолијарним ђубривима за прихрањивање усева уљане репице. Применом 1,0 l ha^{-1} Aventrol-а и 20 l ha^{-1} ђубрива, принос зрна је повећан за 250-400 kg ha^{-1}. Најмањи губици зрна су утврђени у берби уљане репице 42 дана после цветања и то 3,5 kg ha^{-1} пре жетве и 12,0 kg ha^{-1} после жетве усева на којем је примењен Aventrol. У усева уљане репице без примене Aventrol-а губици зрна су били 10 kg ha^{-1} пре и 31 kg ha^{-1} у току жетве. У каснијој берби, 56 дана после цветања, укупни губици зрна су повећани на 43 kg ha^{-1}, од тога 9,5 kg ha^{-1} су губици настали пре и 33,5 kg ha^{-1} у току жетве. У усеву без примене Aventrol-а губици зрна настали пре жетве су 40,5 kg ha^{-1}, а у току жетве 105 kg ha^{-1}. У години када је усев био заражен болестима Botrytis cinerea Pers. и Sclerotinia sclerotiorum, губици зрна су повећани за 4,2-5,5 пута, а принос смањен за 1,29-1,78 пута у односу на незаражен усев. Применом Aventrol-а губици зрна су смањени у каснијој жетви у лошим временским услова и зараженом усеву. Применом мешавине Aventrola и фолијарног ђубрива у каснијој жетви зараженог усева, у неповољним временским условима, губици зрна су смањени за 8-10 пута. У години са повољним временским условима, у третираном и незараженом усеву губици зрна су за 3-5 пута мањи од губитака зрна усева без примене Aventrol-а. У неповољној години за производњу уљане репице и бербом 42 дана после цветања, приноси зрна су повећани за 193-229 kg ha^{-1} применом ђубрива, а 87-141 kg ha^{-1} применом Aventrol-а. У истој години истраживања, бербом уљане репице 57 дана после цветања, повећани су приноси зрна за 1.040 kg ha^{-1}. Применом Aventrol-а принос зрна уљане репице је повећан за 715 kg ha^{-1} а применом фолијарног ђубрива 325 kg ha^{-1}. У години са повољним условима за производњу зрна уљане репице и каснијој берби за две недеље, принос зрна је повећан за само 352 kg ha^{-1}, од тога 102 kg ha^{-1} због примене Aventrol-а и 25 kg ha^{-1} због примене карбамата. Финансијска добит остварена повећањем приноса зрна је већа од трошкова набавке и примене ђубрива и средстава за заптивање љуски.

Према истраживањима Darginavičiene et al. (2011) губици зрна настали отварањем љуски код јаре уљане репице сорте Terra су 22%. Применом средства за спречавање отварања љуски Aventol-а, 20 дана после цветања, смањени су губици зрна на 7%. Применом Aventol-а приноси зрна су повећани од 9% до 69%, а маса зрна од 2% до 10%. У зависности од године истраживања, приноси зрна сорте Landmark су повећани за 12-47%, а масе зрна од 1% до 10%. Примена Aventol-а на почетку цветања уљане репице имало је ограничен утицај на формирање дужине линије спајања љуске. На усеву уљане репице сорте Landmark где је примењен Aventol губици зрна су у пуној зрелости смањени за 37% у 2008. за 45% у 2009. и за 52% у 2010. години.

Nunes et al. (2015) су истраживали утицај десикације и средстава за заптивање љуски на принос зрна уљане репице код различитих начина и времена бербе. Аутори су на четири локације обавили једнофазну и двофазну жетву уљане репице у оптималном року и неколико дана после тог рока. Највећи принос зрна од 2.159 kg ha^{-1} су постигли једнофазном жетвом уљане репице у оптималном року уз примену заптивача љуски и десиканта (glufosinata). Применом само десиканта у двофазној жетви принос је био 2.147 kg ha^{-1}, а у једнофазној жетви 2.064 kg ha^{-1}. Највећи принос зрна од 2.243 kg ha^{-1} остварен је каснијом једнофазном жетвом уљане репице, после оптималног рока, уз примену заптивача љуски и десиканата (Paraquat и diuron). Аутори су применом само десиканта (glufosinate) у једнофазној жетви оставрили принос зрна од 2.206 kg ha^{-1}. Мешањем десиканта са средством за заптивање љуски, принос зрна је смањен за 398 kg ha^{-1}. У једнофазној жетви уљане репице уз примену заптивача љуски, у свим варијантама огледа, на неким локалитетима, добијен је већи принос зрна и до 68,5%. Двофазном жетвом уљане репице после оптималног рока, остварени су најмањи приноси зрна од 863 kg ha^{-1} са и 965 kg ha^{-1} без примене средстава за заптивање љуски.

У циљу смањења губитака зрна Zimmer et al. (2006) су употребили Agrovital у жетви уљане репице на породичним фармама у Хрватској. Најмањи губитак зрна у жетви са комбајном са продуженим хедерским столом од 100 cm и вертикалном косом је 7% од приноса. Код овог комбајном губици зрна на хедеру су 2,7%, на раздељивачу 4,0% и на ситима 0,3%. Жетвом полеглог усева уљане репице истим комбајном, укупни губици зрна су повећани на 26%, од тога су губици на вршалици 1%, раздељивачу 10,3% и хедеру 14,7%. Укупни губици зрна у жетви усева где је примењен Agrovital са комбајном домаће производње са стандардним хедером, без адаптера за уљану репицу су 10,35% од приноса.

Danius (2012) је испитивао утицај Elastiq-а и дебљине прстију витла на силу отварања љуски уљане репице сорте Bios. Аутор је за мерење величине статичке силе отварања љуски користио апаратуру „INSTRON 5960" са сондом пречника 5 mm. Ради практичног испитивања утицаја дебљине прстију витла на губитке зрна, аутор је конструисао посебно мотовило. У лабораторијским испитивањима остало је 30% неотворених љуски у третираном и 12% у нетретираном усеву са Elastiq-ом. Вредности силе отварања љуски су 3,0 N у усеву без и 3,5-4 N у усеву са примрном Elastiq-а. Најмањи губици зрна у жетви уљане репице су на мотовилу при односу брзине рада комбајна и периферне брзине мотовила λ 1,1, док код λ 1,5 губици зрна су повећани од 2,94 % до 4,02% од просечног приноса.

За заптивање и спречавање отварања љуски Rudko (2002) је користио лепак на бази скроба од кромпира, пиринча и модификованог кукуруза. У зависности од врсте примењеног скроба и сортних карактеристика јаре уљане репице сила отварања љуски је повећана од 11-118%. Применом скроба пиринча повећана је сила отварања љуски у односу на контролу за 39% код сорте Star и до 113% код сорте Licosmos. Применом скроба из кромпира повећана је отпорност љуски на отварање за 24% код сорте Star и до 109% код сорте Licosmos. Најмање повећање отпорности на отварање од 11% до 16% имале су љуски сорте Star на којима је примењен скроб од кукуруза.

2.5. Физичке особине зрна

Познавање физичких и механичких особина зрна ратарских усева је од суштинског значаја за конструкцију машина за убирање плодова и пројектовање нових техничких решења опреме у технологији дораде семена и чувања зрна (Babić and Babić, 2007; Babić et al., 2013).

Истраживања многих аутора Szot (2007), (2008), Duc et al. (2008), Honga et al. (2008), Razavi et al. (2009), Calisir et al. (2005), Izli et al. (2009), Koprivica et al. (2018) показају да физичке особине уљане репице зависе од од времена бербе, односно од садржаја воде у зрну.

Duc et al. (2008) су истраживали физичке особине зрна уљане репице код пет различитих садржаја воде у зрну од 10,03% до 30,12%. Повећањем садржаја воде у зрну повећан су: пречник зрна са 2,17 mm на 2,31 mm, дужина са 2,29 mm до 2,49 mm, маса 1000 зрна са 5,04 g на 6,46 g, запремина од 5,58 mm^3 до 6,88 mm^3 и површина са 14,76 mm^2 до 16,77 mm^2. Порастом садржаја воде у зрну смањује се сферичност са 0,95 на 0,93 и насипна маса са 579,3 kg m^{-3} до 549,2 kg m^{-3} због бубрења семена.

Према резултатима Honga et al. (2008) коефицијент трења, статички угао насипања и пражњења и угао мировања линеарно расту са повећањем садржаја воде у зрну. Наведене физичке особине истраживане су код пет различитих садржаја воде у зрну од 10,03%, 14,91%, 20,07%, 25,06% и 30,12%. Највећи статички коефицијент трења је на пластичној подлози (0,34 и 0,43), затим на поцинкованом лиму (0,30 и 0,38), а најмањи на подлози од нерђајућег челика (0,27 и 0,35) при садржају воде у зрну од 10,03% и 30,12 %, према редоследу. Статички угао пражњења варирао је од 26,12° до 29,62°, а угао пуњења од 23,83° до 27,05° код најмањег и највећег садржаја воде у зрну.

За истраживање физичких и механичких особина зрна уљане репице Hazbavi et al. (2009) су изабрали седам најзаступљенијих сорти у Ирану. За све сорте садржај воде у зрну је био приближно исти и кретао се од 4,74% до 5,53%. У зависности од сорте, дужина зрна се кретала од 1,84 mm до 2,30 mm, ширина од 1,76 mm до 2,15 mm, дебљина од 1,60 mm до 1,90 mm, аритметички пречник од 1,76 mm до 2,10 mm и геометријски пречник 1,76-2,10 mm. Вредности осталих физичких особина зрна су: сферичност 0,91-0,96, површина 9,74-13,86 mm^2, запремина 2,67-6,44 mm^3, густина 928,01-1370 kg m^{-3}, насипна маса 675,61- 741,6 kg m^{-3} и порозност 25,3 -45,9%. Најмањи коефицијент статичког трења зрна уљане репице је на подлози од челичног лима 0,273, а највећи на подлози од иверице 0,51. Аутори закључују да су физичке особине зрна уљане репице зависиле од особина сорти.

Razavi et al. (2006) су код четири сорте уљане репице испитивали физичке особине зрна при просечном садржају воде 6,5%. Аутори су утврдили просечне вредности физичких особина зрна: дужина зрна 1,92-2,15 mm, пречник 1,54-1,93 mm, сферност 0,85 до 0,93, маса 1000 зрна 3,6-4,07 g, запремина 2,34-3,25 mm^3, густина 1156-302 kg m^{-3}, насипна маса 710,92-738,79 kg m^{-3}, порозност 37-44,02% и статички угао насипања 27,88°-28,54°. Аутори су закључили да вредности физичких особина зависе од сортних особина.

Исти аутори (Razavi et al., 2009) су истраживали утицај три различита садржаја воде у зрну (5,27%, 15,30% и 23,46%) на физичке особине четири сорте уљане репице. Просечна дужина зрна била је 1,92-2,26 mm, маса 1000 зрна 3,06-4,48 g, средњи пречник 1,475-1,911 mm, сферност 0,82-0,93% при најмањем и највећем садржају воде у зрну. Највећа насипна маса је била код сорте SLM 738,8 kg m^{-3}, а најмања код сорте Hyola 666,06 kg m^{-3}. Са повећањем садржаја воде у зрну смањује се његова насипна маса. Насипна маса зрна испитиваних сорти је за 3,5-5,0% мања код већег (23,46%) у односу на мањи (15,30%) садржај воде у зрну. Насипна маса зрна је за 1,5-3,5% мања код 15,30%, у односу на масу зрна од 5,27% садржаја воде у зрну. Статички угао пуњења се смањује од 25,37° до 28,54° са порастом садржаја воде у зрну. Највећи угао пуњења је код сорте SLM 28,68 ° при 20,66% садржаја воде у зрну. Најмањи статички угао пуњења је код сорте Orient 25,37° при садржаја воде у зрну од 23,69%. Статички угао пражњења расте са порастом садржаја воде у зрну од 25,48° до 28,60°. Највећи статички коефицијент трења је на гуменој подлози од 0,372 до 0,460, затим на подлози од шпер плоче 0,358–0,449, на подлози од челичног лима 0,301-0,419, док је најмањи коефицијент на стакленој подлози 0,253–0,392 код свих садржаја воде у зрну. На свим подлогама и садржајима воде у зрну, сорта Orijent је имала најмањи, а сорта

SLM највећи статички коефицијент трења. Статички коефицијент трења се на различитим подлогама повећавао нелинеарно са порастом садржаја воде у зрну.

Calisir et al. (2005) су проучавали основне физичке особине зрна код четири сорте, при различитим садржајима воде у зрну од 4,70%, 13,14% и 23,96%. При садржају воде у зрну од 4,70% просечна дужина зрна је 2,07 mm, пречник 1,84 mm, геометријски пречник 1,91 mm, запремина 3,96 mm^3. Порастом садржаја воде у зрну на 23,96% повећана је дужина (2,29 mm), пречник (1,99 mm), геометријски пречник (2,08 mm) и запремина (5,15 mm^3) зрна. Поред тога, истраживања аутора показују да су вредности физичких особина зрна износиле за: масу 1000 зрна од 5,10 g до 6,36 g, насипну масу 612,1 kg m^{-3} до 585,1 kg m^{-3}, порозност од 48,2% до 60,6%, при најмањем и највећем садржају воде у зрну од 4,70% и 23,96% према редоследу. Статички и динамички коефицијент трења код свих подлога повећава се са порастом садржаја воде у зрну.

Hui-Ming et al. (2013) су истраживали основне физичке особине љуске и зрна код 286 сорти и хибрида уљане репице и установили да између њих нема разлике. Физичке особине љуске су износиле: дужина од 5,0 cm до 9,25 cm, ширина од 0,48 cm до 0,70 cm, површина од 5,85 cm^2 до 14,92 cm^2, маса љуске од 44 mg до 152 mg, број зрна у љусци од 10,20 до 36,2 и маса 1000 зрна од 2,34 g до 6,10 g. Утврђена је значајна позитивна корелација између масе љуске са дужином, ширином и површином љуске, као и са масом зрна. Код већих љуски уљане репице, зрно је крупније и маса 1000 зрна је већа.

Szot and Rudko (2005) су истраживали физичке особине љуске и зрна код хибрида Jura и Margo, и сорте Star. Најдуже љуске су измерене код сорте Star 7,7 cm, а најмање код хибрида Jura 6,5 cm. Најмању дебљину љуске имао је хибрид Margo 2,99 mm. Дебљина љуске сорте Star је 3,18 mm и приближно је иста као и дебљина љуске код хибрида Margo 3,19 mm. Број зрна у љусци код хибрида Jura је 19, а код хибрида Margo 28. Маса 1000 зрна код сорте Star (4,0 g) је за 16% већа од масе зрна хибрида, али је зато принос зрна хибрида већи него код сорте, због већег броја љуски на биљкама.

Izli et al. (2009) су закључили да просечна дужина и пречник зрна расту са порастом садржаја воде у зрну. Дужина зрна код сорте Capitol је 2,46-2,57 mm и 1,96-2,08 mm при садржају воде у зрну од 8,3% и 25,9% према редоследу. Са повећањем садржаја воде у зрну од 7,7% до 27,4%, код сорте Jet Neuf, дужина зрна је повећана са 2,26 mm на 2,36 mm, и са 1,85 mm на 2,00 mm према редоследу. Повећењем садржаја воде у зрну од 7,3% до 26,4% код сорте Samurai дужина зрна је повећана са 2,25 mm на 2,33 mm и са 1,82 mm на 1,98 mm према редоследу. Резултати истраживања показују да при различитим садржајима воде у зрну сферичност зрна варира од 86,1% до 86,8% код сорте Capitol, од 87,4% до 89,8% код сорте Jet Neuf и од 86,8% до 89,6% код сорте Samurai. Порастом садржаја воде у зрну маса 1000 зрна се повећава са 5,04 g на 6,03 g код сорте Capitol, са 4,31 g на 5,20 g код сорте Jet Neuf и са 4,13 g на 4,99 g код сорте Samurai. Порастом садржаја воде у зрну повећана је порозност зрна од 36,6% до 38,9% код сорте Capitol, од 41,5% до 43,2% код сорте Jet Neuf и 38,4% до 40,6% код сорте Samurai. Насипна маса зрна је смањена са повећањем влажности зрна код сорте Capitol са 676,3 kg m^{-3} на 617,4 kg m^{-3}, Jet Neuf са 635,0 kg m^{-3} на 593,6 kg m^{-3} и Samurai са 664,8 kg m^{-3} на 609,7 kg m^{-3}. Статички угао насипања зрна уљане репице линеарно расте са повећењем садржаја воде у зрну. Статички угао насипања зрна код сорте Capitol се кретао од 21,37^{o} до 26,81^{o} при садржају воде у зрну од 8,3% до 25,9%, код сорте Jet Neuf од 18,11° до 22,11° при садржају воде у зрну 7,7-27,4% и код сирте Samurai од 18,91° до 24,56° при садржају воде у зрну 7,3-26,4% према редоследу. При свим садржајима воде у зрну, највећи статички коефицијент трења је на гуменој подлози, затим на подлози од иверице, лима, стакла, алуминијума и нерђајућег челика. Највећи коефицијент трења зрна на гуменој подлози 0,360 је код сорте Capitol а најмањи на подлози од нерђајућег челика 0,244 код сорте Samurai, при садржају воде у зрну од 26%.

Истраживањима основних физичких особина зрна јаре уљане репице сорте Star и хибрида Margo и Jura бавио се у периоду од 2003. до 2005. године Szot (2007 и 2008). У првој години истраживања, мерења физичких особина зрна аутор је извршио при 10 различитих садржаја воде у зрну од 6% до 24% на свака 2% (6, 8, 10, 12,... 24%). У наредној години истраживања, мерења физичких особина аутор је извршио при ваздушно сувом зрну. Повећањем удела воде у зрну повећана је порозност, маса зрна, статички угао пуњења и пражњења, а смањена је густина зрна. Порозност зрна хибрида Jura је 39,4% а сорте Star и хибрида Margo 44%. Најмању масу 1000 зрна имао је хибрид Margo 2,97 g са 6% воде у зрну, а највећу Star 5,14 g са 24% воде у зрну. Насипна маса зрна опада са порастом садржаја воде у зрну, осим у неким изузецима. Најмања насипна маса зрна од 669,5 kg m^{-3} забележена је код сорте Star при садржају воде у зрну 12%, а највећа маса 632,0 kg m^{-3} код хибрида Margo и Jura при садржају воде у зрну 24%. Најмањи статички угао пуњења хибрида Margo је 26,0° са 12% воде у зрну. Највећи статички угао пуњења 32,0° и пражњења 31° је код сорте Star при највећем садржају воде у зрна од 24%. У првој години истраживања, порозност зрна сорте Star и хибрида Margo је већа за 2,5%, а код хибрида Jura за 3,1%, у односу на другу годину истраживања при садржају воде у зрну од 8%. Најмање повећање масе 1000 зрна измерено је код сорте Star за 0,73 g, а највеће код хибрида Margo за 1,31 g. Повећање масе зрна утиче на смањење насипне масе хибрида Margo за 6,6%, сорте Star за 6,3 % и хибрида Jura за 7,2 %. Статички угао пуњења је различит код испитиваних хибрида и сорте. Највећи статички угао пуњења је код сорте Star 32,0°, а најмањи код хибрида Margo 28,0°. Вредности статичког угла пражњења (28,0°) између хибрида Margo и хибрида Jura, као и сорте Star (29,0°) се значајно не разликују. У другој години истраживања статички угао пражњења је мањи за 1-3° од угла насипања.

Baran et al. (2016) су испитивали физичке особине зрна уљане репице сорте Elvis при садржају воде у зрну 8,4%. Просечне вредности физичких особина зрна су: дужина 2,35 mm, ширина 1,93 mm, геометријски пречник 2,07 mm, сферност 0,88%, маса 1000 зрна 4,74 g, запремина 5,07 mm^3, насипна маса 617 kg m^{-3} и динамички угао насипања 29°. Највећи коефицијет трења је забележен на подлози од поцинкованог челичног лима 0,318, затим на подлози од алуминијумског лима 0,305, а најмањи на подлози од нерђајућег челичног лима 0,288.

Krička et al. (1999) су пре и после сушења зрна упоређивали физичке особине зрна сорте Slivia са сортама Diana, Karola, Semu 910201, Semu 93-10 и Lirajet. Најмањи угао трења 24,35° установљен је код сорте Slivia, а највећи 27,71° код сорте Semu 93-10 пре сушења зрна са 15,88 % садржаја воде у зрну. Најмањи угао трења 21,32° измерен је код сорта Slivia, а највећи 25,92° код сорте Semu 93-10 после сушења са 6,03% воде у зрну. Просечна вредност природног угла насипања свих испитиваних сорти је 24,82° после сушења са 6,33% воде у зрну. Разлика између највећег угла насипања сорте Semu 93-10 и најмањег угла сорте

Slivia износи 4,6^{o}. Просечан угао природног насипања зрна испитиваних сорти је 26,42^{o} пре сушења са 15,88 % воде у зрну. Разлика између највећег угла насипања сорте Semu 93-10 и најмањег угла сорте Slivia је 3,36^{o}. Опадањем садржаја воде у зрну са 15,88% на 6,33% смањена је маса 1000 зрна са 3,93 g на 3,49 g, према редоследу. Смањењем воде у зрну са 15,88% на 6,33% насипна маса зрна је повећана са 668 kg m^{-3} на 672,1 kg m^{-3}.

Kiš et al. (2008) су истраживали физичке особине зрна сорти Titan, Baldur и Artus пре сушења са 12,90%-14,13% воде и после сушења са 6,02-6,30% воде у зрну. Сушењем зрна, односно са опадањем садржаја воде у зрну смањене су вредности статичког угла природног насипања и угла трења. Највеће вредности статичког угла природног насипања зрна су установљене код сорти Titan 29,96^{o}, Baldur 28,63^{o} и Artus 29,55^{o} пре сушења са највећим уделом воде у зрну. После сушења са опадањем удела воде у зрну смањила се вредност природног угла насипања код сорти Titan 24,38^{o}, Baldur 24,02^{o} и Artus 24,22^{o}. Пре сушења зрна установљен је угао трења на подлози од алуминијумског лима код сорти Titan 28,66^{o}, Baldur 28,13^{o} и Artus 28,43^{o}. Опадањем садржаја воде у зрну, односно сушењем зрна смањиле су се и вредности угла трења код сорти Titan 24,16^{o}, Baldur 23,72 ^{o} и Artus 24,03^{o}.

Према истраживањима Holzapfel et al. (2010), средства за заптивање љуски нису утицала на масу и квалитет зрна код четири сорте уљане репице *Brassica napus* L. и једне *B. juncea*. Средња вредност масе 1000 зрна код сорте *B. juncea* 2,74 g (2,30 g-3,33 g) је мања од масе зрна сорти *Brassica napus* 3,51 g (3,39 g-3,64 g). Начин жетве уљане репице је утицао на масу 1000 зрна. У једнофазној жетви уљане репице маса 1000 зрна је већа (3,03 -4,38 g) у односу на двофазну жетву (2,88-3,44 g).

У Пољској су гајене три сорте уљане репице чија се маса зрна разликовала. Сорта Pomorzanin је имала већу масу 1000 зрна за 1,68 g од сорте Kana и за 2,53 g од јаре сорте Bios. Вредности масе зрна су варирале у зависности од сорти (јаре и озиме форме) и агроеколошких услова у години производње (Tanska et al., 2009).

3. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ истраживања је да се утврди зависност основних физичких и механичких особина плода и зрна од сорти и времена бербе, односно од садржаја воде у зрну.

Поред тога, циљ истраживања је да се тестом притиска испита и утврди утицај примене Elastiq-а средства за побољшање механичких особина и спречавање отварања плодова уљане репице и повећање њене отпорности. Истражиће се, утврдити и упоредити разлика између максималне силе кршења и отварања љуски код три водеће домаће сорте уљане репице Банаћанка, Јасна и Славица.

Такође, циљ истраживања је да се утврди разлика између физичких особина зрна испитиваних сорти у зависности од садржаја воде.

Имајући у виду ове чињенице треба утврдити:

- да ли постоји и колика је разлика у физичким и механичким особинама љуски сорти уљане репице Банаћанка, Јасна и Славица,
- да ли примена Elastiq-а средства за повећање механичке отпорности и спречавање отварање плода уљане репице код испитиваних сорти доводи до промене механичких особина, повећања отпорности на отварање и одвајања, односно кршење љуски од гранчице,
- колико време бербе утиче на отпорност љуске на отварање и кршење-одвајања петељке плода од гранчице,
- колико ће различит садржај воде у зрну испитиваних сорти да утиче на његове физичке особине.

Проучаваће се и физичке особине љуске уљане репице: дужина, ширина, дебљина, тежина празне љуске са средишном преградом, тежина љуске заједно са зрном, број зрна у љусци и њихова маса. Од механичких особина мериће се сила одвајања-кршења љуски од централне гранчице биљака и сила отварања љуски у хоризонталном и верткалном положају.

Поред тога, истраживаће се и физичке особине зрна: садржај влаге, маса 1000 зрна, насипна маса, запремина, порозност, угао насипања и коефицијент трења на различитим подлогама.

4. ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

Основне хипотезе од којих се полази у овим истраживањима су:

Очекују се разлике између испитиваних сорти уљане репице у погледу физичких и механичких особина плода.

Применом Elastiq-a средства за спречавање отварања плода повећаће се отпорност на отварање љуски у хоризонталном и вертикалном положају испитиваних сорти уљане репице. Сходно томе, очекује се да ће примена Elastiq-a утицати на повећање вредности сила потребних за отварање љуски уљане репице. Такође, утврдиће се разлика између силе отварања љуски на којима је примењен Elastiq и без његове примене.

Ранијом бербом, плодови уљане репице испитиваних сорти имаће већу отпорност на отварање љуске у односу на каснију бербу код љуски са применом и без примене средства за побољшање механичких особина полодова Elastiq-a.

Садржај воде у зрну уљане репице утицаће на његове физичке особине. Са повећањем садржаја воде у зрну, промениће се вредности физичких величина, густина семена, насипна маса, порозност, маса зрна, статички и динамички угао насипања, запремина зрна и коефицијент трења.

Предпоставља се да ће постојати разлика између сорти у физичким особинама зрна уљане репице.

5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

5.1. Материјал рада

У циљу реализације програма истраживања у Чачку (43^{o} 88' 11"N и 20^{o} 33' 08"E) је постављен пољски оглед, са три сорте уљане репице: Банаћанка, Јасна и Славица. Експеримент је постављен по случајном блок систему у 3 понављања. Сетва уљане репице обављена је ручно, на међуредном растојању од 25 cm. Жељена густина у реду постигнута је ручним проређивањем биљака. На парцелама су сорте посејане у 4 реда на дужини од 5 m.

Три недеље пре бербе уљане репице примењен је Elastiq, средство на бази латекс полимера у комбинацији са оквашивачем Silwet L-77. Предходно је огледна парцела подељене на два једнака дела. На једној половини парцеле примењен је Elastiq, а на другој није и она је послужила као контрола.

Ради утврђивања физичких и механичких особина љуски уљане репице, методом случајног узорка, одабране су репрезентативне биљке од сваке сорте. Приликом узимања узорака, водило се рачуна да биљке и љуске буду уједначене. Жетва узорака појединачних биљака за сваку сорту и варијанту огледа обављено је ручно у два рока бербе. Централна грана са љускама је пажљиво одсечена и стављена у кесу. Водило се рачуна да при берби и манипулацији са биљкама уљане репице не дође до оштећења, односно отварања или кршења љуски. У лабораторији је централна грана уљане репице подељена на краће делове и припремљена за мерења силе кршења љуски. На тај начин олакшано је мерење силе кршења једне љуске, а да при томе не дође до оштећења осталих љуски на одсеченом делу централне гране.

После узимања узорака за мерење физичких и механичких особина љуски, остали део усева са свих парцела је ручно пожњевен. Узорци су стављени у најлонске вреће, обележени етикетама и чувани на собној температури ваздуха. Касније је у лабораторији обављена вршидба узорака са вршалицом типа Hege 15. После вршидбе на селектору Dakota зрно је очишћено од страних примеса, делова љуски и прашине.

5.1.1. Опис испитиваних сорти

Уљана репица (*Brassica napus* L) по ботаничкој класификацији припада породици Крсташица (*Crucifera*). Плод уљане репице је посебна чаура-љуска дужине од 5 cm до 10 cm, са 25-40 зрна (слика 1). Љуска је уздужно преграђена са средишном преградом на две половине у којима се налазе зрна. У горњој и доњој половини љуске налазе се алвеоле у којима је смештено 10-15 зрна (Mustapić et al., 1984; Пауновић, 2006). Правилан положај зрна у љусци одређује преграда на којој се са обе стране налазе наизменично распоређена зрна. Преграда је по ободу оивичена танком линијом, а у средини има танку белу провидну мрежицу са алвеолама за зрно. У горњем делу, при врху, ободна линија преграде се завршава копљастим-игличастим врхом, а у доњем делу у спојно место са петељком љуске. Линија спајања је место где ивица зида једне половине љуске целом својом дужином належе на ободну линију преграде са доње стране, а друга половина са горње стране средишне преграде. Ободна линија преграде и линија спајања једне и друге половине љуске чине зону спајања. У току раста љуске формирају се и развијају линије спајања од којих поред осталог зависи и отпорност љуски на отварање. Приликом сазревања, у фази пуне зрелости, долази до лаког одвајања доње од горње половине љуске по дужини линија спајања. Одвајањем делова љуске долази до испадања зрна и расипања по земљишту.

Слика 1. Изглед отворене љуске уљане репице

Зрно уљане репице је лоптастог облика, глатке површине, смеђе до црно смеђе или плавкасто смеђе боје. Маса 1000 зрна је 4-6 g (Mustapić et al., 1984; Пауновић, 2006).

За истраживања су одабране три најраспрострањеније домаће сорте уљане репице: Банаћанка, Јасна и Славица које су селекционисане у Институту за ратарство и повртарство у Новом Саду. Marinković et al. (2006), Marinković et al. (2009) и Marjanović-Jeromela et al. (2009), Marjanović-Jeromela et al. (2010) наводе основне појединачне карактеристике проучаваних сорти и наглашавају њихове заједничке особине:

- Низак садржај eруко киселина (испод 1%), због чега је њихово уље погодно за људску исхрану.
- Остаци после цеђења (погаче) погодни су за сточну исхрану, због ниског садржја глукозинолата (испод 20 mili mola g^{-1} зрна)
- Сорте Јасна и Славица су погодне за органску производњу.

Банаћанка је наша прва сорта озиме уљане репице, дупли нулаш "00", призната 1998. године. Има зељасто стабло, плавичасто зелене боје, висине 95-115 cm, са 5-9 бочних грана које се формирају на висини изнад 48 cm. На једној биљци се налази 8-12 листова и око 500 плодова (љуски) са 8-31 зрном. Маса 1000 зрна је 4,2 g. Дужина вегетационог периода је око 288 дана. Поседује висок генетски потенцијал за принос зрна, преко 4,4 t ha^{-1}. Садржај уља у зрну се креће око 46%, а протеина 20%. Добро подноси ниске температуре.

Јасна је сорта озиме уљане репице призната 2003. године, такође дупли нулаш "00". Маса 1000 зрна је 3,4 g. Дужина вегетационог периода је око 280 дана. Поседује висок генетски потенцијал за принос зрна, преко 5 t ha^{-1}. Садржај уља у семену се креће до 41 %. Добро подноси ниске температуре.

Славица је сорта озиме уљане репице призната 2003.године, такође дупли нулаш "00". Има зељасто стабло, плавичасто-зелене боје, висине 118-129 cm са 5-7 бочних грана које се формирају на висини изнад 48 cm. На једној биљци се налази 7-11 листова и око 480 плодова (љуски) са 15-32 зрна. Маса 1000 семена је 4,3 g. Дужина вегетационог периода је око 284 дана. Поседује висок генетски потенцијал за принос зрна, преко 5 t ha^{-1}. Садржај уља у семену се креће до 44%, а протеина до 23%. Добро подноси ниске температуре.

5.2. Метод рада

5.2.1. Мерење физичких особина љуске

Експериментом је обухваћено мерење основних физичких особина љуски уљане репице: дужина, ширина, дебљина, маса празне љуске, укупна маса љуске са зрном, број зрна у љусци и њихова маса. На просечном узорку са и без примене Elastiq-а у првом и другом року бербе мерене су физичке особине 10 љуски свих сорти у четири понављања. Приликом мерења димензија љуски коришћено је електронско кљунасто помично мерило са дисплејом Fowler-Pro-max Sylvyc system са тачношћу од 0,01 mm.

Укупна маса љуске са зрном, маса празне љуске са средишном преградом и маса зрна је мерена помоћу прецизне аналитичке ваге Kern EW 150-3 M са тачношћу 0,001 g.

5.2.2. Мерење механичких особина љуски

Од механичких особина одређена је сила кршења љуске од гране и сила отварања љуске. Мерење силе отпора отварања љуске обављено је тестом притиска у хоризонталном положају, када сила делује нормално на ширину љуске. Истим тестом, одређена је и сила отварања љуске у вертикалном положају када сила делује по уздужној оси љуске.

За потребе експеримента пројектован је и реализован уређај са мерно аквизиционим системом за одређивање силе кршења љуски од гранчица, силе отварања љуски у хоризонталном и вертикалном положају. Уређај за мерење механичких особина плодова пољопривредних култура конструисан је у Лабораторији за мехатронику Факултета техничких наука у Чачку. Опис мерно аквизиционих система за мерење механичких особина дали су Božić et al. (2014).

Уређај за испитивање механичких особина плодова састоји се од стабилног постоља са плочом, покретног прибора за притискање, притисне сонде, мерне ћелије (давача силе), инструментационог појачавача, аквизиционе картице и LabVIEW софтверске апликације на рачунару.

Мерна ћелија (давач силе) представља индустријску мерну ћелију са отпорним мерним мостом. Конструкција од алуминијума обезбеђује малу масу и лаку инсталацију. Главна примена је код електронских вага и платформских вага. Основне карактеристике мерне ћелије су дате у табели 1.

Инструментациони појачавач, AD623, је базиран на концепту 3 операциона појачавача. Омогућава једнострано и двострано напајање. Опсег напајања је од -6 V до +6 V за двострано напајање, односно од 0 V до 12 V ако се користи једнострано напајање. Потребан је само један спољни отпорник како би се одабрало жељено појачање.

Табела 1. Основне карактеристике мерне ћелије (давача силе)

Карактеристика	Вредност	Поновљивост	0,02% F.S.
Мерни опсег	3 N	Нула	1% F.S.
Максимална грешка	0,03% F.S.	Улазни отпор	350±5Ω
Излаз	2±0.02mV/V	Излазни отпор	350±5Ω
Нелинеарност	0,03% F.S.	Отпор изолације	5000MΩ(100VDC)
Напајање	9~12V	Заштита	IP66

Једначина диференцијалног појачавача има следећи облик:

$V_O = \left(1 + \frac{100k\Omega}{R_G}\right) V_{IN}$ или у форми жељеног појачања $R_G = \frac{100k\Omega}{G-1}$

При чему је:

V_O - излазни појачани напон;

R_G - вредност спољашњег додатог отпорника;

V_{IN} - напон са мерне ћелије који се појачава;

G - појачање као V_O / V_{IN};

Потенцијал који се доведе на референтни прикључак дефинише нулти излазни напон, па је посебно користан када излаз не дели исти нулти сигнал са остатком система. То још омогућава директно подешавање офсета излаза. Референтни прикључак је користан када биполарни сигнал треба појачати јер се може користити да обезбеди виртуелну масу. Напон на референтном прикључку може да се мења од -V_S до + V_S .

Аквизициона картица NI USB 6009 представља једно врло флексибилно решење када год је потребно брзо и поуздано извршити мерења на терену или у лабораторији. Напајање преко USB прикључка обезбеђује мобилност. Једноставност употребе применом LabVIEW софтвера чини да се мерења изврше брзо и подаци сачувају за даљу употребу и обраду. Картица поседује 8 напонских аналогних улаза, при чему се они могу користити као 4 диференцијална улаза. Резолуција улаза је 14 bita, а мерни опсег од -10V до +10V. Тачност је 7,73 mV. Минимални мерни опсег који се може изабрати је -1V до +1V. Поред ова два мерна опсега постоји још 6 мерних опсега. У циљу што бољег искоришћења AD конвертера потребно је одабрати одговарајући опсег. За потребе ове апликације коришћен је један диференцијални улаз.

Апликацију чине:

1. Картица за избор приказа: мерења, статистика, калибрација. Картица статистика приказује неке основне статистичке параметре, као што су максимална, минимална и средња вредност, а по потреби могу се додати и други параметри. Поред ових параметара може се пратити и медиана, варијанса и стандардна девијација. Картица калибрације је намењена за саму калибрацију мерне ћелије, уколико се укаже потреба за тим, где се могу кориговати већ подешени параметри.
2. Поља предвиђена за упис имена оператера који врши испитивање као и имена истраживане културе са ознаком узорка. На основу ових унетих поља, врши се касније аутоматско додељивање имена у аутоматски генерисаном извештају и excel табели са измереним резултатима. Тастер СТАРТ користи се за покретање процедуре мерења, док се тастер СНИМИ користи за меморисање битних података.
3. Тастер ИЗВЕШТАЈ се користи да би се активирала функција аутоматског генерисања извештаја, док се тастер EXCEL користи да би се измерени подаци сместили у excel табелу.
4. У оквиру excel поља врши се меморисање радног броја мерења минималне и максималне величине силе на појединачном узорку, као и низ пратећих параметара (опсег вредности, број узорака на датом узорку).
5. Приказ временског дијаграма силе.

Једначина приказује начин израчунавања силе:

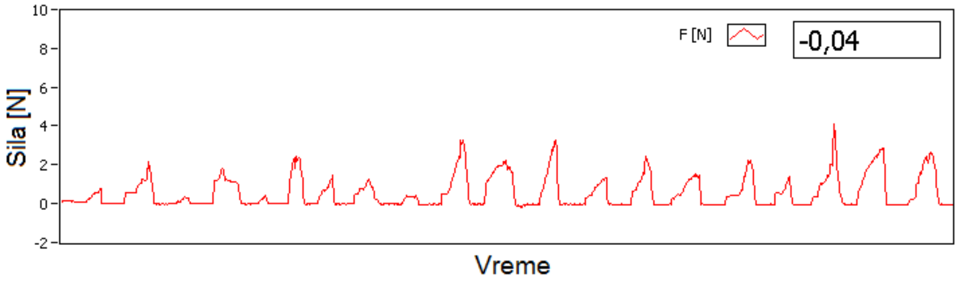
$$F = g\,(329.93x - 78.047\text{-}offset)$$

При чему је F сила отварања, g убрзање гравитације 9.80665 m s^{-2}, *offset* представља корекциони фактор за масу, а x представља појачани напон са мерне ћелије.

Мерење силе отварања љуске вршено је на тај начин што се љуска постави на ослону плочу испод које се налази мерна ћелија (давач силе). Уједначеним ручним повлачењем сонде притискача делује се на љуску све до момента њеног отварања. Мерна ћелија (давач силе) прати све промене које се дешавају на љусци и региструје силу отварања љуске. Измерена сила отварања љуске преноси се преко претварача и појачавача на рачунар. Извештај о забележеним променама и подацима о измереној сили отварања љуске добија се на екрану рачунара у табели и временском дијаграму (Слика 3).

Мерење силе кршења врши се на тај начин што се љуска постави на плочицу постоља, испод које се налази мерна ћелија (давач силе). Кроз просечени део плочице провуче се петељка, тако да се љуска ослони на плочицу. Равномерним ручним повлачењем гранчице супрутно од правца раста љуске, долази до кршења петељке љуске од централне гранчице. Мерна ћелија (давач силе) региструје промене силе оптерећања у току тестирања и мери максималну силу потребну за кршење петељке љуске од гранчице. На екрану рачунара добија се и графички и табеларни извештај о измереним величинама силе кршења љуски за сваки узорак (Слика 2.).

У извештају се добијају подаци о максималним силама кршења на појединачним узорцима љуске, као и основни статистички подаци, као што су аритметичка средина, максимална и минимална вредност, медиана, варијанса и стандардна девијација.



Слика 2. Графички извештај измерене силе кршења и отварања љуски

После утврђивања силе кршења љуске од гране, измерена је дужина, ширина и дебљина љуске. Након мерења силе отварања љуске, утврђен је број зрна у љусци и њихова маса, као и маса празне љуске са средишном преградом.

5.3. Мерење физичких особина зрна

Експериментом је обухваћено и испитивање основних физичких особина зрна уљане репице и то: садржај воде у зрну, маса хиљаду зрна (апсолутна маса), насипна маса (хектолитарска маса), запремина, порозност, угао насипања и коефицијент трења.

5.3.1. Садржај воде у зрну

Садржај воде у зрну (w) је физичка особина семена која представља однос масе удела воде у зрну W (kg) и укупне масе зрна M (kg) и представљена је формулом:

$$w = \frac{W}{M} x100\ (\%)$$

Почетни садржај воде у зрну је одређен коришћењем стандардне методе сушења у сушници. Узорак од 5 g зрна је сушен пет сати на температури од 105°C. После сушења узорци са зрном су стављени у ексикатор да се охладе 15-20 минута. Узорци су после хлађења измерени и израчунат је садржај воде у зрну.

Одређивање физичких особина зрна уљане репице обављено је код четири садржаја воде у зрну. Прво је одређен просечан почетни садржај воде у зрну, на горе поменути начин. Довођење влаге на жељени-предвиђени садржај воде у зрну постигнуто је додавањем и мешањем одређене количине дестиловане воде са зрном (Calısır et al., 2005; Razavi et al., 2009.; Izli et al., 2009). Количина додате дестиловане воде израчуната је по следећој формули:

$$w_2 = w_1 x \left[\frac{M_2 - M_1}{100 - M_2}\right]$$

где је w_2 маса додате дестиловане воде (kg), w_1 маса почетног узорка (kg), M_1 почетни садржај воде у зрну (%), а M_2 жељени садржај воде у зрну (%).

Измереном зрну додата је одговарајућа количина дестиловане воде помоћу пумпице за орошавање. Узорак је стављен на вагу, а затим му је постепено орошавањем додата потребна количина воде изражена у грамима. Након тога обележени узорци зрна су стављени у пластичне кесе и затворени. Узорци су у фрижидеру чувани најмање недељу дана на температури од 5°C. У току чувања додата вода је равномерно распоређена на сва зрна у узорку, тако да је добијен уједначен узорак са истим садржајем воде у зрну. Пре почетка мерења, узорци су извађени из фрижидера и остављени два сата на собној температури. Поновним мерењем масе зрна после чувања у фрижидеру, утврђен је прави садржај воде у зрну. Након тога приступило се одређивању физичких особина зрна уљане репице.

5.3.2. Запремина зрна

Уљана репица спада у категорију биљака са ситнијим зрном и његова запремина је одређена методом наливања течности, познате густине, по методи коју наводе Babić (2007), Lončarević (2010, 2011), Mehandžić Stanišić (2013), Babić et al. (2013). За одређивање запремина појединачног зрна (V_1) коришћене су две исте мензуре, аналитичка вага и дестилована вода густине мање од 1000 kgm^{-3} и pH вредност 5,5. Свако мерење је подразумевало да познат број зрна заузме одређену запремину. У прву мензуру је сипан познат број (4000) зрна (n) и измерена њихова маса Mn (g). У другу мензуру сипана је дестилована вода до тачно познате запремине и измерена на ваги. Из ове мензуре брзо је наливена дестилована вода у прву мензуру са зрном, до почетне запремине узорка, тако да су сва зрна потопљена у води. У случају када је густина појединих зрна мања од густине дестиловане воде, зрна испливају на површину, па их је потребно додатно потиснути и потопити у води док потпуно не зароне. Да би се простор између зрна попунио са дестилованом водом, мензура се лагано протресе, како би ваздух изашао из ње, а на његово место дошла вода. На мензури са дестилованом водом се очита запремина и утврди разлика нивоа течности, пре и после наливања воде у мензури са зрном. Та разлика представља запремину простора између зрна у мензури Vp (ml). У циљу постизања прецизности података, количина наливене воде проверавана је мерењем мензуре са водом на ваги (1 ml=1 g). Првој мензури са зрном и насутом водом је очитана укупна запремина (запремина зрна и простора између зрна) Vu (ml).

Запремина одређеног броја зрна (Vn) се израчунава изразом:

$$Vn = \mathrm{Vu} - \mathrm{Vp}\ (m^3).$$

Запремина појединачног зрна израчунава се на основу следећег израза:

$$V_{1zrna} = \frac{V_n}{n}\ (m^3)$$

Мерења су обављена у четири понављања.

5.3.3. Порозност масе зрна

Порозност масе зрна представља однос запремине простора између зрна у узорку V_p (m^3) и укупне запремине испитиваног узорка Vu (m^3), и израчунава се на основу израза:

$$p = \frac{V_p}{V_u} \times 100\,(\%)$$

где је:
p- порозност
Vp - запремина простора између зрна
Vu - укупна запремина зрна

Порозност може имати вредности од 0 до 1, или ако се изражава у процентима од 0 до 100%. Најчешће примењивана метода за одређивање порозности је метода наливања течности (Babić, 2007; Razavi, 2009; Izli, 2009; Lončarević, 2011; Mehandžić Stanišić, 2013). Ова метода је погодна за материјале који нису изразито хигроскопни (зрнасти пољопривредни производи, воће, одређене врсте поврћа и сл.). Метода наливања течности спада у ред директних метода, јер се помоћу ње директно мери укупна запремина узорка, укључујући и запремину простора између зрна. За мерење порозности зрна коришћен је узорак неоштећеног и чистог зрна без страних примеса. Порозност масе зрна је одређена напред наведеним поступком за мерење запремине зрна. Порозност је израчуната на основу података добијених при мерењу запремине зрна у четири понављања за сваку вредност садржаја воде у зрну и сорту.

5.3.4. Насипна маса зрна

Насипна маса представља однос масе зрна и укупне запремине насутог материјала укључујући запремину простора између зрна. У пољопривредној пракси, код зрнастих производа, ова величина се назива хектолитарска маса. Изражава се масом зрна у једном хектолитру запремине (запремина 100 литара) и врло је битна, јер показује квалитет зрна (Bokan, 2003).

За одређивање насипне масе коришћена је мензура познате запремине и аналитичка вага. Радни узорак се стави у мензуру до одређене запремине (Vu). На аналитичкој ваги се измери маса радног узорка (m). Маса узорка одређена је као разлика укупне масе узорка са мензуром и масе мензуре. Након тога насипна маса рачуна се из израза:

$$\rho_n = m/V_u$$

где је ρ_n насипна маса, m маса узорка и V_u укупна запремина насутог узорка.

На основу мерења две физичке особине насипне масе и порозности израчуната је густина зрна ρ_s [kg m^{-3}].

5.3.5. Маса 1000 зрна

Крупноћа зрна се одређује на различите начине. У пракси се поред физичких димензија зрна као мерила крупноће користи и маса 1000 зрна**.** Из лабораторијског узорка (који не садржи примесе и поломљена зрна) избројано је осам пута по 500 зрна и израчуната је маса 1000 зрна. За бројање зрна коришћен је аутоматски уређај за бројање Elmor C 3.

Маса зрна је измерена помоћу аналитичке ваге напред наведеног произвођача и тачности.

5.3.6. Угао насипања

Статички угао насипања представља угао између изводнице и основе купе (конуса) која је формирана без кретања материјала. За одређивање статичког угла насипања направљен је посебан уређај. Уређај се састоји од зарубљене купе-левка, насипне плоче познатог пречника (mm) и постоља са вертикалним носачем. Левак (купа) је постављен на носачу по коме може да се ручно помера по вертикалној оси (горе-доле). Левак је постављен тако да његов врх буде у средини кружне насипне плоче. У горњи део левка сипа се зрно. У моменту насипања зрна, левак се налази у доњем положају и врхом додирује дно насипне плоче. Левак се пажљиво и лагано ручно подиже од подлоге док се на њој не формира гомила зрна у виду купе (Слика 3). У моменту када формирана купа насутог зрна буде истог пречника као и кружна насипна плоча, левак се фиксира и измери висина купе. На основу измерене висине купе (h) и пречника насипне кружне плоче (R) израчунунава се статички угао насипања применом следеће формуле (Babić, 2007; Razavi, 2009; Izli, 2009; Lončarević, 2011):

$$arctang\ \alpha = \frac{2h}{R}$$

где је h висина, а R пречник насипне плоче.

Слика 3. Одређивање статичког и динамичког угла насипања

Динамички угао насипања представља угао између изводнице и основе купе (конуса) која је формирана од материјала у покрету. Динамички угао насипања одређен је слично као и статички угао насипања. Узорак зрна се сипа у левак који је фиксиран и подигнут од дна насипне плоче. Левак је одвојен и не додирује врх купе зрна у току њеног формирања. Са насипањем зрна се престаје када је формирана купа истог пречника као и кружна насипна плоча. Истим поступом као и код статичког угла насипања израчунава се и динамички угао насипања.

5.3.7. Коефицијент трења

За експериментално одређивање коефицијента статичког трења коришћен је посебан уређај трибометар (Слика 4.). Трибометар Т1 је механички уређај који функционише на принципу стрме равни и једноставног одређивања вредности одговарајућег статичког коефицијента трења. Центар за ревитализацију индустријских система и Центар за теротехнологију Факултета инжењерских наука у Крагујевцу урадили су идејно решење и конструкцију уређаја, а производи га СЗР Машинг Крагујевац. Уређај се састоји из клизног обртног склопа са степенастом скалом од 0^o до 90^o и постоља са вођицом који представљају две независне целине. У комплету се налази и сет узорака подлога израђених од различитог материјала који за наш експеримент нису одговарали. За потребе експеримента направљене су подлоге одговарајућих димензија од различитог материјала: поцинкованог лима, челичног лима, прохромског-нерђајућег челика, алуминијумског лима, пластике и шпер плоча.

Пре извођења експеримента извршена је нивелација уређаја у две равни помоћу посебне либеле, а скала котрљајног диска доведена је у нулти положај. Након извршеног нивелисања, на оба носача уређаја постављена је подлога од жељеног материјала на којој се одређује коефицијент трења. Узорак зрна приближно исте масе се сипа на подлогу од различитог материјала када се она налази у хоризонталном положају Лаганим померањем носача котрљајног диска по вођици постоља врши се постепено закретање косе равни подлоге.

После сваког закретања, од приближно једног степена, прави се пауза од неколико секунди и посматра да ли узорак са зрном мирује или је почело његово кретање. У тренутку када се уочи почетак клизања узорка зрна, врши се очитавање статичког коефицијента трења. Коефицијент трења се очитава на горњој скали (показивач је црвена стрелица), са прецизношћу од 0,02 (Tadić et al.; Radonjić et al., 2011). Горња скала показује прерачунате вредности тангенса угла закретања стрме равни и представља коефицијент трења. Поред тога, статички коефицијент трења може да се израчуна и на основу очитаног угла подлоге у односу на хоризонталну раван, применом формуле Columbovog закона трења.

Лабораторијски део истраживања обављен је у лабораторијама на Агрономском факултету у Чачку.

Анализа добијених података физичких особина зрна и механичких особина плода-љуске уљане репице су обрађени методом анализе варијансе (ANOVA) двофакоријалног и трофакторијалног експеримента. Тестирање значајности разлика између средњих вредности испитиваних особина (фактора) утврђена је применом LSD теста, за ниво значајности 5% и 1%.

Слика 4. Уређај за мерење коефицијента трења Трибометар Т1

За приказ јачине и смера повезаности између промењивих у раду је коришћен Pirsonov коефицијент корелације. Вредности коефицијента корелације крећу се у интервалу -1 до +1.

Јачина корелације одређена је по Romer – Orphalovoj табели (Тачвар, А., 1946).

Резултати су статистички обрађени у програму STATISTICA 6.0 (StatSoftInc., 1995).

6. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Један од услова за повећање површина под уљаном репицом и добијања већих приноса је решавање проблема губитака зрна пре и у току бербе. Досадашња истраживања о могућностима повећања приноса били су усмерена у правцу селекције, агротехнике, као и усавршавања технике за жетву уљане репице у циљу смањења губитака зрна насталих услед слабих механичких особина љуски (Malinović et al., 2003; Malinović et al., 2004). На почетку механизовано убирање уљане репице обављало се искључиво комбајнима са стандардним адаптерима за жетву стрних жита, на којима су се губици зрна кретали од 8% па чак и до 45% (Komunjer, 1976; Jačinac, 1987; Ivančan, 1990; Malinović et al., 2003; Malinović et al., 2004; Zimmer et al., 2006; Zhang CL et al., 2012; Qing-Song et al., 2014). Конструкцијом и применом посебног адаптера за жетву уљане репице губици зрна су сведени на мање од 7% (Jačinac, 1987; Malinović et al., 2003; Malinović et al., 2004; Zimmer et al., 2006; Zhang CL et al., 2012; Qing-Song et al., 2014). У зависности од стања усева, сорте, времена жетве, подешености делова комбајна, режима рада комбајна итд., губици зрна могу бити мањи од 3% (Turan et al., 2007; Baran et al., 2012).

У задњој деценији прошлог века, оплемењивањем су створене нове сорте које дају веће приносе зрна, сорте са повећаним процентом уља у зрну, без ерука киселина, толерантне на сушу, болести и штеточине. Поред наведеног, у развијеним земљама селекција уљане репице иде у правцу стварања нових сорти које су отпорне на отварање љуски. Међутим, у нашој земљи се мало придавало значаја овом проблему, па је селекција ишла само у правцу смањења садржаја ерука киселина, повећања приноса и отпорности на сушу (Marinković et al., 2006; Marjanović- Jeromela et al., 2008). У поступку признавања сорти, поред приноса зрна, садржаја воде у зрну, садржаја уља, приноса уља, садржаја ерука киселина, комисија за признавање сорти оцењује и отпорност на болести и отпорност отварања љуски. Оцена осетљивости на отварање љуски комисија обавља на основу визуелне методе, оцењивањем бројевима од 0 до 5, што није довољно прецизно и поуздано (Марјановић- Јеромела, 2009).

Препоручује се, да се нове селекције уљане репице, пре него што уђу у поступак признавања или у току самог поступка признавања сорти, испитају на отпорност на отварање љуски, као и на отпорност зрна на разбијање. Познавањем физичких и механичких особина љуски сорти уљане репице и одређивањем оптималног рока бербе и режима рада комбајна, губици зрна могу се смањити а његов квалитет повећати.

6.1. Физичке особине љуске

Познавање физичких особина љуски уљане репице је врло значајно за конструисање нових машина за убирање. У овим истраживањима упоредно су испитиване основне физичке особине сорти Банаћанка, Јасна и Славица и то: димензије љуске (дужина, ширина и дебљина љуске), број зрна у љусци и њихова маса, маса празне љуске са средишном преградом, петељком и игличастим врхом и укупна маса љуске са зрном.

У табели 2. приказане су физичке особине љуске испитиваних сорти. Између сорти су утврђене значајне разлике у дужини љуске (P < 0,05).

Табела. 2. Физичке особине љуске сорти уљане репице

Особине	Сорта			Просек сорти $\overline{X} \pm S\overline{x}$	ANOVA
	Банаћанка $\overline{X} \pm S\overline{x}$	Јасна $\overline{X} \pm S\overline{x}$	Славица $\overline{X} \pm S\overline{x}$		
n	32	32	32	96	
Дужина љуске (mm)	73,41±0,74^{ab}	72,48±0,88^{b}	75,50±0,65^{a}	73,80±0,45	*
Ширина љуске (mm)	5,03±0,06	4,97±0,06	4,88±0,04	4,96±0,03	ns
Дебљина љуске (mm)	3,47±0,04	3,48±0,04	3,42±0,04	3,46±0,02	ns
Број зрна у љусци	24,95±0,51	25,63±0,51	26,43±0,51	25,67±0,30	ns
Маса празне љуске са преградом (mg)	55,03±1,13^{a}	49,32±1,34^{b}	55,83±1,25^{a}	53,40±0,77	***
Маса зрна (mg)	116,01±2,19	118,02±2,89	119,56±2,58	117,86±1,48	ns
Укупна маса љуске са зрном (mg)	171,04±2,76	167,34±3,98	175,39±3,37	171,26±1,97	ns

Средње вредности у реду које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста

F-test: N.S. - P > 0,05; * - P < 0,05; *** - P < 0,001;

Значајно мању дужину љуске имала је сорта Јасна (72,48 mm) у односу на сорту Славица (75,50 mm).

Значајна разлика између сорти постојала је и у маси празне љуске са преградом, петељком и игличастим врхом (P < 0,001). Маса празне љуске са преградом, петељком и игличастим врхом била је значајно већа код сорти Банаћанка (55,03 mg) и Славица (55,83 mg), у односу на сорту Јасна (49,32 mg).

Код физичких особина љуски ширине и дебљине као и између броја зрна у љусци и њихове масе и укупне масе љуска са зрном није установљена значајна разлика између сорти.

Просечне вредности сорти за физичке особине биле су: дужина 73,80 mm, ширина 4,96 mm, дебљина 3,46 mm, број зрна 25,67, маса зрна 117,86 mg, маса празне љуске 53,40 mg и укупна маса љуске 171,26 mg.

У табели 3 приказан је коефицијенти корелације између физичких особина љуски. Јачина корелације одређена је по Romer – Orphalovoj табели.

Број зрна у љусци је у слабој позитивној корелацији са дужином љуске (r= 0,284). Јака позитивна корелација забележена је између масе зрна и броја зрна у љусци (r= 0,625), а слаба између масе зрна и дужине (r= 0,268) и масе зрна и дебљине љуске (r= 0,260).

Маса празне љуске била је у јакој позитивној корелацији са дебљином љуске (r= 0,544), у средње јакој са ширином љуске (r= 0,447) и масом зрна (r= 0,497), а у слабој са дужином љуске (r= 0,347) и бројем зрна у љусци (r= 0,217).

Табела 3. Коефицијенти корелације између физичких особина љуски

	Ширина љуске	Дебљина љуске	Број зрна у љусци	Маса празне љуске	Маса зрна	Укупна маса зрна и љуске
Дужина љуске	-0,059 ns	-0,047 ns	0,284**	0,347**	0,268**	0,336**
Ширина љуске		0,590**	-0,063 ns	0,447**	0,158 ns	0,293**
Дебљина љуске			-0,181 ns	0,544**	0,260**	0,406**
Број зрна у љусци				0,217*	0,625**	0,551**
Маса празне љуске					0,497**	0,761**
Маса зрна						0,941**

Корелац. коефиц.	Јачина корела.
0,00-0,10	Нема
0,10-0,25	Јако слаба
0,25-0,40	Слаба
0,40-0,50	Средња
0,50-0,75	Јака
0,75-0,90	Врло јака

* F-тест знајан на ниво P < 0,05; **F-тест знајан на ниво P < 0,01; ***F-тест знајан на ниво P < 0,001; ns -F-тест није знајан P > 0,05.

Укупна маса љуске била је у врло јакој позитивној корелацији са масом зрна (r= 0,761) и масом празне љуске (r= 0,941), јакој корелацији са бројем зрна у љусци (r= 0,551), средњој са дебљином љуске (r= 0,406) и слабој са дужином (r= 0,336) и ширином љуске (r= 0,293).

6.2. Механичке особине љуске

Механичке особине пољопривредних материјала испитују се слично као и машинске, оптерећивањем на притисак, смицање, истезање, савијање и увијање (Babić and Babić 2007). Међутим, различите сорте, нехомогена структура, неправилан облик и садржај воде у плоду и зрну, отежавају испитивање механичких особина пољопривредних материјала (Kaifas, 1984; Babić et al., 2013).

6.2.1. Утицај сорте, времена бербе и примене Elastiq-a на силе кршења и отварања у вертикалном положају љуски

Берба је последња завршна фаза технолошког процеса производње уљане репице у пољу на коју треба обратити посебну пажњу. Разлог томе је што уљана репица дуго цвета, због чега се касније плодови (љуске) неуједначено формирају и дозревају у различито време. У моменту жетве, на истој биљци могу се наћи недовољно зреле, зреле, као и презреле љуске које су се отвориле и из којих је зрно испало (Meleržu, 1972). Поред тога, процес убирања уљане репице отежава и узајамна преплетеност бочних грана суседних биљака (нарочито код полеглог усева) тако да при берби долази до отварања љуски и наглог пораста губитака зрна на хедеру (Komunjer, 1976; Jačinac, 1987; Malinović et al., 2003; Malinović et al., 2004; Zimmer et al., 2006; Turan et al., 2007; Zhang CL et al., 2012; Baran et al., 2012; Qing-Song et al., 2014). Пре и у току жетве, услед природног и механички изазваног отварања љуски, настају велики губици растурањем зрна по површини или по дубини земљишта. Зрна у земљишту могу да буду од неколико дана, до неколико месеци па и година, да мирују, односно не клијају. У моменту када се створе повољни услови, семе ће да клија и самоникле биљке у наредном усеву представљају коров (Haile et al., 2013; Haile et al., 2014; Haile et al., 2014 a; Peltonen, 2014). Неуједначено сазревање и врло брз прелазак плодова у стање презрелости отежава одређивање правог времена почетка, трајања и завршетка бербе.

Почетак времена жетве уљане репице може се одредити на основу изгледа и боје љуске и зрна (Todorić, 1975; Stanaćev, 1982; Mustapić, 1984; Rameeh, 2013; Wang et al., 2007; Qing-Song et al., 2014), поред тога на основу фазе развоја репродуктивних органа и садржаја воде у зрну (Skubisz and Rudko, 1998; Madani et al., 2011; Holzapfel et al., 2013; Tariq et al., 2015).

Према истраживањима Malinović et al. (2003), Malinović et al., (2004), Turan et al. (2007), Špokas et al. (2005), Zimmer et al. (2006), Madani et al. (2011) бербу уљане репице је најбоље обавити у техничкој зрелости при садржају воде у зрну испод 15%, када су губици зрна најмањи и најбољи квалитет уља. Полазећи од резултата наведених аутора, а и на основу сопственог искуства, берба уљане репице у овим истраживањима обављена је у два рока.

У току истраживања отпорности љуски на отварање и кршење садржај воде у зрну испитиваних сорти кретао се 14,98-16,07% у првом и 9,96-10,45 % у другом року бербе за вертикалан положај љуске и 14,39-15,51% у првом и 9,33-10,56% у другом року бербе за хоризонталан положај љуске (Таб.4).

У табели 5 приказане су средње вредности са стандардном девијацијом силе кршења и отварања љуски у зависности од времена бербе, сорти и примењеног средства за заптивање љуски у циљу спречавања њиховог отварања.

Табела 4. Утицај рокова бербе на садржај воде у зрну уљане репице

Сорта	Вертикалан положај љуске		Хоризонталан положај љуске	
	Први рок бербе (%)	Други рок бербе (%)	Први рок бербе (%)	Други рок бербе (%)
Банаћанка	16,07	10,18	15,51	10,21
Јасна	15,64	9,96	14,39	9,33
Славица	14,98	10,45	14,72	10,56

На величину силе отварања љуски значајан утицај су имали рок бербе, сорта и примена Elastiq-a ($P < 0,01$).

Љуске уљане репице убране у првом року бербе су значајно отпорније на отварање у односу на љуске из другог рока, независно од сорте и примене Elastiq-a ($p< 0,01$). Потребна величина силе за отварање љуски у вертикалном положају у првом року је 2,99 N а у другом року 2,38 N.

Табела 5. Силе кршења и отварања љуски у вертикалном положају у зависности од рока бербе, сорте и примене Elastiq-a

Извор варијације	n	Вертикални положај љуске	
		Сила кршења (N) $\overline{X} \pm S\overline{x}$	Сила отварања (N) $\overline{X} \pm S\overline{x}$
Рок бербе			
Први	24	$1,58 \pm 0,10^a$	$2,99 \pm 0,14^a$
Други	24	$1,16 \pm 0,04^b$	$2,38 \pm 0,11^b$
Примена Elastiq-a			
Elastiq	24	$1,48 \pm 0,11^a$	$3,02 \pm 0,13^a$
Контрола	24	$1,25 \pm 0,05^b$	$2,35 \pm 0,11^b$
Сорта			
Банаћанка	16	$1,56 \pm 0,15^a$	$2,99 \pm 0,19^a$
Јасна	16	$1,28 \pm 0,03^b$	$2,63 \pm 0,15^b$
Славица	16	$1,26 \pm 0,08^b$	$2,45 \pm 0,15^b$
ANOVA	df		
Рок бербе	1	**	**
Примена Elastiq-a	1	**	**
Сорта	2	**	**
Рок бербе × Elastiq	1	ns	ns
Рок бербе × Сорта	2	**	ns
Elastiq × Сорта	2	*	ns
Рок бербе × Elastiq × Сорта	2	*	ns

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се ($P>0,05$) на основу LSD теста.

* F-тест значајан на ниво $P < 0,05$; **F-тест значајан на ниво $P < 0,01$; ***F-тест значајан на ниво $P < 0,001$; ns -F-тест није значајан $P > 0,05$.

Између сорти постојале су значајне разлике у величини силе отварања љуски, независно од рока бербе и примене Elastiq-a ($p < 0,01$).

Најотпорнија сорта на отварање љуски у вертикалном положају по уздужној оси је Банаћанка (2,99 N). Љуске сорти Јасна (2,63 N) и Славица (2,45 N) су слабе механичке чврстоће са значајно мањом отпорношћу на отварање у односу на сорту Банаћанка.

У циљу повећања отпорности отварања љуски примењено је средство за побољшање механичких особина, заптивање и спречавање отварања љуски Elastiq. Применом Elastiq-a значајно је повећана механичка чврстоћа љуски (p <

0,01) без обзира на сорту и рок бербе. У просеку вредност силе употребљене за отварање љуски у вертикалном положају за све сорте на којима је примењен Elastiq је значајно већа (3,02 N) у односу на љуске из контролне групе без примене Elastiq-а (2,35 N).

На величину силе отварања љуски у вертикалном положају значајан утицај имали су само појединачно сва три фактора, а не и њихова интеракција.

Из резултата истраживања у табели 5 закључује се, да на величину силе кршења љуски у вертикалном положају значајно су утицали сорта, рок бербе и примена Elastiq-а ($p < 0,01$), при чему разлике између сорти нису сагласне у различитим роковима бербе и при примени Elastiq-а

Сорте уљане репице су се значајно разликовале у погледу величине силе кршења љуски, независно од рока бербе и примене Elastiq-а. Значајно већу отпорност на силу кршења по вертикалној оси имала је сорта Банаћанка (1,56 N) у односу на сорте Јасна (1,28 N) и Славица (1,26 N) које се нису међусобно значајно разликовале.

Рок бербе је утицао значајно на величине силе кршења љуски испитиваних сорти невезано од примене Elastiq-а ($p < 0,01$).

Табела 6. Силе кршења у вертикалном положају љуски у зависности од рока бербе и сорте

Рок бербе	Сорта	n	Вертикални положај љуске
			Сила кршења (N) $\overline{X} \pm S\overline{x}$
Први рок бербе	Банаћанка	8	$1,98 \pm 0,22^{a}$
	Јасна	8	$1,32 \pm 0,04^{bc}$
	Славица	8	$1,43 \pm 0,10^{b}$
Други рок бербе	Банаћанка	8	$1,15 \pm 0,07^{c}$
	Јасна	8	$1,23 \pm 0,05^{bc}$
	Славица	8	$1,09 \pm 0,08^{c}$

Средње вредности у колони које су означене истим словима не разликују се ($P>0,05$) на основу LSD теста.

Сила кршења љуске у просеку за све сорте и примену Elastiq-а била је већа у првом у односу на други рок бербе ($p < 0,01$). Сазревањем плода уљане репице смањује се садржај воде у свим деловима биљке, што доводи до слабљења споја између петељке љуске и централне гранчице. Услед тога, отпорност на кршење љуске слаби и величина силе опада са 1,58 N у првом на 1,16 N у другом року бербе, независно од сорте и примене Elastiq-а (Таб.5.). Међутим, у сили кршења љуски сорте Јасна није било значајне разлике између првог (1,32 N) и другог (1,23 N) рока бербе због (интеракције рок бербе × сорта) (Таб.6.). Наиме, у другом року бербе није било значајних разлика у величини силе кршења између испитиваних сорти.

Примена Elastiq-a је утицала на значајно повећање отпорности љуски на кршење независно од рока бербе и сорте ($p < 0,01$).

Поред повећања отпорности на отварање љуски, примена Elastiq-a је значајно утицала и на јачање споја петељке љуске са главном гранчицом. Петељке љуски третиране Elastiq-om су се теже одвајале од цетралне гранчице, па је за њихово кршење употребљена значајно већа сила (1,48 N) у односу на петељке љуске из контролне групе (1,25 N). Међутим, вредност силе кршења љуски код сорти Јасна и Славица се значајно не разликује између љуски са применом и без примене Elastiq-a (Таб.7.).

Табела 7. Силе кршења у вертикалном положају љуски у зависности од сорте и примене Elastiq-a

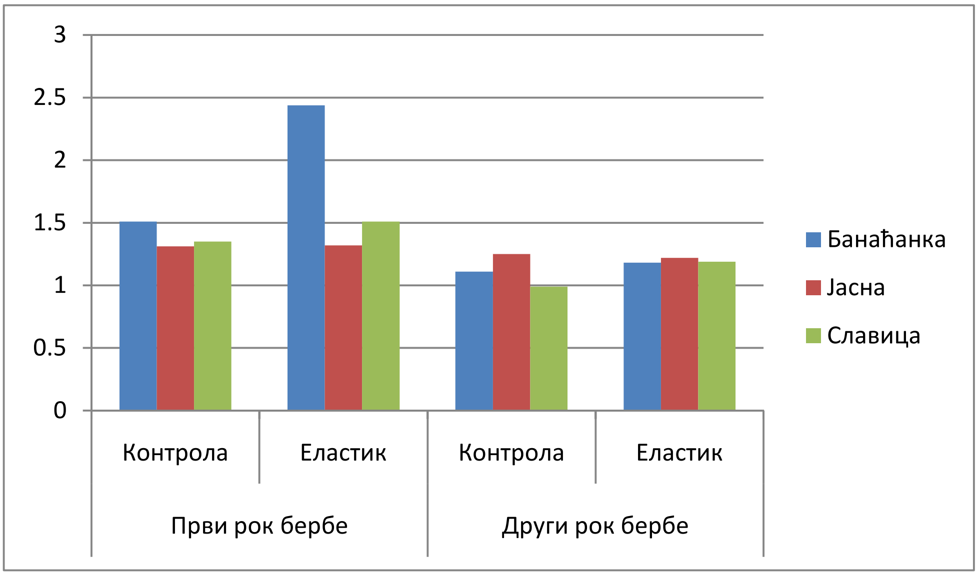
Примена Elastiq-a	Сорта	n	Вертикални положај љуске
			Сила кршења (N) $\overline{X} \pm Sx$
Са Elastiq-om	Банаћанка	8	$1,81 \pm 0,27^{a}$
	Јасна	8	$1,27 \pm 0,04^{b}$
	Славица	8	$1,35 \pm 0,12^{b}$
Контрола	Банаћанка	8	$1,31 \pm 0,11^{b}$
	Јасна	8	$1,28 \pm 0,05^{b}$
	Славица	8	$1,17 \pm 0,08^{b}$

Средње вредности у колони које су означене истим словима не разликују се ($P>0,05$) на основу LSD теста.

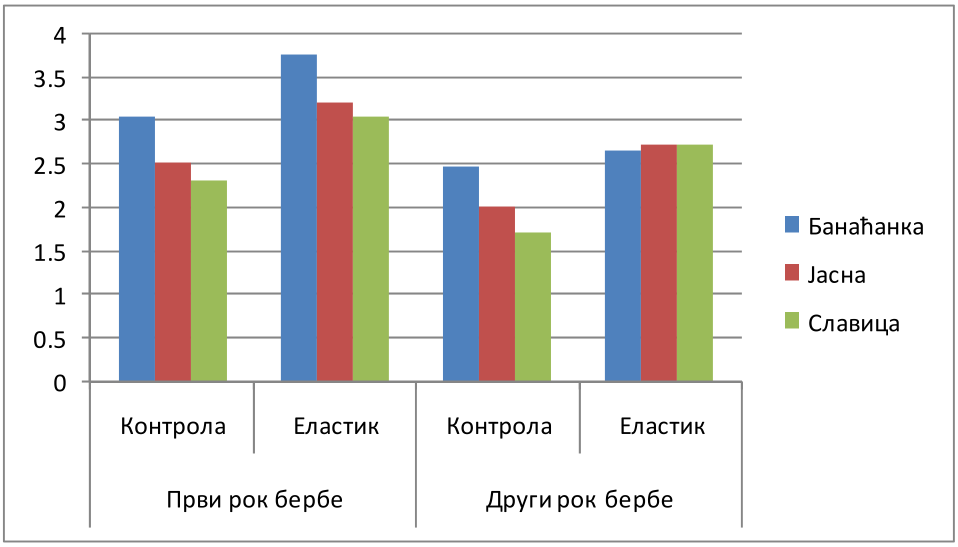
Слика 5. Мерење силе отварања у вертикалном положају љуске

Примена Elastiq-a је код сорте Банаћанка значајно утицала да веза петељке љуске са граном постане много чвршћа, па је у односу на варијанту без примене Elastiq-a сила кршења значајно повећана са 1,31 N на 1,81 N. Код сорти Јасна и Славица примена Elastiq-a није значајно утицала на повећање отпорности љуски на кршење.

Слика 6. Силе кршења у вертикалном положају љуске у зависности од рока бербе, примене Elastiq-a и сорте



Слика 7. Силе отварања љуске у вертикалном положају у зависности од рока бербе, примене Elastiq-a и сорте



На сликама 6 и 7 приказане су вредности силе кршења и отварања у вертикалном положају љуски у зависности од рока бербе, примене Elastiq-а и сорте.

6.2.2. Међузависност физичких и механичких особина љуски уљане репице

Између испитиваних физичких и механичких особина љуски сорти (силе кршења и отварања љуски) уљане репице постоје одређене зависности. Карактер и јачина њихове међузависности одређена је израчунавањем коефицијента корелације.

Табела 8. Коефицијенти корелације између физичких и механичких особина у вертикалном положају љуске

	Ширина љуске	Дебљина љуске	Број зрна у љусци	Маса празне љуске	Маса зрна	Укупна маса љуске са зрном	Сила кршења љуске	Сила отварања љуске
Дужина љуске	-0,20 ns	-0,27 ns	0,33*	0,32*	0,16 ns	0,24 ns	0,03 ns	-0,28 ns
Ширина љуске		0,68**	-0,01 ns	0,53**	0,35*	0,47**	-0,06 ns	0,37**
Дебљина љуске			-0,21 ns	0,55**	0,40**	0,52**	-0,02 ns	0,33*
Број зрна у љусци				0,04 ns	0,56**	0,46**	0,01 ns	-0,20 ns
Маса празне љуске					0,43**	0,70**	0,16 ns	0,38**
Маса зрна						0,95**	-0,07 ns	-0,05 ns
Укупна маса љуске са зрном							0,01 ns	0,09 ns
Сила кршења љуске								0,57**

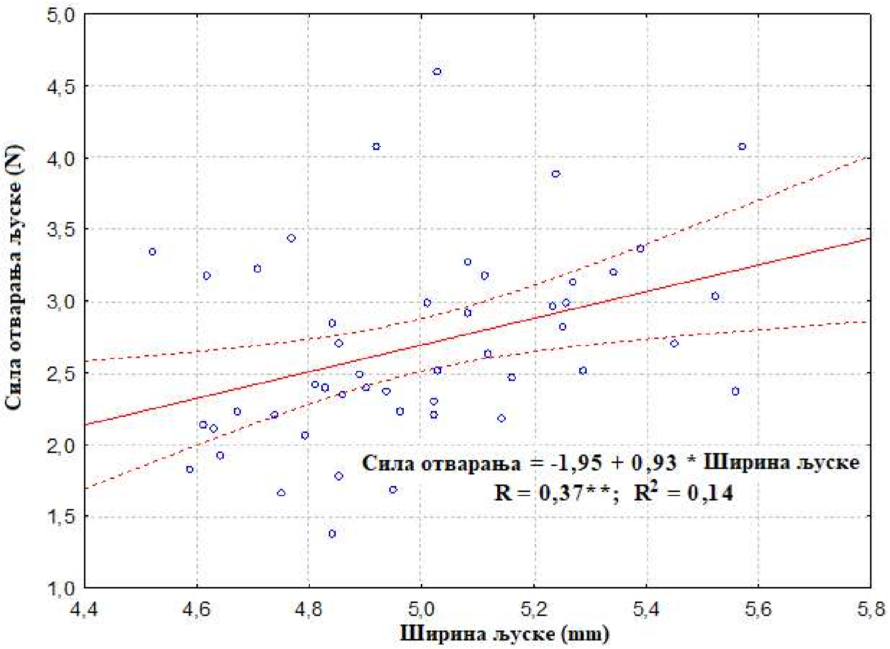
Корелац. коефиц.	Јачина корела.
0,00-0,10	Нема
0,10-0,25	Јако слаба
0,25-0,40	Слаба
0,40-0,50	Средња
0,50-0,75	Јака
0,75-0,90	Врло јака

Утврђена је статистички слаба позитивна корелација између силе отварања љуски и ширине љуске (r= 0,37; R^2=0,14). Повећањем ширине љуске расла је отпорност на отварање љуски (Сл.8.).

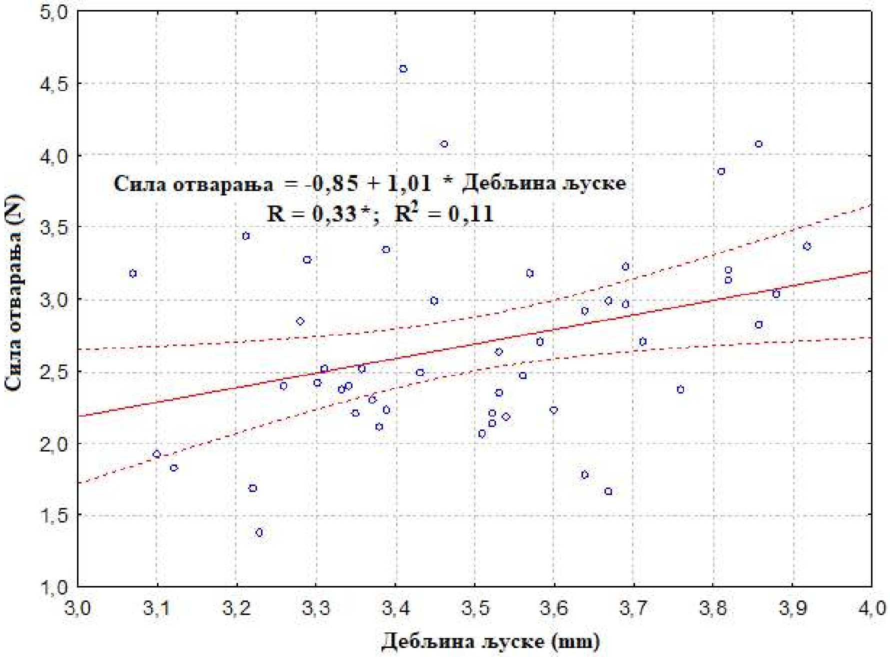
Слично томе, позитивна корелација између силе отварања и дебљине љуске (r= 0,33; R^2=0,11), указује да су дебље љуске чвршће, отпорније на отварање у односу на тање љуске које су крте и слабије отпорне на отварање (Сл.9.).

Јачина корелације одређена је по Romer – Orphalovoj табели (Табела 8)

Слика 8. Међузависност ширине љуске и силе отварања при вертикалном положају љуски

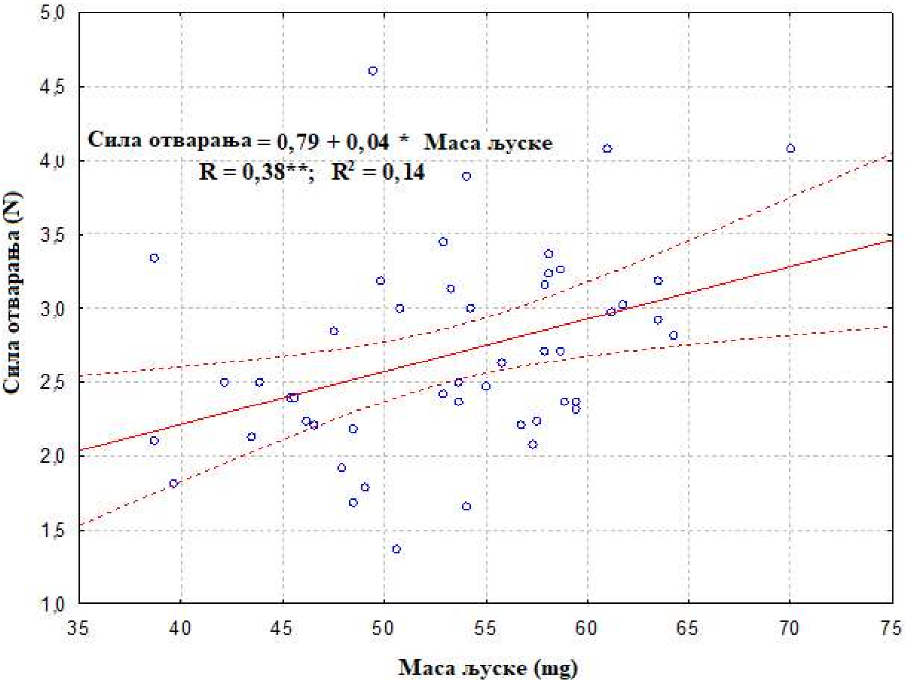


Слика 9. Међузависност дебљине љуске и силе отварања при вертикалном положају љуске



Установљена је и слаба позитивна корелација између силе отварања љуски и масе празне љуске без зрна (r=0,38; R^2=0,14) (Сл.10). Љуске мање масе имале су тање зидове и слабу механичку чврстоћу на отварање за разлику од љуски веће масе.

Слика 10. Међузависност масе празне љуске и силе отварања при вертикалном положају љуске



6.2.3. Утицај сорте времена бербе и примене Elastiq-а на силе кршења и отварања у хоризонталном положају љуске

На основу резултата ANOVA (табела 9.) може се закључити да су на величину силе отварања љуски у хоризонталном положају значајно утицали само рок бербе и примена Elastiq-а.

Величина силе отварања љуски у хоризонталном положају свих сорти значајно се разликује по роковима бербе ($p<0,01$). У првом року бербе све сорте су имале већу механичку чврстоћу љуске, па је за њихово отварање употребљена већа сила (просечно 2,25 N). Старењем и сазревањем биљака, садржај воде у зрну и љуски се смањује, што доводи до слабљења везе у зони спајања између две половине љуске. Због тога је величина силе потребна за отварање љуски значајно мања у другом (просечно 1,87 N) него у првом року бербе.

У величини силе отварања љуски у хоризонталном положају није било значајних разлика између средњих вредности сорти Банаћанка (2,09 N), Јасна (1,95 N) и Славица (2,13 N).

Примена Elastiq-а је значајно повећала отпорност на отварање љуски код свих сорти, ($p < 0,01$) у оба рока бербе (Таб.9). Љуске из контролне варијанте имале су значајно слабију механичку чврстоћу, лакше су се отварале (1,69 N) у односу на љуске са варијанте на којој је примењен Elastiq (2,42 N).

Табела 9. Силе кршења и отварања љуски у хоризонталном положају у зависности од рока бербе, примене Elastiq-a и сорте

	n	Хоризонтални положај љуске	
		Сила кршења (N) $\overline{X} \pm S\overline{x}$	Сила отварања (N) $\overline{X} \pm S\overline{x}$
Рок бербе			
Први	24	1,47±0,07^{a}	2,25±0,10^{a}
Други	24	1,06±0,04^{b}	1,87±0,09^{b}
Примена Elastiq-a			
Са Elastiq-om	24	1,38±0,06^{a}	2,42±0,08^{a}
Контрола	24	1,15±0,07^{b}	1,69±0,06^{b}
Сорта			
Банаћанка	16	1,38±0,11^{a}	2,09±0,13
Јасна	16	1,07±0,05^{b}	1,95±0,12
Славица	16	1,33±0,07^{a}	2,13±0,13
ANOVA	df		
Рок бербе	1	**	**
Примена Elastiq-a	1	**	**
Сорта	2	**	ns
Рок бербе × Elastiq	1	ns	ns
Рок бербе × Сорта	2	**	ns
Elastiq × Сорта	2	ns	ns
Рок бербе × Elastiq × Сорта	2	ns	ns

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.
* F-тест знајан на ниво P < 0,05; **F-тест знајан на ниво P < 0,01; ***F-тест знајан на ниво P < 0,001; ns -F-тест није знајан P > 0,05.

На величину силе кршења љуски значајно су утицали сорта, рок бербе и примена Elastiq-a, при чему разлике између сорти нису сагласне по роковима бербе (интеракција сорта × рок бербе) (Таб.10).

На величину силе кршења љуски деловањем по попречној оси (Таб. 9) значајно је утицао рок бербе (p< 0,01). Независно од примене Elastiq-a и сорте, величина силе кршења љуски у првом року је значајно већа (1,47 N) у односу на други рок бербе (1,06 N) (p < 0,01).

Величина силе кршења љуски била је значајно различита код сорти уљане репице (p < 0,01). У просеку за оба рока бербе и третмане са Elastiq-om од централне гранчице најлакше се одвајала љуска сорте Јасна при деловању силе кршња од само 1,07 N. Измерена величина силе кршења ове сорте је значајно мања у односу на сорте Банаћанка (1,38 N) и Славица (1,33 N), које се у овој особини нису разликовале.

Независно од примене Elastiq-а величина силе отпорности кршења љуски није се код свих сорти смањила са продужењем рока бербе (интеракција рок бербе сорта) (Таб.10).

Табела 10. Силе кршења љуски у хоризонталном положају у зависности од рока бербе и сорте

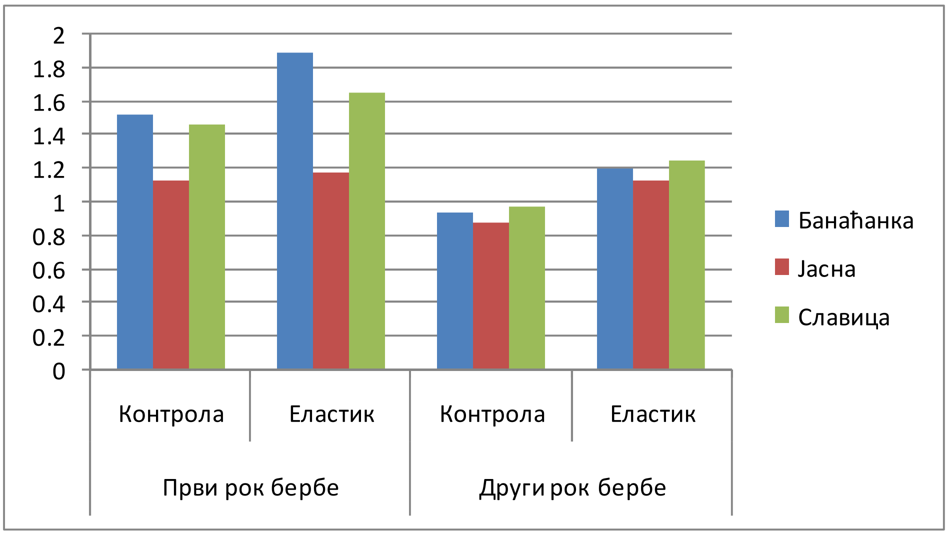
Рок бербе	Сорта	n	Хоризонтални положај љуске
			Сила кршења (N) $\overline{X} \pm S\overline{x}$
Први рок бербе	Банаћанка	8	$1,70\pm0,14^{a}$
	Јасна	8	$1,15\pm0,02^{b}$
	Славица	8	$1,56\pm0,06^{a}$
Други рок бербе	Банаћанка	8	$1,07\pm0,07^{b}$
	Јасна	8	$1,00\pm0,09^{b}$
	Славица	8	$1,10\pm0,07^{b}$

Средње вредности у колони које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.

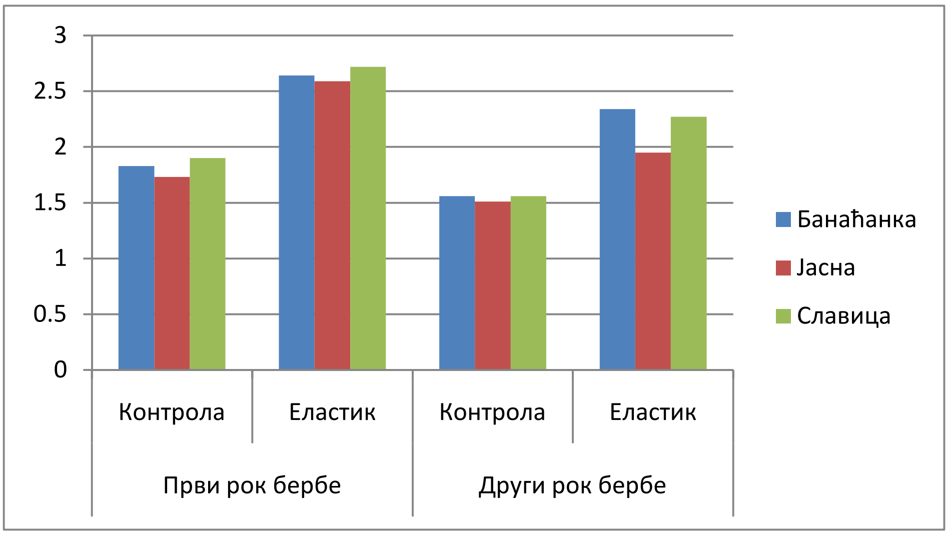
Са опадањем садржаја воде у зрну значајно је смањена сила кршења љуски сорте Банаћанка са 1,70 N у првом на 1,07 N у другом и сорте Славица 1,56 N у првом на 1,10 N у другом року бербе. За разлику од њих код сорте Јасна нема значајних разлика у величини силе кршења између првог (1,15 N) и другог рока бербе (1,00 N).

На сликама 11 и 12 приказане су вредности силе кршења и отварања у хоризонталном положају љуски у зависности од рока бербе, примене Elastiq-а и сорте.

Слика 11. Силе кршења у хоризонталном положају љуске у зависности од рока бербе, примене Elastiq-а и сорте



Слика 12. Силе отварања у хоризонталном положају љуске у зависности од рока бербе, примене Elastiq-a и сорте



6.2.4. Међузависност физичких и механичких особина љуске уљане репице

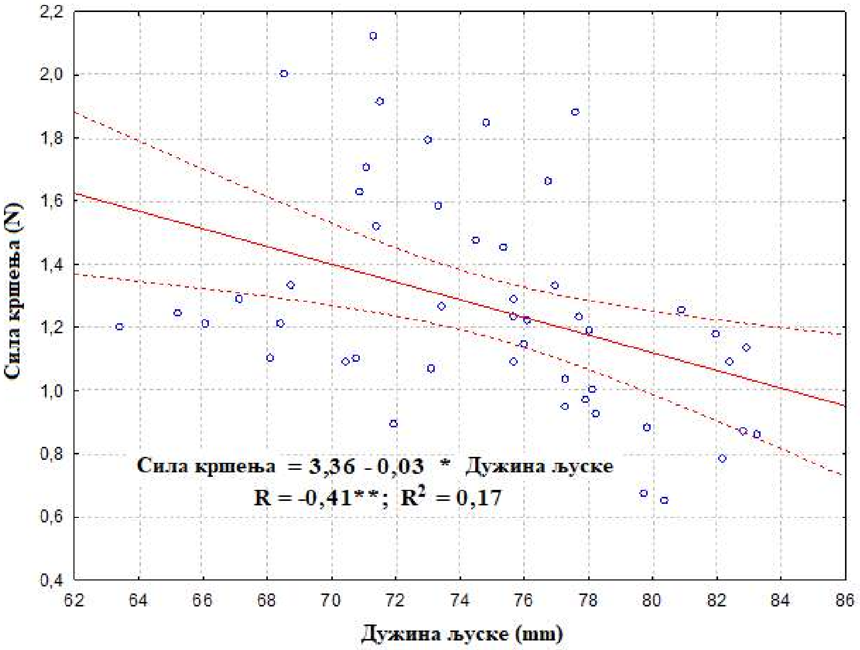
У табели 11 приказани су коефицијети корелације физичких особина љуски и силе отварања и кршења љуски у хоризонталном положају.

Табела 11. Коефицијенти корелације између физичких и механичких особина у хоризонталном положају љуске

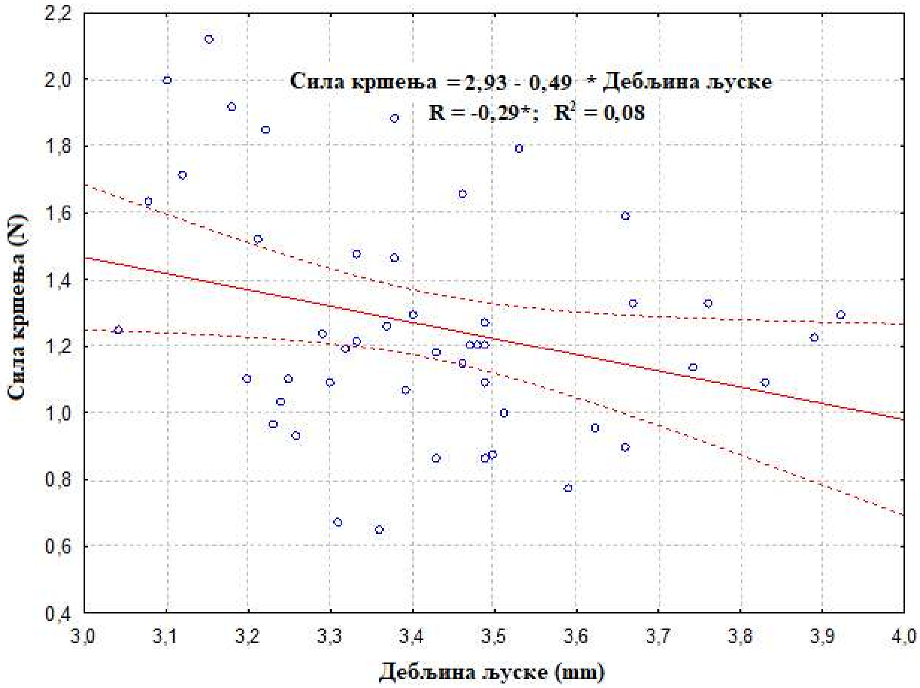
	Ширина љуске	Дебљина љуске	Број зрна	Маса празне љуске	Маса зрна	Укупна маса љуске са зрном	Сила кршења	Сила отварања
Дужина љуске	0,06 ns	0,19 ns	0,21 ns	0,38**	0,34*	0,39**	-0,41**	-0,19 ns
Ширина љуске		0,52**	-0,08 ns	0,40**	0,01 ns	0,17 ns	-0,09 ns	-0,13 ns
Дебљина љуске			-0,10 ns	0,57**	0,15 ns	0,35*	-0,30*	-0,09 ns
Број зрна				0,36*	0,69**	0,63**	0,15 ns	-0,01 ns
Маса празне љуске					0,58**	0,83**	0,07 ns	0,13 ns
Маса зрна						0,94**	0,24 ns	0,31*
Укупна маса љуске са зрном							0,20 ns	0,27 ns
Сила кршења								0,53**

Корела. коефиц.	Јачина корела.
0,00-0,10	Нема
0,10-0,25	Јако слаба
0,25-0,40	Слаба
0,40-0,50	Средња
0,50-0,75	Јака
0,75-0,90	Врло јака

Слика 13. Међузависност дужине љуске и силе кршења при хоризонталном положају љуске



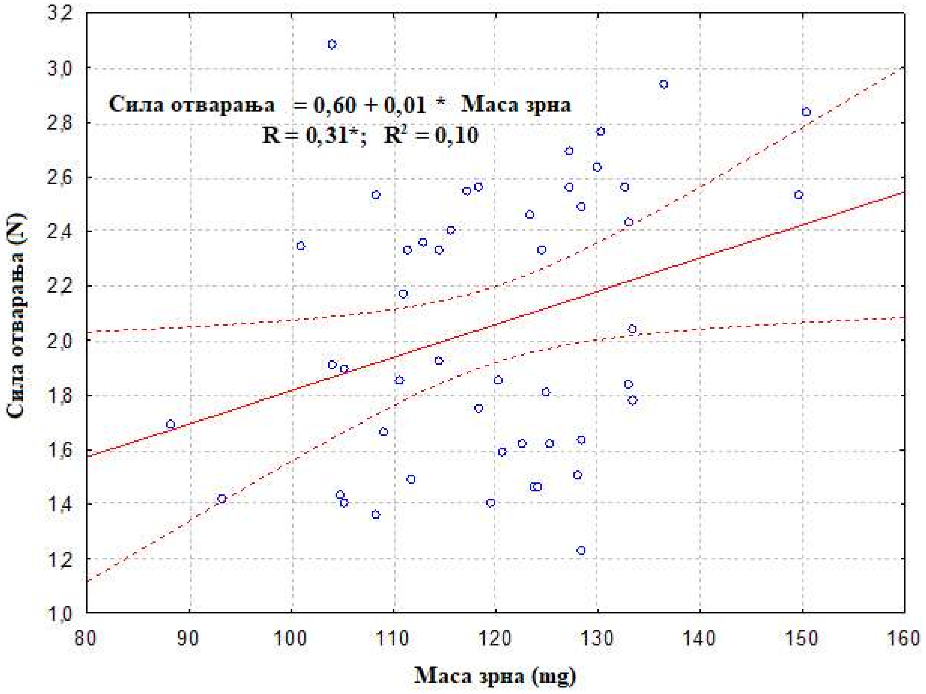
Слика 14. Међузависност дебљине љуске и силе кршења при хоризонталном положају љуске



Постојала је значајна негативна корелација између силе кршења и дужине љуске (r=-0,41; R^2=0,17). Дуже љуске имају мању чврстоћу на кршење у хоризонталном положају, па се петељке лакше одвајају од средишне гранчице (Сл.13).

Такође је установљена и слаба негативна корелација између силе кршења и дебљине љуске (r= -0,29; R^2=0,08). Петељке дебље љуске се лакше одвајају од средишне гранчице (Сл.14).

Слика 15. Međузависност масе зрна и силе отварања при хоризонталном положају љуске



Поред тога, сила отварања љуске и маса зрна биле су у позитивној корелацији (r=0,31; R^2=0,10). Љуске са крупнијим зрном су отпорније на отварање (Сл.15).

6.3. Физичке особине зрна

6.3.1. Садржај воде у зрну

Садржај воде у зрну је физичка особина зрна на основу које се одређује време почетка бербе, и од кога зависи висина губитака зрна пре и у току бербе. Од садржаја воде у зрну и режима рада вршидбене коморе комбајна зависи квалитет вршидбе, односно степен оштећења зрна у току бербе. На основу почетног садржаја воде убраног зрна у пољу одређују се параметри и дужина трајања процеса сушења зрна. У току чувања зрна у складиштима, праћењем садржаја воде и стања зрна предузимају се одређени технолошки поступци ради очувања његовог квалитета. Поред тога, садржај воде у зрну је од великог значаја за очување клице и даље размножавање и очување генетског идентитета сорте. Повећање садржај воде у зрну погодује размножавању микроорганизама, што може утицати на губитак клијавости семена.

У производним условима током огледа је врло тешко постићи предвиђени садржај воде у зрну, чак и при његовом свакодневном праћењу, јер се он мења у зависности од климатских услова у току сазревања усева. У самој берби, садржај воде у зрну се мења у току дана, у зависности од тога да ли се усев бере у јутарњим, дневним или вечерњим часовима. Такође, до промене садржај воде у зрну долази и у току чувања зрна у складиштима. Ради реализације циља истраживања који се односи на утицај садржаја воде у зрну на физичке особине, предвиђене вредности садржаја воде у зрну постигнуте су у лабораторији наведеном методом.

Табела 12. Предвиђене и измерене средње вредности садржаја воде у зрну за сорте Банаћанка, Јасна и Славица у 2014. години

Предвиђене вредности садржаја воде у зрну w (%)		6	11	16	21
Остварене средње вредности садржаја воде у зрну w (%)	Банаћанка	6,04	11,44	16,03	21,17
	Јасна	5,82	11,15	15,91	20,90
	Славица	5,98	10,73	15,97	20,46
Средње вредности садржаја воде у зрну w (%)		5,74	11,11	15,97	20,84

Почетни садржај воде у ваздушно сувом зрну у 2014. години испитиваних сорти се кретао око 6% (Табела 12). Највеће одступање између оствареног и предвиђеног почетног садржаја воде у зрну је код сорте Јасна - 0,18%, а најмања код сорте Славица 0,02%. Измерене веће вредности садржаја воде у зрну од предвиђеног садржаја (11%, 16% и 21%) су приближне овим вредностима, јер је додавана одређена количина воде (према наведеној методи) коју је зрно током чувања равномерно упијало.

У 2015. години измерене средње вредности почетног садржаја воде ваздушно сувог зрна су биле веће од предвиђених и износиле су од 6,56% код сорте Славица до 6,85% код сорте Банаћанка (Таб.13). Највећа разлика између измерене и предвиђене вредности садржаја воде у зрну је код сорте Банаћанка

0,85%. Остале предвиђене веће вредности садржаја воде у зрну од (11%, 16% и 21%) су приближне измереним вредностима. Разлика у почетном предвиђеном садржају воде у ваздушно сувом зрну је посебно изражена између година, због различитих временских прилика у току бербе.

Табела 13. Предвиђене и измерене средње вредности садржаја воде у зрну за сорте Банаћанка, Јасна и Славица у 2015. години

Предвиђене вредности садржаја воде у зрну *w* (%)		6	11	16	21
Остварене средње вредости садржаја воде у зрну *w* (%)	Банаћанка	6,85	10,87	15,54	20,38
	Јасна	6,57	11,02	16,40	20,98
	Славица	6,56	11,60	16,86	20,60
Средње вредности садржаја воде у зрну *w* (%)		6.66	11.16	16,27	20,65

Различит садржај воде у зрну не утиче само на промену димензија и облика зрна, већ и на коефицијент трења, масу 1000 зрна, густину, насипну масу, запремину зрна, као и статички и динамички угао насипања. У доради семена једне исте партије са различитим садржајем воде, потребно је прилагодити параметре и подесити машине у технолошом процесу чишћења и сортирања семена према одређеном садржају воде.

Врло је тешко постићи уједначен, предвиђен садржај воде у зрну за потребе огледа у току и после бербе уљане репице. Вредности садржаја воде у зрну зависе од климатских услова током сазревања и бербе, као и од услова у просторијама за чување узорака. Разлика у климатским условима у 2014. и 2015. години је условила да предвиђене вредности влажности зрна у берби не буду у потпуности у складу са оствареним. Без обзира што су услови чувања узорака до обраде података били потпуно исти за све сорте, постојала је разлика у почетном садржају воде ваздушно сувог зрна. Касније у лабораторији, довођењем садржаја воде у зрну на предвиђене веће вредности, разлика је смањена.

6.3.2. Маса 1000 зрна

Маса 1000 зрна је по редоследу важности четврта компонента приноса, после броја биљака по јединици површине, броја љуски по биљци и броја зрна у љуски. Маса зрна је важан показатељ крупноће и испуњености зрна. При неповољним временским условима (високим температурама, топлотном удару и суши, недостатку воде у земљишту), у току формирања и наливања зрна образују се недовољно развијена и испуњена (смежурана односно штура) зрна. Недовољно наливена зрна имају храпаву површину, неправилан лоптаст облик, мања су и имају мању масу 1000 зрна.

Маса 1000 зрна је сложена особина условљена генетским факторима (сорта), условима спољашње средине, као и њиховом интеракцијом. На величину масе зрна може да се утиче агротехничким мерама, као и калибрисањем на одређене фракције у току дораде семена.

Табела 14. Средње вредности масе 1000 зрна сорте Банаћанка, Јасна и Славица при различитом садржајима воде у зрну

Извор варијације			N	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	
				Маса 1000 зрна (g)	
Година				2014.	2015.
Сорта					
Банаћанка			16	4,56±0,08^{b}	4,41±0,06^{b}
Јасна			16	5,16±0,08^{a}	4,66±0,06^{a}
Славица			16	4,45±0,07^{c}	4,35±0,07^{c}
Садржај воде у зрну					
6%			12	4,34±0,09^{d}	4,20±0,05^{d}
11%			12	4,56±0,10^{c}	4,31±0,05^{c}
16%			12	4,85±0,09^{b}	4,58±0,04^{b}
21%			12	5,12±0,11^{a}	4,80±0,04^{a}
Сорта × садржај воде у зрну					
	Садржај воде у зрну				
	2014.	2015			
Банаћанка	6,04%	6,85%	4	4,18±0,02^{g}	4,16±0,04
	11,44 %	10,87 %	4	4,35±0,02^{f}	4,24±0,01
	16,03 %	15,54%	4	4,76±0,03^{d}	4,51±0,02
	21,17%	20,38%	4	4,94±0,01^{c}	4,73±0,02
Јасна	5,82%	6,57%	4	4,74±0,03^{d}	4,38±0,04
	11,15%	11,02%	4	5,02±0,06^{c}	4,52±0,04
	15,91%	16,48%	4	5,26±0,05^{b}	4,77±0,03
	20,90%	20,98%	4	5,61±0,03^{a}	4,98±0,04
Славица	5,98%	6,56%	4	4,11±0,02^{g}	4,06±0,04
	10,73%	11,60%	4	4,32±0,03^{f}	4,16±0,05
	15,97%	16,86%	4	4,53±0,06^{e}	4,48±0,03
	20,46%	20,60%	4	4,81±0,02^{d}	4,68±0,04
ANOVA			Df		
Сорта			2	**	**
Садржај воде у зрну			3	**	**
Сорта × Садржај воде у зрну			6	*	ns

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се ($P>0,05$) на основу LSD теста.
* F-тест значајан на нивоу $P < 0,05$; **F-тест значајан на нивоу $P < 0,01$; ns -F-тест није значајан ($P > 0,05$).

На основу масе 1000 семена, потребног броја биљака по јединици површине и клијавости семена израчунава се маса сетвене јединице. Са повећањем крупноће семена расте и маса сетвене јединице и сетвена норма по јединици површине.

Једна те иста биљка даје зрна различита по величини, маси и облику. Уједначеност зрна зависи од утицаја услова спољашње средине и од места формирања плода и зрна на биљци. Љуске на бочним гранама уљане репице су мање од оних на основним гранама, па су и зрна у њима ситнија**.**

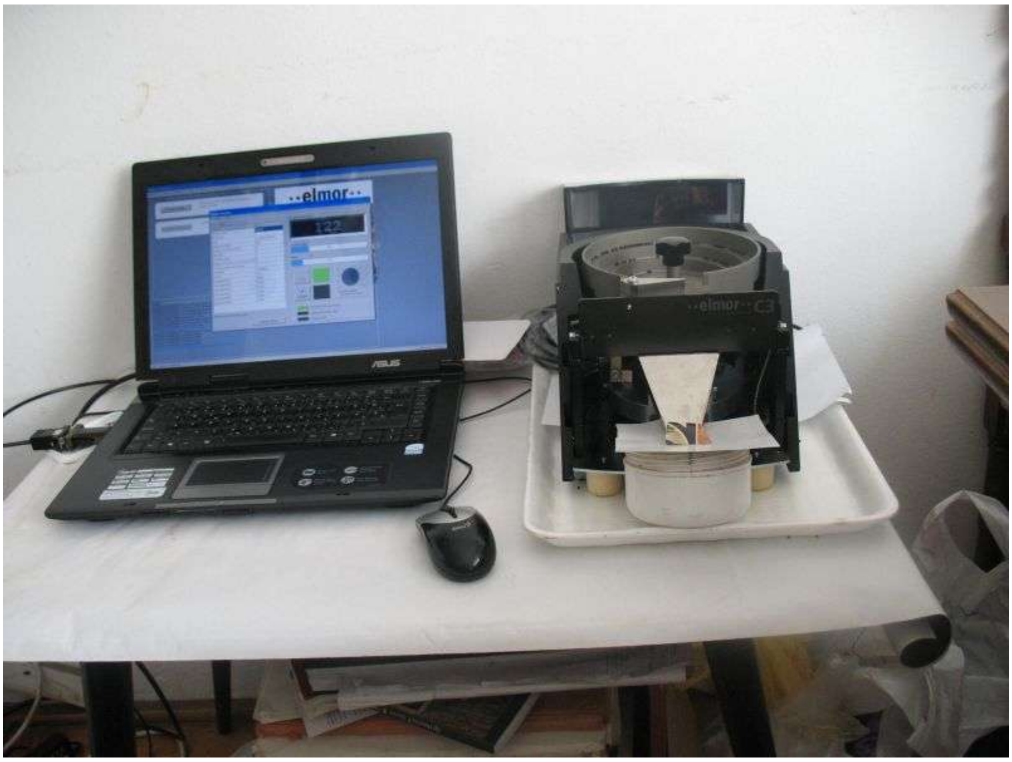
Маса 1000 зрна у 2014. години значајно је варирала у зависности од сорте, садржаја воде у зрну, при чему разлике између сорти нису сагласне при различитим садржајима воде у зрну (интеракција сорта × садржај воде у зрну).

Испитиване сорте су се значајно разликовале у средњим вредностима масе 1000 зрна, при чему је највећу вредност у 2014. и 2015. години имала сорта Јасна. Међутим, масе зрна сорти Банаћанка и Славица нису се значајно разликовале код садржаја воде у зрну од 6% и 11% (интеракција сорта × садржај воде у зрну).

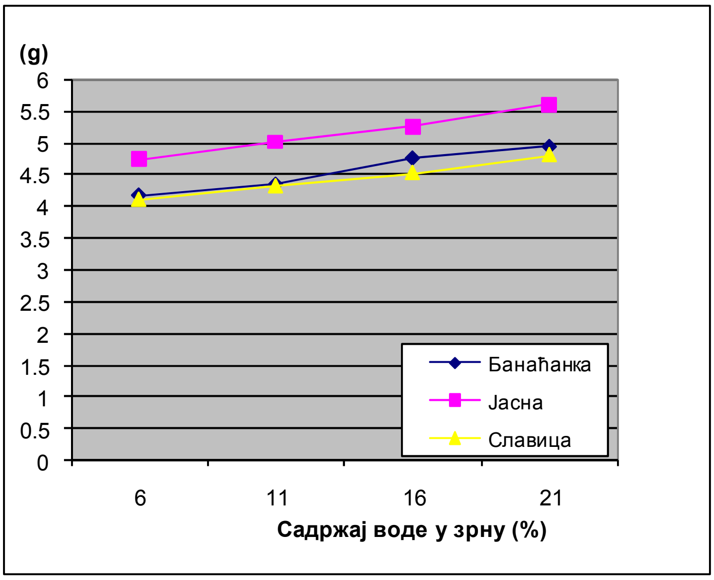
Пораст садржаја воде у зрну утицао је на значајно повећање масе 1000 зрна ($p < 0,05$). Са порастом садржаја воде у зрну значајно је повећана маса 1000 зрна у просеку за све сорте. Најмања вредност масе 1000 зрна 4,34 g установљена је при најнижем садржају воде у зрну. Са порастом воде у зрну на 11% повећала се маса 1000 зрна на 4,56 g. Тренд повећања масе зрна са порастом воде у зрну на 16% настављен је на 4,85 g, тако да је највећу масу 1000 зрна 5,12 g забележена при највишем садржаја воде у зрну од 21%.

Са променом садржаја воде у зрну од 6% на 21%, вредности масе 1000 зрна су повећане у првој години испитивања код сорте Банаћанка са 4,18 g на 4,94 g, код сорте сорте Јасна са 4,74 g на 5,61 g и сорте Славица са 4,11 g на 4,81 g (Сл. 17).

Слика 16. Бројач зрна Elmor C 3

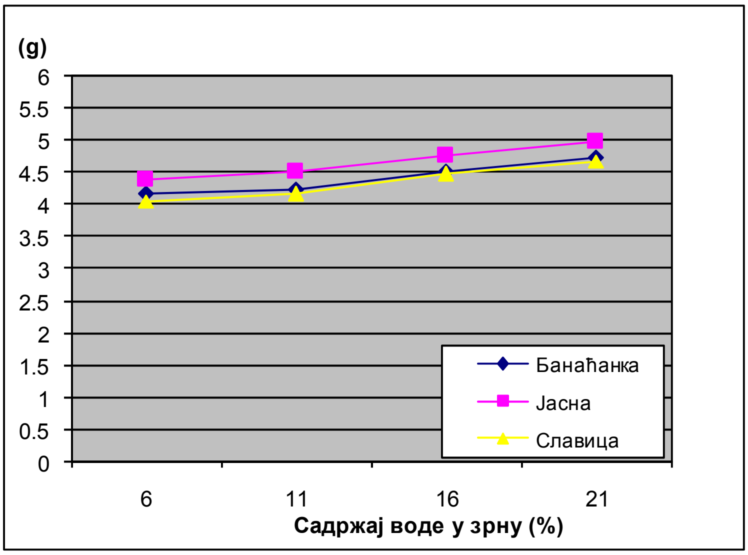


Слика 17. Утицај садржаја воде у зрну на масу 1000 зрна у 2014. години



Маса 1000 зрна у просеку за све сорте је значајно повећана са порастом садржаја воде у зрну. Најмања маса зрна је при најнижем садржају воде у зрну са 6% (4,20 g), значајно већа са 11% (4,31 g), затим код 16% (4,58 g) и највећа код 21% (4,80 g). Вредности масе 1000 зрна свих сорти су се међусобно значајно разликовале (p < 0,05) при свим садржајима воде у зрну (Таб. 14.).

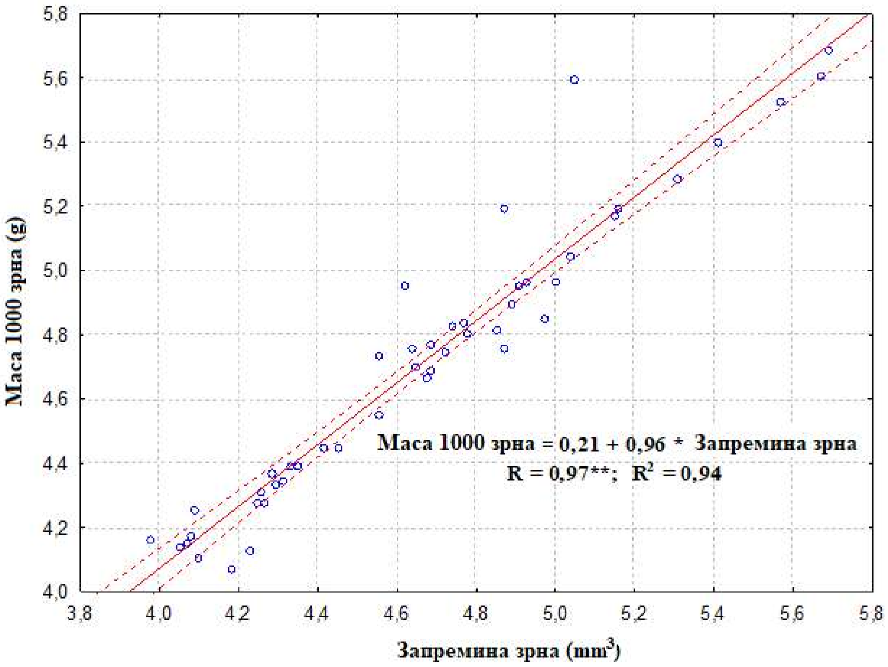
Слика 18. Утицај садржаја воде у зрну на масу 1000 зрна у 2015. години



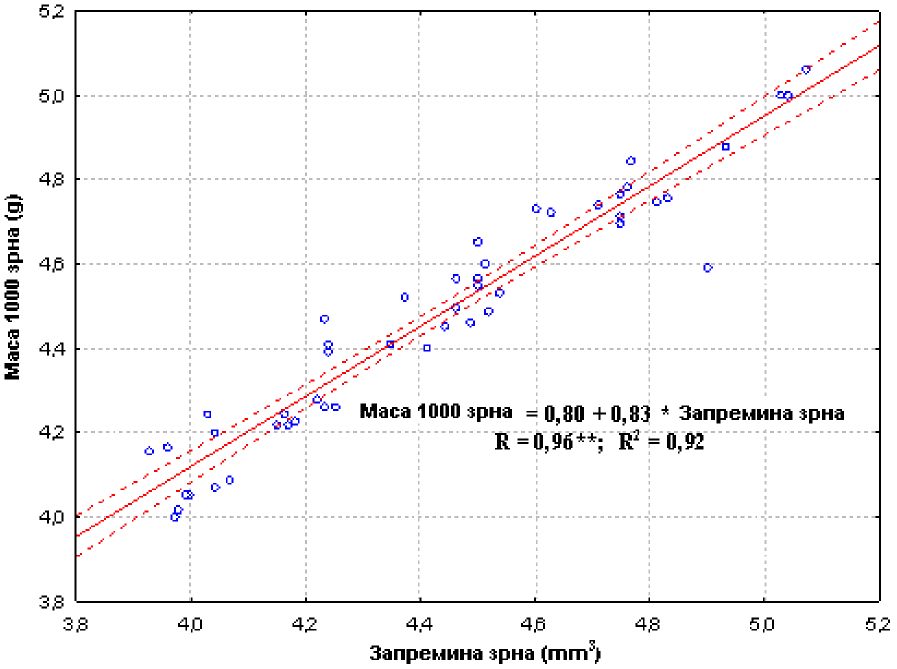
У зависности од садржај воде у зрну вредности масе 1000 зрна код сорти су варирале. При најнижем садржају воде у зрну забележена је најмања маса зрна од 4,06 g сорте Славица, затим 4,16 g сорте Банаћанка и 4,38 g сорте Јасна. При порасту садржаја воде у зрну на 21% забележене су највеће вредности масе 1000 зрна код сорти: Славица 4,68 g, Банаћанка 4,73 g и Јасна 4,98 g (Сл. 18).

Између масе 1000 зрна и запремине постоји веома јака позитивна корелација (r=0,97 R^2=0,94) у првој и (r=0,96 R^2=0,92) у другој години истраживања (слика 19 и 20).

Слика 19. Међузависност запремине зрна и масе 1000 зрна у 2014. години



Слика 20. Међузависност запремине зрна и масе 1000 зрна у 2015. години



6.3.3. Запремина зрна

Запремина је једна од најважнијих физичких особина, по којој се зрна једне биљке разликују према облику и величини од зрна друге биљке. Крупноћа зрна, осим димензијама и масом 1000 зрна, може бити изражена и његовом запремином. Од познавања запремине зрна зависи организовање транспорта са њиве до складишта, начин складиштења, сушења, дораде, паковања и избор облика амбалаже.

Пошто уљана репица припада групи биљака са ситнијим зрном, запремина зрна одређена је запреминском методом наливања течности. Наведеном методом запремина зрна је одређена при различитим садржајима воде у зрну од 6% до 21%.

Табела 15. Средње вредности запремине зрна сорти Банаћанка, Јасна и Славица при различитим садржајима воде у зрну

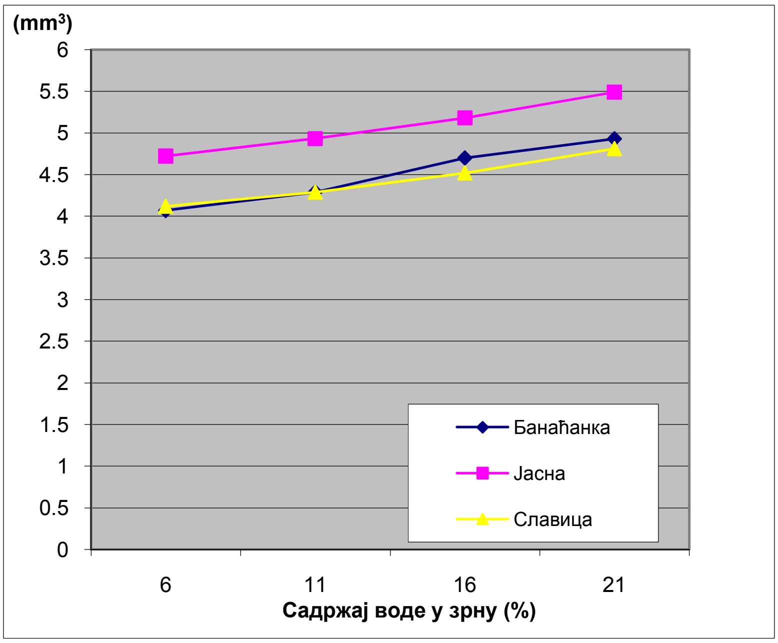
Извор варијације	n	$\overline{X} \pm S\bar{x}$	
		Запремина зрна *Vs* (mm^3)	
Година		2014.	2015.
Сорта			
Банаћанка	16	4,50±0,09^{b}	4,36±0,07^{b}
Јасна	16	5,08±0,09^{a}	4,59±0,08^{a}
Славица	16	4,44±0,07^{b}	4,33±0,08^{b}
Садржај воде у зрну			
6%	12	4,30±0,09^{d}	4,07±0,04^{d}
11%	12	4,50±0,10^{c}	4,25±0,04^{c}
16%	12	4,80±0,09^{b}	4,55±0,03^{b}
21%	12	5,08±0,10^{a}	4,84±0,05^{a}
ANOVA	df		
Сорта	2	**	**
Садржај воде у зрну	3	**	**
Сорта × Садржај воде у зрну	6	ns	ns

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се ($P>0{,}05$) на основу LSD теста.
* F-тест значајан на нивоу $P < 0{,}05$; **F-тест значајан на нивоу $P < 0{,}01$; ns -F-тест није значајан ($P > 0{,}05$).

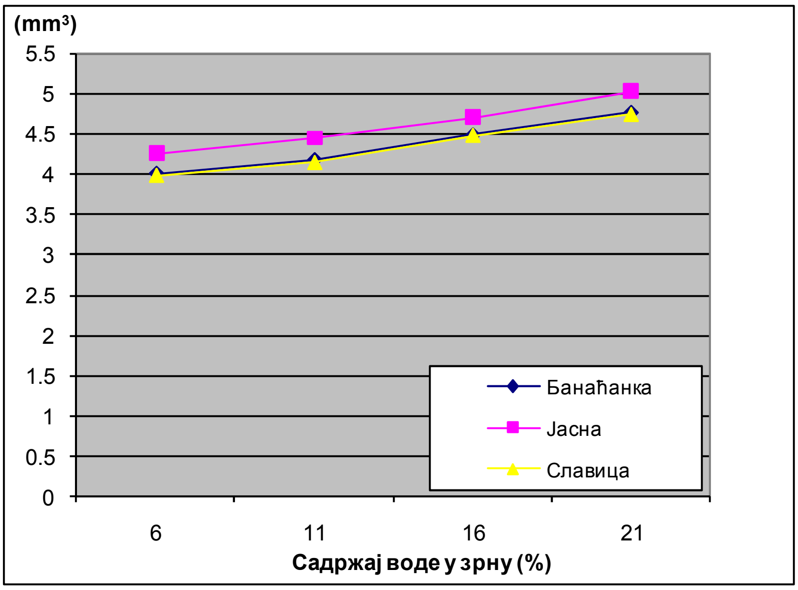
Вредности запремине зрна су значајно варирале под утицајем сорте и садржаја воде у зрну у обе године истраживања ($p\leq0{,}05$). Највећу запремину зрна при свим садржајима воде у зрну имала је сорта Јасна 5,08 mm^3 у првој и 4,59 mm^3 у другој години истраживања, значајно већу у односу на сорте Славица (4,44 mm^3 у првој и 4,33 mm^3 у другој години истраживања) и Банаћанка (4,50 mm^3 у првој и 4,36 mm^3 у другој години истраживања) (Таб.15). Средње вредности запремине зрна нису биле значајно различите између сорти Банаћанка и Славица.

У обе године истраживања са порастом садржаја воде у зрну значајно се повећавала и његова запремина. Са порастом садржаја воде у зрну од 6% на 21% запремина зрна је повећана са 4,30 mm^3 на 5,08 mm^3 у првој и 4,07 mm^3 на 4,48 mm^3 у другој години истраживања у просеку за све сорте. У обе године истраживања, независно од сорте, разлика запремине зрна између сва четири нивоа садржаја воде у зрну била је значајна ($p \leq 0,01$).

Слика 21. Утицај садржаја воде у зрну на запремину зрна у 2014. години



Слика 22. Утицај садржаја воде у зрну на запремину зрна у 2015. години



У првој и другој години истраживања вредности запремине зрна су се повећавале са порастом садржаја воде у зрну (Сл.21 и 22). Највећу запремину зрна имала је сорта Јасна 4,72 mm^3 у првој и 4,24 mm^3 у другој години истраживања при најнижем садржају воде у зрну (5,82% и 6,57%). Код ове сорте су забележене и највеће вредности запремине зрна од 5,49 mm^3 и 5,02 mm^3 код највишег садржаја воде у зрну (20,90% и 20,98%) за прву и другу годину истраживања по редоследу. Сорте Банаћанка и Славица су имале значајно ниже вредности у обе године и при свим садржајима воде у зрну, при чему се њихова запремина зрна није значајно разликовала.

Слика 23. Мензуре за мерење запремине зрна

6.3.4. Насипна маса

Насипна маса (насипна густина, запреминска маса), ρ_n (kg m^{-3}) представља физичку особину масе насутог зрна (у kg) и укупне запремине зрна са међупростором (Vu, у m^3). Познавањем насипне масе могуће је израчунати простор и капацитет складишта, транспортних средстава, средстава за манипулацију зрна, машина за дораду, као и количину зрна у складишту. Насипна маса (хектолитарска маса) није само физичка величина, него је и веома важан показатељ квалитета зрна у трговинском пословању. На повећање насипне масе утичу: низак садржаја воде у зрну, потпуно зрела, сува зрна, ситна зрна, зрна са глатком површином, округла зрна, поломљена зрна, ситно семе корова и учешће примеса. Насипна маса је одређена методом наливања течности.

Вредности насипне масе у зависности од садржаја воде у зрну за 2014. и 2015. годину приказани су у табели 16.

Вредности насипна масе зрна у 2014. години су значајно варирале под утицајем садржаја воде у зрну ($p \le 0{,}01$) и сорте ($p \le 0{,}05$), а у 2015. години само под утицајем садржаја воде у зрну.

У 2014. години, независно од садржаја воде у зрну, сорта Јасна је имала значајно мању ($p \le 0{,}01$) просечну насипну масу зрна (630,43 kg m^{-3}), у односу на сорте Славица (638,89 kg m^{-3}) и Банаћанка (639,71 kg m^{-3}) (Таб. 16). У 2015. години није било значајне разлике између сорти у вредностима насипне масе зрна.

Садржај воде у зрну је обрнуто пропорционалан насипној маси, тако да је са порастом садржаја воде у зрну дошло до смањења насипне масе. Најмања вредност насипне масе у просеку за све сорте била је 617,24 kg m^{-3} и 571,82 kg m^{-3} установљена код највећег садржаја воде у зрну (21%) у 2014. и 2015. години по редоследу.

Табела 16. Средње вредности насипне масе зрна сорти Банаћанка, Јасна и Славица при различитим садржајима воде у зрну

Извор варијације			n	$\overline{X} \pm S\overline{x}$	
				Насипна маса ρ_n (kg m^{-3})	
Година				2014.	2015.
Сорта					
Банаћанка			16	639,71±5,24^a	597,73±3,80
Јасна			16	630,43±3,88^b	595,16±6,28
Славица			16	638,89±4,24^a	590,61±5,11
Садржај воде у зрну					
6%			12	656,21±4,47^a	620,45±4,14^a
11%			12	643,15±2,13^b	598,81±2,48^b
16%			12	628,76±1,55^c	586,91±2,02^c
21%			12	617,24±3,31^d	571,82±2,51^d
Сорта × Садржај воде у зрну					
	Садржај воде у зрну				
	2014.	2015.			
Банаћанка	6,04 %	6,85 %	4	665,82±7,83	617,87±5,07
	11,44 %	10,87 %	4	645,56±5,03	600,26±0,84
	16,03 %	15,54%	4	631,60±2,04	592,15±4,14
	21,17%	20,38%	4	615,84±2,76	580,63±0,57
Јасна	5,82%	6,57%	4	646,24±3,14	629,10±4,26
	11,15%	11,02%	4	639,34±2,63	602,59±3,08
	15,91%	16,48%	4	624,89±3,11	584,42±2,01
	20,90%	20,98%	4	611,22±5,56	564,52±1,56
Славица	5,98%	6,56%	4	656,57±9,21	614,38±10,28
	10,73%	11,60%	4	644,53±3,19	593,57±6,53
	15,97%	16,86%	4	629,81±2,16	584,15±3,15
	20,46%	20,60%	4	624,66±7,13	570,32±4,74
ANOVA			df		
Сорта			2	*	Ns
Садржај воде у зрну			3	**	**
Сорта × Садржај воде у зрну			6	Ns	Ns

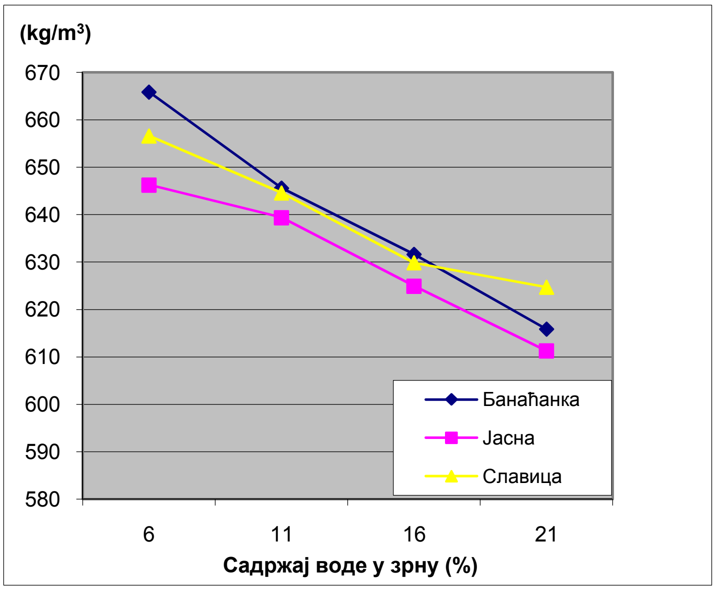
Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.
* F-тест значајан на нивоу P < 0,05; **F-тест значајан на нивоу P < 0,01; ns -F-тест није значајан (P > 0,05).

Највећа насипна маса 656,21 kg m^{-3} и 620,45 kg m^{-3} у првој односно у другој години истраживања установљена је код најнижег садржаја воде у зрну од 6%.

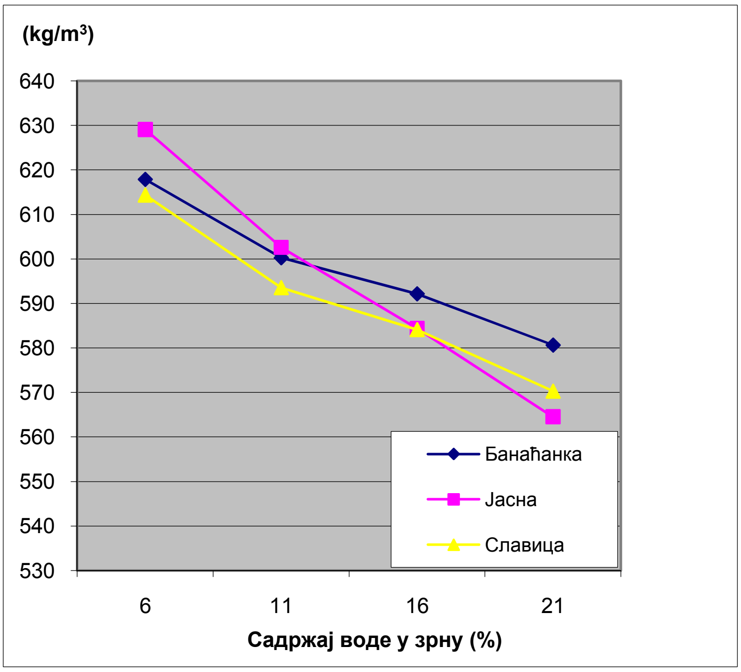
На сликама 24 и 25 графички су приказане вредности насипне масе у зависности од садржаја воде у зрну.

Са променом садржаја воде у зрну код свих сорти дошло је до значајаног смањења насипне масе зрна у обе године истраживања, при чему је разлика између нивоа садржаја воде у зрна значајна.

Слика 24. Утицај садржаја воде у зрну на насипну масу зрна у 2014. години

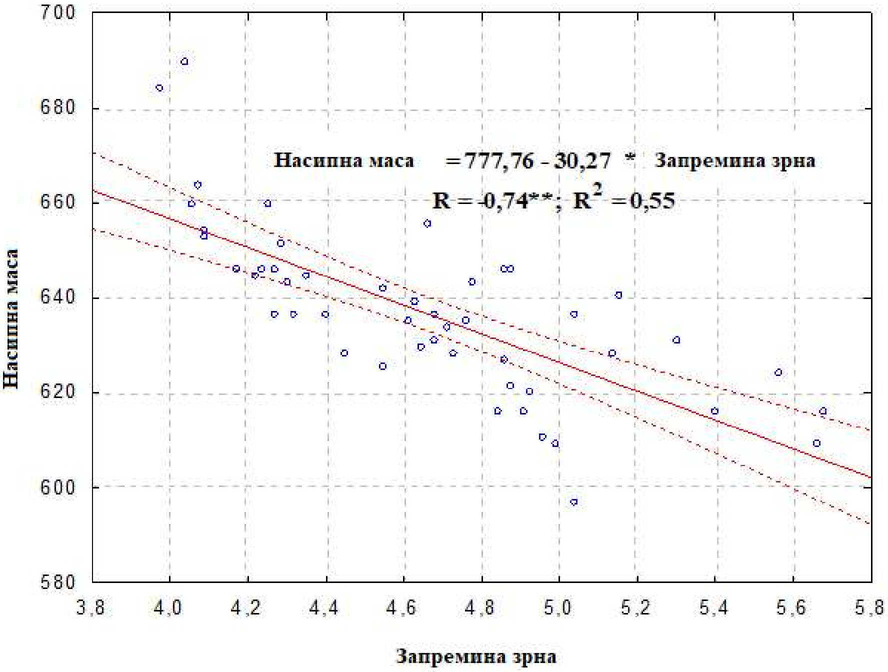


Слика 25. Утицај садржаја воде у зрну на насипну масу зрна у 2015. години

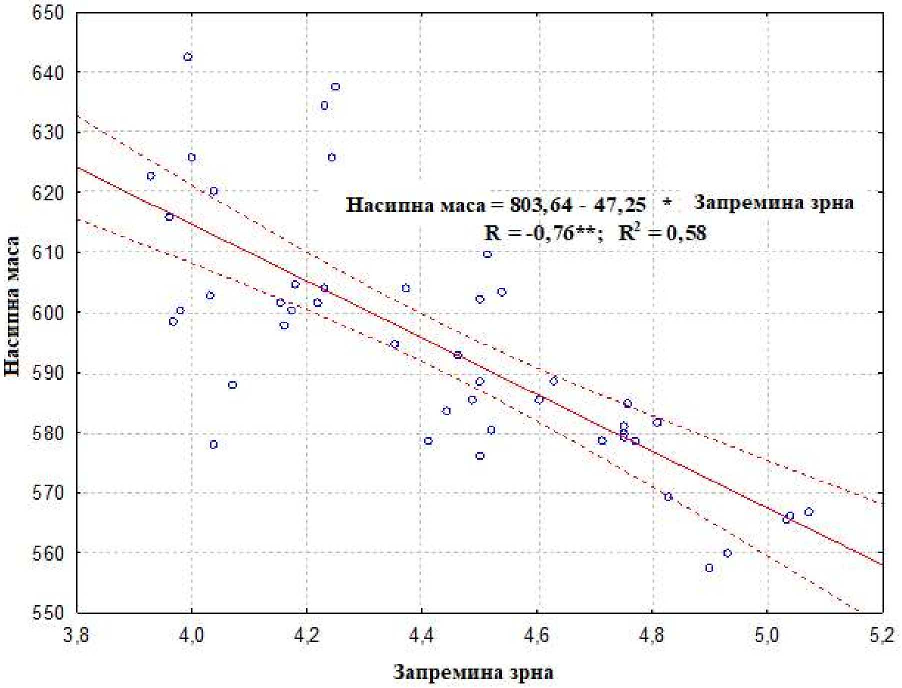


На слици 26. и 27. приказана је међузависност запремине зрна и насипне масе зрна у 2014. и 2015. години код сорти уљане репице. Установљена је негативна корелација између запремине и насипне масе зрна у првој (r=-0,74, R^2=0,55) као и у другој години истраживања (r=-0,76, R^2=0,58).

Слика 26. Међузависност запремине и насипне масе зрна у 2014. години



Слика 27. Међузависност запремине и насипне масе зрна у 2015. години



6.3.5. Густина зрна

Густина зрна (сопствена, права густина) ρ_s (kg m^{-3}) је физичка особина која представља однос масе и запремине зрна. Густина зрна је уједно и веома важан показатељ квалитета зрна, јер је зрно веће густине боље наливено и испуњено у односу на штуро.

Табела 17. Средње вредности густине зрна сорти Банаћанка, Јасна и Славица при различитим садржајима воде у зрну

Извор варијације			n	$\overline{X} \pm S\overline{x}$	
				Густина зрна ρ_s (kg m^{-3})	
Година				2014.	2015.
Сорта					
Банаћанка			16	1011,96±2,83^{a}	1007,01±4,62
Јасна			16	1000,09±2,34^{b}	1011,93±4,75
Славица			16	1001,71±4,20^{b}	1003,20±6,40
Садржај воде у зрну					
6%			12	1015,15±4,21^{a}	1028,05±5,33^{a}
11%			12	1007,20±2,36^{ab}	1011,21±2,10^{b}
16%			12	1001,88±2,07^{bc}	1001,53±2,96b^{c}
21%			12	994,13±4,20^{c}	988,73±6,52^{c}
Сорта × Садржај воде у зрну					
	Садржај воде у зрну				
	2014	2015			
Банаћанка	6,04 %	6,85 %	4	1023,18±4,54	1029,32±10,70
	11,44 %	10,87 %	4	1017,33±2,13	1010,18±0,57
	16,03 %	15,54%	4	1010,37±2,49	998,90±3,04
	21,17%	20,38%	4	996,97±1,33	989,65±3,43
Јасна	5,82%	6,57%	4	1009,31±4,37	1033,14±9,72
	11,15%	11,02%	4	1001,23±1,18	1017,39±4,78
	15,91%	16,48%	4	997,13±1,41	1007,07±1,56
	20,90%	20,98%	4	992,70±6,10	990,12±2,11
Славица	5,98%	6,56%	4	1012,96±11,007	1021,69±8,96
	10,73%	11,60%	4	1003,04±1,89	1006,05±1,88
	15,97%	16,86%	4	998,13±1,62	998,63±8,33
	20,46%	20,60%	4	992,70±12,30	986,43±21,18
ANOVA			df		
Сорта			2	**	Ns
Садржај воде у зрну			3	**	**
Сорта × Садржај воде у зрну			6	Ns	Ns

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.

* F-тест значајан на нивоу $P < 0,05$; **F-тест значајан на нивоу $P < 0,01$; ns -F-тест није значајан ($P > 0,05$).

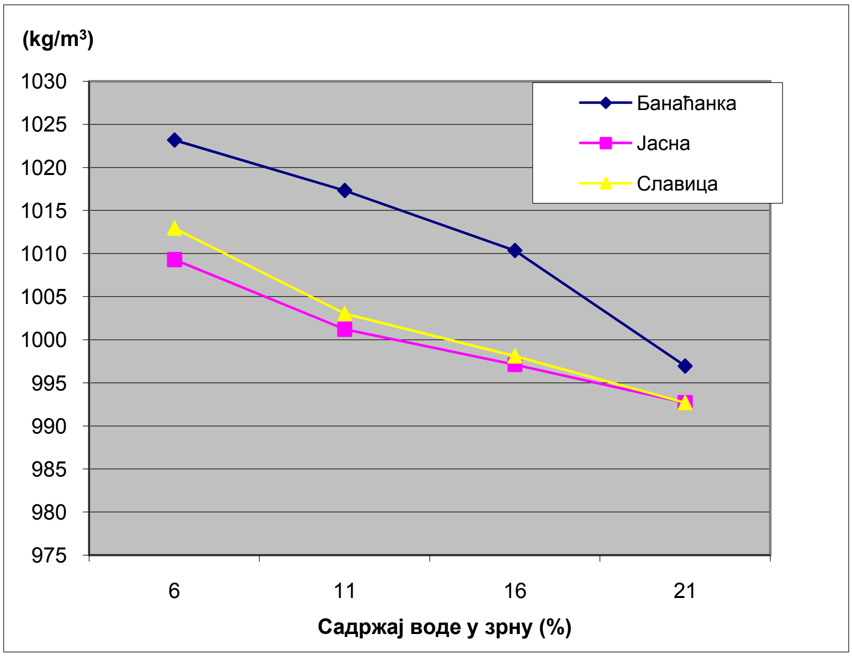
Вредност густине зрна у 2014. години је значајно варирала под утицајем садржаја воде у зрну и сорте ($p \leq 0,01$), а у 2015. години само под утицајем садржаја воде у зрну.

У првој години истраживања значајно већу густину ($p \leq 0,05$) имала је сорта Банаћанка (1011 kg m^{-3}) у односу на сорте Јасна (1000,09 kg m^{-3}) и Славица (1001,71 kg m^{-3}) при свим садржајима воде у зрну (Таб 17.).

Садржај воде у зрну значајно је утицао на вредности густине зрна при свим садржајима воде у зрну, независно од сорти. Густина зрна се смањивала са порастом садржаја воде у зрну. Највећа густина зрна (1015,15 kg m^{-3} у првој и 1028,05 kg m^{-3} у другој години) била је при најнижем садржају воде у зрну (6%). Код највишег садржаја воде у зрну установљена је најмања густина у обе године (994,13 kg m^{-3} у првој и 988,73 kg m^{-3} у другој). Значајна разика густине зрна утврђена је само између најнижег (6%) и највишег (21%) садржаја воде у зрну у првој години истраживања. Такође значајна разлика густине зрна забележена је између првог (6%) и другог нивоа (11%) воде у зрну у другој години истраживања (Таб. 17).

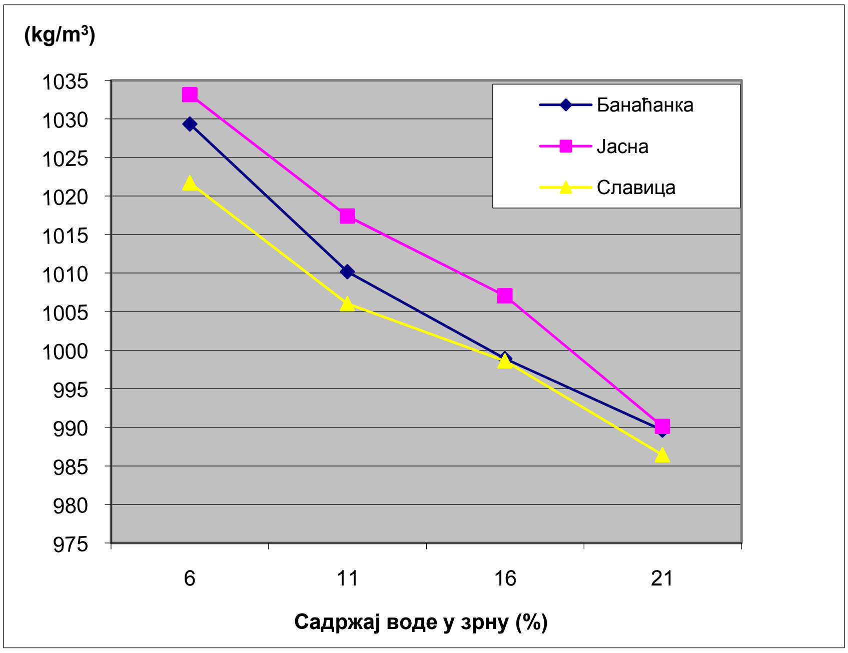
Утицај сорте и садржаја воде у зрну на густину зрна приказан је на сликама 28 и 29, за 2014. и 2015. годину по редоследу.

Слика 28. Утицај садржаја воде у зрну на густину зрна у 2014. години



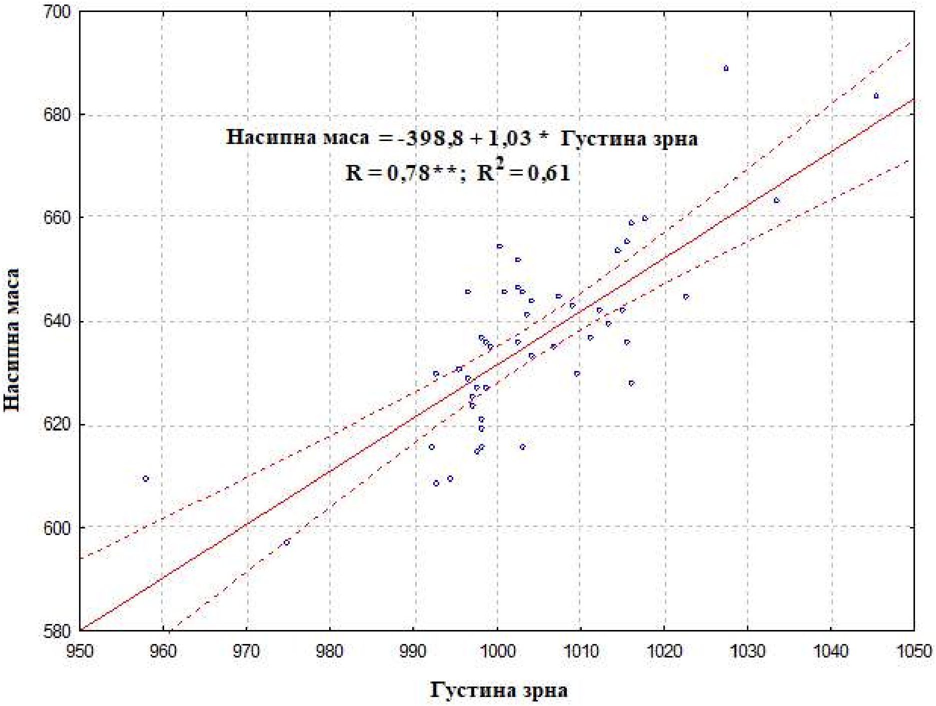
Резултати истраживања су показали да се код свих сорти густина зрна смањује са порастом садржаја воде у зрну у обе године истраживања. У 2014. години, густина зрна сорте Банаћанка је смањена са 1023,18 kg m^{-3} на 996,97 kg m^{-3}, сорте Јасна са 1009,31 kg m^{-3} на 992,70 kg m^{-3} и сорте Славица са 1012,96 kg m^{-3} на 992,70 kg m^{-3} код најнижег и највишег садржаја воде у зрну по редоследу (Сл. 28.).

Слика 29. Утицај садржаја воде у зрну на густину зрна у 2015. години



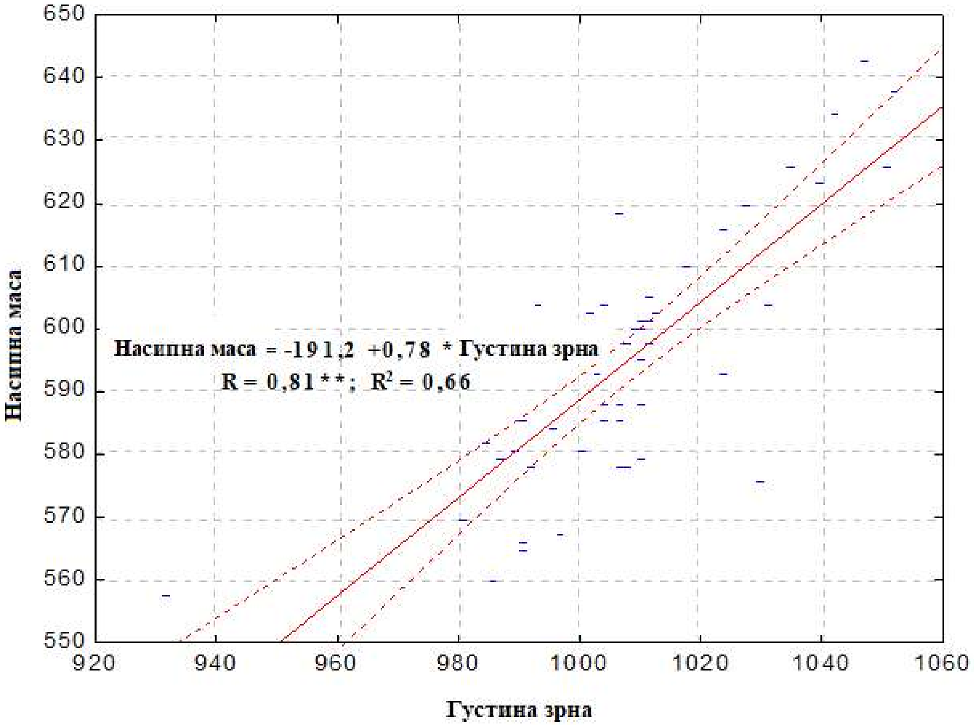
У 2015. години са порастом садржаја воде у зрну од 6% на 21% дошло је до смањења густине зрна код сорте Банаћанка са 1029,32 kg m^{-3} на 989,65 kg m^{-3}, сорте Јасна са 1033,14 kg m^{-3} на 990,12 kg m^{-3} и сорте Славица са 1021,69 kg m^{-3} на 986,43 kg m^{-3} (Сл.29.)

Слика 30. Међузависност густине зрна и насипне масе у 2014. години



Између густине и насипне масе утврђена је позитивна корелација (r =0,78 R^2=0,61) у првој као и у другој години истраживања (r =0,81 R^2=0,66) (Сл.30. и 31.).

Слика 31. Међузависност густине зрна и насипне масе у 2015. години



6.3.6. Порозност масе зрна

Порозност је физичка особина насутог растреситог материјала која је врло важна за: проветравање-аерацију складишта, продувавање приликом сушења зрна или уношење водене паре и хемијских средстава за дезинсекцију. Код веће порозности лакше је струјање ваздуха током принудне вентилације, хлађења и сушења, јер маса зрна прави мањи отпор, што омогућава интензивније одавање, отпуштање, испаравање и одузимање влаге из зрна. Због лакшег струјања ваздуха кроз масу зрна мања је потрошња енергије и јефтиније његово сушење. Порозност зависи од облика и величине појединачних зрна, стања површине зрна, садржаја воде у зрну и од врсте и количине примеса.

У 2014. години на порозност зрна утицали су сорта и садржај воде у зрну, а у 2015. години само садржај воде у зрну.

У првој години независно од садржаја воде у зрну, сорта Славица је имала значајно мању порозност зрна (36,22%) у односу на друге две сорте. Између средњих вредности порозности зрна сорте Јасна (36,99%) и Банаћанка (36,92%) није било значајне разлике (Таб. 18.).

Садржај воде у зрну је у 2014. години значајно утицао на вредности порозности зрна свих сорти. Са порастом садржаја воде у зрну од 6% на 21% повећана је порозност зрна од 35,52% на 37,91% (Таб. 18.).

У 2015. години са порастом садржаја воде у зрну повећавала се и порозност зрна. Најмања порозност зрна 39,65% је код најнижег, а највећа

42,15% код највишег садржаја воде у зрну. У средњим вредностима порозности зрна није било значајне разлике код различитих садржаја воде у зрну од 11% и 16%. Остале вредности порозности масе зрна су се значајно разликовале.

Табела 18. Средње вредности порозности масе зрна сорти Банаћанка, Јасна и Славица при различитим садржајима воде у зрну

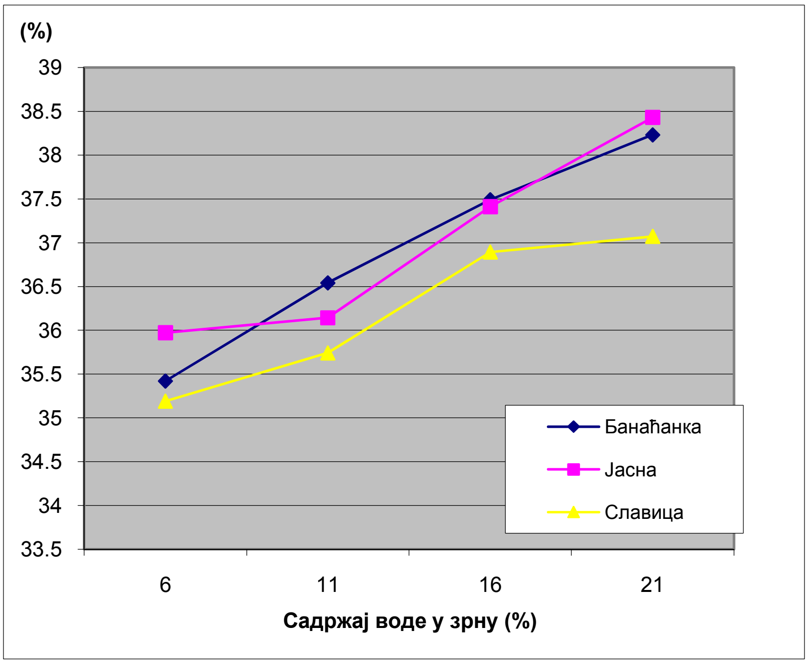
Извор варијације			n	$\overline{X} \pm S\overline{x}$	
				Порозност *p* (%)	
Година				2014.	2015.
Сорта					
Банаћанка			16	$36,92 \pm 0,31^{a}$	$40,65 \pm 0,18$
Јасна			16	$36,99 \pm 0,30^{a}$	$41,20 \pm 0,39$
Славица			16	$36,22 \pm 0,24^{b}$	$41,13 \pm 0,34$
Садржај воде у зрну					
6%			12	$35,52 \pm 0,19^{d}$	$39,65 \pm 0,20^{c}$
11%			12	$36,14 \pm 0,20^{c}$	$40,78 \pm 0,22^{b}$
16%			12	$37,26 \pm 0,17^{b}$	$41,39 \pm 0,24^{b}$
21%			12	$37,91 \pm 0,23^{a}$	$42,15 \pm 0,33^{a}$
Сорта × Садржај воде у зрну					
	Садржај воде у зрну				
	2014.	2015			
Банаћанка	6,04 %	6,85 %	4	35,42±0,21	39,97±0,18
	11,44 %	10,87 %	4	36,54±0,47	40,58±0,09
	16,03 %	15,54%	4	37,49±0,30	40,71±0,52
	21,17%	20,38%	4	38,23±0,20	41,32±0,23
Јасна	5,82%	6,57%	4	35,97±0,37	39,10±0,21
	11,15%	11,02%	4	36,14±0,21	40,76±0,30
	15,91%	16,48%	4	37,41±0,37	41,97±0,23
	20,90%	20,98%	4	38,43±0,31	42,98±0,08
Славица	5,98%	6,56%	4	35,19±0,32	39,88±0,47
	10,73%	11,60%	4	35,74±0,27	41,00±0,65
	15,97%	16,86%	4	36,89±0,15	41,50±0,25
	20,46%	20,60%	4	37,07±0,32	42,13±0,81
ANOVA			df		
Сорта			2	**	Ns
Садржај воде у зрну			3	**	**
Сорта × Садржај воде у зрну			6	Ns	Ns

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.
* F-тест значајан на нивоу P < 0,05; **F-тест значајан на нивоу P < 0,01; ns -F-тест није значајан (P > 0,05).

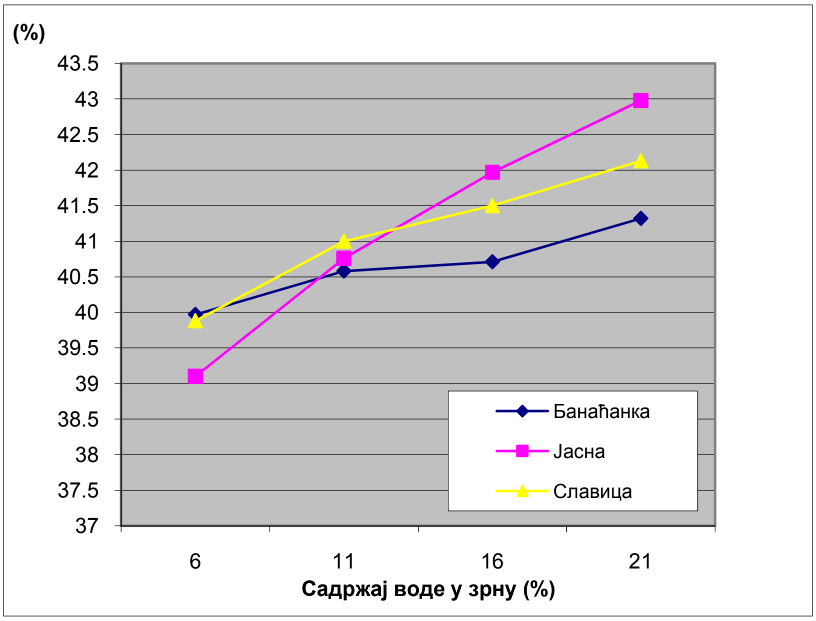
У другој години истраживања сорте се нису значајно разликовале у погледу порозности зрна, што указује на то да на порозност утичу и други фактори као што су димензије, облик, рељефност и храпавост зрна, који нису били предмет проучавања у овом раду.

На слици 32 и 33 приказан је утицај садржаја воде у зрну на порозност зрна сорти у 2014. и 2015. години.

Слика 32. Утицај садржаја воде у зрну на порозност зрна у 2014. години

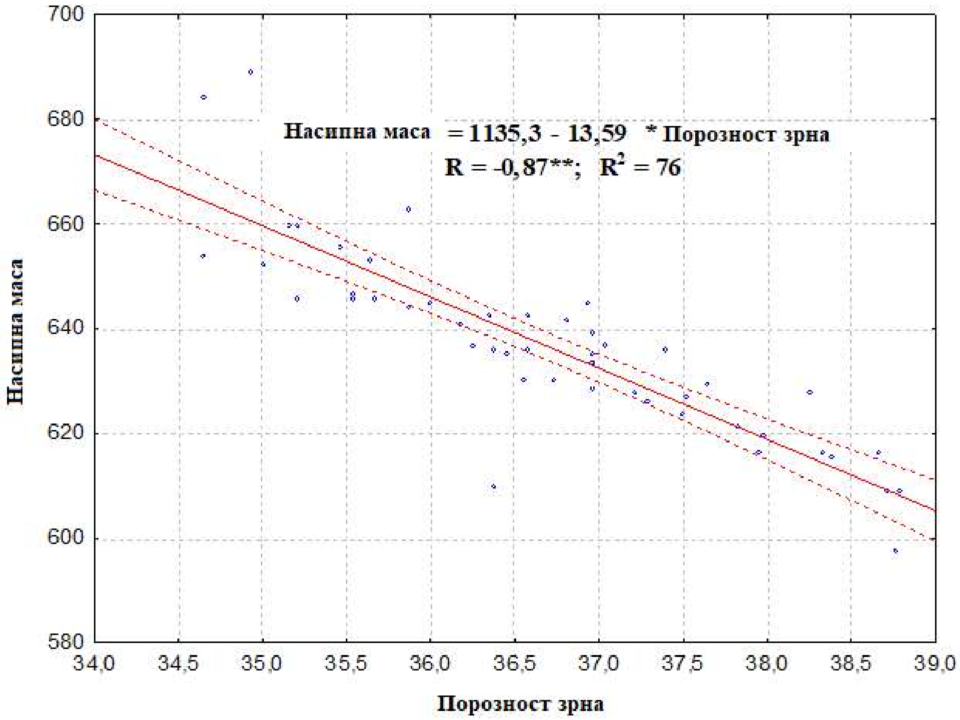


Слика 33. Утицај садржаја воде у зрну на порозност зрна у 2015. години

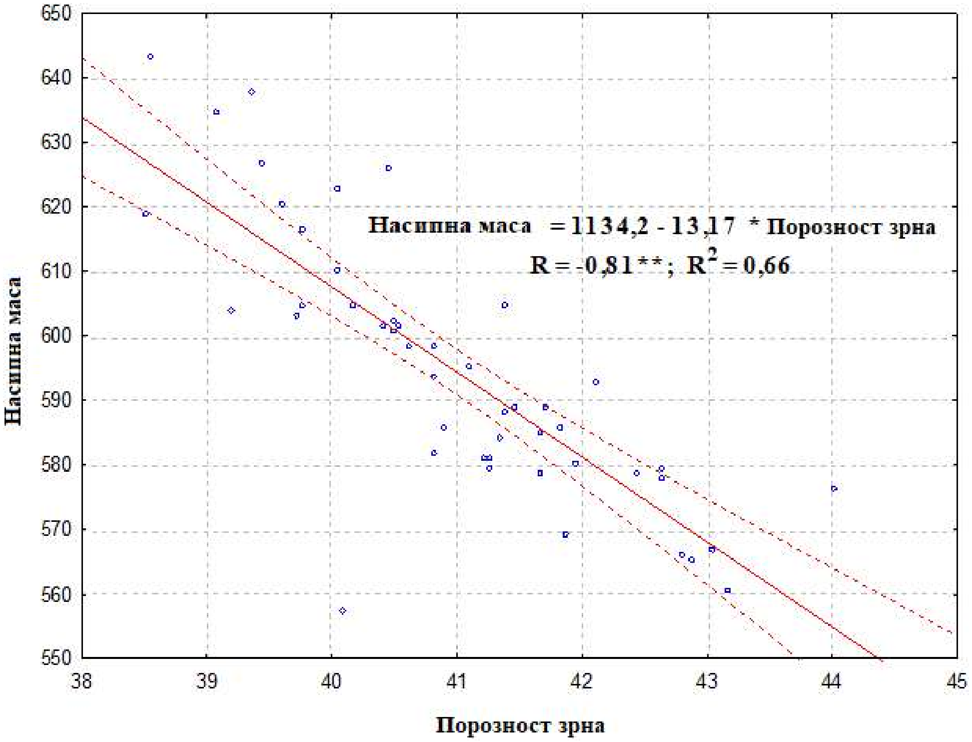


Између порозности и насипне масе постојала је негативна корелација у првој (r=-0,87, R^2=0,76) као и у другој години истраживања (r=-0,81, R^2=0,66) (Сл.34. и 35.).

Слика 34. Међузависност порозности и насипне масе зрна у 2014. години



Слика 35. Међузависност порозности и насипне масе зрна у 2015. години



6.3.7. Статички угао насипања

Статички угао насипања је важна физичка особина за конструкцију транспортних средстава и утоварно-истоварних уређаја, пројектовање складишта, као и за предвиђање облика и димензија гомиле насутог материјала у циљу што бољег искоришћавања складишног простора.

Табела 19. Средње вредности статичког угла насипања зрна сорти Банаћанка, Јасна и Славица при различитим садржајима воде у зрну

Извор варијације			n	$\overline{X} \pm S\overline{x}$	
				Статички угао насипања α_{ns} (^{0})	
Година				2014.	2015.
Сорта					
Банаћанка			16	25,95±0,51^{b}	24,97±0,36^{c}
Јасна			16	27,19±0,51^{a}	27,25±0,35^{b}
Славица			16	27,30±0,47^{a}	28,59±0,59^{a}
Садржај воде у зрну					
6%			12	24,08±0,28^{d}	24,97±0,43^{d}
11%			12	26,60±0,20^{c}	26,14±0,41^{c}
16%			12	27,47±0,25^{b}	27,63±0,57^{b}
21%			12	29,11±0,32^{a}	29,01±0,63^{a}
Сорта × Садржај воде у зрну					
	Садржај воде у зрну				
	2014.	2015			
Банаћанка	6,04 %	6,85 %	4	22,96±0,37	23,22±0,12^{h}
	11,44 %	10,87%	4	25,89±0,33	24,45±0,23^{g}
	16,03 %	15,54%	4	26,90±0,39	25,39±0,35^{fg}
	21,17%	20,38%	4	28,05±0,15	26,83±0,30^{de}
Јасна	5,82%	6,57%	4	24,64±0,23	25,90±0,60^{ef}
	11,15%	11,02%	4	26,85±0,19	26,75±0,49^{de}
	15,91%	16,48%	4	27,63±0,57	27,67±0,30^{cd}
	20,90%	20,98%	4	29,66±0,70	28,68±0,60^{c}
Славица	5,98%	6,56%	4	24,63±0,23	25,79±0,38^{ef}
	10,73%	11,60%	4	27,06±0,21	27,23±0,20^{d}
	15,97%	16,86%	4	27,89±0,18	29,83±0,18^{b}
	20,46%	20,60%	4	29,61±0,21	31,52±0,36^{a}
ANOVA			df		
Сорта			2	**	**
Садржај воде у зрну			3	**	**
Сорта × Садржај воде у зрну			6	Ns	**

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.

* F-тест значајан на нивоу P < 0,05; **F-тест значајан на нивоу P < 0,01; ns -F-тест није значајан (P > 0,05).

У 2014. години вредности статичког угла насипања су значајно варирале под утицајем сорте и садржаја воде у зрну ($p \leq 0,01$).

Најмањи просечни статички угао насипања у првој години истраживања на свим садржајима воде у зрну, имала је сорта Банаћанка (25,95°) у односу на друге две сорте. Значајно већи статички угао насипања забележен је код сорти Славица (27,30°) и Јасна (27,19°). Између ове две сорте није било значајних разлика у измереним вредностима статичког угла написања на свим нивоима садржаја воде у зрну.

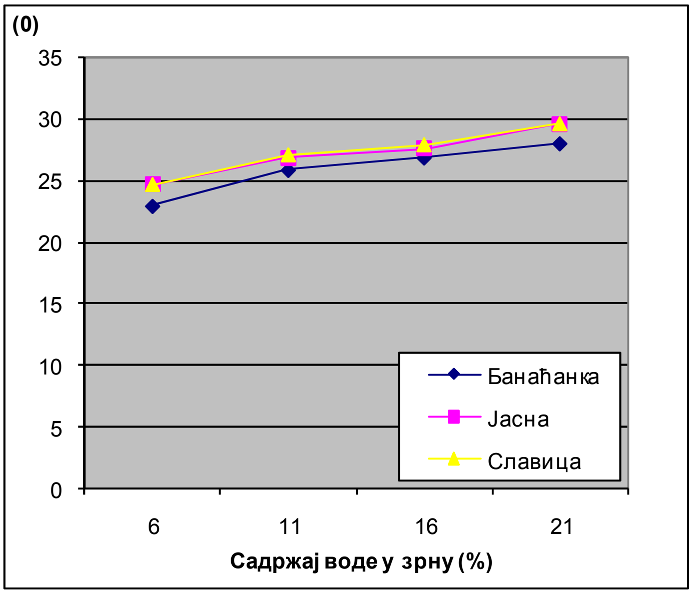
Независно од сорте, са променом садржаја воде у зрну од 6%, 11%, 16% и 21% статички угао насипања се значајно повећавао на 24,08° на 26,60°, 27,47° 29,11° по редоследу (Таб. 19.). Пораст садржаја воде у зрну код свих сорти је имао значајан утицај на повећање статичког угла насипања.

У 2014. години са порастом садржаја воде у зрну од 6% на 21% дошло је до повећања вредности статичког угла насипања код сорте Банаћанка са 22,96**°** на 24,64**°**, сорте Јасна са 24,64° на 29,66° и сорте Славица са 24,63° на 29,61° (Сл.36).

У 2015.години статички угао насипања је под значајним утицајем, сорте и садржаја воде у зрну, али су разлике између сорти несагласне на различитим нивоима воде у зрну (интеракција сорта×садржај воде у зрну) ($p \geq 0,01$) (Таб 19).

Независно од садржаја воде у зрну, највећи статички угао насипања сорте Славица (28,59°) се значајно разликовао од сорти Јасна (27,25°) и Банаћанка (24,97°). Међутим, није утврђена значајна разлика између вредности статичког угла насипања код сорти Јасна (25,90° и 26,75°) и Славица (25,79° и 27,23°) при нижим садржајима воде у зрну од 6% и 11% по редоследу. Порастом садржаја воде у зрну на 16% и 21%, статички угао насипања сорте Славица значајно се повећао (29,83° и 31,53°) у односу на сорту Јасна (27,67° и 28,68°) по редоследу.

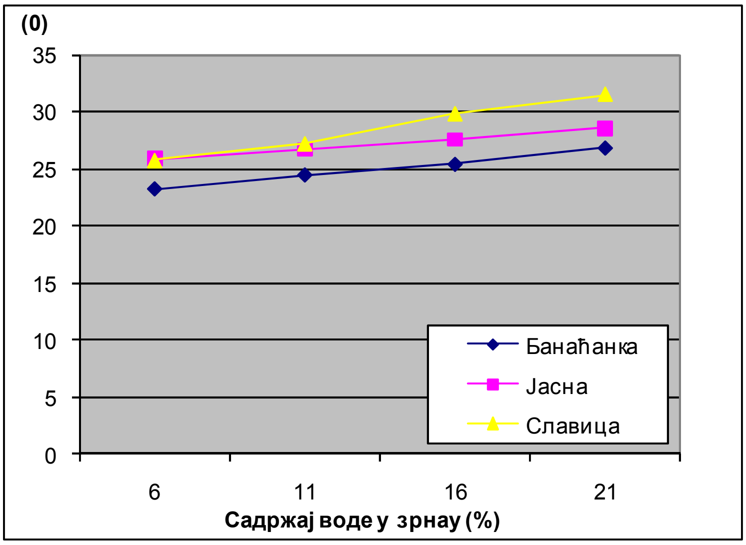
Слика 36. Утицај садржаја воде у зрну на статички угао насипања у 2014. години



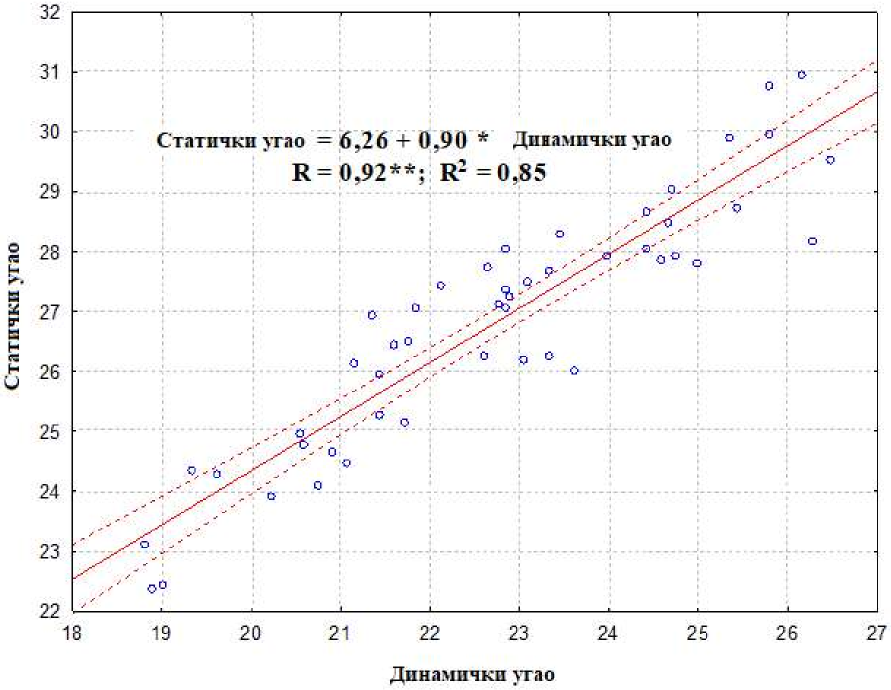
У другој години, независно од сорте, са порастом садржаја воде у зрну са 6% на 11%, 16% и 21% значајно се повећавао и статички угао насипања са 24,97° на 26,14°, 27,63°,29,0° по редоследу ($p < 0,01$) (Таб. 19.).

Међутим, уочава се да је значајно повећање садржаја воде у зрну утицало на повећање статичког угла насипања са 23,22° на 26,83° код сорте Банаћанка и са 25,90° на 28,68° сорте Јасна само при најнижој односно највишој вредности воде у зрну (Таб. 19.).

Слика 37. Утицај садржаја воде у зрну на статички угао насипања у 2015. години

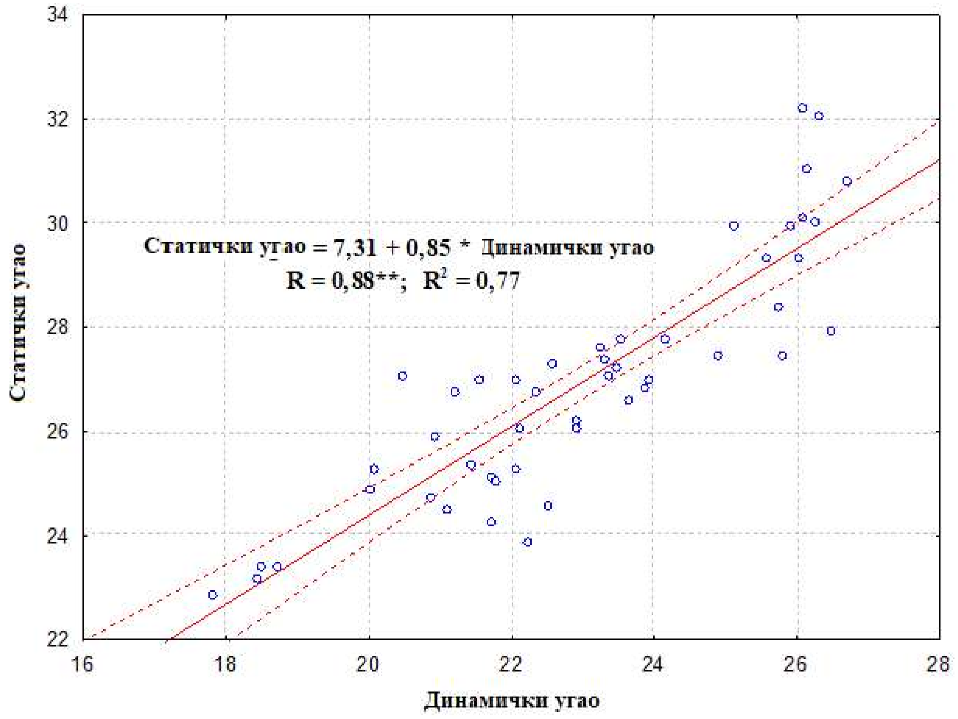


Слика 38. Међузависност динамичког и статичког угла насипања у 2014. години



Такође, и код сорте Банаћанка није установљена значајна разлика у вредностима статичког угла насипања (24,45° и 25,39°) код садржаја воде у зрну од 10,87% и 15,54%. За разлику од ове сорте код сорте Славица статички угао насипања значајно је повећан са 25,7^o на 27,23^o, 29,83^o, 31,52^o при нивоима воде у зрну од 5,98%, 10,73%, 15,97% и 20,46% по редоследу (Таб. 19. и Сл. 37).

Слика 39. Међузависност динамичког и статичког угла насипања у 2015. години



Просечно за обе године, статички угао насипања је варирао од најмањег 22,96^o код сорте Банаћанка до највећег 31,52^o код сорте Славица при најнижем (6,04%) односно највишем (20,46%) садржају воде у зрну (Сл. 20. и 21).

Резултати испитивања показују да између статичког и динамичког угла насипања постоји позитивна корелација у првој (r =0,92, R^2=0,85) и другој години истраживања (r =0,88, R^2=0,77) (Сл. 38. и 39.).

6.3.8. Динамички угао насипања

Динамички угао насипања се формира док је расути материјала у покрету, што се у пракси и дешава приликом његове манипулације. Због тога је за праксу динамички угао насипања много значајнији од статичког угла насипања. Динамички угао је мањи од статичког угла насипања и оба зависе од облика зрна и садржаја воде у зрну.

У 2014. години вредности динамичког угла насипања су се значајно разликовале код сорти при различитом садржају воде у зрну ($p \leq 0{,}01$). Интеракција сорта × садржаја воде у зрну за динамички угао насипања била је значајна само у 2015. години.

Независно од садржаја воде у зрну најмањи динамичког угао насипања у 2014. години забележен је код сорте Банаћанка (22,02^o) који се значајно разликовао од остале две сорте, Јасне (23,20^o) и Славице (22,98^o) (Таб.20.).

Табела 20. Средње вредности динамичког угла насипања зрна сорти Банаћанка, Јасна и Славица при различитим садржајима воде у зрна

Извор варијације			n	$\overline{X} \pm S\overline{x}$	
				Динамички угао насипања α_{nd} (°)	
Година				2014.	2015.
Сорта					
Банаћанка			16	22,02±0,53^{b}	20,96±0,45^{c}
Јасна			16	23,20±0,56^{a}	23,59±0,53^{b}
Славица			16	22,98±0,45^{a}	24,41±0,44^{a}
Садржај воде у зрну					
6%			12	20,19±0,30^{d}	20,51±0,52^{d}
11%			12	21,91±0,22^{c}	22,41±0,34^{c}
16%			12	23,44±0,19^{b}	23,93±0,57^{b}
21%			12	25,38±0,21^{a}	25,09±0,51^{a}
Сорта × Садржај воде у зрну					
	Садржај воде у зрну				
	2014.	2015			
Банаћанка	6,04 %	6,85 %	4	19,22±0,33	18,36±0,20^{g}
	11,44 %	10,87 %	4	21,22±0,26	21,20±0,48^{ef}
	16,03 %	15,54%	4	22,97±0,14	21,45±0,27^{ef}
	21,17%	20,38%	4	24,66±0,12	22,83±0,45^{cd}
Јасна	5,82%	6,57%	4	20,32±0,50	21,07±0,53^{f}
	11,15%	11,02%	4	22,39±0,35	22,49±0,29^{d}
	15,91%	16,48%	4	24,18±0,25	24,67±0,41^{b}
	20,90%	20,98%	4	25,90±0,18	26,14±0,15^{a}
Славица	5,98%	6,56%	4	21,03±0,24	22,11±0,33^{de}
	10,73%	11,60%	4	22,11±0,27	23,55±0,11^{c}
	15,97%	16,86%	4	23,17±0,13	25,68±0,21^{a}
	20,46%	20,60%	4	25,58±0,37	26,31±0,14^{a}
ANOVA			df		
Сорта			2	**	**
Садржај воде у зрну			3	**	**
Сорта × Садржај воде у зрну			6	Ns	*

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.

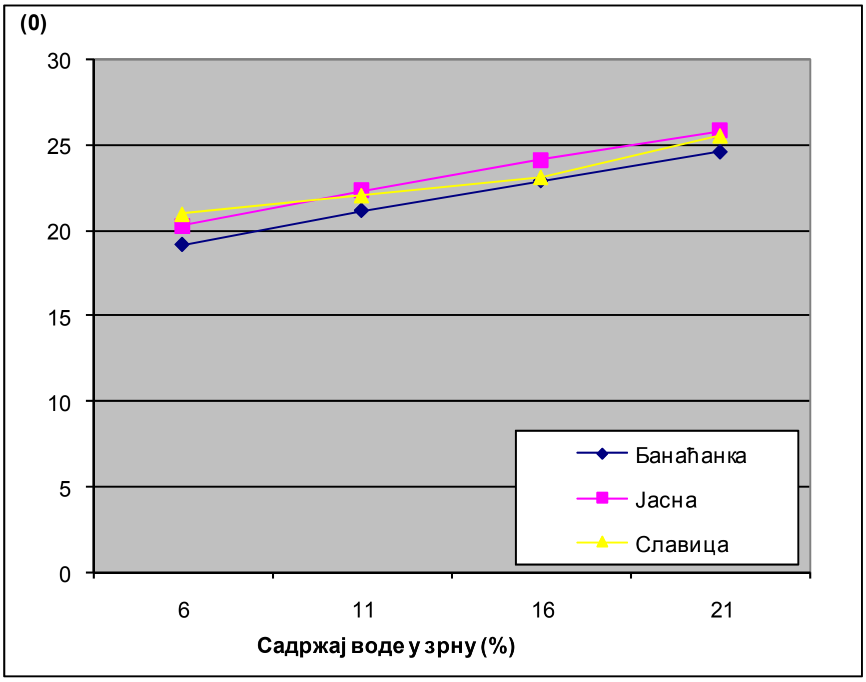
* F-тест значајан на нивоу P < 0,05; **F-тест значајан на нивоу P < 0,01; ns -F-тест није значајан (P > 0,05).

На повећање динамичког угла насипања, без обзира на сорту, значајно је утицало повећање садржаја воде у зрну. Код испитиваних сорти, повећање садржаја воде у зрну од 6%, 11%, 16% и 21% прати значајно повећање динамичког угла насипања од 20,19^{o}, 21,91^{o}, 23,44^{o} до 25,38^{o}, по редоследу.

Променом садржаја воде у зрну од 6% на 21% повећане су вредности динамичког угла насипања са 19,22^o на 24,66^o код сорте Банаћанка, са 20,32^o на 25,90^o код сорте Јасна и са 21,03^o на 25,58^o код сорте Славица (Сл. 40.).

Независно од садржаја воде у зрну најмањи динамички угао насипања у 2015. години измерен је код сорте Банаћанка (20,96^o) и значајно се разликовао од вредности сорти Јасна (23,59^o) и Славица (24,41^o). Динамички угао насипања за све сорте се значајно разликовао при свим садржајима воде у зрну, осим код највишег садржаја (21%) где се вредности сорти Јасна (26,14^o) и Славица (26,31^o) нису значајно разликовале (интеракције сорта × садржаја воде у зрну) (Таб.20).

Слика 40. Утицај садржаја воде у зрну на динамички угао насипања у 2014. години

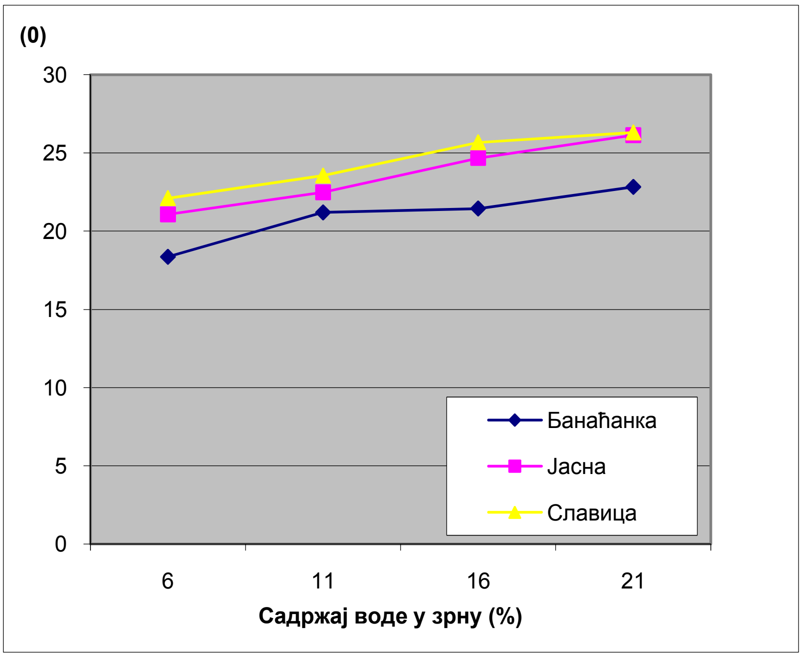


Са порастом садржаја воде у зрну са 6% на 11%, 16% и 21% повећане су и вредности динамичког угла насипања са 20,51^o на 22,41^o, 23,93^o и 25,09^o по редоследу у просеку за све сорте. Динамички угао насипања сорте Банаћанка није се значајно повећао (са 21,20^o на 21,45^o) при порасту садржаја воде у зрну од 11,44% на 16,03%. Такође, није дошло до значајног повећања динамичког угла насипања сорте Славица (са 25,68^o на 26,31^o) при порасту садржаја воде у зрну са 15,97% на 26,31% (интеракција сорта × садржај воде у зрну) (Таб.20).

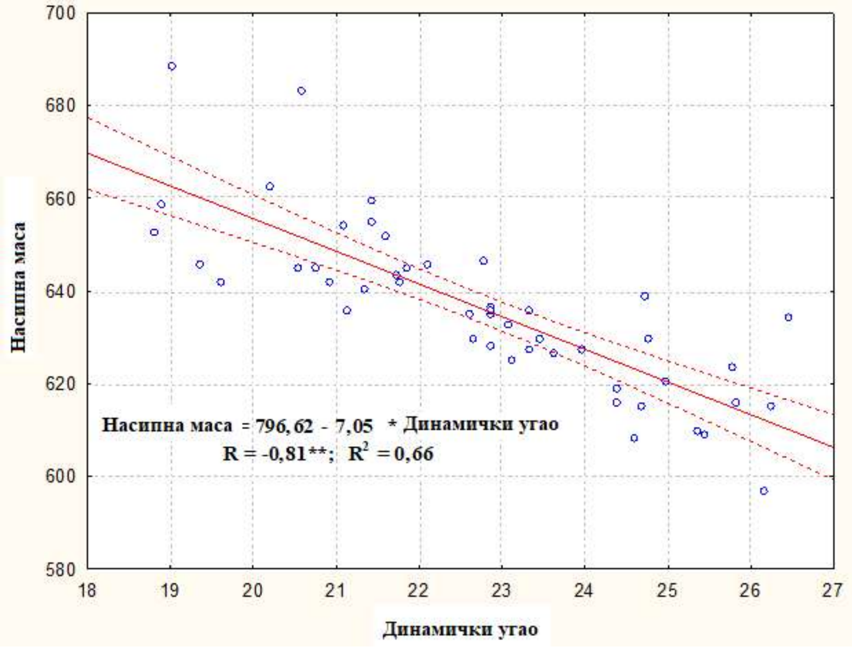
У зависности од садржаја воде у зрну и сорте вредности динамичког угла насипања су се кретале у распону од 18,36^o до 22,83^o код сорте Банаћанка, од 21,07^o до 26,14^o сорте Јасна и од 22,11^o до 26,31^o сорте Славица код садржаја воде 6% односно 21% (Сл.41).

Статички угао је био већи од динамичког угла насипања зрна у обе године истраживања. На статички и динамички угао насипања зрна значајан утицај су имали сорта и садржаја воде у зрну у обе године, док је међудејство ових фактора било значајно само у другој години.

Слика 41. Утицај садржаја воде у зрну на динамички угао насипања у 2015. години

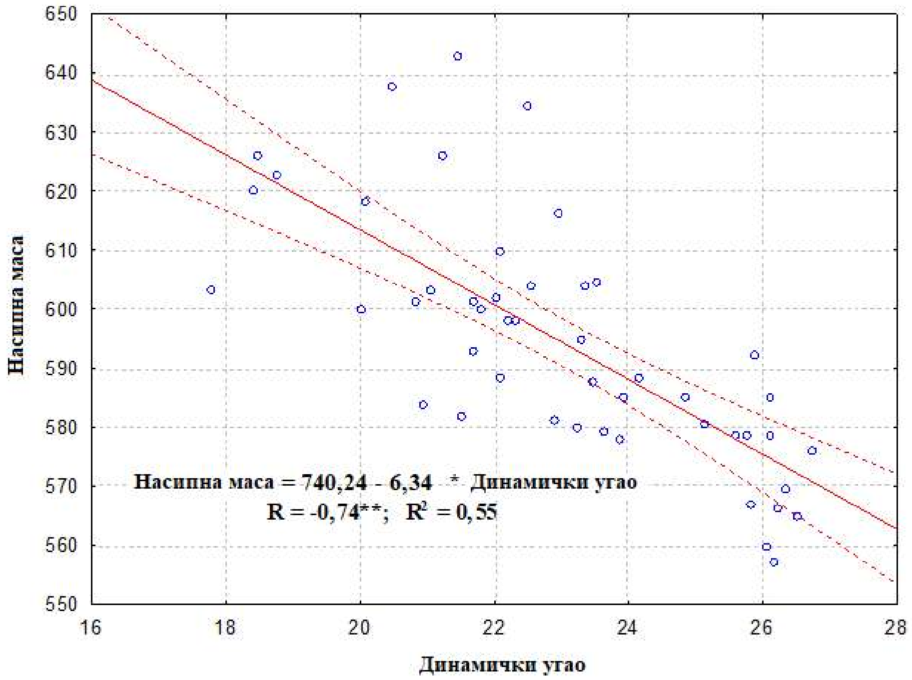


Слика 42. Међузависност динамичког угла и насипне масе зрна у 2014. години

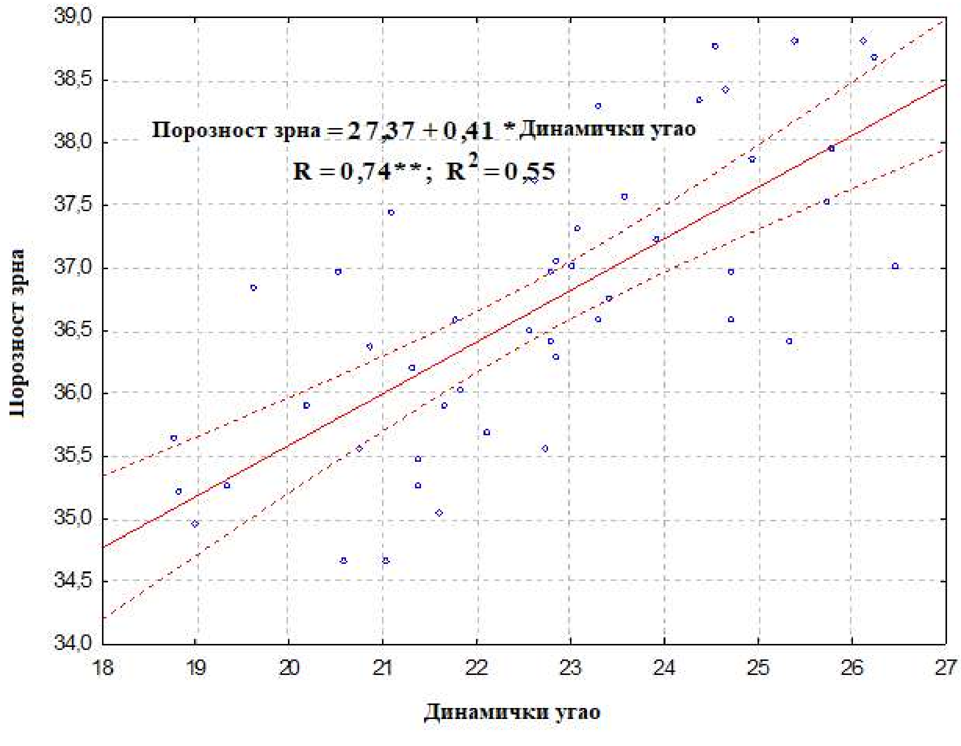


Између динамичког угла насипања и насипне масе зрна постојала је негативна корелација у првој (r =-0,81, R^2=0,66) и другој години истраживања (r =-0,74, R^2=0,55) (Сл. 42 и 43).

Слика 43. Међузависност динамичког угла и насипне масе зрна у 2015. години

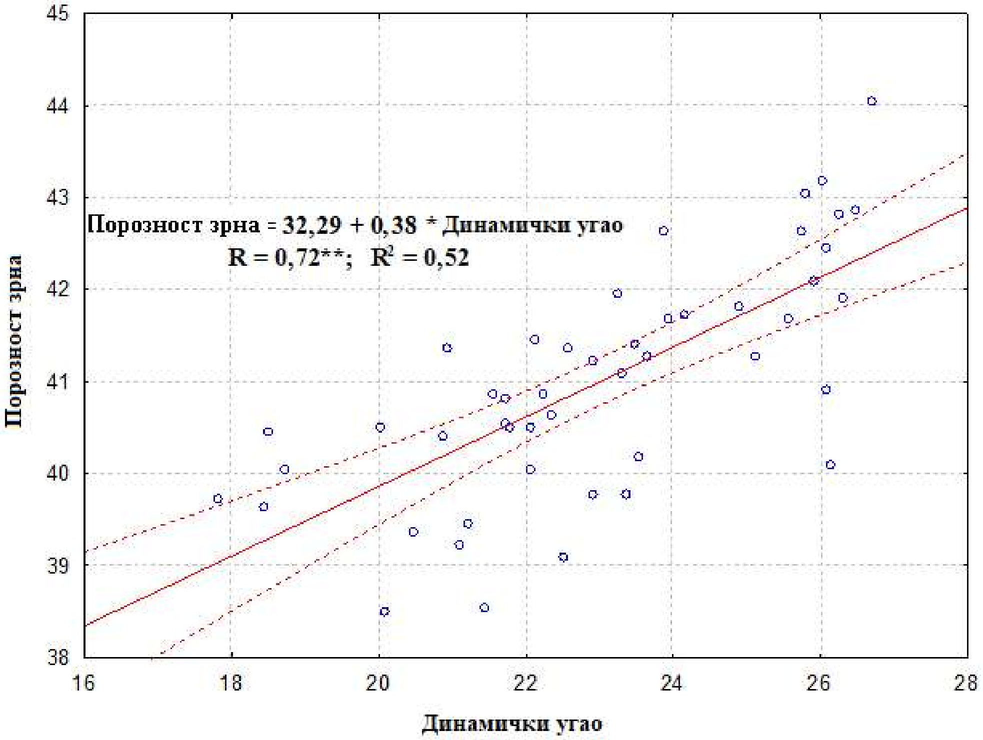


Слика 44. Међузависност динамичког угла и порозности зрна у 2014. Години



Између динамичког угла насипања и порозности зрна утврђена је позитивна значајна корелација у првој (r =0,74 R^2=0,55) и у другој години истраживања (r =0,72 R^2=0,52) (слика 44 и 45).

Слика 45**.** Међузависност динамичког угла и порозности зрна у 2015. години



6.3.9. Коефицијент трења

Коефицијент трења је физичка особина која има важну улогу за конструкцију транспортних средстава, уређаја за сепарацију семена и пројектовање складишта.

Данас је незамисливо конструисати машине за жетву, уређаје за унутрашњи транспорт и пројектовати складишта без познавања особина трења плодова и зрна пољопривредних култура. Поред тога, коефицијент трења је физичка особина која има важну улогу при убирању плодова жетвеним машинама, извршају, утовару и истовару зрна, спољашњем и унутрашњем транспорту, доради и чувању зрна.

Коефицијент трења зависи од: облика, величине и грађе зрна, садржаја воде у зрну, (адхезија – кохезија), рељефности омотача зрна, храпавости и стања (запрљаности) контактне површине подлоге која долази у додир са зрном.

На узорцима зрна из 2014. и 2015. године истраживани су утицаји сорте, садржаја воде у зрну и подлоге, на вредности коефицијента трења.

Коефицијент трења у 2014. години значајно је варирао под утицајем сва три фактора (Таб.21), као и узајамним деловањем подлоге и сорте и подлога и садржај воде у зрна.

У 2104. години значајно најмањи коефицијент трења измерен је код сорте Банаћанка (0,288) (Таб.21). Највећи коефицијент трења забележен је код сорте Јасна (0,322), а затим код сорте Славица (0,321), у просеку за све врсте подлоге и садржаје воде у зрну.

Табела 21. Коефицијент трења у зависности од врсте подлоге, сорте и садржаја воде у зрну

	n	Коефицијент трења, $\overline{X} \pm S\overline{x}$	
		2014. год.	2015. год.
Врста подлоге			
Поцинковани лим	48	0,302±0,004^{c}	0,304±0,005^{c}
Челични лим	48	0,308±0,006^{bc}	0,310±0,005^{c}
Челични нерђајући лим	48	0,271±0,005^{d}	0,290±0,004^{d}
Алуминијумски лим	48	0,313±0,006^{b}	0,308±0,005^{c}
Пластика	48	0,331±0,007^{a}	0,328±0,007^{b}
Шпер плоча	48	0,337±0,007^{a}	0,335±0,007^{a}
Сорта			
Банаћанка	96	0,288±0,004^{b}	0,287±0,003^{b}
Јасна	96	0,322±0,004^{a}	0,324±0,005^{a}
Славица	96	0,321±0,005^{a}	0,326±0,004^{a}
Садржај воде у зрну			
6%	72	0,264±0,003^{d}	0,276±0,002^{d}
11%	72	0,298±0,003^{c}	0,300±0,003^{c}
16%	72	0,325±0,004^{b}	0,323±0,004^{b}
21%	72	0,354±0,005^{a}	0,351±0,005^{a}
ANOVA	df		
Врста подлоге	5	**	**
Сорта	2	**	**
Садржај воде у зрну	3	**	**
Врста подлоге × Сорта	10	**	ns
Врста подлоге × Садржај воде у зрну	15	**	**
Сорта × Садржај воде у зрну	6	ns	**
Врста подлоге × Сорта × Садржај воде у зрну	30	**	**

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.

* F-тест значајан на нивоу P < 0,05; **F-тест значајан на нивоу P < 0,01; ns -F-тест није значајан (P > 0,05).

У 2014. години у просеку за све сорте и садржај воде у зрну, највећи коефицијент трења био је на подлози од шпер плоче 0,337 и пластике 0,331 који су се значајно разликовали од коефицијента на другим подлогама (Таб. 21). Међутим, вредност коефицијента трења на подлози од пластике код сорте Јасна, се није значајно разликовао од коефицијента на подлози од челичног лима (интеракција врста подлоге×сорта) (Таб.22).

Табела 22**.** Коефицијент трења у зависности од врсте подлоге и сорта у 2014. години

Врста подлоге	n	Коефицијент трења $\overline{X} \pm S\overline{x}$		
		Сорта		
		Банаћанка	Јасна	Славица
Поцинковани лим	16	0,293±0,007^{hi}	0,312±0,009^{efg}	0,301±0,007^{gh}
Челични лим	16	0,276±0,009^{j}	0,329±0,008^{cd}	0,319±0,011^{def}
Нерђајући челични лим	16	0,247±0,009^{k}	0,285±0,008^{ij}	0,283±0,006^{ij}
Алуминијумски лим	16	0,294±0,009^{hi}	0,324±0,008^{d}	0,322±0,010^{de}
Пластика	16	0,308±0,012^{fg}	0,337±0,009^{bc}	0,347±0,013^{ab}
Шпер плоча	16	0,312±0,010^{efg}	0,346±0,011^{ab}	0,354±0,014^{a}

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.

Значајне разлике у коефицијенту трења није било између подлога од алуминијумског 0,313 и челичног лима 0,308, као и поцинкованог 0,302 и челичног лима. Коефицијент трења на поцинкованом лиму се разликовао од коефицијента на алуминијумском лиму. Најмањи коефицијент трења на подлози од нерђајућег челичног лима (0,271) се значајно разликовао од коефицијената на осталим подлогама.

Табела 23. Коефицијент трења у зависности од врста подлоге и садржаја воде у зрну у 2014. години

Врста подлоге	n	Коефицијент трења, $\overline{X} \pm S\overline{x}$			
		Садржај воде у зрну			
		2014.година			
		6%	11%	16%	21%
Поцинковани лим	12	0,262±0,004^{j}	0,295±0,004^{gh}	0,315±0,005^{f}	0,336±0,005^{cde}
Челични лим	12	0,264±0,008^{j}	0,291±0,010^{gh}	0,330±0,009^{de}	0,347±0,008^{bc}
Нерђајући челични лим	12	0,232±0,008^{k}	0,264±0,007^{ij}	0,288±0,006h	0,302±0,005^{g}
Алуминијумски лим	12	0,271±0,007^{j}	0,302±0,005^{g}	0,331±0,006^{de}	0,350±0,009^{b}
Пластика	12	0,274±0,008^{ij}	0,312±0,005^{f}	0,341±0,006^{bcd}	0,392±0,008^{a}
Шпер плоча	12	0,284±0,006^{hi}	0,321±0,007^{ef}	0,347±0,009^{bc}	0,397±0,009^{a}

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.

Дакле, највећи коефицијент трења је на подлози од шпер плоче и пластике, затим на подлози од алуминијумског, челичног и поцинкованог лима, а најмањи на подлози од нерђајућег челичног лима (Таб. 21).

Независно од сорте и врсте подлоге, коефицијент трења се значајно повећавао са порастом садржаја воде у зрну. При најнижем садржају воде у зрну (6%) најмањи коефицијент трења 0,264, је значајно повећан на 0,298 (11%), затим 0,325 (16%), да би највећу вредност 0,354 постигао при највишем садржају воде у зрну од 21% (Таб. 21).

Коефицијент трења на подлози од шпер плоче и пластике су значајно већи од коефицијената на осталим подлогама (Таб.21**)**. Међутим, дошло је до извесне несагласноти у вредности коефицијента трења на различитим подлогама при различитим садржајима воде у зрну. Тако да се коефицијент трења на подлози од пластике није значајно разликовао од коефицијента трења на подлози од алуминијумског, челичног и поцинкованог лима при садржају воде у зрну од 6%. Такође, није било значајних разлика у коефицијенту трења на подлзи од пластике и коефицијента трења на подлози од алуминијумског и челичног лима при садржају воде у зрну од 16% (интеракцијом врста подлоге×садржаја воде у зрну) (Таб. 23).

Коефицијент трења у 2015. години значајно је варирао под утицајем сва три фактора (Таб.21), и међусобног деловања подлоге и садржаја воде у зрну, као и сорте и садржаја воде у зрну.

Резултати истраживања показују да су се сорте разликовале по вредностима коефицијента статичког трења.

У 2015. години независно од садржаја воде у зрну и врсте подлоге, значајно мањи коефицијент трења установљен је код сорте Банаћанка (0,287) у односу на сорте Славица (0,326) и Јасна (0,324) (Таб.21).

Коефицијент трења сорти Славица и Јасна био је значајно већи у односу на коефицијент трења сорте Банаћанка при свим садржајима воде у зрну, осим при садржају од 6% (интеракције сорта×садржај воде у зрну) (Таб 24.).

Табела 24. Коефицијент трења у зависности од сорте и садржаја воде у зрну у 2015. години

Сорта	Коефицијент трења, $\overline{X} \pm S\overline{x}$			
	Садржај воде у зрну			
	6%	11%	16%	21%
Банаћанка	0,264±0,003^{g}	0,280±0,005^{ef}	0,295±0,004^{d}	0,309±0,003^{c}
Јасна	0,274±0,003^{f}	0,306±0,003^{c}	0,341±0,005^{b}	0,376±0,010^{a}
Славица	0,289±0,003d^{e}	0,313±0,005^{c}	0,332±0,005^{b}	0,369±0,005^{a}

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.

Све испитиване сорте су реаговале значајно повећањем коефицијента трења са порастом садржаја воде у зрну на свим нивоима, независно од подлоге. Постепеним порастом садржаја воде у зрну коефицијент трења се линеарно повећавао.

Табела 25. Коефицијент трења у зависности од врсте подлоге и садржаја воде у зрну у 2015. години

Врста подлоге	Коефицијент трења, $\overline{X} \pm S\overline{x}$			
	Садржај воде у зрну			
	2015.година			
	6%	11%	16%	21%
Поцинковани лим	0,274±0,006^{l}	0,294±0,006$^{h\text{-}k}$	0,309±0,006$^{c\text{-}g}$	0,339±0,008^{b}
Челични лим	0,273±0,005^{lm}	0,302±0,009$^{l\text{-}i}$	0,322±0,008^{c}	0,343±0,010^{b}
Нерђајући челични лим	0,260±0,005^{m}	0,281±0,007^{kb}	0,300±0,007$^{f\text{-}j}$	0,318±0,006^{cde}
Алуминијумски лим	0,272±0,006^{lm}	0,297±0,005$^{g\text{-}j}$	0,318±0,007$^{c\text{-}f}$	0,342±0,010b
Пластика	0,282±0,003^{jkl}	0,307±0,006$^{d\text{-}h}$	0,340±0,008^{b}	0,382±0,015^{a}
Шпер плоча	0,292±0,005^{ijk}	0,318±0,005^{cd}	0,348±0,010^{b}	0,382±0,015^{a}

Средње вредности по колонама које су означене истим словима не разликују се (P>0,05) на основу LSD теста.

Са порастом садржаја воде у зрну од 6% на 11% коефицијент трења се повећао са 0,276 на 0,300 у просеку за све сорте. Тренд повећања коефицијета трења је настављен и при порасту садржаја воде у зрну од 16% (0,323) и 21% (0,351) (Таб. 21).

Просечно за све сорте и садржаје воде у зрну, коефицијент трења зрна уљане репице се значајно разликовао на већини подлога осим на подлогама од поцинкованог, челичног и нерђајућег челичног лима (Таб. 21). Површине наведених подлога су приближно исте храпавости, па се због тога и коефицијенти трења не разликују.

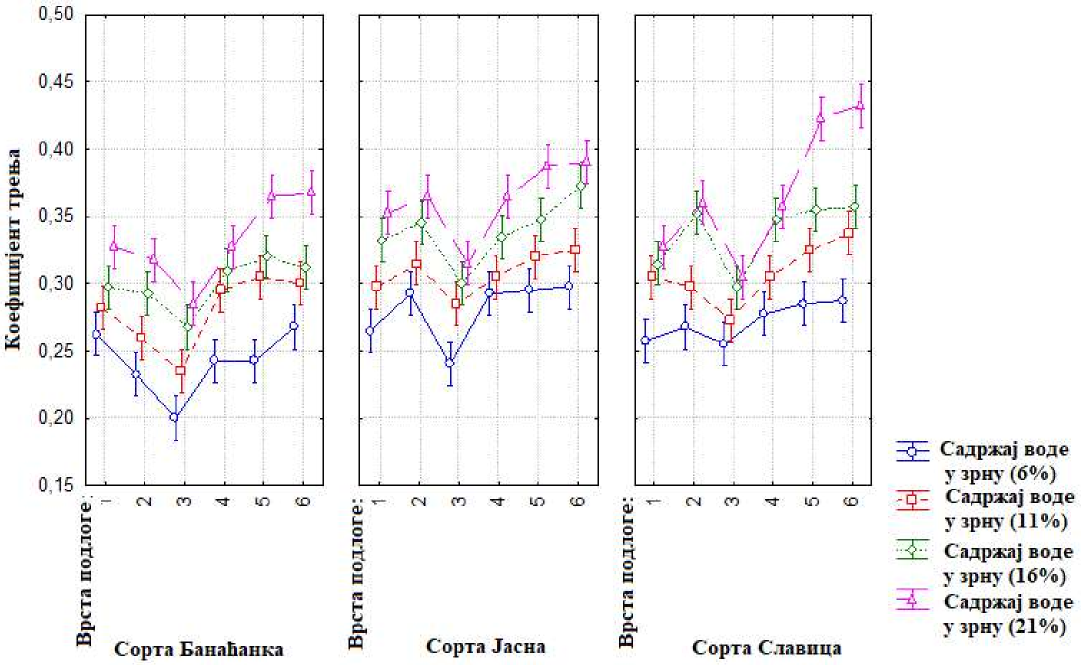
Коефицијент трења зрна истраживаних сорти на подлози од нерђајућег челичног лима био је значајно мањи од коефицијената на осталим подлогама, при свим садржајима воде у зрну. Највећи коефицијент трења је утврђен на подлози од шпер плоче (0,335), значајно мањи на подлози од пластике (0,328), затим на подлози од челичног (0,310), алуминијумског (0,308) и поцинкованог лима (0,304), а најмањи на подлози од нерђајућег челичног лима (0,290) (Таб.21).

Међутим, као и у 2014. години, дошло је до извесне несагласноти у вредности коефицијента трења на различитим подлогама при различитим садржајима воде у зрну, због уједначавања храпавости подлоге (Таб 25.). Наиме, највећи коефицијент трења сорти на подлози од шпер плоче се значајно разликовао од коефицијената на осталим подлогама при свим садржајима воде у зрну.

Међутим, коефицијент трења на подлози од шпер плоче није се разликовао од коефицијента трења на подлози од пластике при свим нивоима садржаја воде у зрну. Такође, коефицијент трења на подлози од пластике се значајно није разликовао од коефицијента трења на подлогама од алуминијумског, поцинкованог и челичног лима при садржају воде у зрну од 6%. Поред тога, коефицијент трења на подлози од пластике се значајно није разликовао од коефицијента трења на подлогама од алуминијумског и поцинкованог лима при садржају воде у зрну од 11% (интеракције врста подлога × садржај воде у зрну).

На сликама 46 и 47 приказани су коефицијенти трења у зависности од врсте подлоге, сорте и садржаја воде у зрну у 2014. и 2015. години.

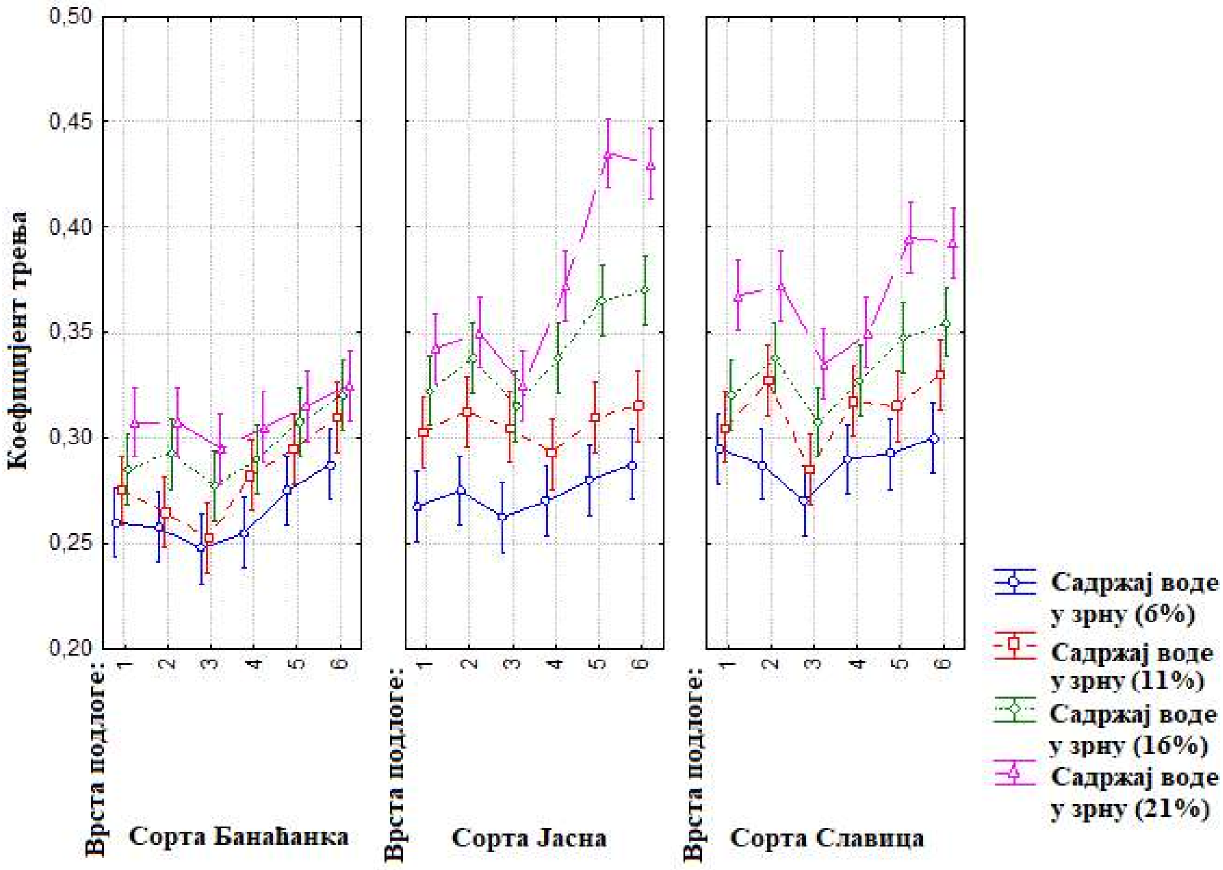
Слика 46. Коефицијент трења у зависности од врсте подлоге, сорте и садржаја воде у зрну у 2014. години



Врсте подлоге

1. Поцинковани лим
2. Челични лим
3. Нерђајући челични лим
4. Алуминијумски лим
5. Пластика
6. Шпер плоча

Слика 47. Коефицијент трења у зависности од врсте подлоге, сорте и садржаја воде у зрну у 2015. Години



Врсте подлоге

1. Поцинковани лим
2. Челични лим
3. Нерђајући челични лим
4. Алуминијумски лим
5. Пластика
6. Шпер плоча

7. ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

7.1. Физичке особине љуске

У овим истраживањима анализиране су основне физичке особине љуске и то: дужина, дебљина и ширина љуске, број и маса зрна у љусци, маса празне љуске са средишном преградом, петељком и игличастим врхом и укупна маса љуске са зрном. При узимању узорака одабиране су биљке типичне за одређену сорту приближних димензија љуски код све три сорте уљане репице.

Разлика у физичким особинама сорти утврђена је само у дужини љуске и маси празне љуске са преградом, петељком и игличастим врхом, док су остале физичке величине исте за све испитиване сорте.

Највећу просечну дужину љуске имала је сорта Славица а најмању сорта Јасна. Најмању масу празне љуске са преградом, петељком и игличастим врхом имала је сорта Јасна, у односу на сорте Банаћанка и Славица.

Резултати испитивања физичких особина љуски, масе зрна сорти Банаћанка и Славица, у овим истраживањима су у сагласности са резултатима Vujaković et al. (2010, 2014, 2015).

Корелациона анализа указује на јаку позитивну корелациону везу између масе зрна и броја зрна у љусци, средње јаку између масе зрна и масе празне љуске, и слабу између масе зрна и дужине љуске, као и дебљине љуске. Добијени резултати су у једном делу упоредиви са резултатима Hui-Ming et al. (2013) који су утврдили повезаност између масе 1000 зрна и дужине, ширине, површине и масе љуске.

Маса празне љуске била је у јакој позитивној корелацији са дебљином љуске, у средње јакој са ширином љуске и масом зрна, а у слабој корелацији са дужином љуске и бројем зрна у љусци. Поред тога, установљена је врло јака позитивна корелација између укупне масе љуске и масе зрна, као и масе празне љуске, јака корелација са бројем зрна у љусци, средња са дебљином љуске и слаба са дужином и ширином љуске. Резултати ових истраживања су делимично у сагласности са резултатима Hui-Ming et al. (2013) који код хибрида уљане репице указују на позитивну међузависност масе љуске и дужине, масе љуске и ширине, као и површине љуске. До сличних резултата дошли су и Summers et al. (2003), који наводи да је укупна маса љуске у позитивној корелацији са дужином љуске, масом празне љуске и масом преграде.

У овим истраживањима утврђена је слаба позитивна корелација између броја зрна у љусци и дужини љуске. Добијени резултати су у сагласности са резултатима Hoseinzadeha et al. (2010) који су утврдили позитивну повезаност броја зрна у љусци и дужине љуске.

7.2. Механичке особине љуске

Основни проблем у берби уљане репице су губици зрна који настају отварањем љуски због њених слабих механичких особина, односно чврстоће плода на отварање и кршење. Отварање плодова биљака и расипање зрна у природи је процес којим биљке расејавају семе и на тај начин продужавају врсту. У производњи уљане репице отварање љуски проузрокује велике губитаке и смањење приноса зрна. Отварање љуски је последица природних, физиолошких и бихемијских процеса који се дешавају у биљци. Приликом природног сазревања биљака долази до слабљење зоне спајања делова љуски и њиховог раздвајања и отварања. Деловањем ензима у процесу раздвајања прво долази до слабљење ћелија у средишној прегради, а затим и у зони спајања са горњом и доњом половином љуске (Meakin and Roberts, 1990; Sorefan et al., 2009). Потпуно одвајање средишне преграде од љуске долази тек после контакта са другим љускама, при чему се раскидају васкуларне везе између преграде и љуске (Meakin and Roberts 1990; Chauvaux et al., 1997; Child et al., 1998). Отварање љуски пре и у току жетве потпомажу метеоролошки услови, пре свега високе температуре и ниска релативна влажност ваздуха, а посебно јаки ветрови, киша и град (Pahkala and Sankari, 2001; Tys et al., 2003; Špokasa, 2005). Деловањем спољашних сила долази до контакта суседних грана, њиховог трења, отварања љуски и расипање зрна (Tan et al., 2007, Holzapfel et al., 2013). Поред тога, појава болести и штеточина на усеву уљане репице могу да изазову отварање љуски и расипавање зрна пре жетве (Rameeh, 2013; Tarić, 2015). У задњим деценијама научни радници покушавају да смање губитке зрна настали отварањем љуски применом агротехничке мере десикације или оплемењивањем, прецизније стварањем нових сорти отпорних на отварање љуски. Увођењем у процес производње сорти повећане отпорности на отварање љуски директни трошкови производње се смањују за новчану вредност набавке десиканата. Са друге стране некоришћењем десиканата пред жетву избегава се гажење усева тракторима, смањују се губици зрна и повећава количина и квалитет убраног семена. Поред тога изостављањем примене препарата за десикацију у берби уљане репице не загађује се животна средина.

У зони спајања љуски *Brassica napus* налази се слој незадрвених ћелија са танким зидовима, захваљујући коме се љуске отварају. Укрштањем репице *Brassica napus* и *B. rapa* добијене су нове сорте са дебљим ћелијским зидом, чвршћом зоном спајања и повећаном отпорношћу на отварање љуски (Kadkol et al., 1986). До сличних резултата дошли су Morgan et al. (2000), укрштањем *Brassica oleracea alboglabra* и *Brassica rapa* и Banga et al. (2011) укрштањем *Brassica napus* и *Brassica carinata*. Tan et al. (2007) су утврдили да постоји разлика у отпорности генотипова на отварање љуски *Brassica napus* (0,77-3,77 N) и *Brassica carinata* (0,90-4,60 N). Squires (2003) је установио да су љуске *Brassica rapa cv. Parkland* биле знатно отпорније на отварање у односу на љуске *Brassica napus cv. Quantum.* Raman et al. (2011) сматрају да генотипови који припадају врстама *Brassica napus, Brassica rapa, Brassica juncea i Brassica carinata,* представљају основни генетски материјал за добијање сорти отпорних на отварање љуски. За наслеђивање особине отпорности на отварање љуски подједнако су одговорна два главна гена. Отпорне биљаке репице које имају ове гене могу се користити за добијање комерцијалних сорти (Morgan et al., 2000).

Поред наследне осонове, утицај на отварања љуски уљане репице имају и климатски фактори (Peng-Fei et al., 2011). Отпорност на отварање љуски треба да буде толико велика да спречи отварање и саморасипање зрна, али не и да отежава вршидбу плодова приликом бербе комбајнима (Bruce et al., 2001; Kadkol, 2009).

Развијене су многе методе за утврђивање висине губитака зрна у пољу и лабораторијама. Губици зрна у пољу одређују се визуелном методом, слободном проценом или бројањем отворених љуски, изниклих биљака после жетве или постављањем посуда између редова уљане репице. До данас је развијено више лабораторијских механичких метода тестирања отпорности на отварање љуски уљане репице: тест са клатном (Kadkol et al., 1984, 2009; Liu et al., 1994) тест "случајног удара" (Morgan et al., 1998, 2000; Bruce et al., 2001; Wang et al., 2007; Jinping et al., 2015), тест притиска (Davies and Bruce, 1997; Hui-Ming et al., 2013), тест повлачења копљастог врха и кршење љуски Rudko (1999), кидање делова љуске Child et al. (2003), откидање љуске Hoseinzadeh et al (2010).

Љуске уљане репице могу да буду отворене контактом са раздељивачем, мотовилом, косионим апаратом, пужним транспортером комбајна и међусобним додиром биљака (Jačinac, 1987; Malinović, 2003; Malinović, 2004; Zimmer, 2006; Turan, 2007; Baran, 2012; Marković, 2012; Koprivica, 2013; Hui-Ming et al., 2013). У зависности од положаја љуске на биљци, радни делови комбајна контактом са усевом могу да делују силама по уздужној и попречној оси љуске.

7.2.1. Утицај времена бербе, сорте и примене Elastiq-a на силе кршења и отварања у вертикалном положају љуски

У технолошом процесу производње уљане репице, највећи проблем је одредити одговарајући моменат бербе. Време бербе је повезано са морфолошким особинама сорти и општим стањем усева на пољу. Неправовремена берба и неправилна примена машина за жетву, проузоркују велике губитке приноса, лошији квалитет зрна и уља, (Jačinac, 1987; Price, et al., 1996; Malinović, 2003; Malinović, 2004; Zimmer, 2006; Turan, 2007; Baran, 2012; Marković, 2012; Zhang CL et al., 2012; Koprivica, 2013; Hui-Ming et al., 2013 Qing-Song et al., 2014) што умањује економичност производње ове веома значајне уљарице.

Берба уљна репице обављена је у првом року при садржају воде у зрну од 14,98% до 16,07% у вертикалном и од 14,39% до 15,51% у хоризонталном положају љуски. У другом року бербе у вертикалном положају љуске садржај воде у зрну је био од 9,96% до 10,45 %, а у хоризонталном од 9,33% до 10,56%.

У овим истраживањима утврђено је да постоји разлика у величини силе у вертикалном положају љуске на њено отварање у првом и другом року бербе независно од примене Elastiq-a и сорте. Љуске свих сорти уљане репице убране у првом року бербе су значајно отпорније на отварање у односу на љуске из другог рока бербе. Опадањем садржаја воде у зрну и сазревањем биљака долази до слабљења зоне спајања између делова љуски и лакшег отварања, тако да је у другом року бербе потребна мања сила за отварање љуски него у првом.

Отварање љуске се јавља као резултат високо координираних и регулисаних физиолошких процеса у расту и формирању љуске, посебно зоне спајања. Приликом сазревања, у сувом слоју љуске ћелије механички ослабе, што доводи до отварања и одвајања делова љуске (Meakin and Roberts, 1990; Sorefan et al., 2009). Потпуно одвајање средишне преграде од љуске долази тек после контакта са другим љускама (Meakin and Roberts, 1990; Chauvaux et al., 1997; Child et al., 1998). Отпорност љуске на отварање зависи од генотипа сорте, положаја љуске на биљци и фазе зрелости, садржаја воде у зрну односно времена бербе (Szot et al., 1995; Yancheng et al., 2008). Највећу отпорност на отварање, љуске су имале на почетку жетве у физиолошкој зрелости, када је 60-90% љуски имало исту боју. У најкаснијем року бербе (неколико дана после пуне зрелости), отпорност љуске на отварање опада, а губици зрна настали расипањем расту

(Rameeh, 2013; Holzapfel et al., 2013; Qing-Song et al., 2014; Tariq et al., 2015). Како наводи Zhang CL et al. (2012) оптимално време за жетву уљане репице у условима Кине је при садржају влажности зрна испод 20%. Линеарно са опадањем садржаја влажности зрна до 20% смањује се отпорност на отварање љуски, а испод наведене влажности зрна долази до наглог повећања отварања љуски (Jinping et al., 2015).

Luczkiewicz et al. (2012, 2013, 2013) су методом визуелне процене установили да је проценат отворених љуски у техничкој зрелости варирао од 0,8% до 8,3%, а четири недеље после техничке зрелости од 5% до 12,5 %. Применом теста случајног удара, после 60 секунди тестирања, у зависности од сорти остало је 52%-61% неразбијених љуски из првог и 45,5%-65% из другог рока бербе. Исти аутори су применом теста притиска утврдили да се вредности силе отварања љуски такође разликују између првог и другог рока бербе.

Да рок бербе утиче на смањење отварања љуски потврђују и резултати Li et al. (2012) који су испитивали 28 сорти уљане репице. Код садржаја воде у зрну 16,04% сила отварања љуски варирала је од 2,14 N до 3,1 N. Опадањем садржаја воде у зрну на 8,5% љуске постају осетљивије на отварање и сила отварања се смањивала и износи од 1,5 N до 1,84 N. Резултати истраживања приказани у овом раду су упоредиви са резултатима наведених аутора само у првом року бербе. У другом року бербе добијене вредности силе отварања љуски су веће, највероватније због тога што се за свако истраживање одабирају сорте различитих морфолошких особина које се гаје и одређеним агроеколошких услова.

На отварање љуски сорта је значајано утицала у оба рока бербе без обзира на третирање љуски са средством за повећање отпорности на отварање Elastiq-a. Сорте уљане репице одабране за ово истраживање значајно су се разликовале у погледу осетљивости на отварање љуски. Највећу отпорност на отварање љуски испољила је сорта Банаћанка (2,99 N) значајно већу у односу на остале две сорте. Сорте Јасна и Славица су осетљивије на отварање љуски, па је за њихово отварање употребљена мања сила (2,63 N и 2,45 N), према редоследу. Према резултатима Marjanović Jeromela et al (2009) између сорти Банаћанка и Јасна није било разлике у погледу отпорности љуски на отварање. Добијени резултати се разликују од наведених резултата предходно наведених аутора због тога што је њихова процена била визуелна па тиме и мање поуздана.

Величина силе кршења и отварања љуски зависе од њене морфолошке грађе и разликују се између сорти (Hoseinzadeh et al., 2010). Отпорност на отварање и кршење љуски је одређена морфолошком грађом љуске, која је генетски детерминисана али у одређеној мери зависи и од утицаја фактора спољашне средине, пре свега климатских фактора, као и агротехнике, присуства болести и штеточина (Rudko, 1999; Holzapfel, 2010).

Генерално разлог отварања љуски је њена грађа. Љуска се састоји од две половине, и спојене заједно са унутрашњом преградом, чине једну целину у којој је смештено зрно. Љуске се отварају дуж линије спајања две половине љуске и унутрашње преграде, при чему долази до одвајања ових делова и расипања зрна.

Поред времена бербе односно садржаја воде у зрну, на отварање љуски утицала је и особина сорте (Szot et al., 1995; Yancheng et al., 2008). Према резултатима Luczkiewicz et al. (2012, 2013, 2013) просечна сила отварања љуски сорте Кротко у пуној зрелости је 2,82 N, сорте 306/6A 2,59 N и сорте 306/6 2,40 N, са високим коефицијентом варијације од 29,4% до 73,67%. Резултати добијени у овим истраживањима за сорте Банаћанка, Јасна и Славица су сагласни резултатима предходно наведених аутора. Резултати вредности силе отварања љуски приказани у овим истраживањима су слични вредностима које наводе Morgan et al. (2000) и Summers et al. (2003) за комерцијалну сорту Apex (2,73 N), а нижи од резултата за ново селекционисане линије DK142 (6,0 N) и DK129 (4,77 N).

У циљу спречавања отварања љуски и расипања зрна уљане репице пољопривредни стручњаци примењују савремена практична решења. Један од начина решавања проблема отварања, откидања и кршења плодова пољопривредних култура је примена средстава за побољшање механичких особина, пре свега отпорности на отварање љуски. Данас се у свету користе две групе средстава за спречавање отварања плодова гајених биљака. Прва група средстава на бази пинола регулише кретање воде између љуске и спољашне средине, и на тај начин уједначава сазревање љуски на целој биљци. Друга група препарата на бази полимера латекса повећава механичке особине љуске, формирањем танког слоја на њеној површини (Gentvainyte et al., 2015). У циљу спречавања отварања љуски Rudko (2002) је као средство за заптивање, користио лепак на бази скроба пореклом од различитих биљака, углавном кукуруза, кромпира и пиринча.

У научној јавности постоје опречна мишљења о ефикасности примене средства за спречавање отварања љуски. Haile et al. (2014), Johnson et al. (2005) сматрају да примена наведених средстава не утиче на смањење губитака зрна настали отварањем љуски. Постоје такође и мишљења да средства за спречавање отварање љуски треба примењивати само у изузетним случајевима (касна жетва, лоши временски услови, напад болести и штеточина) због трошкова набавке средстава, горива, анагажовања радне снаге, као и гажења усева (Johnson et al., 2005; Kosteckas et al., 2009; Holzapfel et al., 2010; Špokas et al., 2014). Највећи број истраживача истиче позитиван ефекат примене средстава за повећање отпорности љуски на отварање и смањење губитака (Rudko, 2002; Cmobarac et al., 2002; Zimmer et al., 2006; Kosteckas et al., 2009; Darginavičiene et al., 2011; Danius, 2012; Nunes et al., 2015).

Ефикасност примене средстава за заптивање и спречавање отварања љуски уљане репице зависи од временских услова. При јаким ветровима и олујама, укупни губици зрна у пољу настали отварањем љуски сорте Elvis са примењеним средствима за заптивање, били су за 5,6 пута мањи у односу на контролну варијанту (Kosteckas et al., 2009). Исти аутори наводе да је примена средстава за спречавање отварање љуски оправдана само у случајевима када се користи у комбинацији са фолијарним ђубривима. Наиме, повећањем приноса зрна уљане репице, остварује се већа финансијска добит у односу на трошкове набавке и примене фолијарних ђубрива и средстава за заптивање љуски. Nunes et al. (2015) су добили највећи принос зрна при једнофазној жетви уљане репице у оптималном року, уз примену средстава за спречавање отварања љуски и десиканта. Према резултатима истраживања Gentvainyte et al. (2015) применом Elastiq-а губици зрна уљане репице су смањени, а добит повећана за 9,02 € ha^{-1}.

Упркос различитим резултатима у погледу ефикасности средстава за спречавање отварања љуски, произвођачи зрна уљане репице су из економских разлога све заинтересованији за примену средстава за спречавање отварања љуски (Gentvainyte et al., 2015; Svoboda, 2010).

У циљу повећања механичке чврстоће односно отпорности на отварање љуски усев је третиран средством за побољшање механичких особина, односно спречавање отварања љуски Elastiq-om. Љускама на којима је примењен Elastiq повећана је механичка чврстоћа, тако да су оне постале мање осетљиве на отварање по уздужној оси (3,02 N) у односу на љуске без примене Elastiq-a (2,35 N). Површина љуске третирана Elastiq-om обавијена је танком опном која љуску чини еластичном, механички чвршћом и отпорнијом на отварање. Поред тога, могуће је да танак слој средства регулише и проток воде из спољашње средине у унутрашњост љуске односно не дозвољава да вода уђе у љуску. На тај начин је омогућено равномерно сазревање љуске и повећање отпорности на отварање, чиме се смањују губици зрна пре и у току жетве. Вредности силе отварања љуски третиране Elastiq-om приказани у овим истраживањима су мање у односу на вредности које наводи Danius (2012). Највероватније да је оваква несагласност последица разлика у одабраним сортама које су гајене у различитим агроеколошким условима.

Сила кршења љуски испитиваних сорти се значајно разликује између првог и другог рока бербе. Сазревањем биљака долази до губитка воде у целој биљци и опадања садржаја воде у зрну што доводи до слабљење везе између петељке љуске и грана и лакшег кршења љуски. Сувље петељке љуски постају крте, па и најмања сила при контакту делова комбајна мотовила и раздељивача изазива одкидање и кршење љуски. Сазревањем уљане репице отпорност на кршење љуски свих сорти слаби и величина силе кршења опада са 1,58 N у првом на 1,16 N у другом року бербе. Међутим, вредности силе кршења код сорте Јасна у првом и другом року бербе нису се разликовале, (интеракције рок бербе × сорта). То се може објаснити тиме да петељке љуске сорте Јасна брже одпуштају влагу од петељки других сорти.

Постоји разлика у вредностима силе кршења и отварања љуски уљане репице. Силе отварања су веће од сила кршења љуски, што се може повезати са тиме да петељке имају другачију динамику сазревања односно отпуштања влаге у односу на љуску и зрно.

Skubisz and Rudko (1998) су на основу резултата својих истраживања закључили да величина силе кршења и отварања љуски зависи од времена бербе и зрелости усева. Аутори наводе да су љуске убране у фази техничке зрелости биле отпорније на кршење (1,78 N) у односу на љуске убране у пуној зрелости (1,07 N). Tys et al. (2010) и Rudko (2011) су закључили, да су силе кршења љуски раније створених сорти варирале од 0,95 N до 2,05 N, а ново селекционисаних од 0,50 N до 1,26 N, при садржају воде у зрну од 7% до 8%. Резултати истраживања приказани у овом раду су у сагласности са резултатима које наводе напред наведени аутори.

Hoseinzadeh et al. (2010) су установили да сила откидања љуске расте са повећањем садржаја воде у стабљици. Љуске уљане репице су одкинуте силама од 7,2 N при вишем и 3,1 N при нижем садржају воде у стабљици. Резултати ових истраживања се разликују од навода аутора углавном због различитог начина дефинисања и утврђивања сила. Предходно наведени аутори су у току истраживања мерили силу откидања повлачењем љуске у правцу раста. У методици ових проучавања дефинисана је сила кршења која је мерена повлачењем љуски у супротном правцу од њеног раста, па отуда и велика разлика у поређеним резулатима.

Анализом добијених података утврђено је да постоји разлика у величини силе кршења љуски између сорти. Најтеже су се од централне гране одвајале петељке љуске сорте Банаћанка, при чему је измерена сила кршења од 1,56 N. Друге две сорте су имале мању отпорност на одвајање петељки љуске од централне гране. За крте петељке љуске сорти Јасна и Славица потребна је мања сила кршења (1,28 N и 1,26 N), према редоследу. У другом року бербе између испитиваних сорти није било разлике у вредностима силе кршења (интеракције рок бербе × сорта). Наиме, зреле биљке уљане репице свих сорти су се исто понашале у другом року бербе у погледу силе кршења љуски од гране. Највероватније да смањење садржаја воде у зрну и целе биљке испод одређене границе доводи до бржег сазревања петељке у односу на зрно, а тиме и слабљења споја између петељке љуске и центарлне гране. Тај спој код зрелих биљака толико ослаби да је потребна вло мала сила да дође до одвајања петељке љуске од гранчице, без обзира на степен наследне отпорности на кршење.

Skubisz and Rudko (1998) су утврдили да се сорте уљане репице значајно разликују по отпорности, односно величини силе употребљене за одвајање љуски. Према ауторима, високу отпорност на одвајање љуски имала је сорта Leo са просечном силом од 1,67 N, а мању сорта Bolko 0,90 N. На основу својих резултата истраживања Tys et al. (2010) су утврдили да је за 32 старе сорте просечна сила одвајања љуске 1,40 N, а да се кретала у опсегу од 0,95 N до 2,05 N, у ком интервалу се налазе и вредности сорти одабраних за ова истраживања. Szot and Rudko (2005) су установили да су хибриди осетљивији на отварање љуски за 27% од сорти, али да дају већи принос. Сила потребна за отварање љуске код хибрида Margo је 0,77 N, хибрида Jura 0,82 N и код сорте Star 1,09 N, а варирала је од 30,1% до 48,3%. Rudko (1999) је, проучавајући механизам отварања љуски сорте Bolko, измерио силу отварања од 0,1 N до 0,9 N, при садржају воде у зрну од 9%. У резутатима истраживања претходно наведених аутора вредности силе одвајања љуски имају ниже вредности од силе кршења љуски од гране добијених у овим истраживањима. Највероватије да је разлика у величинама сила одвајања љуски последица избора сорти различите наследне основе, гајених у различитим агроеколошким условима.

Примена Elastiq-а је утицала на јачање споја петељке љуске са главном гранчицом и повећање силе кршења љуски (1,48 N) у односу на љуске без примене Elastiq-а (1,25 N). Независно од рока бербе сила кршења љуски испитиваних сорти третиране Elastiq-om је била различита. Међутим, сорте су се различито понашале у односу на примену Elastiq-а. Једино је сорта Банаћанка позитивно реаговала на примену Elastiq-а. Веза између гранчице и петељке љуске код ове сорте је значајно ојачана, па су се љуске теже одвајале од гранчице у односу на љуске из контролне групе. Међутим, сорте Јасна и Славица нису реаговале на примену Elastiq-а, односно није било значајне разлике у вредностима силе кршења између третираних и нетретираних љуски (интеракције примена Elastiq-а × сорта). Различит утицај примене Elastiq-а испитиваних сорти се може објаснити разликама у развијеношћу хабитуса и уделом листа у време третирања, као и углом и положајем под којим су расле љуске на грани. Највероватније да се код сорте Банаћанка, због положаја љуски на грани у пазуху петељке и центалне гранчице Elastiq задржао и повећао отпорност на кршење љуски. Истраживања Yan-Cheng et al. (2010) су показала да отпорност на отварање љуски зависи од положаја љуски на биљци. Аутори наводе да су љуске на најнижим гранама једне биљке имале већи степен отпорности на отварање у односу на љуске са грана у средњем и вишем положају.

У другом року бербе, сорте нису реговале на примену Elastiq-а, односно није било разлике у величини силе кршења између третираних и нетретираних љуски. До сличних резултата дошли су Špokas et al. (2014) који истичу да су у касној жетви уљане репице губици зрна настали отварањем љуски били исти, без обзира на примену Aventrol-а средства за заптивање љуски.

7.2.2. Утицај времена бербе, сорте и примене Elastiq-а на величину силе кршења и отварања у хоризонталном положају љуски

Садржај воде у љуски значајно утиче на њена механичка својства. Наизменичним влажењем и сушењем љуске услед деловања кише и сунца, повећава се осетљивост љуски на отварање**.** Одузимање воде, односно сушење љуски доводи до повећања осетљивости на отварање (Squires 2003).

У току испитивања утврђено је да постоји разлика у величини силе отварања љуски у првом и другом року бербе. Најмања сила потребна за почетак отварања љуски, оптерећењем у смеру њене дебљине (по попречној оси) у хоризонталном положају љуске, смањивала се са опадањем садржаја воде у зрну. У првом року бербе, механичка чврстоћа љуски на отварање сорти је јача па је потребна већа сила за отварање љуски (2,25 N) него у другом року (1,87 N). Највероватније да је са опадањем садржаја воде у зрну и сазревањем биљака, дошло до слабљења везе на линији спајања између две половине љуске и њиховог лакшег отварања. Резултати ових истраживања су слични наводима Li et al. (2012) где су вредности сила за отварања љуски веће у првом (2,16 N) него у другом року бербе (1,67 N). Садржај воде у зрну био је 16,04% и 8,5% за први односно други рок бербе.

Примена Elastiq-а је утицала на повећање силе отварања љуски код свих сорти. Љуске на којима је примењен Elastiq постале су значајно чвршће и мање осетљиве на отварање по попречној оси у односу на љуске без примене. Применом Elastiq-а на површини љуске се образује танак слој, који повећава механичку чврстоћу љуски, па је за њихово отварање потребна значајно већа сила (2,42 N) у односу на љуске из контролне групе (1,69 N). Резултати ових истраживања су различити у односу на резултате које наводи Danius (2012), углавном због различитих сорти, као и другачијих агроеколошких услова у којима су обављена његова истраживања.

Све испитиване сорте су имале једнаку отпорност на отварање љуски при деловање силе по попречној оси у хоризонталном положају љуске (Банаћанка 2,09 N, Јасна 1,95 N и Славица 2,13 N). Вредности силе отварања љуски приказане у овом раду су усагласности са вредностима које наводе Hui-Ming et al. (2013), у истраживању хибрида (1,83 N) и конвенциалних сорти (1,94 N) уљане репице *Brassica napus*. Peng-Fei et al. (2011) су такође добили сличне резултате при испитивању 68 сорти *Brassica napus*, где је просечна сила повлачења петељке и отварања љуски 1,6 N, а варирала је у зависности од сорте од 0,59 N до 2,75 N.

Љуске испитиваних сорти уљане репице значајно се разликују у величини силе кршења. Петељке љуске код сорти Банаћанка и Славице су имале високу отпорност на кршење, јер су биле чвршће спојене за гране, па су се и теже одвајале од ње. За разлику од њих, веза петељке љуске са граном сорте Јасна је слабија, па су се крте петељке лакше одвајале од грана при деловању мање сила (1,07 N). Наведене вредости силе одвајања љуски у хоризонталном положају су сличне вредностима које наводи Tan et al (2007) за већину од 47 истраживаних генотипова *Brassica napus*. Силе кршења љуски сорте Јасна су веће у односу на силу одкидања и отварања које наводе Baczkiewicz et al. (2001) за сорту Jet Neuf (0,6 N), али су сличне вредностима силе одабраних мутаната (1,07 N). Добијене вредности силе кршења ове сорте су такође ниже од сила одвајања љуски које наводе Tys et al. (2007) за сорте Baldur (0,40 N), Californium, Titan, Vectra (0,4 - 0,55 N), Extend и Exgold (0,55 N). Вредности које су добили наведени аутори су мање у односу на вредности силе кршења добијених у овим истраживањима због касније бербе, сувљег усева (нижег садржаја воде у зрну), као и испитивања различитих сорти. Према добијеним резултатима код којих вредности силе кршења љуски у хоризонталном положају сорти Банаћанка (1,38 N) и Славица (1,33 N) су сагласне вредностима силе одвајања љуски новостворене сорте DK 142 (1,33 N) које наводе Child et al. (2003).

Сила отпора кршења љуски испитиваних сорти опада са смањењем садржаја воде у зрну односно сазревањем љуски, тако да се величина силе кршења љуски сорти у првом и другом року бербе разликује. У другом року бербе зрелије и сувље петељке љуски постају крте, па и најмање спољашње силе додира (витла, раздељивача, ветра, града...) утичу на лако откидање и кршење љуски. У првом року бербе, због повећаног садржаја воде у зрну, љуски јачи је спој између петељке љуске и гранчице, па су силе кршења љуски веће (1,47 N). Међутим, код сорте Јасна није било разлике у величини силе кршења између првог и другог рока бербе (интеракција рок бербе × сорта). Разлика која постоји између силе кршења љуски испитиваних сорти највероватније произилази из разлике у дебљини петељке и броја влакана у њој, што су у својим истраживањима доказали Child et al. (2003). Поред тога, угао под којим се љуске налазе на гранама утиче на величину силе кршења и отварања (Kadkol et al., 1984; Yan-cheng et al., 2010). Према запажању аутора, ако љуске заклапају већи угао са гранама, повијеније су према земљишту, изложеније сунчаним зрацима, више упијају топлоту, загревају се, брже сазревају и старе, тако да се лакше крше и отварају.

У другом року бербе, код презрелог усева веза између петељки љуски и главне гранчице ослаби, да дејство и најмање силе утиче на њено доста лакше одвајање и кршење. Због тога су у другом року бербе вредности силе кршења значајно мање и не разликују се код сорти Банаћанка 1,07 N, Јасна 1,00 N и Славица 1,10 N. Наведени резултати који се односе на величине силе одвајања љуски у пуној зрелости су сагласни резултатима које су за три сорте уљане репице добили Skubisz and Rudko (1998).

Применом Elastiq-a спојно место петељке љуске и средишне гране се обавија танким слојем еластичне опне, која чини спојно место чвршћим и жилавијим, тако да теже долази до њиховог одвајања и кршења. Значајно је већа сила кршења љуски са применом Elastiq-a (1,38 N) у односу на љуске из контролне варијанте (1,15 N).

7.2.3. Међузависност механичких и физичких особина љуски

Кореалационом анализом утврђена је слаба позитивна корелација између силе отварања љуски у вертикалном положају и ширине и масе празне љуске са преградом, као и позитивна корелација између силе отварања и дебљине љуске. Резултати ових истраживања су у сагласности са резултатима Hui-Ming et al. (2013), који су утврдили позитивну корелацију између силе отварања љуски и ширине и масе љуске, броја зрна у љусци и масом зрна. Резултати ових истраживања су делимично у сагласности са већ наведеним позитивним корелацијама између силе отварања љуски и ширине (Yan-Cheng et al., 2008; Child et al., 2003), дебљине (Szot and Rudko, 2005; Baczkiewicz et al., 2011) и масе љуске (Kadkol et al., 1985; Summers, et al., 2003; Luczkiewicz et al., 2012, 2013).

Корелациона зависност између силе отварања љуски у вертикалном положају и дужине љуске, као и броја зрна у љусци била су јако слаба и негативне.

Значајна позитивна корелација између силе отварања љуски у хоризонталном положају и масе зрна у љусци, је у сагласности са резулатима Hui-Ming et al. (2013). Насупрот томе негативна корелација установљена је између силе кршења љуски и дужине љуске, као и између силе кршења и дебљине љуске. Наведени резултати су делимично у сагласности са резултатима Davies and Bruce (1997), који су закључили да краће љуске имају већу отпорност на одвајање у односу на дуже љуске.

Од анализираних физичких особина љуски, сила отварања љуски у хоризонталном положају највише је зависила од масе зрна, а сила кршења од дужине и дебљине љуске.

У овим истраживањима најача позитивна корелација постојала је између силе кршења и силе отварања љуски, како у хоризонталном тако и у вертикалном положају љуски. Приказани резултати су сагласни са резултатима истраживања Child et al. (2003) који су код сорте DK 142 утврдили јаку позитивну међузависност силе отварања љуски и силе кидања љуски.

Вредности силе отварања љуски су веће од сила кршења у вертикалном и хоризонталном положају љуски код свих третмана. Највероватније да је то због разлике у брзини отпуштања влаге из љуске и петељке, односно бржег сазревања петељке у односу на љуску и зрно. Петељка брже прима и отпушта влагу у односу на љуску и зрно, па се може сматрати да влажност зрна не прати пропорционално влажност петељке.

Добијени резултати указују да је сила отварања љуски у вертикалном положају повезана са њеним физичких особина, пре свега са масом празне љуске са преградом, ширином и дебљином љуске, а у хоризонталном положају са масом зрна. Сила кршења љуске у хоризонталном положају љуске је у корелацији са дужином и дебљином љуске.

7.3. Физичке особине зрна

Вредности механичких и физичких особине зрна, као и уопште биоматеријала, нису строго одређене, већ се мењају у зависности од наследних особина сорти, агротехничких и агроеколошких услова гајења. Услед дугог периода цветања и образовања плодова уљане репице, формирају се зрна различитих физичких особина, степена испуњености и физиолошке зрелости.

7.3.1. Садржај воде у зрну

Познавање садржаја воде у зрну је врло битно за одређивање: времена бербе, режима рада вршидбеног уређаја комбајна, параметара сушења и складиштења зрна ради очувања његовог квалитета. Планирано је да испитивања физичких особина зрна буду при различитим садржајима воде у зрну од почетног ваздушно сувог зрна са 6%, затим 11%, 16% и 21%. У производним условима је врло тешко постићи уједначен предвиђени садржај воде у зрну, јер он зависи од климатских услова у току бербе и услова чувања зрна после бербе. Мада су услови чувања узорака до обраде података били потпуно исти за све сорте, једино је постојала разлика у почетном садржају воде ваздушно сувог зрна. Просечан почетни садржај воде у зрну у 2015. години (6,66%) је био већи од предвиђеног, док је у 2014. години (5,95%) приближан предвиђеном (6%). Различити климатски услови у годинама истраживања су утицали да предвиђене почене вредности воде у зрну нису у потпуности у складу са измереним. Остале предвиђене веће вредности садржаја воде у зрну од почетне (11%, 16% и 21%) су приближне измереним вредностима, за све сорте у обе године истраживања.

7.3.2. Маса 1000 зрна

Маса зрна није само физичка особина зрна, већ је и компонента приноса, показатељ крупноће и испуњености зрна. Упоредо са развојем прецизних сејалица за сетву, маса 1000 семена већине биљака постаје параметар за изражавање броја семена по јединици површине, ради добијања одговарајуће сетвене норме и броја биљака по јединици површине.

Vujaković et al. (2010), Jovičić et al. (2011), Vujaković et al. (2014), Vujaković et al. (2015) истичу да је за сорте уљане репице створене у Институту за ратарство и повртарство у Новом Саду сорта најзначајнији фактор који утиче на масу 1000 зрна.

Сорта Јасна имала је највећу средњу вредност масе 1000 зрна у првој, а најмању сорта Славица и другој години истраживања. Вредности масе зрна код најнижег садржаја воде варирале су од 4,11 g код сорте Славица до 4,74 g код сорте Јасна у првој и 4,06 g до 4,38 g у другој години истраживања, код истих сорти. Добојене вредности масе 1000 зрна у овим истпитивањима су више у односу на истраживања Vujaković et al. (2010), Jovičić et al. (2011) за сорте Банаћанка и Славица, што може бити последица различитих климатских и земљишних услова, као и примењене агротехнике. На основу резултата добијених у овим истраживањима, може се закључити, да са порастом садржаја влажности зрна расте и маса 1000 зрна, што је у сагласности са резултатима Calisir (2005), Szot and Rudko (2005), Razavi et al. (2006), Razavi et al. (2009), Tanska et al. (2009), Hui Ming et al. (2013), Holzapfel et al. (2010).

У 2014. години са порастом садржаја воде у зрну од 6% до 21%, маса 1000 зрна је значајно повећана код сорти Славица, Банаћанка и Јасна. Резултати ових истраживања су у сагласности са резултатима Izlia et al (2009), који су испитивали сорте Jet Neuf и Samurai при различитим садржајима воде у зрну (8,3%-25,9%), као и Szot et al (2007, 2008), који износи податке за сорте Star и Jura. Duc et al. (2008) наводе да је са порастом садржаја воде у зрну од 10% до 30% маса 1000 зрна повећана са 5,04 g на 6,46 g. Нешто ниже вредности за масу 1000 зрна Szot

(2008) наводи за сорту Margo, као и Razavi et al (2009) за сорте Hyola и Orijent. Разлика у маси 1000 зрна код сорти у овим и предходним истраживањима је последица одабраних сорти различитих генетских карактеристика, као и разлика у садржају воде у зрну.

При нижим садржајима воде од 6% и 11%, зрно упија мању количину воде, потребну за попуњавање шупљина (пора) у њему. Даљим упијањем воде, односно при вишим садржајима воде у зрну од 11% до 16% и од 16% до 21%, дошло је до повећања масе 1000 зрна. Резултати испитивања масе 1000 зрна сорте Јасна при најнижем садржају воде у зрну су у сагласности са резултатима Baran et al. (2016) за масу зрна сорте Elvis.

7.3.3. Запремина зрна

Крупноћа зрна може бити изражена његовим димензијама, масом 1000 зрна и запремоном зрна. Познавање запремине зрна важно је за организовање транспорта, складиштења, дораде и сушења зрна.

У 2014. и 2015. години сорта и садржај воде у зрну су значајано утицали на варирање вредности запремине зрна. Сорта Јасна је у обе године истраживања имала значајно већу просечну запремину зрна од сорти Банаћанка и Славица. До повећања запремине зрна сорте Јасна дошло је због веће крупноће зрна у односу на зрна друге две сорте. Крупније зрно сорте Јасна је упило већу количину воде, што је проузроковало његово бубрење и повећање обима и запремине, у већој мери него код друге две сорте. Вредност запремине је углавном повезана са масом 1000 зрна, што показује корелационо регресиона анализа у обе године истраживања.

Запремина зрна се значајно повећава са порастом садржаја воде у зрну на свим нивоима у обе године истраживања. Пораст садржаја воде у зрну од 6% до 21% утицао је на повећање запремине зрна испитиваних сорти у обе години истраживања.

При нижим садржајима воде од 6% до 11%, зрно упија мању количину воде, потребну за попуњавање шупљина у њему. Даљим упијањем и повећањем садржаја воде у зрну од 11% до 16% и од 16% до 21%, дошло је до бубрења и наглог повећања запремине.

Средње вредности запремине зрна у првој години истраживања сорте Јасна су у сагласности са резултатима које за сорту Elvis наводе Baran et al. (2016). Запремина зрна сорте Јасна је упоредива са вредностима које за сорте Jet Neuf и Samurai саопштава Izli (2009). Исти аутор наводи нешто веће вредности запремине зрна за сорту Capitol код садржаја воде у зрну од 8,3% до 25,9%. Вредности запремина зрна сорте Банаћанка добијене у овим истраживањима у првој години су у сагласности са резултатима које наводи Calisir (2005). Добијене вредности запремина зрна су више од вредности које наводи Razavi et al (2006), а мање од података које износе Duc et al. (2008). Предпоставља се да је настала разлика у вредностима запремине зрна последица сортних разлика и агроеколошких услова у којима су обављена истраживања.

7.3.4. Насипна маса

Насипна маса као физичка величина је веома важан показатељ квалитета зрна. Познавањем насипне масе зрна неке културе могуће је испланирати капацитете складишта, транспортних средстава, средстава за манипулацију, одосно дистрибуцију зрна, машина за дораду и одредити количину зрна у складишту.

На вредности насипне масе зрна значајан утицај сорте је постојао само у првој години истраживања. У 2014. години просечне вредности насипне масе код свих садржаја воде у зрну сорти Банаћанка и Славица су веће од вредности сорте Јасна. Разлика у насипној маси сорте Јасна и остале две сорте може се повезати са крупнијим зрном и већом масом 1000 зрна сорти Банаћанка и Славица, јер у исту запремину простора стане мање крупнијег него ситнијег зрна.

Резултати ових истраживања за вредности насипне масе у 2015. години при најнижем садржају воде у зрну сорте Банаћнка су упоредиви са резултатима које за сорту Elvis наводе Baran et al. (2016).

Вредности насипне масе зрна свих сорти су опадале са порастом садржаја воде у зрну. У првој и другој години истраживања насипна маса зрна се кретала од највеће (656,21 kg m^{-3} и 620,45 kg m^{-3}) код најнижег садржаја влажности зрна, до најмање (617,24 kg m^{-3} и 571,82 kg m^{-3}) код највећег садржаја влажности зрна, по редоследу. Негативну линеарну корелацију између садржаја воде у зрну и насипне масе установио је и Calisir (2005). Како аутор наводи, при порасту садржаја воде у зрну од 4,7% до 28,96% насипна маса зрна је смањена са 612,1 kg m^{-3} на 585,1 kg m^{-3}.

У 2014. години са порастом садржаја воде у зрну од 6% на 21% смањена је насипна маса зрна сорти Банаћанка, Јасна и Славица. Сличне резултате за насипну масу зрна сорте Банаћанка и Славица у производној 2009/2010 години добили су Vujaković et al. (2015). Према истраживањима Vujaković et al. (2014), Vujaković et al. (2015) вредности насипне масе сорте Славица су биле много веће у производној 2007/2008 и 2010/2011 години од вредности приказних у овом раду. Такође је и насипна маса сорте Банаћанка у производној 2010/2011 години била већа од вредности добијених у овим истраживањима. Разлике у вредностима насипне масе зрна истих сорти уљане репице могу се објаснити различитим земљиштим и климатским условима у годинама производње. У години са екстремно неповољним агроеколошким условима, исте сорте могу имати мању насипну масу зрна од масе у просечним годинама.

Генерално, садржај воде у зрну је имао већи утицај од сорте на промене вредности насипне масе, посебно у другој години истраживања.

У 2015. години на варирање вредности насипне масе утицао је само садржај воде у зрну. Са смањењем садржаја воде у зрну од 21% на 6% повећана је насипна маса сорте Банаћанка (580,63-617,87 kg m^{-3}), Јасна (564,52 до 629,10 kg m^{-3}) и Славица (570,32-614,38 kg m^{-3}). Наведене вредности насипне масе су у сагласности са резултатима Razavi et al. (2009). Сличне резултате објавио је Izli (2009) за сорте Capitol, Jet Neuf и Samurai. Према истраживањима Szot (2008), насипна маса опада са порастом садржаја воде у зрну, са појединим изузецима. Насипна маса је варирала од 669,5 kg m^{-3} код сорте Star при садржају воде у зрну 12% до 632,0 kg m^{-3} сорте Margo и Jura код зрна са 24% воде у зрну. Анализирајући утицај садржаја воде у зрну на вредности насипне масе код различитих сорти Duc et al. (2008) су добили мање, а Hazbavi et al. (2009) и Razavi et al. (2006) веће вредности насипне масе од вредности добијених у овим истраживањима.

Највеће смањење вредности насипне масе било је од најнижег до другог, и од трећег до највишег садржаја воде у зрну. До сличних закључака о кретању вредности насипне масе у зависности од садржаја воде у зрну дошли су и Razavi et al. (2009).

Садржај воде у зрну значајно је утицао на вредности насипне масе. Линеарно са порастом садржаја воде у зрну смањује се насипна маса, што је последица повећаног удела воде, а истовремено смањеног садржаја суве материје у укупној запремини зрна. Поред структурних промена, долази и до промене запремине зрна услед бубрења, тако да у исту јединицу запреминског простора стане мање зрна. Повећање запремине зрна утицало је на смањење вредности насипне масе, што је показала и корелационо регресиона анализа у обе године истраживања.

7.3.5. Густина зрна

Густина је значајна физичка особина, јер је веома важан показатељ квалитета, односно наливености и испуњености зрна.

У 2014. години на варирање вредности густине зрна значајно је утицала сорта и садржај воде у зрну, а у 2015. години само садржај воде у зрну. Одабране сорте су се разликовале у средњим вредностима густине зрна само у првој години истраживања. Сорта Банаћанка је имала значајно већу густину зрна, од сорти Славица и Јасна.

У првој години, са порастом садржаја воде у зрну од 6% на 21% густина зрна свих сорти је значајно смањена што је у сагласности са резултатима Izli (2009), Hazbavi et al. (2009) и Razavi et al. (2006).

У 2015. години разлика у средњим вредностима густине зрна при најнижем и највишем садржају воде у зрну сорте Банаћанка је 4,01%, сорте Јасна 4,34% и сорте Славица 3,57%. Сличне резултате истраживања о разликама густине зрна између најнижег (8%) и највишег садржаја воде у зрну (26%) објавио је Izli (2009) за сорте Capitol 5,45%, Jet Neuf 4,19% и Samurai 5,35%. Исти аутор закључује, да се вредности густине зрна нису значајно разликовале између сорти при различитим садржајима воде у зрну. Резултати истраживања густине зрна добијени у другој години су у сагласности са резултатима ових аутора.

Релативно смањење густине зрна са повећањем садржаја воде у зрну може се објаснити сразмерно мањем повећању масе зрна у односу на повећање његове запремине, због већег удела воде, а мањег удела суве материје у њему.

Између густине и насипне масе постојала је позитивна корелација у обе године истраживања. Насипна маса је повезана са густином зрна, а она са масом 1000 зрна. Смањење вредности масе 1000 зрна повезано је са повећањем вредности густине зрна. Како је сорта Јасна имала највећу масу 1000 зрна, очекивано и густина зрна ове сорте је била мања од друге две, што је у сагласности са резулатима Izli (2009), Hazbavi et al. (2009) и Razavi et al. (2006). Вредности густине зрна добијене у овим истраживањима су мање у односу на вредности које су приказали Hazbavi et al. (2009) и Razavi et al. (2006), што се може тумачити различитим сортиментом, као и различитим агроеколошким условима у којима су изведени огледи.

7.3.6. Порозност масе зрна

Порозност је врло битна физичка особина насутог материјала у току чувања зрна и у поступку аерације и дезинсекције складишта. Већа порозност масе зрна омогућава лакше струјање ваздуха у току принудне вентилације, хлађења и сушења. Из тог разлога познавање порозности масе зрна је важно за пројектовање димензија складишта, система принудне вентилације и сушења зрна. Порозност насуте масе зависи од сортних особина: облика, површине, величине и масе 1000 зрна. Сорте које имају крупније зрно, са глатком и равном површином семеног омотача, имају већу порозност. Поред тога, порозност насуте масе зрна индиректно може да зависи и од агроеколошких услова, у реонима производње уљане репице у одређеној години.

Резултати истраживања показују да су између сорти код свих садржаја воде у зрну постојале значајне разлике у вредности порозности масе зрна у првој години истраживања.

У 2014. години најмања порозност зрна сорте Славица се значајно разликовала од вредности остале две сорте Јасна и Банаћанка, независно од садржаја воде у зрну. Ситна зрна сорте Славица су боље испуњавала међу простор зрна, као и простор између зрна и зидова мензуре, при чему је смањен простор за ваздух, па је отуда и порозност насуте масе мања. Сорта Јасна је имала крупније зрно, које није могло добро да се збије па је остао већи празан простор између зрна, а тиме и већа порозност насуте масе. Добијени резултати истраживања о утицају сорте на порозност масе зрна су у сагласности са истраживањима Izlia (2009).

У обе године истраживања је утврђено да постоји значајан утицај садржаја воде у зрну на порозност масе зрна свих сорти. Са порастом садржаја воде у зрну од 6% до 21% повећана је порозност од 35,52% до 37,91% у првој и 39,65% до 42,15% у другој години у просеку за све сорте. Добијене вредности порозности масе зрна при различитим садржајима воде у зрну су се значајно разликовале у обе године истраживања. Значајна разлика једино није постојала у другој години истраживања између вредности порозности при садржају воде у зрну од 11% и 16%. У зависности од порозности и густине самог зрна зависи и колику ће количину воде зрно моћи да прими у себе. Сигурно је, да се структура зрна разликовала између сорти, па отуда и разлика у количини воде коју су зрна упила. При вишим садржајима воде, зрно је адсорбовало већу количину воде, због чега је дошло до повећања запремине и порозности. Резултати истраживања који су саопштили аутори Calisir (2005), Razavi et al. (2006), Szot (2008), Izli (2009) показују, да се са порастом садржаја воде у зрну значајно повећава порозност масе зрна.

Код свих сорти са повећањем садржаја воде у зрну од 6% на 21% повећавала се и порозност масе зрна. Најмања измерена порозност зрна 35,19% је код сорте Славица у првој, а највећа 42,98% код сорте Јасна у другој години истраживања. Сличне резулате проучавања утицаја садржаја воде у зрну и сорте на повећање порозности масе зрна објавили су Izli (2009), Razavi et al. (2006) и Szot (2008). Много веће вредности од добијених вредности за порозност масе зрна у својим истраживањима утврдио је Calisir (2005).

Између порозности и насипне масе зрна постојала је негативна корелација у обе године истраживања.

7.3.7. Статички угао насипања

Статички и динамички углови насипања показују сипкост семена, јер ова величина указује на трење између семена (и других компоненти) у гомили. При конструкцији транспортних средстава и утоварно истоварних уређаја, као и пројектовању складишта, потребно је познавати статички угао насипања.

На варирање вредности статичког угла насипања утицали су сорта и садржај воде у зрну. У првој години истраживања независно од садржаја воде у зрну најмањи статички угао насипања измерен је код сорте Банаћанка (25,95^{o}), који се значајно разликовао од његове вредности код сорти Јасна (27,19^{o}) и Славица (27,30^{o}).

У 2014. години вредности статичког угла насипања су се значајно повећале са порастом садржаја воде у зрну. При најнижем садржају воде у зрну забележен је најмањи, а код највишег садржаја воде у зрну највећи статички угао насипања. Да са порастом садржаја воде у зрну расте и статички угао насипања утврдили су и Krička et al. (1999), Razavi et al. (2006), Szot et al (2007), Kiš et al. (2008), Hong et al (2008), Szot (2008), Izli (2009). Вредности статичког угла насипања су се кретале у границама од 22,96^{o} до 28,05^{o} сорте Банаћанка, од 24,64^{o} до 29,66^{o} сорте Јасна и од 24,63^{o} до 29,61^{o} сорте Славица при најнижим односно највишим садржајима воде у зрну. Најмањи статички угао насипања за сорте Јасна и Славица је упоредив са његовом вредношћу код сорте Lirajet (24,50^{o}), док је код сорте Банаћанка статички угао већи од сорте Silvia (21,32^{o}) при садржају воде у зрну од 6% (Krička et al., 1999). Вредности статичког угла насипања сорти Јасна и Славица су упоредиви са вредностима које наводе Krička et al. (1999) за сорте Semu 93-10 и Semu 91020, као и сорту Банаћанка са сортама Diana и Lirajet при садржају воде у њиховом зрну од 16%. Поред тога, вредности статичког угла насипања сорти Јасна и Славица су у сагласности са вредностима које су за сорте Titan, Baldur и Artus при најнижем садржају воде у зрну измерили Kiš et al. (2008).

У 2015. години на варирање вредности статичког угла насипања значајан утицај су имали сорта и садржај воде у зрну, као и њихово узајамно деловање.

Сорте су се значајно разликовале у вредностима статичког угла насипања независно од садржаја воде у зрну. Најмањи статички угао насипања измерен је код сорте Банаћанка (24,97^{o}) а највећи код сорте Славица (28,59^{o}). Просечне вредности статичког угла насипања за наведене сорте су приближне вредностима сорти Margo и Jura, које наводи Szot (2008). Међутим, сорте Јасна и Славица су се резликовале од сорте Банаћанка по вередностима статичког угла насипања само при нижим садржајима воде у зрну (6% и 11%). Сличне вредности наводе Izli (2009) за сорте Capitol и Samurai и Razavi et al (2006) за сорту Hyola.

Све сорте су имале тренд повећања вредности статичког угла насипања са порастом садржаја воде у зрну на свим нивоима. Најмањи статички угао насипања код свих сорти је при најнижем садржају воде у зрну (6%). Са порастом удела воде у зрну постепено се повећава статички угао насипања, да би своју највећу вредност достигао при највишем садржају воде у зрну (21%). Међутим, једино је сорта Славица реаговала значајним повећањем статичког угла насипања при повећању садржаја воде у зрну, док је повећање статичког угла насипања сорти Банаћанка и Јасна утврђено само при најнижим и највишим садржајима воде у зрну. Наведене промене вредности овог угла сагласне су вредностима које за сорту Jet Neuf наводи Izli (2009).

У 2015. години на вредност статичког угла насипања утицала је сорта и садржаја воде у зрну, при чему су вредности варирале од 23,22^{o} до 26,83^{o} код сорте Банаћанка, од 25,90^{o} до 28,68^{o} код сорте Јасна и од 25,79^{o} до 31,52^{o} код сорте Славица. Наведене вредности за сорту Банаћанка су у сагласности са вредностима статичког угла насипања сорте Capitol (Izli, 2009), као и за сорту Јасна са сортом Margo (Szot, 2008). У истраживањима Izli (2009) вредности статичког угла насипања сорти Jet Neuf и Samurai су нешто ниже од вредности добијених овим истраживањима за сорте Јасна и Славица, док су вредности сорте Банаћанка приближне вредностима сорте Capitol.

Статички угао насипања сорте Јасна је упоредив са вредностима сорте SLM, сорте Банаћанка са вредностима сорте Orijent (Razavi et al., 2006), и сорте Славица са вредностима сорте Star и Jura које наводи Szot (2008).

Статички угао насипања сорте Јасна при садржајима воде у зрну од 6% је приближан вредностима сорте Semu 910201 и Semu 93-10, а сорте Славица вредностима сорта Karola и Diana (Krička et al., 1999). При садржају воде у зрну од 16% вредност статичког угла насипања сорте Јасна је приближна вредностима сорти Semu 93-10 и Semu 91020 (Krička et al., 1999). Вредности статичког угла насипања зрна сорти у овим истраживањима су приближне вредностима које наводи Kiš et al. (2008) за сорте Titan, Baldur и Artus при најнижем садржају воде у зрну. Сорта Банаћанка је имала сличну вредност статичког угла насипања као и наведене сорте при садржају воде у зрну од 16%.

У обе године истраживања сорта Славица је имала највећи статички угао насипања. То се може објаснити тиме да је сорта Славица имала најситније зрно, па је сила адхезије била већа због веће ефективне површине додира између зрна и његовог бољег налегања и слагања на гомили.

7.3.8. Динамички угао насипања

Динамички угао насипања је значајнији од статичког јер се формира од насутог зрна које је у покрету, што се у стварности и дешава приликом манипулације, дистрибуције зрна**.**

Независно од садржаја воде у зрну, сорте су се у 2014. години разликовале по вредностима динамичког угла насипања,. Најмањи динамички угао насипања измерен је код сорте Банаћанка (22,02°), који се значајно разликовао од сорти Јасна (23,20 °) и Славица (22,98 °). Независно од сорте, са променом садржаја воде у зрну од 6%, 11%, 16% и 21% дошло је до повећања динамичког угла насипања. Тенденцију повећања динамичког угла насипања са порастом садржаја воде у зрну уочили су у својим истраживањима Hong et al (2008), Szot et al (2007), Szot (2008).

При повећаном порасту садржаја воде у зрну са 6% на 21% вредности динамичког угла насипања су се повећавале код сорти Банаћанка, Јасна и Славица.

У 2015. години на варирање вредности динамичког угла насипања значајан утицај су имали сорта, садржај воде у зрну и њихова узајамна деловања. Средње вредности динамичког угла насипања при свим садржајима воде у зрну, сорти Банаћанка, Јасна и Славица су се значајно разликовале, осим при највишем садржају између сорти Јасна и Славица (сорта×садржај воде у зрну). Највећи измерени динамички угао насипања код сорте Славица је највероватније због ситног зрна. Поред тога, зрно је имало добру сипкост, мању сферичност, па се приликом насипања и пада на гомилу није котрљало низ стрме странице, већ се услед дејства кохезионих сила и трења задржавало уз њих.

Са порастом садржаја воде у зрну од 6% на 11%, 16% и 21% дошло је до повећања динамичког угла насипања од 20,51° на 22,41°, 23,93° и 25,09° у просеку за све сорте. Да се динамички угао насипања повећава са порастом садржаја воде у зрну показали су и резултати истраживања Szot et al (2007), Hong et al (2008) и Szot (2008).

Код испитиваних сорти динамички угао насипања се повећавао са повећањем садржаја воде у зрну од најмањег ка највећем. Повећање динамичког угла насипања код сорте Банаћанка било је са 18,36° на 22,83°, Јасна са 21,07° на 26,14° и Славица са 22,11° на 26,31°. Међутим, при садржају воде у зрну од 11% и 16% код сорте Банаћанка и од 16% и 21% код сорте Славица вредности динамичког угла насипања нису значајно повећане (интеракција сорта×садржај воде у зрну). На повећање динамичког угла насипања значајан утицај имало је повећање садржаја воде у зрну, највероватније због пораста атхезионих сила и повећање трења. Осим тога, зрно са већим садржајем воде постаје лепљиво и компактно, што повећава гомилу насутог материјала и динамички угао насипања.

Вредности динамичког угла насипања приказани у овим итраживањима су ниже од вредности које наводи Szot et al (2007), Szot (2008) за сорте Star, Margo и Jura, као и Baran et al. (2016) за сорту Elvis. Највероватније да је разлика у вредностима динамичког угла насипања последица различитих особина зрна испитиваних сорти и агроеколошких услова**.** Вредност динамичког угла насипања сорте Славица при садржају воде у зрну од 11% је упоредив са вредностима које наводи Hong et al (2008).

Постојала је врло јака негативна корелација између динамичког угла насипања и насипне масе, а јака позитивна повезаност између динамичког угла насипања и порозности зрна.

7.3.9. Коефицијент трења

Познавање коефицијента трења је од посебног значаја за: пројектовање опреме за дораду семена, избор подлоге од различитих материјала, израчунавање угла под којим треба да се поставе гравитациони столови, транспортне цеви и елеватори за транспорт зрна. На основу особина површина подлога од различитих материјала, развијене су методе раздвајања семена при његовој доради. Раздвајање глатког од храпавог, смежураног зрна обавља се на основу гравитације, на косим површинама од различитих материјала и са различитим коефицијентима трења. Особине зрна: храпавост, рељефност, смежураност, обраслост израштајима и сипкост су карактеристична фрикциона својства зрна од којих зависи коефицијент трења.

У 2104. години највећи коефицијент трења, забележен је у просеку код сорте Јасна затим код сорте Славица, за све садржаје воде у зрну и врсте подлоге, осим на подлози од шпер плоче и пластике. Најмањи коефицијент трења зрна измерен је код сорте Банаћанка и он се значајно разликовао од коефицијента сорти Јасна и Славица на свим подлогама и при свим садржајима воде у зрну.

Да се независно на врсте подлоге и садржаја воде у зрну коефицијент трења разликује између сорти потврђују и резултати истраживања Izli et al. (2009) за сорте Samurai, Jet Neuf и Capitol. Значајно највећи коефицијент трења имала је сорта Capitol у односу на остале две сорте. Сорта Samurai је имала најмањи коефицијент трења на свим подлогама при свим нивоима влажности зрна. Razavi et al. (2009) су установили за сорту Orient најмањи а за сорту SLM највећи коефицијент статичког трења, независно од подлоге и садржаја воде у зрну.

Промена садржаја воде у зрну значајно утиче на промену вредности коефицијента трења. Утврђено је, да са порастом садржаја воде у зрну долази до повећања коефицијента трења зрна свих сорти**.** Најмањи коефицијент трења (0,264) је измерен при најнижем садржају воде у зрну (6%). Постепеним порастом садржаја воде у зрну повећава се и коефицијент трења и своју највећу вредност (0,354) достиже при највећем садржају воде у зрну (21%). Разлог за повећање коефицијента трења при порасту садржаја воде у зрну, је вероватно тај што присутна вода у зрну повећава кохезионе силе на површини контакта зрна и подлоге. Повећањем садржаја воде у зрну површине подлоге и узорака постају лепљиве и на тај начин отежавају-спречавају односно смањују клизање зрна по подлози. Због лепљивости, повећавају се адхезионе и кохезионе силе влажних зрна са контактном површином подлоге. Површине зрна и подлоге су мање лепљиве када је садржај воде у зрну мањи, па је и коефицијент трења мањи. Поред садржаја воде у зрну на повећану лепљивост површине подлоге и зрна највероватније утиче и садржај уља у зрну.

Да се коефицијент трења зрна повећава са порастом садржаја воде у зрну потврђују и истраживања других аутора Krička (1998), Krička (1999), Calisir (2005), Hong et al. (2008), Kiš et al. (2008), Izli et al. (2009), Razavi et al. (2009). Према резултатима Razavi et al. (2009), статички коефицијент трења на различитим подлогама повећава се нелинеарно са повећањем садржаја воде у зрну.

У току мерења коефицијента трења зрно се другачије понашало на различитим подлогама. Вредност коефицијента трења зависи од стања и храпавости површине подлоге која долазе у додир са зрном приликом мерења.

Најмањи коефицијенти трења зрна свих сорти био је на подлози од нерђајућег челичног лима. Глатка и равна исполирана површина нерђајућег челичног лима омогућава зрну да лагано клизи по њој, без великог отпора. На храпавим и неравним површинама подлоге од шпер плоче и пластике зрно теже клизи, па је на њима измерен највећи коефицијенти трења. Међутим, присутна је извесна несагласност у вредности коефицијента трења на различитим подлогама при различитим садржајима воде у зрну. Коефицијент трења на подлози од пластике се није разликовао од коефицијента трења на подлози од алуминијумског, челичног лима при садржају воде у зрну од 6% и 16%, као и на подлози од поцинкованог лима при садржају воде у зрну од 6%. Највероватније, да је приликом мерења вредности коефицијента трења великог броја узорака, довело да уље и прашина са зрна попуне поре подлоге на пластици, па она постане мање храпава, односно приближне храпавости осталих подлога, осим подлоге од нерђајућег челичног лима.

У 2014. години највећи коефицијенти трења забележени су на подлози од шпер плоче и пластике, затим са незначајно различитим вредностима следе поцинковани, алуминијумски и челични лим, а најмањи на подлози од нерђајућег челичног лима. У овим истраживањима редослед коефицијент трења је исти као и у наводима Calisir (2005), Izli et al. (2009) за подлоге од шпер плоче, челичног, алуминијумског и нерђајућег челичног лима. Резултати ових истраживања су такође у сагласности са резултатима Hong et al. (2008) за коефицијенте трења на подлози од пластике, поцинкованог и нерђајућег челичног лима. Hazbavi et al. (2009) су утврдили да је најмањи коефицијент трења зрна уљане репице на подлози од челичног лима (0,273) што је приближно вредности добијене у овим истраживањима. Према резултатима Baran et al. (2016) од три испитиване подлоге, највећи коефицијет трења је забележен на површини од поцинкованог челичног лима (0,318), затим од алуминијумског (0,305) и најмањи од нерђајућег челичног лима (0,288). Добијени резултати у овом раду су приближне вредностима које наводе предходни аутори.

Резултати ових истраживања за коефицијенте трења се разликују од резултата Razavi et al. (2009), само по томе што је коефицијент трења на површини од поцинкованог лима већи од коефицијента на пластичној подлози. Оваква разлика у вредностима коефицијента трења је највероватније последица тога што храпавост површине подлоге пластике у овим истраживањима није била иста као у истраживањима наведених аутора.

У 2015. години независно од врсте подлоге и садржаја воде у зрну, најмањи коефицијент трења измерен је код сорте Банаћанка (0,287), а значајно већи код сорти Јасна (0,324) и Славица (0,326). Међутим, при садржају воде у зрну од 6% вредности коефицијента трења свих истраживаних сорти нису се разликовале, највероватније због тога што је сорта Банаћанка имала нешто већи почетни садржај воде у зрну у односу на остале сорте. Razavi et al. (2009) су закључили да сорте имају различит коефицијент трења на различитим подлогама и садржајима воде у зрну. Најмањи коефицијент трења, аутори су забележили код сорте Orijent, а највећи код сорте SLM. До истих резултата дошли су Izli et al. (2009) који су највећи коефицијент трења утврдили код сорте Capitol на свим подлогама и садржајима воде у зрну. Резултати ових истраживања су у сагласности са резултатима предходних аутора. Измерене вредности коефицијента трења за сорте Јасна и Славица на подлози од алуминијумског лима се подударају са резултатима Kiš et al. (2008) за сорте Titan, Baldur, и Artus при 16 % садржаја воде у зрну.

У 2015. години, просечно за све подлоге код свих сорти коефицијент трења се повећава са порастом садржаја воде у зрну на свим нивоима. Најмањи коефицијент трења је измерен при најмањем садржају воде у зрну (0,276). Постепеним порастом садржаја воде у зрну коефицијент трења се повећава и максималну вредност (0,351) постиже при највишем садржају воде у зрну од 21%. Према резултатима (Kiš et al., 2008) опадањем садржаја воде у зрну, односно његовим сушењем смањивале су се вредности коефицијенти трења на подлози од алуминијумског лима код сорти Titan, Baldur и Artus.

Независно од сорте и садржаја воде у зрну, просечан коефицијент трења зрна се разликовао на свим подлогама, осим на подлогама од поцинкованог, челичног и алуминијумског лима. Површине наведених подлога су приближно једнаке храпавости, па се због тога коефицијенти трења на њима не резликују.

Највећи коефицијент трења је утврђен на подлогама од шпер плоче и пластике, а најмањи на подлози од нерђајућег челичног лима. Највећи коефицијент трења био је на подлози од шпер плоче, због њене храпаве површине. Поред тога, приликом мерења коефицијента трења, један део воде из зрна се задржавао на површини подлоге, а други је помало упијала. Због тога се влажно зрно више лепило за подлогу шпер плоче у односу на друге подлоге па је коефицијент трења на њој био већи. Међутим, као и у 2014.години, дошло је до извесне несагласноти у коефицијенту трења на различитим подлогама при различитим садржајима воде у зрну. Део воде који је упио површински слој шпер плоче више је задржавао прашину са зрна, која је попунила поре на подлози. Због тога је подлога од шпер плоче постале приближне храпавости као и подлога од пластике, па се код њих коефицијент трења није разликовао при свим садржајима воде у зрну. Такође, коефицијент трења на подлози од пластике се значајно није разликовао од коефицијента трења на подлогама од алуминијумског челичног и поцинкованог лима при садржаја воде у зрну 6%, као и од коефицијента на подлози од алуминијумског и поцинкованог лима при садржају воде у зрну 11%. Да нема значајне разлике у коефицијенту трења код сорте Jet Neuf на пдологама од нерђајућег челичног лима, алуминијумског лима и стакла установио је и Izli et al. (2009).

8. ЗАКЉУЧАК

На основу анализе добијених резултата о утицају времена бербе и примена Elastiq-а на вредности физичких и механичких особина љуски и зрна сорти уљане репице може се извести следећи закључци:

- Упогеду физичких особина љуски сорте су се разликовале само у дужини љуске и маси празне љуске са преградом, петељком и игличастим врхом, док код осталих физичких особина није било разлика између сорти. Највећу просечну дужину љуске имала је сорта Славица, а најмању сорта Јасна. Маса празне љуске са преградом, петељком и игличастим врхом сорте Јасна је мања од сорти Банаћанка и Славица.

-На величину силе отварања љуски по уздужној оси у вертикалном положају љуске утицали су време бербе, сорта и примена Elastiq-а. На вредност силе отварања у хоризонталном положају љуске утицали су време бербе и примена Elastiq-а.

- Берба уљна репице обављена је при садржају воде у зрну од 14,39% до 16,07% у првом року и од 9,33 % до 10,56% у другом року.

- Утврђено је да се величине силе отварања у вертикалном и хоризонталном положају љуски код сорти значајно разликују између рокова бербе. Љуске уљане репице убране у првом року бербе су отпорније на отварање у односу на љуске из другог рока. У првом року бербе механичка чврстоћа љуски на отварање испитиваних сорти је јача па је потребна већа сила за њихово отварање. У каснијим роковима бербе отпорност љуске на отварање опада, па је за њихово отварање употребљена мања сила. Смањењем садржаја воде у зрну одосно сазревањем биљака, долази до старења ћелија и слабљења зоне спајања између делова љуски што доводи до њиховог лакшег одвајања.

- Између сорти су постијале значајне разлике у погледу осетљивости на отварање љуски у вертикалном положају, али не и у хоризонталном положају. Већу отпорност на отварање у вертикалном положају љуски при деловању силе по уздужној оси имала је сорта Банаћанка у односу на сорте Јасна и Славица. Сила отварања у вертикалном положају љуски повезана је са масом празне љуске са преградом, са ширином и дебљином љуске.

- Све испитиване сорте су испољиле једнаку отпорност на дејство силе по попречној оси у хоризонталном положају љуске. Максимална гранична вредност силе отварања у хоризонталном положају љуске је у корелацији са масом зрна.

- Фолијарна примена средства за побољшање механичких особина љуски Elastiq-а, позитивно је утицала на отпорност на отварање љуски код свих сорти у хоризонталном и вертикалном положају. Љуске на варијантама са применом Elastiq-а постале су чвршће и мање осетљиве на отварање по уздужној и попречној оси. Љуске из контролне варијанте имале су значајно слабију механичку чврстоћу, лакше су се отварале у односу на љуске из варијанте са применом Elastiq-а. Његовом применом на површини љуске се образује танак слој, који повећава механичку чврстоћу љуски, па је за њихово отварање потребна већа сила. Примена Elastiq-а у циљу повећања отпорности на отварање љуски испољила је позитиван утицај код свих сорти.

- Сила кршења љуски испитиваних сорти опадала је са смањењем садржаја воде у зрну односно сазревањем љуски, при чему долази до слабљења споја између петељке љуске и централне гранчице. Силе кршења у вертикалном и хоризонталном положају љуски у првом року су веће у односу на величину силе у другом року бербе код сорти Банаћанка и Славица. Код сорте Јасна није било разлике у величини силе кршења између првог и другог рока бербе. Највероватније да је то последица положаја љуски на гранама, дебљине петељке и бржег сазревања петељке љуске сорте Јасна у односу на друге сорте.

- Утврђено је да се љуске испитиваних сорти уљане репице разликују по вредности силе кршења љуски. Најмања сила за одвајање петељке од централне гранчице забележена је код сорте Јасна. Највећу отпорност на силу кршења у вертикалном положају љуски испољила је сорта Банаћанка, а у хоризонталном положају и сорта Славица, само у првом року бербе. У другом року бербе, код презрелих љуски између испитиваних сорти није било разлике у вредностима силе кршења. Могуће је да смањењем садржаја воде у зрну и целој биљци до одређене границе проузрокује брже сазревање петељке и слабљење споја између петељке љуске и централне гране. Сила кршења у хоризонталном положају љуски је повезана са дужинином и дебљином љуске.
- Позитиван утицај фолијарне примене Elastiq-а на повећање отпорности на кршење петељке љуске од гране у хоризонталном положају утврђен је код свих сорти, а у вертикалном положају само у првом року бербе код сорте Банаћанка.
- Вредности силе отпора отварања су веће од силе кршења љуске од гранчице код свих сорти, у оба рока бербе као и на обе варијанте примене Elastiq-а. Највероватније да петељке љуске имају другачију динамику отпуштања воде и брже сазревање од љуске и зрна, што доводи до лакшег кршења.

Садржај воде у зрну је веома битна физичка особина зрна за одређивање времена бербе, режима рада вршидбеног уређаја комбајна, параметара сушења и складиштења зрна ради очувања његовог квалитета.

- Садржај воде у зрну уљане репице (време бербе) утицао је на промену физичких особина зрна. Порастом воде у зрну повећане су вредности масе 1000 зрна, запремине зрна, порозности зрна, статичког и динамичког угла насипања и коефицијента статичког трења зрна испитиваних сорти. Најмање вредности наведених физичких особина утврђене су при најнижем, а највеће вредности при највишем садржају воде у зрну код свих сорти.
- Порастом садржаја воде у зрну уљане репице смањене су вредности физичких особина густине и насипне масе зрна. Највеће вредности густине и насипне маса зрна установљене су при најнижем, а најмање вредности ових физичких особина код највишег садржаја воде у зрну код свих сорти.
- У обе године истраживања сорте су се разликовале упогледу вредности свих физичких особина, осим густине, насипне масе и порозности зрна у 2015. години.
- Сорта Јасна је имала највећу масу 1000 зрна, као и запремину зрна, због постојања позитивне међусобне повезаности ове две физичке особине.
- Сорта Јасна је у 2014. години имала најмању порозност, насипну масу и густину зрна у односу на остале сорте, што се може објаснити чињеницом да је зрно ове сорте значајно крупније, па због тога има више међупростора.
- Највећи статички и динамички угао насипања забележени су код сорте Славица, што се може тумачити тиме да је ова сорта имала најситније зрно, па је због тога додирна површина налегања и кохезија између зрна повећана, а тиме и његово боље слагање на гомили.

- При било ком садржају воде у зрну, највећи коефицијент трења био је на подлози од шпер плоче, затим пластике па алуминијумског, челичног и поцинкованог лима, а најмањи на подлози од нерђајућег челичног лима. Такав редослед вредности коефицијента трења је последица разлика у храпавости површина подлога, па је зато код глатке исполиране површине нерђајућег челичног лима забележен најмањи коефицијент статичког трења зрна свих сорти.

- Утврђено је да са порастом садржаја воде у зрну долази до значајног повећања коефицијента трења зрна код свих сорти. Већи удео присутне вода у зрну повећава кохезионе силе на површини контакта зрна и подлоге, па површине подлоге постају лепљиве за зрна, што отежава његово клизање по подлози и повећање коефицијента трења.

- Коефицијент трења сорте Банаћанке је мањи у доносу на сорте Јасна и Славица на свим подлогама и при свим садржајима воде у зрну.

Резултати добијени у овим истраживањима имају велики научни и практични значај, који се огледа у следећем:

- Утврђене вредности механичких особина љуски могу се користити, као критеријум за оцену отпорности на отварање и кршење љуски, приликом одабира отпорних биљака у току стварања и признавања нових сорти уљане репице, уместо досадашње визуелне процене и описног оцењивања.

- Познавање механичких особина силе отварања и силе кршења љуски је од користи пољопривредним произвођачима да при избору сорти уљане репице одаберу сорте које имају већу отпорност на отварање љуски и мање расипање зрна.

- Вредости силе отпора отварању љуски опадају са смањењем садржаја воде у зрну, што је врло значајно за одређивање почетка жетве уљане репице у циљу смањења губитака зрна у берби.

- Тест притиска за утврђивање силе отварања и кршења љуски, може се користити у пракси као поуздан метод за одређивање времена почетка бербе уљане репице, а и других култура.

- Фолијарна примена Elastiq-а, средства за побољшање механичких особина и смањење отварања љуски је оправдана и прихватљива агротехничка мера, коју треба примењивати у производњи уљане репице у циљу уједначенијег сазревања љуски и смањења губитака зрна пре и у току бербе.

- Познавање физичких и механичких особина плода и зрна уљане репице је од великог значаја за конструкцију машина за сетву, жетву, транспорт, као и за пројектовање складишта и опреме за дораду семена.

9. ЛИТЕРАТУРА

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

Babić Ljiljana, Radojčin M, Babić M, Turan J, Zoranović M, Stanišić Sanja (2013): Physical properties and compression loading behavior of corn seed. International Agrophysics 27: 119-126

Baczkiewicz B, Luczkiewicz T, Rudko T. (2001): Variability of pod shattering resistance in post irradiated population of winter oilseed rape. Rosliny Oleiste Tom XXII, 2: 579-585

Balalić I, Marjanović-Jeromela A, Crnobarac J, Terzić S, Radić V, Miklič V, Jovičić D. (2017): Variabilty of oil and protein content in rapeseed cultivars affected by seeding date. Emir J Food Agric 29(6): 404-410

Banga S, G, Kaur N, Grewal P, Salisbury A, Banga S S. (2011): Transfer of resistance to seed shattering from *B. carinata* and *B. napus*. 13 th International rapeseed Congress, Prague, Czech Republic, p. 863-865

Baran MF, Ulger P, Kayisoglu B. (2012): The effect of canola harvest header used in canola harvesting on harvest losses. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty 9(3): 35-44

Baran M F, Durgut M R, Aktas T, Ulger P, Kayisoglu B. (2016): Determination of some physical properties of rapeseed. International Journal of Enginering Technologies, 2 (2):, 49-55

Бокан Н. (2003): Опште ратарство. Практикум са атласом корова. Агрономски факултет, Чачак

Божић М, Копривица Р, Бошковић Н, Вељковић Биљана (2014): Мерно аквизициони систем за мерење силе отварања плодова пољопривредних култура. Трактори и погонске машине, Нови Сад 19(4): 98-106

Brkić M, Kovčin S, Skala D, Mulić R, Marić M. (2005): Nusproizvodi u proizvodnji biodizela, poglavlje u monografiji, Biodizel alternativno i ekološko tečno gorivo, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, str. 150-159.

Bruce DM, Hobson RN, Morgan CL, Child R.D (2001): Threshability of chatter-resistant seed pods in oilseed rape. J Agric Eng Res 80(4): 343-350

Calisir S, Marakoglu T, Ogut H, Ozturk O. (2005): Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L). Journal of Food Engineering 69: 61–66

Chauvaux N, Child R, John K, Ulvskov P, Borkhardt B, Prinsen E, Van Onckelen HA. (1997): The role of auxin in cell separation in the dehiscence zone of oilseed rape pods. Journal of Experimental Botany 48: 1423-1429

Child RD, Chauvaux N, John K, Ulvskov P, Van Onckelen HA. (1998): Ethylene biosynthesis in oilseed rape pods in relation to pod shatter. Journal of Experimental Botany 49: 829-838

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

Crnobarac J, Marinković R, Marjanović-Jeromela Ana, Marinković , Dušanić N. (2002): Unapređenje tehnologije proizvodnje uljane repice. Traktori i pogonske mašine 7: 34-42

Crnobarac J, Marinković B, Dušanić N, Balalić I. (2013): Specifičnosti u gajenju uljane repice. Zbornik referata sa 47. Savetovanja agronoma Srbije. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 73-78

Danius A. (2012): Harvesting losses asessment of summer oilseed sape "Bios" http://vddb.library.lt/fedora/get/LTeLABa0001:E.02~2012~D_20120528_122048 - 19405/DS.005.0.01.ETD .

Davies CG, Bruce DM. (1997): Fracture mechanics of oilseed rape pods. Journal of Materials Science 32: 5895-5899

Darginavičienė J, Novickienė L, Gavelienė V, Jurkonienė S, Kazlauskienė D. (2011): Ethephon and aventrol as tools to enhance spring rape productivity. Central European Journal of Biology 6 (4): 606–615

Duc LA, Han JW, Hong SJ, Choi HS, Kim YH, Keum DH. (2008): Physical properties of rapeseed (I). Journal of Biosystems Engineering 33(2): 101-105

Gan Y, Malhi SS, Brandt SA, McDonald CL. (2008). Assessment of seed shattering resistance and yield loss in five oilsedd crops. Canadian Journal of Plant Science 88(1): 267-270

Gentvainytė S, Bauša L, Čingienė R, Domeika R, Zaleckas E, Steponavičius D. (2015): The economical-technological evaluation of rape pod sealants Žmogaus ir gamtos sauga– 1: 13-16 www.asu.lt/file.doc?id=70868

Haile TA. (2013): Evaluating canola genotypes and harvest methods to reduce seedbank addition and longevity http://ecommons.usask.ca/bitstream/handle/10388/ETD-2013-04-1007/HAILE-THESIS.pdf?sequence=3

Haile TA, Holzapfel CB, Shirtliffe SJ (2014): Canola genotypes and harvest methods affect seedbank addition. Agron Journal 106: 236-242.

Haile TA, Gulden RH, Shirtliffe SJ (2014a): On-farm seed loss does not differ between windrowed and direct-harvested canola. Can J Plant Sci. 94: 785-789

Hazbavi I, Minaei Saedin (2009): Determination and investigation of some physical properties of seven variety rapeseed. Iranian Journal of Food Science and Technology 5(4): 21-28

Holzapfel C, Kirk A, Nybo B, Lafond G, May W, Johnson E. (2013): Quantifyng genetic differences in seed losses due to pod drop and pod shattering in canola. Annual Project Report , pp. 26-28

Holzapfel C, Vera C, Phelps S, Nybo B. (2010): Evaluating the effectiveness of podsealants for reducing shattering losses in several cultivars of straight-combined canola. Final Report. Saskatchewan Canola Development Commission. pp. 7-13

http://www.saskcanola.com/quadrant/System/research/reports/report-Holzapfel-podsealants-long.pdf (poseta 0.9.02.2016)

Hong SJ, Hon JW, Kim H, Kim YH, Keum DH, Duc LA. (2008): Physical properties of rapeseed (II) Agricultural Process and Food Engineering 33(3): 173-178

Hoseinzadeh B, Esehaghbeygi A, Ragham N. (2010): Silique picking force for canola. Int J Agric Biol 12(4): 632–634

Hui-ming PU, Wei-hua LONG, Jian-qin GAO, Mao-long HU. (2013): Silique shatter resistance and correlation analysis in *Brassica napus*. Chinese Journal of Oil Crop Sciences 35(4): 469-475

Ivančan S. (1990): Žetva uljane repice kombajnima. Aktuelni zadaci mehanizacije poljoprivrede. Zbornik radova. IN: Dubravko Filipović (eds). Opatija, Hrvatska, pp 155-160

Izli N, Unal H, Sincik M. (2009): Physical and mechanical properties of rapeseed at different moisture content. Int Agrophysics 23: 137-145

Jačinac B. (1987): Kombajniranje uljane repice, u zavisnosti od stanja useva i podešenost kombajna, u agroekološkim usovima Kosova. Poljoprivredno znanstvena smotra 78-79: 181-192

Jinping Qiao, Yaoming Li, Zhan Zhao, Lizhang Xu (2015): Test and analysis on the silique shatter resistance of mature oilseed rape (*Brassica napus* L.). Chinese Journal of Agricultural Mechanization Research 5. pp. 204-207

Johnson B L, McKay K R, Henson RA, Erikmoen ED, Novak L. (2005): Comparing straight harvest with an anti-shattering agent to swathed harvest of canola and the evaluation of field scale straight combining compared to swathed canola. North Dakota State University. http://www.ag.ndsu.edu/CarringtonREC/agronomy1/researchdocuments/productionmanagement/05%20Harvest%20Management %20of%20Canola.pdf/view

Jovičić Dušica, Marjanović-Jeromela Ana, Vujaković Milka (2011): Uticaj različitih doza NPK đubriva na kvalitet semena uljane repice. Ratarstvo i povrtarstvo 48(1): 125-130

Kadkol GP, MacMillan RH, Burrow RP, Halloran GM. (1984): Evaluation of *Brassica* genotypes for resistance to shatter.I. Development of a laboratory test, Euphytica 33: 63-73

Kadkol GP, Macmillan RH, Halloran G.M. (1985): Evaluation of *Brassica* genotypes for resistance to shatter. II: Variation in silique strength within and between accessions. Euphytica 34: 915–924

Kadkol GP, Beilharz VC, Halloran GM, Macmillan RH. (1986): Anatomical basis of shatter resistance in the oilseed Brassicas. Aust J Botany 34: 595-601

Kadkol GP. (2009): Brassica shatter-resistance research update. In: Proceedings of the 16th Australian Research Assembly on Brassicas Conference, Ballarat Victoria, pp. 104-109

Kaifas F. (1984): Strehght properties of grain crops. Mechanical properties of agricultural materials. Polish Academy of Science, Warszava, pp. 127-140

Kaur G, Grewal N, Salisbury PA, Banga SS. (2011): Transfer of resistance to seed shattering from *Brassica carinata* to *B. napus*. 13th International Rapeseed Congress, Prague, Czech Republic, pp 864-866

Kiš D, Jurić T, Guberac V, Voća N, Rozman Vlatka, Plašćak I. (2008): Fizikalna svojstva sjemena nekih hibrida uljane repice, Sjemenarstvo 25 (1): 57-62

Komunjer D. (1976): Žetva uljane repice kombajnom. Mehanizacija proizvodnih procesa industrijskih kultura. Zbornik radova. Priština str.307-312

Koprivica R, Komarčević D. (1995): Uticaj subjektivnog faktora na gubitke u žetvi uljane repice. Poljotehnika 5/6: 83-86

Koprivica R, Veljković Biljana, Božić M, Turan J, Barać S, Bošković N. (2015): Primena testa pritiska za merenje sile otvaranja ljuski uljane repice, Savremena poljoprivredna tehnika 41(4): 221-230

Копривица Р, Божић М, Бошковић Н, Вељковић Биљана, Марковић Д. (2013): Губици семена уљане репице и примена дигиталног сензора брзине ради квалитетнијег рада комбајна. Трактори и погонске машине, Нови Сад 18(4): 69-74

Копривица Р, Јачинац Б, Станимировић Н, Вељковић Биљана (2007): Примена биодизела из уљане репице. Треће међународно саветовање „Пољопривреда и локални развој“ Врњачка Бања, Агрономски факултет Чачак, Пољопривредни факултет, Приштина, Зборник радова стр. 289-293

Koprivica R, Turan J, Veljković Biljana, Radivojević D, Bokan N, Đurović D, Đokić D, Balalić I. (2018): Physical properties of oil rapeseed kernels at different moisture content and varieties. Actual tasks on agricultural engineering ATAE, 46nd International Symposium on Agricultural Engineering 27.02. 01.03.2018, Opatija Croatia, Proceedings pp.397-405

Kosteckas R, Liakas V, Šiuliauskas A, Rauckis V, Liakienė E, Jakienė **E. (**2009): Effect of Pinolen on winter rape seed losses in relation to maturity. Agronomy Research 7(1): 347–354

Krička Tajana, Pliestić S, Jakopović Elizabeta, Preprotmik Sonja (1998): The influance of moisture on physical properties of wheat and maize kernels, soybeans and rapeseed. Krmiva 40(2): 55-61

Krička Tajana, Jukić Ž, Voća N, Miletić Sandra (1999): Komparativna analiza sušenja sjemena uljane repice "00" kultivara Silvia i "00" kultivara Diana, Karola, Semu 910201, Semu 93-10 i Lirajet. Poljoprivredna znanstvena smotra 64(2): 113-121

Liu XY, MacMillan RH, Burrow RP. (1994): Pendulum test for evaluation of the rupture strength of seed pods. Journal of Texture Studies 25 (2): 179-189

Li Y, Zhu J, Xu L, Zhao Z. (2012): Experiment on strength of rapeseed pod dehiscence based on impending fracturing method [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE) 28(8): 111-115

Lončarević V, Babić M, Balešević Tubić S, Đilvesi K., Kostić M, Štatkić S. (2010): Dependet of moisture content soybean seed on physical properties. Journal on Processing and Energy in Agriculture 14(3): 163-167

Lončarević V 2011: Uticaj vlažnosti na fizičke osobine i životnu sposobnost semena soje (*Glicine max.* (L) Merr.). Doktorska disertacija, Novi Sad

Luczkiewicz T (2012): Analiza sposobu dziedziczenia cech u otrzymanych mutantów rzepaku ozimego (*Brassica nap*us L.) oraz ocena ich przydatności do hodowli. Sprawozdanie ostanie realizaciji zdania w 2012 roku. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, pp. 5-11 http://bip.up.poznan.pl/doc/sprawozdanieLuczkiewicz2012.pdf

Luczkiewicz T, Nawracala J. (2013): Postęp w hodowli genotypów rzepaku ozimego o zmniejszonej tendencji do osypywania. W: Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych: Konferencja naukowa, Zakopane, 4-8.02.2013 r., Streszczenia prac / Oprac. red. Tadeusz Śmiałowski, Anna Strzembicka, Przemysław Szymon Szecówka pp. 311-312 www.ihar.edu.pl/download.php?id=348

Luczkiewicz T (2013): Analiza sposobu dziedziczenia cech u otrzymanych mutantów rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) oraz ocena ich przydatności do hodowli. Sprawozdanie ostanie realizaciji zdania. w 2013 roku. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, pp. 5-21 http://www.ipan.lublin.pl/uploads/sprawozdanie-2013_ca-o.pdf

Madani H, Kalarestaghi K, Aghajani H, Sajedi N, Habibi D, Shirani-Rad AH, Sam-Daliri M. (2011): Effect of harvesting time on yield and grain shattering of rapeseed (*Brassica napus* L. Cv. Okapi) Under arak, Iran enviroment, 13th International Rapeseed Congress, Prague, Czech Republic, pp. 124-127

Малерж Ј. (1977): Еффективност уборки озимово рапса приспособленим зерноуборочним комбајном. Международниј селескохозјајственij журнал 6: 90-96

Malinović N, Mehandžić R, Furman T, Savin L, Tomić M. (2003): Gubici pri ubiranju uljane repice. Traktori i pogonske mašine 8(4): 106-111

Malinović N, Mehandžić R, Furman T, Savin L, Tomić M. (2004): Tehnologija ubiranja uljane repice. Traktori i pogonske mašine 9(3): 78-83

Marinković R, Marjanović-Jeromela Ana (2006): Oplemenjivanje ozime uljane repice u Naučnom institutu za ratarstvo i povrtarstvo. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 42 (1): 173 -189

Marinković R, Marjanović-Jeromela Ana, Mitrović P. (2009): Osobenosti proizvodnje ozime uljane repice (*Brassica napus* L.), Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 46(1): 33-43

Marjanović-Jeromela Ana, Mikić A, Marinković R, Mihajlović V, Miladinović Dragana (2007): Prinosi semena i proteina uljane repice, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 44(1): 237-241

Marjanović-Jeromela Ana, Marinković R, Furman T. (2006): Uljana repica kao sirovina za proizvodnju biodizela. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 42 (1): 25-40

Marjanović-Jeromela Ana, Škorić D, Marinković R. (2000): Efekat heterozisa za broj ljuski i prinos semena po biljci kod uljane repice (*Brassica napus* L.). Selekcija i semenarstvo VII(1-2): 39-43

Marjanović-Jeromela Ana, Marinković R, Radić V, Vuković D (2009): Jasna-nova sorta ozime uljane repice. Selekcija i semenarstvo XV (3): 29-36

Marjanović-Jeromela Ana, Marinković R, Miladinović Dragana, Miladinović F, Jestrović Zorica, Stojšin V, Miklič V. (2010): Uticaj spoljašnje sredine na prinos uljane repice (*Brassica napus* L.).Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 47(1): 173-178

Marković D, Koprivica R, Pešović U, Ranđić S, Veljković B. (2012): Praćenje rada žitnog kombajna postavkom pametnih mernih pretvarača. Traktori i pogonske mašine 17(5): 27-32

Mehandžić-Stanišić Sanja (2013): Uticaj fizičkih osobina na kvalitet semena ratarskih useva. Doktorska disertacija, Novi Sad

Meakin PJ, Roberts JA. (1990): Dehiscence of fruit in oilseed rape (*Brassica napus* L.). I. Anatomy of pod dehiscence. Journal of Experimental Botany 41: 995-1002

Morgan C L, Bruce D M, Child R, Ladbrooke ZL, 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 58(2): 153-165

Morgan C L, Ladbrooke Z L, Bruce D M, Child R D, Arthur A E. (2000): Breeding oilseed rape for pod shattering resistance. Journal of Agricultural Science, Cambridge 135: 347-359

Mustapić Z, Vratarić Marija, Rajčić Lada (1984): Proizvodnja i prerada uljane repice. NIRO "Zadrugar" Sarajevo

Nunes A, Ascari J, Pereira ., Sossmeier S, Bispo N. (2015): Pod sealant and canola harvest methods for pod shattering mitigation. Australian Journal of Crop Science 9 (9): 865-869

Pahkala K, Sankari H.(2001): Seed loss as a result of pod shatter in spring rape and spring turnip rape in Finland. Agricultural and Food Science in Finland, 10: 209-216

Пауновић А. (2006): Специјално ратрство (Практикум). Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет Чачак

Peltonen PS, Pahkala K, Mikkola H, Jauhiainen L. (2014): Seed loss and volunteer seedling establishment of rapeseed in the northernmost European conditions: potential for weed infestation and GM risks. Agricultural and Food Science 23(4): 327-339

Peng-Fei P, Yun-chang L, De-sheng, M, Ying-de, L, Yu-song X, Qiong H. (2011): Evaluation and genetic analysis of pod shattering resistance in *Brassica napus*. 13th International Rapeseed Congress, Prague, Czech Republic, pp 617-620

Price J S, Neale M A, Hobson RN, Bruce D M. (1996): Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. Journal of Agricultural Engineering Research 65(3): 183-191

Radonjić Snežana, Baralić Jelena, Dučić N. (2011): Određivanje statičkog koeficijenta trenja korišćenjem tribometra. 6. Međunarodni simpozijum tehnologija, informatika i obrazovanje za društvo učenja i znanja. TIO 6 Tehnički fakultet Čačak, 3-5 jun 2011

Razavi S, Yeganehzad S, Sadeghi A. (2009): Moisture dependent physical properties of canola seeds J Agric Sci Technol 11: 309-322

Razavi S. Yeganehzad S, Sadeghi A, Ebrahimzadeh SH, Niazmand A. (2006): Some physical properties of Iranian varieties of canola seeds. Iranian Food Science and Technology Research 2(1): 53-61

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

Rameeh V.(2013): Evaluation of different spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes for shattering tolerance. J Oilseed Brassica 4(1): 19-24

Roberts JA, Elliott K., Gonzalez-Carranza ZH. (2002): Abscission, dehiscence, and other cell separation processes. Ann Rev Plant Biol 53:131-158

Rudko T. (1999): Investigation on cracking mechanism of rape siliques. Rośliny Oleiste Tom XX pp. 271-275

Rudko T. (2000): Próba zastosowania testu zginania do oceny podatności łuszczyn rzepaku jarego na pękanie. Acta Agrophysica 37: 193-198.

Rudko T. (2002): Attempt of starch application to reduce oilseed rape silique cracking. Rośliny Oleiste, Tom XXIII pp. 113-118

Rudko T. (2011): Uprawa rzepaku ozimego. Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Pan.Lublin pp. 50-61

Skubisz G, Rudko T. (1998): Estimation of the mechanical properties of dried winter rape stems and pods. Rośliny Oleiste, Tom XIX pp. 523-528

Sorefan K, Girin T, Liljegren SJ, Ljung K, Robles P, Galvan-Ampudia CS, Offringa R, Friml J, Yanofsky MF, Ostergaard L. (2009): A regulated auxin minimum is required for seed dispersal in *Arabidopsis*. Nature 459: 583-587

Станаћев С. (1982): Гајење индустријских биљака. Дневник, Форум Нови Сад, Нолит Београд

Svoboda L. (2010): Agrovital - a basic building stone for reparation of rapeseed stand for harvest. Sbornik z konference „Prosperujici olejniny“, Prag Češka 9-10. 12. 2010 pp. 141-142

Squires TM, Gruwel MLH, Zhou R, Skohansanj S, Abramas SR, Culter AJ. (2003): Dehydration and dehiscence in siliques of *Brassica napus* and *Brassica rapa.* Canadian Journal of Botany 81 (3): 248-254

Summers JE, Bruce DM, Vancanneyt G, Redig P, Werner CP, Morgan C, ChildR.D. (2003): Pod shatter resistance in the resynthesised *Brassica napus* line DK142. Journal of Agricultural Science 140: 43-52

Szot B, Rudko T. (2005): Preliminary characterization of plants of spring rape hybrids. Acta Agrophyisca 6 (3): 827-834 http://www.old.actaagrophysica.org/artykuly/acta_agrophysica/ActaAgr_127_2005_6_3_827.pdf

Szot B, Tys J, Stepniewski A, Rudko T. (2007): Określenie zmienności właściwości fizycznych i jakości nasion mieszańców rzepaku jarego**.** Sympozjum Naukowe "Jakość Środowiska, Surowców i Żywności", Lublin, 30.03.2007, pp. 111-112

Szot B. (2008): Estimation of basic physical properties of spring rape seed Acta Agrophysica 12(1): 191-205 http://www.old.actaagrophysica.org/artykuly/acta_agrophysica/ActaAgr_161_2008_12_1_191.pdf

Szot B, Szpryngiel M, Grochowicz M, Tys J. (1995): The efect of the work of combine subassemblies on the extent of damage to rapeseeds. Zemedelska Technicka 41(4): 141-143

Špokas L, Velicka R, Rimkeviciene M, Marcinkeviciene A. (2005): Ripening dynamics and natural falling of spring rape seeds. Zemes ukio Mokslai 3: 29-38

Špokas L, Steponavičuis D. (2014): Evaluating the effectiveness of pinolene based pod sealant for reducing shattering losses in several cultivars of rape of (*Brassica napus* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science 20(2): 310-320

Tadić B., Jeremić B., Vukelić Đ., Mitrović S. Uputstvo za upotrebu Tribometra T1. Centar za terotehnologiju, Centar za revitalizaciju industrijskih sistema, Kragujevac.

Tan X, Zhang J, Zhang Z, Zhou J, Jiang S, Qi C, Li J. (2007): Quantitative determination of the strength of rapeseed pod dehiscence. In: Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress, Wuhan, China. 26-30 March 2007, pp. 280-283

Tanska Malgorzata, Rotkiewich Daniela, Ambrosewicz Marta (2009): Technological value of selected polish varieties of rapeseed. Polish Journal of Natural Sciences 24(2): 122-132

Tariq A M, Hussain T, Iqbal M, Aadal K N, Tariq M, Rizwan M. (2015): Screening of different promosing linies of *Brassica napus* for the grain shattering tolerance. International Journal of Modern Agriculture, 4(1): 1-4

Todorić I, Mustapić Z. (1975): Uticaj stupnja zrelosti na vreme žetve i kvalitetna svojstva sjemena ozime uljane repice. Agronomski glasnik 9-10: 511-517

Turan J, Mehandžić R, Malinović N. (2007): Žetva uljane repice namenskim hederom. Savremena pojoprivredna tehnika 33(1-2): 92-98

Thompson KF, Hughes WG. (1986): Breeding and varieties. In Oilseed Rape (Eds. D. H. Scarisbrick & R. W. Daniels), London: Collins pp. 32-82

Tys J, Piekarski W, Jackowska I, Kaczor A, Zającand G, Starobrat P. (2003): Technologiezne i ekonomiecneuwarunkowania produkcji biopaliwa z rzepaku. Monografie. Institut agrofizyki im. Bohdana Dobrzanskiego w Lublinie p. 153

Tys J, Stasiak H, Borychowski A, Rybacki R. (2007): Crack resistance of pods in some varieties of winter rapeseed. In: Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress, Wuhan, China. 26-30 March 2007, pp. 420-422

Tys J, Rudko T, Szot B. (2010): Charakterystyka cech mechanicznych luszczyn najnowszych odmian rzepaku pod katem osypywania nasion. Sprawozdanie z dzialalnosci statutowej w 2010 rok.Instytut agrofizyki im.Bohdana Dobrzańskiego pan w Lublinie pp. 69-72 http://www.ipan.lublin.pl/uploads/pliki/pdf/sprawozdanie_2010.pdf

Vujaković Milka, Marjanović-Jeromela Ana, Jovičić Dušica, Marinković R, Nikolić Zorica, Crnobarac J, Taški-Ajduković Ksenija (2010). Uticaj prihrane na prinos i komponente kvaliteta semena uljane repice. Ratarstvo i povrtarstvo 47(2): 539-544

Vujaković M, Marjanović-Jeromela A, Jovičić D, Lečić N, Marinković R, Jakovljević N, Mehandžić-Stanišić S. (2014): Effect of plant density on seed quality and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal on Processing and Energy in Agriculture 18(2): 73-76.

Vujaković Milka, Marjanović-Jeromela Ana, Jovičić Dušica, Marinković R (2015): Dependence of rapeseed quality and yield on density, variety and year of production. Ratarstvo i povrtarstvo 52(2): 61-66.

Wang R, Ripley VL, 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

Yan-Cheng W, Fu TD, Tu J, Ma CZ, Shen JX, Zhang SF. (2008): Screening and analysis of resistance to silique shattering in rape (*Brassica napus* L.) Acta Agronomica Sinica 34(1): 163-166

Yan-Cheng W, Fu TD, Tu JX, Ma CZ, Shen JX, Wen J, Zhang SF. (2010): Effect of rapeseed silique shatter resistance factor analysis [J]. Chinese Journal of Oil Crop 32(1): 25-29

Qing-Song Z, Hai-Dong H, Shi C, Shi-FenY, Qing-Xi L, Suo-Hu L, WU Jiang-Sheng W, Guang-Sheng Z. (2014): Effects of harvesting date on yield čoss percentage of mechanical harvest and seed quality in rapeseed, Acta Agronomica sinica 40(4): 650−656

Zhang CL, Jun LI, Zhang MH, Cheng YG, Li GM, Zhang SJ. (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): 1297-304

Zimmer R, Košutić S. (2006): Ubiranje uljane repice u sezoni 2005 u Istočnoj Slavoniji. Poljoprivredna tehnika 31(3): 37-41

ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Ранко Копривица______________________________, изјављујем да докторска дисертација под насловом:

Утицај сорте и времена бербе на основне физичке и механичке особине плода и зрна уљане репице____

____

која је одбрањена на Агрономском факултету у Чачку________________ Универзитета у Крагујевцу представља *оригинално ауторско дело* настало као *резултат сопственог истраживачког рада*.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио/ла* повреду ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,
- да умножени примерак докторске дисертације у штампаној и електронској форми у чијем се прилогу налази ова Изјава садржи докторску дисертацију истоветну одбрањеној докторској дисертацији.

У _____Чачку________________, __26.03.2018.__ године,

____

потпис аутора

ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Ранко Копривица,

☑ дозвољавам

☐ не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

Утицај сорте и времена бербе на основне физичке и механичке особине плода и зрна уљане репице

која је одбрањена на

Агрономском факултету у Чачку

Универзитета у Крагујевцу, и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

☑ дозвољавам

☐ не дозвољавам [1]

---

[1] Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

1) Ауторство
2) Ауторство - делити под истим условима
3) Ауторство - без прерада
4) Ауторство - некомерцијално
5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
[✓ 6)] Ауторство - некомерцијално - без прерада[2]

У Чачку, 26.03.2018. године,

потпис аутора

---

[2] Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: http://creativecommons.org.rs/