



Хибриди кукуруза за зрно и силажу у агроеколошким условима Републике Српске

Весна Милић, Жељко Долијановић, Игор Ђурђић, Бранка Говедарица

Сажетак. Кукуруз се користи за исхрану људи и животиња и у индустријској преради (прехранбени производи, фармацеутска индустрија, индустрија алкохола, хемијска индустрија, текстилна индустрија). Економски значај кукуруза проистиче из просјечних приноса, односно укупне производње кукуруза за зрно, али и кукуруза за силажу. Данас се кукуруз, уз кромпир и шећерну трску, користи за добијање биоетанола, важног обновљивог извора енергије. Кукуруз се у свијету гаји на 192,05 милиона ха, на којим се произведе око 1,108 милијарди тона зрна. Највећи произвођачи генетички модификованог кукуруза у свијету су САД, Бразил, Аргентина, док се у ЕУ гаји у Шпанији и Португалу. Кукуруз је најважнији ратарски усјев у Републици Српској и гаји се на 46,7% засијаних површина. У периоду од десет година (2008–2017) најмања површина на којима је гајен кукуруз била је у 2012. (120.901 ха), а највећа у 2008. (148.539 ха). Ограничавајући фактор у остваривању високих приноса зрна и силаже су метеоролошки услови (високе температуре, суша), због чега је стрних

Цитирање: Милић В, Долијановић Ж, Ђурђић И, Говедарица Б (2020) Хибриди кукуруза за зрно и силажу у агроеколошким условима Републике Српске. У: Пржуљ Н, Тркуља В (уредници). Од генетике и спољне средине до хране. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија ХЛ:207–261

Cite as: Milić V, Dolijanović Ž, Đurđić I, Govedarica B (2020) Maize hybrids for grain and silage in agroecological conditions of the Republic of Srpska. In: Pržulj N, Trkulja V (eds) From genetics and environment to food. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph ХЛ:207–261

жита и кукуруза у Републици Српској, 1.657.556 тона, остварена је у 2016. години, што је, у односу на 2015. годину, повећање за 46%, односно варирање просјечних приноса зрна од 2,7 до 5,3 т ха⁻¹. Највећа производња 520.000 тона, при чему је највећи допринос имала рекордна производња кукуруза од 1.178.423 тона. У органској производњи кукуруза највише се гаје шећерац и кокичар. У пољопривредној производњи посебна пажња посвећује се заштити животне средине, производњи квалитетне и безбједне хране, те смањењу трошкова производње. Конзервацијска обрада земљишта при гајењу кукуруза значајно доприноси смањењу утрошка горива, а преко тога и смањењу гасова стаклене баште. Гајење кукуруза у потпуним и правилним плодоредима, у којима су посебно заступљене легуминозе, може значајно утицати на обогаћивање земљишта азотом, смањење закоровљености и повећање приноса зрна. Кукуруз се често гаји у здруженој сјетви са другим биљкама, најчешће са сојом, пасуљем и сточном тиквом. Методе конвенционалног оплемењивања су ефикасне, али споре, у стварању гермплазме толерантне на постојећи опсег климатских услова и нису погодне за брзо побољшање толеранције на мултипли стрес. Коришћење метода молекуларне генетике даје могућност повећања брзине и ефикасности оплемењивања кукуруза. У Босни и Херцеговини једина институција која се бави оплемењивањем и стварањем нових сорти и хибрида гајених биљака прилагођених локалним агроеколошким условима је ЈУ Пољопривредни институт, Бања Лука, у којем је до сада створено девет хибрида кукуруза, од којих највећи економски значај има БЛ 43.

Кључне ријечи: Кукуруз, хибрид, принос, површине, оплемењивање, конзервацијска обрада земљишта, генетички модификовани кукуруз, плодоред, здружени усјев

6.1. Увод

Кукуруз је једино жито које води поријекло из Америке и једна је од најстаријих гајених биљака на америчком континенту. Према археолошким ископинама које се налазе у Мексику, кукуруз се гајио и користио у исхрани људи прије неких 7.000 до 10.000 година, док је полен кукуруза пронађен у пећинама стар 5.000 година. Проналазак полена у пећинама Мексика поткрепљује теорију да је Мексико центар поријекла кукуруза. Према другој теорији, кукуруз води поријекло са висоравни Анда (Боливија, Перу и Еквадор), о чему свједочи присуство кокичара и генетичка разноликост

андског кукуруза (Piperno and Flannery 2001; Smith 2001). О поријеклу ове биљке још увијек има недоумица, тако да је велики број истраживача изнио различито виђење настанка кукуруза. Једини предак кукуруза, према „теозинта хипотези“, је теозинта (Beadle 1939). Истраживања тог времена указивала су да се кукуруз и теозинта разликују у тако великом броју гена, да кукуруз није могао настати доместикацијом у тако кратком периоду од неколико хиљада година (Beadle 1980), због чега је дуго подржавана теорија коју су предложили Mangelsdorf et al. (1938, 1939), према којој гајена врста (*Zea mays* L.) води поријекло из форми самониклог кукуруза, чији су прародитељи изумрли у далекој историји. Ова теорија настала је послје бројних проучавања различитих форми три веома блиска рода (*Zea*, *Euchlaena* и *Tripsacum*) и археолошких налаза најстаријих облика доместикованог кукуруза. Временом је прихваћена хипотеза да је теозинта дивљи предак кукуруза, што су потврдила и најновија истраживања на пољу молекуларне генетике (Buckler and Stevens 2005).

Историја гајења кукуруза је дуга и везана је за народ Маја, који су ову биљку користили у исхрани прије више од 7.000 година. Према документима из Италије, Шпанци су кукуруз пренијели у Европу 1494. године. Првих тридесет година гајио се у ботаничким баштама Шпаније и других јужноевропских земаља као декоративна биљка, а на већим површинама је посијан у Шпанији 1525. године. Од Пиринејског полуострва, производња кукуруза ширила се преко Француске и Италије, према југоисточној Европи, па све до Индије и Кине, а захваљујући Португалцима почео се гајити и у Африци (Rapum et al. 2014). Не зна се тачно кад је кукуруз донијет у наше крајеве, али постоји више претпоставки. Неки сматрају да су Шпанци донијели кукуруз 1572. године на јонска острва, одакле је, преко Солуна, донијет у наше крајеве. Према другим претпоставкама, кукуруз је на наше просторе донијет из Италије преко Далмације, а постоји претпоставка да су Турци донијели кукуруз у наше крајеве. Различити називи за ову гајену биљку, који су постојали на подручју бивше Југославије, иако не могу бити чврст доказ, показују да је кукуруз стизао на ове просторе из различитих праваца (Бабић и сар. 2012).

Кукуруз је С4 биљка са широким ареалом распрострањености. На сјеверној хемисфери проширио се од екватора до 50–60° (Канада, сјеверна Европа, сјевер Русије), а на јужној хемисфери до 38–42° (Аргентина, Нови Зеланд). Проширење подручја гајења кукуруза резултат је рада на оплемењивању ове биљне врсте, прије свега у стварању хибрида краће вегетације, будући да кукуруз мора почети и завршити вегетацију у безмразном раздобљу (Гламочлија 2012). Због широког ареала распрострањености, кукуруз је

врста са широком варијабилношћу особина. Према дужини вегетације, хибриди варирају – најранији 60–70 дана, а најкаснији 300–330 дана.

Основни привредни значај кукуруза произлази из разноврсности употребе, обима производње и агротехничког значаја. Кукуруз има висок генетички потенцијал за принос. По количини органске материје коју може дати по хектару, долази у ред њивских биљака са највећом количином корисне органске материје (Јарамаз 2015). Готово сви дијелови кукуруза могу се користити за индустријску прераду, док се прерадом зрна све искористи па нема никаквих губитака. У људској исхрани најзаступљенији су кукуруз шећерац и кокичар. Кукуруз садржи око 72% скроба, 10% протеина, 4% масти и има калоричну вриједност од 365 kcal 100 g⁻¹ (Nuss and Tanumihardjo 2010). У развијеним земљама, кукуруз се користи за исхрану животиња (78% од укупне свјетске производње) и за производњу прехранбених и индустријских производа, као што су скроб, уље и заслађивачи (Ragauskas et al. 2006). Користи се и у фармацеутској индустрији за добијање сирупа и других производа; у козметичкој индустрији; за добијање алкохола, млијечне и лимунске киселине; у текстилној индустрији за добијање вјештачког влакна. Индустријска производња алкохолних и безалкохолних пића незамислива је без кукуруза (виски и бурбон). У хемијској индустрији користи се за добијање боје, азбеста, нитроцелулозе, фурфурола, сировина за индустрију папира и пластичних маса. Економски значај кукуруза проистиче из постигнутих приноса, односно укупне производње кукуруза за зрно, али и кукуруза за силажу. Употребом кукуруза за добијање меса, млијека, као и у индустријској преради, постиже се већи економски значај и вриједност ове биљне врсте, поготово што преко 1.200 трговачких артикала садржи кукуруз (Бекрић и Радосављевић 2008). Данас се кукуруз, уз кромпир и шећерну трску, користи за добијање био-етанола, који се сматра једним од обновљивих извора енергије.

6.2. Производња кукуруза

Кукурузу, заједно са пшеницом и пиринчем, припада најважније мјесто у цјелокупној свјетској пољопривредној производњи. По укупним засијаним површинама у свијету, на трећем је мјесту, а по укупној производњи зрна, на првом. Кукуруз представља биљку са веома високим биолошким потенцијалом родности и убраја се у скупину биљака са највећом производњом органске материје по јединици површине. Због великог

привредног значаја, површине под кукурузом у свијету се повећавају, а производња шири и на нова географска подручја.

6.2.1. Производња кукуруза у свијету

У 2019. Години, кукуруз се у свијету гајио на 192,05 милиона хектара, са просјечним приносом од 5,77 т ха⁻¹ и производњом од 1,108 милијарди тона зрна (World Agricultural Production 2019). У поређењу са другим житима, кукуруз има највећи генетички потенцијал за принос (Fischer and Edmeades 2010). У десетогодишњем периоду (2005–2014) просјечни свјетски приноси кукуруза повећани су са 4,81 т ха⁻¹ у 2005. години на 5,61 т ха⁻¹ у 2014. (Zrakić i sar. 2017), док је у петогодишњем периоду (2014–2018) просјечан принос повећан за 0,25 т ха⁻¹ годишње.

Таб. 6.1. Највећи произвођачи кукуруза у свијету у периоду 2014–2018. (FAOSTAT 2019)

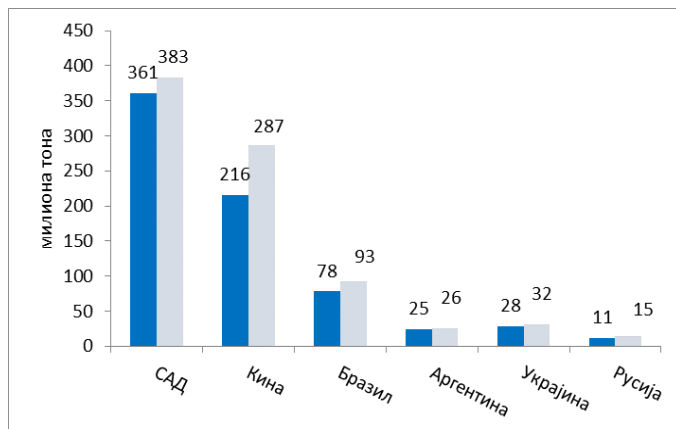
Table 6.1. The world's largest maize producers in the period 2014-2018 (FAOSTAT 2019)

Земља	Површина (милиона ха)	Производња зрна кукуруза (милиона т)	Просјечан принос т ха ⁻¹
САД	33,7	366,1	10,86
Кина	39,94	242,6	6,07
Бразил	16,76	89,8	5,35
Аргентина	4,96	38,9	7,87
ЕУ	8,62	64,9	7,52
Украјина	4,6	30,4	6,59
Русија	2,59	13,2	5,09
Индија	9,34	26,5	2,84
Мексико	7,23	26,0	3,61
Канада	1,35	13,2	9,81

У земљама које су највећи свјетски произвођачи кукуруза, у претходних пет година дошло је до повећања површина на којим се гаји ова врста (Таб. 6.1). Међу најзначајнијим произвођачима кукуруза, највеће петогодишње просјечне приносе имају САД (око 10,86 т ха⁻¹) и Канада (9,82 т ха⁻¹), док Индија и Мексико имају најниже просјечне приносе (2,84 т ха⁻¹ и 3,61 т ха⁻¹, респективно). Највећи произвођач зрна кукуруза је САД, затим слиједе Кина па Бразил.

У свјетској производњи кукуруза у 2014. години, удио САД износио је 35,3%, Кине 21,1%, Бразила 7,8%, а Аргентине 3,2%. Највећи свјетски произвођачи

кукуруза пројектовали су раст производње кукуруза од 2014. до 2025. године (Граф. 6.1), на годишњем нивоу за: 0,5% САД; 3% Кина; 2,1% Бразил; 1,1% Аргентина; 1,6% Украјина и 2% Русија (FAOSTAT 2018).



Граф. 6.1. Планирана производња кукуруза за период 2014–2025. (FAOSTAT 2018)

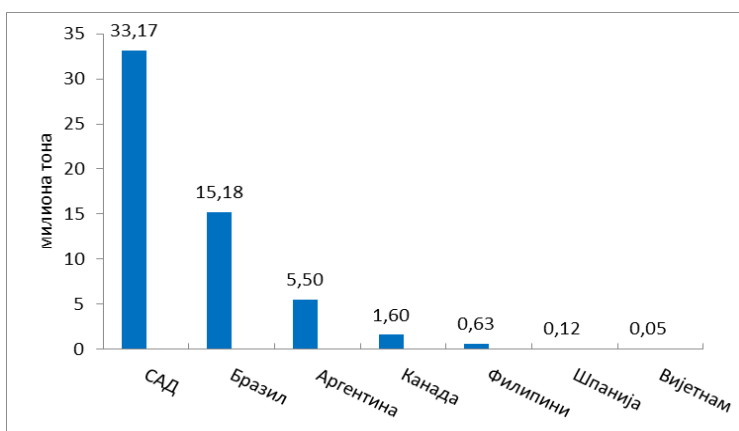
Graph. 6.1. Planned maize production for the period 2014-2025 (FAOSTAT 2018)

6.2.2. Производња ГМ кукуруза

Комерцијално гајење генетички модификованих биљака (ГМБ) почело је 1995. године, а од тада површине под њима непрекидно се повећавају. Неки од аспеката упитних за здравље људи, који се вежу уз комерцијалну употребу и конзумирање генетички модификованих организама (ГМО), су: појава алергија, нових токсичних продуката, пренос резистенције на антибиотике, модификација микробиолошке флоре цријева или интеракција трансгена са ДНК човјека. Потенцијални негативни утицаји на биодиверзитет и околину су развој резистенције штеточина, учинци на нециљане врсте и пренос трансгена на дивље или конвенционално гајене биљке (Hoffman 2003). Током увођења технологије рекомбинантне ДНК у пољопривредну производњу, премало се комуницирало с јавности, што је резултирало тиме да још увијек постоји велики опрез и отпор за увођење и ширење ГМБ.

У 2018. години, ГМ кукуруз гајен је у свијету на површини од 58,8 милиона ха (ISAAA 2018) (*The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications*, ISAAA). Највећи произвођачи ГМ кукуруза су САД, Бразил,

Аргентина и Канада (Граф. 6.2). Јужна Африка је на десетом мјесту по ГМ гајеним биљкама (кукуруз, соја и памук). ГМ кукуруз се на мањим површинама гаји у Парагвају, Колумбији, Уругвају, Хондурасу, Кенији, Мозамбику, Танзанији, Уганди, Нигерији, Филипинима, Вијетнаму. Од земаља ЕУ, ГМ кукуруз се гаји у Шпанији (115.246 ха) и Португалу (5.733 ха). У ЕУ је до децембра 2018. године издато укупно 111 одобрења за коришћење ГМ код пет биљних врста (памук, кукуруз, уљана репица, соја и шећерна репа), од тога су свих 111 одобрења за исхрану људи и домаћих животиња, од чега су 74 ГМ хибрида кукуруза и само једно одобрење (хибрид кукуруза MON810) за гајење (Тркуља и сар. 2018).



Граф. 6.2. Највећи произвођачи ГМ кукуруза у свијету у 2018. (ISAAA 2018)
Graph. 6.2. The world's largest maize producers in 2018 (ISAAA 2018)

6.2.3. Пољопривредни потенцијал Босне и Херцеговине

Пољопривредно земљиште у БиХ се, као јавно добро, већ дуже вријеме не користи у складу са општим друштвеним интересом, а значајне површине обрадивог земљишта остају необрађене и запуштене. Међу најважнијим узроцима недовољне производње основних пољопривредних производа у БиХ је и тај што се у протеклом периоду нису довољно, а поготово не интензивно, користили постојећи производни пољопривредни капацитети. Процјењује се да у БиХ укупно оранично земљиште заузима око милион хектара (МСТЕО 2016) (*Министарство спољне трговине и економских односа*, МСТЕО). У 2016. години засијана је 531 хиљада ха, од којих 194 хиљаде ха у ФБиХ, 324 хиљаде у РС (РЗС РС 2016) (*Републички завод за статистику Републике Српске*, РЗС РС) и 30 хиљада у Дистрикту Брчко (МСТЕО 2016). Просјек искоришћених ораничних површина у ФБиХ је 48,6%,

у РС 55,4% и у Дистрикту Брчко 48%. Сјетвена структура на обрађеном пољопривредном земљишту се не мијења већ дужи низ година, гдје жита имају највећи удио у засијаним површинама, 58%.

Једина научноистраживачка институција у Републици Српској и БиХ која се бави оплемењивањем и стварањем нових сорти и хибрида гајених биљака прилагођених агроеколошким условима Републике Српске и БиХ је ЈУ Пољопривредни институт Републике Српске. Досад је у Институту створено 20 сорти стрних жита, 9 хибрида кукуруза, 4 сорте соје и више сорти различитих врста крмног биља и повртарских биљака. Дугогодишњим, континуираним провођењем програма оплемењивања кукуруза са јасно постављеним циљевима, оплемењивачи Пољопривредног института Републике Српске Бања Лука створили су хибрид БЛ 43 (признат 2004. године) високог потенцијала родности, који одлично подноси сушу. У лабораторијским огледима вршено је испитивање клијања четири хибрида кукуруза симулирајући физиолошки стрес, при чему су код хибрида БЛ 43 добијена највећа енергија клијања и дужина колеоптила (Ђурђић et al. 2016). Хибрид БЛ 43, осим високе родности и толерантности на сушу, посједује широку адаптивност и стабилност приноса, отпорност на полијегање и лом стабла, толерантност према важнијим проузроковачима болести листа и клипа. Зрно је у типу зубана, крупно, чврсто везано за окласак и одличног квалитета (Пољопривредни институт Републике Српске, Бања Лука).

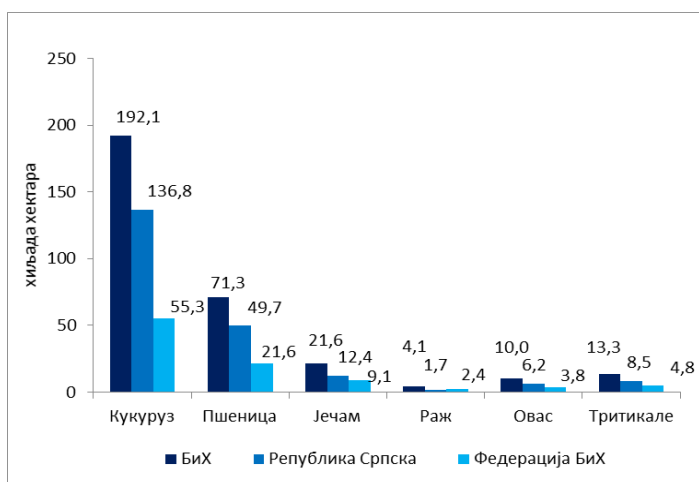
6.2.4. Производња кукуруза у Републици Српској

Производња жита један је од важнијих сегмената пољопривредне производње, с обзиром на то да представља основу прехранбене сигурности становништва. Колики је значај производње жита у БиХ показују и подаци да су жита у периоду 2009–2013. заузимала, у просјеку, површину око 303 хиљаде хектара, што представља 55–60% удјела у укупно засијаним обрадивим површинама (Milić and Perušić 2014). Домаћа производња жита у 2011. години била је 1,08 милиона тона (Milić and Perušić 2014). Највећа производња жита у периоду 2009–2018, од 1.657.556 тона, остварена је 2016, што је, у поређењу са производњом из претходне године, више за 520.000 тона или за 46%, при чему је највећи допринос имала рекордна производња кукуруза од 1.178.423 тона АСБХ 2017 (Агенција за статистику БиХ, АСБХ). Стабилност пољопривредне производње и висина остварених приноса жита у Босни и Херцеговини у великој мјери зависи од временских услова. Као посљедице промјене климе у периоду од 10 година, чак 7 година су означене као сушне, а неке од њих, као што су биле 2011. и 2012,

екстремно сушне, док су у мају 2014. године биле катастрофалне поплаве, које су нанијеле пољопривредној производњи огромне штете, смањењем укупних приноса и квалитета производа (Милић et al. 2019).

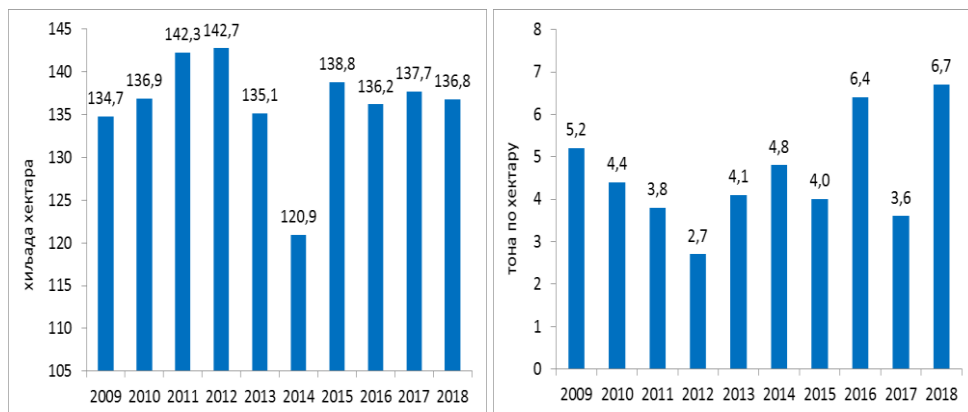
6.2.4.1. Производња кукуруза за зрно

Од укупних површина на којим се гаје жита у Босни и Херцеговини, 69,3% налази се у Републици Српској, а 30,7% у Федерацији БиХ (Граф. 6.3) (АСБХ 2019). Од укупних засијаних површина под ратарским усјевима у БиХ, жита учествују са око 57,5% (Милић и сар. 2016). У производњи жита у БиХ највише су заступљени кукуруз (71%) и пшеница (20%). Највеће површине под кукурузом налазе се у равничарским подручјима РС у којим се, уз кукуруз и пшеницу, гаје и индустријске биљке (Милић и сар. 2016). У брдско-планинском подручју РС, од укупних пољопривредних површина, само 11% чине оранице и баште, а 87% пашњаци и ливаде (Dražković et al. 2017). На ораницама се претежно гаје јара жита, кромпир, нешто хељде и крмних биљака (Милић и сар. 2016). Осим испаше, која је јако важна, у исхрани домаћих животиња у мањој мјери користи се силажни кукуруз, травнолегуминозне смјеше, кромпир и поврће лошијег квалитета (Милић и Ђурђић 2011).



Граф. 6.3. Површине под житима у БиХ у 2018. години (000 ха) (АСБХ 2019)
 Graph. 6.3. Cereals growing area in Bosnia and Herzegovina in 2018 (000 ha)
 (Agency for Statistics of the Bosnia and Herzegovina 2019)

Кукуруз је најважнија ратарска врста и у Републици Српској, заузима 46,7% засијаних површина. Засијане површине и производња кукуруза у Републици Српској је варијабилна (Граф. 6.4) (РЗС РС 2019) и на њу, уз агротехнику, велики утицај имају метеоролошки услови (Ковачевић et al. 2012a; Милић и сар. 2016). Иако су на подручју Семберије и Бирача пољски огледи са шест хибрида кукуруза за зрна ФАО, група зрења 400–600, имали приносе 6,36–8,58 т ха⁻¹ (Мадих и сар. 2019), ипак се просјечни приноси у широкој производњи, у зависности од године, крећу од 2,7 до 6,7 т ха⁻¹ (Граф. 6.5).



Граф. 6.4, 6.5. Укупне површине (000 ха) и просјечни приноси зрна кукуруза (т ха⁻¹) у Републици Српској у периоду 2009–2018. (РЗС РС 2019)

Graph. 6.4, 6.5. Maize total growing area (000 ha) and average grain yield (t ha⁻¹) in the Republic of Srpska in the period 2009–2018 (Republic of Srpska Institute of Statistics 2019)

У периоду 2013–2018, ресор за пружање стручних услуга у пољопривреди (2019) Министарства пољопривреде шумарства и водопривреде Републике Српске (МПШВ РС) (<https://pssrs.net/ogledi/strna-zita-2-3/>), постављао је огледе на више локалитета са 201 хибридом кукуруза из 16 института/сјеменских компанија и утврдио приносе од 2,7 до 5,3 т ха⁻¹ (Сл.6.1-6.3). Осим Ресора за пружање стручних услуга у пољопривреди, демо огледе постављају директно институти и сјеменске компаније, а у циљу упознавања пољопривредних произвођача са новим хибридима.



Сл. 6.1–6.3. Огледи кукуруза (Фото Мајкић А)

Fig. 6.1-6.3. Maize trials (Photo Majkić A)

6.2.4.2. Органска производња кукуруза за зрно

Осим што се гаји у конвенционалној производњи, кукуруз се у РС гаји и у органској производњи. Органска пољопривредна производња представља један од најприроднијих начина гајења биљака и животиња, сакупљања самониклих плодова и производње или прераде прехранбених производа, посматрано са аспекта безбједности хране и очувања природног квалитета ових намирница (Ђурђић et al. 2017; Милић и сар. 2017). Посљедњих година, органска пољопривреда доживљава снажан раст и развој, како у свијету тако и у РС. РС обилује неискоришћеним и незагађеним земљишним ресурсима који су погодни за бављење органском пољопривредом (Ковачевић и сар. 2005а, 2005б, 2009; Милић и Ђурђић 2011). Поред тога, у Републици Српској постоје и сви остали природни предуслови за бављење овом производњом (Ковачевић и Милић 2010; Олјаћа et al. 2014). У органској пољопривреди се од пољопривредних произвођача захтијева пуно више знања, рада и пажње приликом производње, да би испунили све захтјеве у складу са законским прописима и правилима органске производње. Додатни рад у органској пољопривреди и знање пољопривредних произвођача валоризује се кроз већу цијену коју органски производи имају, у поређењу са производима који долазе из конвенционалне пољопривредне производње. У почетним годинама увођења органске производње, највећа пажња посвећена је сертификавању производње и производа и модификовању агротехничких мјера у оквиру технологије гајења.

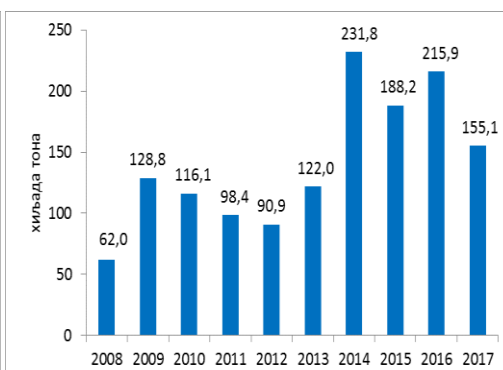
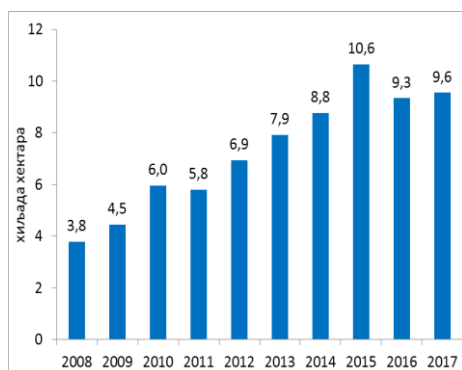
У 2015. години није било органске производње жита, а на ово су утицали екстремни еколошки услови и поплаве које су захватиле највећи дио обрадивих површина у 2014. години. Најзаступљенији усјеви у органској производњи су јари меркантилни вишереди јечам, меркантилни кукуруз, а у посљедње вријеме влада интерес и за меркантилном озимом пшеницом и

ражи (Лалић и сар. 2019). У органској производњи меркантилни кукуруз у 2014. години гајен је на површини од 5,7 ха, у 2016. на 130,6 хектара, а у 2017. на 51,8 хектара, док се сјеменски кукуруз гајио само у 2014. години на површини од 6,42 хектара (МПШВ РС 2018). У овом систему гајења највише се налазе кукуруз шећерац и кокичар, хибриди бијелог зрна, као и старе популације (осмак) или сорте различитих боја зрна (црвене, љубичасте и сл.)

6.2.4.3. Силажни кукуруз

У производњи крмних биљака у РС, на првом мјесту је производња кукуруза за силажу са 56,8% (Граф. 6.5, 6.6), затим слиједе дјетелине са 14,5%, луцерка 13,9%, травно-дјетелинске смјеше око 11,1%, грахорица и мјешавине трава и жита са грахорицом и остале крмне биљке око 3,7% (Милић и сар 2016).

Силажни кукуруз ствара велику биомасу и на тај начин се обезбјеђују довољне количине хране за животиње, па се са повећањем површина под силажним кукурузом утиче на повећање сточарске производње (Ђурђић и сар. 2016) (Сл.6.4–6.6). Захваљујући високој енергетској вриједности, доброј сварљивости и микробиолошкој исправности, силажа кукуруза је једно од најважнијих кабастих хранива за домаће животиње. При избору хибрида кукуруза, најважнији параметри квалитета су принос суве материје цијеле биљке, удио клипова у сувој материји приноса, садржај влакна у киселом и неутралном детерџенту и *in vitro* сварљивост (Јовановић и сар. 2003). Уз сварљивост и структуру ћелијских зидова треба водити рачуна о приносу суве материје из периода технолошког оптимума за силирање са 30–35% суве материје у зрну кукуруза (Keskin et al. 2017).



Граф. 6.5, 6.6. Производња силажног кукуруза у Републици Српској у периоду 2008–2017. (Републички завод за статистику Републике Српске 2018)

Graph. 6.5, 6.6. Production of silage maize in the Republic of Srpska in the period 2008–2017 (Republika Srpska Institute of Statistics 2018)



Сл. 6.4–6.6. Силажни кукуруз на 900 метара н.в. (Пале, РС) (Фото Ђурђић И)
Fig. 6.4–6.6. Silage maize at 900 meters asl (Pale, Mokro) (Photo Đurđić I)

Због тога, приликом одређивања за неки од хибрида за силажу у сјетви, увијек треба имати у виду да биљке до момента силирања треба да достигну 28–35% суве материје, са којом се постижу најбољи резултати у силирању, али и да силажа од изабраног хибрида има високу сварљивост (Радосављевић и сар. 2005).

6.3. Захтјеви кукуруза према условима успијевања

Поред земљишних, метеоролошки услови имају одлучујући утицај на принос и квалитет кукуруза. Овај утицај нарочито се манифестује преко средњих, максималних и минималних дневних температура, а такође и количине и распореда падавина током вегетационог периода.

6.3.1. Потребе за водом

Кукуруз има значајну потребу за водом, односно за падавинама и њиховом равномјерном распореду током вегетације. Има низак транспирациони коефицијент (250–270) и добро развијен корјенов систем који може усвајати воду из дубљих слојева земљишта. За остварење доброг приноса потребно је 500–600 мм воде у вегетацијском периоду кукуруза. Сјеме кукуруза почиње клијати када усвоји око 45% воде. Уз повољну температуру, сјеме ће

брзо клијати и ницати при влажности земљишта од 70 до 80% од максималног водног капацитета. Потребе кукуруза за водом повећавају се у вријеме интензивног пораста, а највеће су непосредно прије метличања, током свилања и оплодње, и на почетку наливања зрна (Muhammad et al. 2015). При влажности земљишта испод 10% од максималног водног капацитета, кукуруз престаје расти (Gagro 1997). Критично раздобље потребе за водом је 10 до 15 дана прије и 15 до 20 дана послје метличања, када кукуруз треба 100 мм падавина (Kiniry and Richie 1985). Као посљедица недостатка воде у вегетацији, зависно у којој је фази наступио дефицит воде, јавља се продужавање раздобља од сјетве до ницања, мање је зачетих цвјетова, већи удио стерилних цвјетова, мање полена, краће је раздобље цвјетања метлица, касни појава свиле (10–12 дана) и мањи је проценат оплодње. У условима водног дефицита, појава свиле може каснити неколико дана у односу на појаву полена, а крајњи резултат је непотпуно оплођење и смањење броја формираних зрна, што за посљедицу има слабу озрњеност врха клипа. Суша и висока температура могу довести и до десикације свиле, изазивајући слабо клијање полена и пораст поленове цјевчице, што такође може смањити број зрна (Setter et al. 2001). У условима суше долази до смањене снабдјевености угљеним хидратима вегетативних и репродуктивних органа у развоју, што резултира смањењем величине зрна. Појава суше у раној фази формирања зрна, нарочито током прве двије недеље послје полинације, има много већи негативан ефекат на коначни принос него у фази наливања зрна, у којој утиче на смањење приноса првенствено преко смањења величине зрна (Wardlaw 2002). Под утицајем стреса суше у току фазе наливања зрна, долази до смањења интензитета фотосинтезе и протока асимилата, јер су испод нивоа неопходног за формирање и раст зрна (Borrás et al. 2004). Смањење стопе фотосинтезе може бити посљедица смањења апсорпције свјетлости, смањења развијености и увијености листа, смањења зелене лисне површине, као и због редуковане фиксације угљеника по јединици лисне површине усљед затворености стома (Lopes et al. 2011). Стресни услови узроковани сушом и високим температурама ваздуха, утичу да принос кукуруза буде мањи и до 40% у односу на оптималне услове за производњу кукуруза (Muhammad et al. 2015).

Суша представља дуг период недостатка падавина, праћен високим температурама ваздуха, који негативно утиче на гајење и развој усјева. Истовремено, такав период карактерише и ниска влажност ваздуха. Штете од суше зависе од њеног трајања и интензитета. Дуже суше узрокују веће штете, а понекад могу бити катастрофалне. Недовољне годишње падавине и њихова расподјела током вегетације усјева, као и интензитет испаравања,

најважнији су узроци суше (Ковачевић и сар. 2009; Ковачевић и Милић 2010). У климатским условима нашег региона суша је повремен феномен, који може бити умјерен или екстремно тежак. У зависности од временских услова, у периоду 2010–2012. просјечан принос кукуруза у Мађарској варирао је од 3,6 до 7,5 т ха⁻¹, у Србији од 3,2 до 5,9 т ха⁻¹, у Хрватској од 4,9 до 8 т ха⁻¹ и у БиХ од 3,2 до 5,1 т ха⁻¹ (Ковачевић et al. 2013). Уопште, ниже падавине и веће температуре ваздуха у љетњим мјесецима, посебно у јулу и августу, обично су у блиској вези са приносима кукуруза (Ковачевић et al. 2012а, 2012б). Утицај климатских промјена на биљну производњу огледа се кроз сљедеће параметре: дуготрајна промјена просјечних температура ваздуха и количине падавина, повећани развој болести, корова и штеточина, деградација земљишта, продужетак или скраћивање вегетације (Ковачевић et al. 2012а).

6.3.2. Топлотни услови

Кукуруз је термофилна биљка, што значи да за правилан раст и развој има велике потребе за топлотом. Сума активних температура код средње касних хибрида износи 2.500–2.700 °С. Усљед тога, гајење кукуруза ограничено је јунском изотермом од 17 °С. То практично значи да ноћне температуре у љетњим мјесецима (јуни, јули и август) не треба да су ниже од 12,8 °С, а средње дневне испод 19 °С. Минимална потребна температура да би кукуруз почео клијати је 8 °С, али тада је клијање врло споро па се сјетва започиње када се земљиште у сјетвеном слоју загрије на више од 10 °С. Кукуруз се развија ако је температура земљишта изнад 10 °С, а температура ваздуха изнад 13 °С. Кукуруз слабо подноси температуре испод нуле, али у раној фази развоја до фазе 6–8 листова, док је вегетациони врх још испод површине земљишта, може поднијети до -3 °С. Након тог стадијума, кукуруз је изразито осјетљив на ниске температуре и страда при 0 °С. Кукуруз подноси високе температуре, али при температурама вишим од 35 °С, уз смањену влажност ваздуха у вријеме цвјетања, оштећују се поленова зрна и долази до сушења свиле, што негативно утиче на оплодњу, а резултат је мање формираних зрна, те самим тим и на смањење приноса. Смањење приноса под утицајем топлотног стреса посебно је изражено ако се високе температуре јаве у вријеме свилања и заметања зрна кукуруза. Високе температуре ваздуха наносе много веће штете хибридима дуже вегетације него хибридима краћег вегетационог циклуса, при чему се жетвени индекс смањује и до 46% (Ordóñez et al. 2015). Интензивни физиолошки и биохемијски процеси кукуруза одвијају се у просјеку при температурама од 10 до 30 °С. Утицај температурног стреса на кукуруз постао је интересантан,

посебно у подручјима захваћеним климатским промјенама, гдје, услед повећања температуре ваздуха изнад критичне температуре од 34 °С, долази до смањења приноса кукуруза (Gabaldón-Leala et al. 2016).

6.3.3. Земљишни услови

Кукурузу највише одговарају дубока, плодна, структурна земљишта, слабо киселе или неутралне реакције, растресита, пропусна и добро аерисана, која се одликују великим капацитетом за водом, богата лакоприступачним асимилативима и са нивоом подземних вода на 150–200 цм. Таква земљишта су черноземна и алувијална, којих у нашој земљи има мало. Како је кукуруз биљка која се гаји на великим површинама, заузима и мање погодна земљишта, односно тешка, збијена, слабо пропусна и слабо плодна. Ако је земљиште сиромашно и неповољног механичког састава, услед обилних киша или суша долази до слабије и проблематичне производње. На земљиштима лошијег квалитета, слабијег потенцијала родности и неповољних педохемијских особина, врло је важно правилно проводити агротехничке мјере, тј. примијенити правилну и квалитетну обраду, исхрану одговарајућим ђубривима, према потреби вршити поправку земљишта и примијенити одговарајуће мјере његе и на тај начин се могу постићи задовољавајући приноси. За побољшање квалитета земљишта и повећање приноса користе се оплемењивачи земљишта (Belyaeva and Haynes 2012). Оплемењивачи земљишта показали су се ефикасним на пјесковитим земљиштима, њиховом вишегодишњом примјеном долази до повећања водног капацитета земљишта и ензимске активности у земљишту, а као крајњи резултат је повећање биомасе и приноса кукуруза (Zhou et al. 2016).

6.3.4. Потребе према свјетлости

Кукуруз је биљка кратког дана, а у условима дугог дана долази до продужавања вегетације због успореног раста и развоја. Међутим, осјетљивост на дужину дана (фотопериодизам) зависи од специфичности, хибрида и подручја гајења. Иако је кукуруз биљка кратког дана, може успијевати и у условима дугог дана, што му омогућује његова способност прилагођавања и сортимент са краћом вегетацијом. Кукуруз за свој раст и развој захтијева одређени квалитет и интензитет освјетљења. Ако се интензитет свјетлости смањи за 30–40%, продужује се и трајање вегетације

за 5–6 дана, при томе су најосјетљивији хибриди дуже вегетације. Кукуруз је осјетљив на засјењивање, па се смањењем освјетљења у природним условима (облачно вријеме) слабије развија корјенов систем, мања је биљна маса и слабије развијена метлица. Да не би дошло до превеликог засјењивања, мора се пазити на оптималан склоп, чиме се утиче на индекс лисне површине. Квалитет свјетлости утиче на фотосинтетску активност, због чега биљке ријетко достижу максималну стопу фотосинтезе. У условима сјене долази до смањења фотосинтетске активности кукуруза и смањења приноса за 33–43%. Да би се побољшала продуктивност, неопходни су хибриди кукуруза са дубљим коријеном и прилагођени условима слабог освјетљења (Tiwari et al. 2012).

6.3.5. Климатске промјене и њихов утицај на производњу кукуруза

У земљама Централне и Југоисточне Европе преовлађује умјерено континентална и континентална клима, уз присуство планинске на вишим надморским висинама и средоземне и океанске климе у приобалним подручјима. За ове регионе Европе, анализирани су очекиване промјене климе; повећање минималне и максималне температуре ваздуха и смањење количине падавина (Vučetić 2011).

У периоду 1981–2010. у БиХ било је повећање температуре у љетњем (Мостар за 1,2 °C; Сарајево за 0,8 °C) и зимском периоду (Бања Лука за 0,7 °C) (Радусин и сар. 2013; Trbić et al. 2015). Највеће промјене дешавају се љети, са промјеном од +1,4 °C у сјеверним и +1,1 °C у јужним подручјима БиХ (Радусин и сар. 2013). Анализе метеоролошких услова за период 1961–2010. показују да је присутно повећање температуре у свим дијеловима БиХ, што је посебно изражено у посљедњој деценији. Повећање температуре креће се у распону од 0,4 °C до 0,8 °C, док пораст температуре у вегетационом периоду, у вријеме када су биљке најосјетљивије (април–септембар), иде и до 1,0 °C (Milić et al. 2019). Изражена промјена годишњег распореда падавина, уз повећање температуре, један је од кључних фактора који условљавају чешће и интензивније појаве суше и поплава на територији БиХ (SNC 2013) (*Second national communication of Bosnia and Herzegovina*, SNC). Утицај ефекта стаклене баште и глобалног загријавања на климу у БиХ све је очигитији. Екстремност климатских појава повећава се до забрињавајућих размјера. Најбољи примјер је задња деценија, у којој је регистровано чак пет екстремно сушних и двије екстремно кишовите године (Stričević et al. 2018). У писаној метеоролошкој историји БиХ, 2011. година остаће запамћена као најсушнија, док је супротан примјер 2014. година (Milić et al. 2019). Огромне количине падавина у мају 2014. довеле су до катастрофалних поплава у БиХ и региону.

Ефекат климатских промјена може се ублажити интегралним управљањем водним ресурсима и системима за наводњавање, увођењем нових система пољопривредне производње који су прикладни за топлије и сувље средине, избором хибрида отпорних на сушу, раних хибрида аутохтоних сорти које су прилагођене локалним условима производње, укључујући варирање климе, односно појаву високе температуре и суше (Kovačević et al. 2012a).

Анализирајући утицај климатских промјена на просјечан принос кукуруза у Босни и Херцеговини за период 2010–2016. (Таб. 6.2), утврђен је најнижи просјечан принос по јединици површине у 2012. години (2,7 т ха⁻¹), а највећи у 2016. години (6,1 т ха⁻¹) (АСБХ 2017). У том периоду, једна од три неповољне године у низу била је 2012. година, што је утицало на низак просјечан принос, док је 2016. година имала повољне услове за производњу кукуруза (мало већу средњу годишњу температуру у поређењу са вишегодишњим просјеком, док су падавине биле у границама просјечних сума). На просјечне приносе кукуруза значајно су утицали метеоролошки услови у вегетационом периоду. Овако висока варирања просјечних приноса утицала су и на укупну производњу кукуруза. Претходни резултати огледа у нашем региону указују на ефекте метеоролошких услова, посебно падавина на принос зрна кукуруза (Ковачевић и сар. 2005а, 2007, 2008; Долијановић и сар. 2006; Dolijanović i sar. 2007, 2010). Најмањи принос кукуруза за силажу био је у 2012. години (14,5 т ха⁻¹), а највећи у 2010. години, 19,4 т ха⁻¹ (Таб 6.2). Повољни временски услови у вегетационом периоду, а посебно високе количине падавина су утицале да у 2010. години буду виши приноси силажног кукуруза у поређењу са другим годинама обухваћеним овим анализама.

Таб. 6.2. Површине, просјечни приноси и укупна производња кукуруза за зрно и силажу у БиХ у периоду 2010–2016. (АСБХ 2017)

Table 6.2. Growing area, average yield and total production of maize grain and silage in BiH in the period 2010-2016 (Agency for Statistics of the Bosnia and Herzegovina 2017)

Година	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<u>Кукуруз за зрно</u>							
Површина (ха)	191.671	195.970	196.504	189.554	184.815	193.707	191.719
Просјечан принос (т ха ⁻¹)	4,5	3,9	2,7	4,2	4,7	4,1	6,1
Производња (т)	862.519	764.283	530.561	796.127	868.631	794.199	1.169.486
<u>Силажни кукуруз</u>							
Површина (ха)	23.715	24.376	26.243	30.850	30.960	31.161	31.569
Просјечан принос (т ха ⁻¹)	19,4	18,0	14,5	15,4	18,7	16,1	17,2
Производња (т)	460.071	438.768	380.524	475.090	578.952	501.682	542.987

Све чешће појаве екстремних температура и суше у већем дијелу свијета утичу негативно на раст биљака, што резултира великим губицима приноса (Orlowsky and Seneviratne 2012). Високе температуре, уз повећање броја дана са максималним температурама ваздуха изнад 32 °С, утицале су на смањење приноса кукуруза у Француској (Hawkins et al. 2013), те изнад 29 °С у САД (Schlenker and Roberts 2009).

6.4. Агротехника у функцији одрживог развоја

Успјех у производњи кукуруза зависи од правилног избора хибрида и успјешности примјене агротехничких мјера. У примјени агротехничких мјера од посебне важности су правилан избор најпогоднијих агротехничких мјера, начин њихове примјене, правовременост извођења, поштовање рокова и правилан избор механизације.

6.4.1. Конзервацијски систем обраде

Конзервацијским системом обраде земљишта, у поређењу са конвенционалним, остварени су мањи приноси зрна кукуруза за 24,90–24,62% (Ковачевић и сар. 2008). Конзервацијски системи су рационалнији, али пошто дају ниже приносе биомасе од конвенционалног система, намеће се потреба испитивања њихове економске ефикасности са енергетског и са становишта заштите земљишта од деградације. У разради таквих технологија, битан ослонац конзервацијским системима обраде су плодореди, али, такође, и заједнички рад са оплемењивачима биљака који треба да створе сорте адаптивбилне за такве услове (Ковачевић и сар. 2008). Битно промијењени услови у земљишту код конзервацијске обраде по питању физичких, хемијских и микробиолошких особина, стварају другачије услове за развој коријеновог система биљака и његову улогу у исхрани биљке. Потребно је увести конзервацијске системе обраде у плодореди и користити вишенамјенске усјеве. Климатске промјене постале су један од главних разлога увођења конзервацијских система обраде земљишта, који омогућавају ублажавање негативних климатских утицаја на пољопривредну производњу. Коришћење земљишта сматра се разумним и оправданим ако су испуњени сви услови за његово обнављање. Обнављање земљишта може се постићи сталном његом, чувањем плодности и биолошких особина и спречавањем сваког облика деградације земљишта. Деградација земљишта је процес погоршања квалитетних особина земљишта, потребних за раст

биљака. Природни климатски процеси и утицај човјека континуирано утичу на промјене квалитета земљишта. Најважнији процеси деградације су: ерозија вјетром и водом, сабијање, губитак органских материја, загађивање, наводњавање, осиромашење земљишта хранивима итд. Начин и план обраде, ђубрење, наводњавање, одводњавање и све остале операције треба да буду рационалне, у складу са захтјевима земљишта. При конвенционалној обради на пјесковитим и глиновитим земљиштима, која су веома сува или влажна, погоршавају се физичке особине које, с једне стране, доводе до ерозије вјетром, а водом, с друге стране. Да би се смањиле ове опасности, смањује се број захвата или се уводи заштитна и минимална обрада. У БиХ се о ерозији земљишта врло мало говорило све до 2014. године, када су поједине дијелове БиХ задесиле катастрофалне поплаве и ерозија земљишта.

Системи конзервацијске обраде обухватају широк спектар операција обраде земљишта са циљем да се заштити од ерозије, да на површини земљишта остане више од 30% жетвених остатака и да се стимулише инфилтрација воде у земљишту (Reicosky 2015). Прелазак са конвенционалне на конзервацијску обраду може се манифестовати смањењем приноса, посебно у првим годинама (Salem et al. 2015). Разлог за мањи принос при конзервацијској обради током прелазног периода могу бити посљедица збијања земљишта, нижих температура земљишта у току вегетације, мање доступности хранљивих елемената и мање искориштености влаге из земљишта (Idowu et al. 2019). Код конзервацијске обраде земљишта приноси су већи на тежим земљиштима (Triplett and Dick 2008). Систем обраде (конвенционални и конзервацијски) неће утицати на повећање или смањење приноса кукуруза, без обзира на тип земљишта и климатске услове, ако се примјењује исти склоп биљака и уништавају корови (Beuaert et al. 2002).

У сушним подручјима конзервацијска обрада земљишта, посебно ако су предкултуре пшеница или овас, утиче на смањење закоровљености, чува влагу у земљишту и смањује ерозију земљишта, а разлике у приносу силажног кукуруза нису велике у поређењу са конвенционалном обрадом земљишта (Idowu et al. 2019).

6.4.2. Плдоред

Гајење кукуруза у монокултури неизбежно је због доминације ове врсте у сјетвеној структури, а у ранијем периоду и реалније, јер до 1992. године није било опасне штеточине кукуруза (кукурузна златица), која се

интензивно шири оваквим системом гајења. Кукуруз се, уз монокултуру, најчешће гаји у двопољном плодореду са пшеницом. Истовремено, повећањем површина под индустријским и крмним биљкама стекли су се услови за увођење тропољних и четворопољних плодореда, који у односу на монокултуру и двопољни плодоред имају бројне предности: ефикаснија борба против корова, штеточина и узрочника болести, боље искоришћавање биљних асимилатива из земљишта, значајније обезбјеђење сировина за прехранбену индустрију и храну за домаће животиње, рационалније искоришћавање постојеће пољопривредне механизације. Најбољи предусјеви за кукуруз су зрнене махунарке, права жита, травно-легуминозне смјеше, кромпир, црвена дјетелина. Послије ових усјева земљиште је обogaћено органским материјама и добрих је физичких особина.

Гајење кукуруза у потпуним и правилним плодоредима, посебно у којим су уз пшеницу заступљене и легуминозе, може значајно утицати на смањење закоровљености и повећање приноса зрна, и то не само у интензивним системима и повољним метеоролошким условима (Ковачевић et al. 2014). Напротив, у условима непотпуне агротехнике и климатских промјена, прије свега повећања температура ваздуха и недостатка падавина током љетњих мјесеци, благотворно дејство плодореда може доћи до изражаја. Присуство биљака из фамилије *Fabaceae* значајно доприноси побољшању ефикасности плодореда, јер се принос кукуруза повећава, а употреба минералних азотних ђубрива смањује и за 50%, што је значајна уштеда, а и важно је за очување земљишта (Dolijanović et al. 2011).

Предности тропољног и четворопољног плодореда, у односу на двопољни, огледју се у мањој учесталости обраде земљишта и тиме уштеди у енергентима, као и смањеном уносу минералних азотних ђубрива и количини примјењених хербицида (Долијановић и сар. 2006; Dolijanović i sar. 2007). Осмогодишњи резултати приноса зрна кукуруза (Таб. 6.3), гајеног у монокултури и у различитим плодоредима, указују да је монокултура испољила неповољно дејство на принос зрна кукуруза, посебно у годинама са неповољним метеоролошким условима (Долијановић и сар. 2017). Најмањи принос добијен је 2003. ($5,70 \text{ т ха}^{-1}$), а највећи 2008. године ($11,30 \text{ т ха}^{-1}$). Просјечан принос зрна у испитиваном периоду у монокултури и испитиваним плодоредима износио је $7,80$ и $8,75 \text{ т ха}^{-1}$, што је оптималан принос за наведени локалитет и тип земљишта. Двопољни и тропољни плодоред били су у предности, не само у односу на монокултуру, него и у односу на плодореде са већим бројем поља (четворо- и шестопољни). У четворопољном плодореду кукуруза, соје, пасуља и баршунастог пасуља

добијен је већи принос кукуруза у поређењу са монокултуром. Увођењем баршунастог пасуља у плодоред, поред повећања приноса кукуруза, повећава се и садржај азота и лако приступачног калијума и магнезијума, а тиме и плодности земљишта (Uzoň et al. 2019).

Укључивањем махунарки у плодоред са кукурузом, смањује се употреба азотних ђубрива, повећава ротација усјева, побољшава микробиолошка активност, диверзификује систем производње усјева и побољшава плодност земљишта (Ojien et al. 2014). Пољопривредни произвођачи у САД најчешће користе двопољни плодоред за кукуруз и соју, док су у Аргентини заступљени плодореда од 10 до 12 година, који укључују вишегодишње усјеве (траве и легуминозе) које се користе у испаша (Bullock 1992). У оваквим плодоредима, посебно послије луцерке, долази до повећања азота у земљишту и повећања приноса кукуруза (Riedell et al. 2009). Због велике заинтересованости пољопривредних произвођача за увођење плодореда у трајању од 10 и више година и због разумијевања ефеката ротације усјева на земљиште и земљишта на усјеве, први корак ка развоју одрживих пољопривредних система су дугорочни експерименти, захваљујући којим ће се утврдити утицај смјене усјева, посебно легуминоза, на повећање плодности и обезбјеђење хранљивих материја, посебно азота у земљишту (Hobbs et al. 2008; Garnett and Godfray 2012).

Таб. 6.3. Принос зрна кукуруза ($t\ ha^{-1}$) у различитим системима ратарења у периоду 2001–2008. (Долијановић и сар. 2017)

Table 6.3. The grain maize yield ($t\ ha^{-1}$) in different growing systems in the 2001–2008 period (Долијановић и сар. 2017)

Година	Монокултура	Системи гајења				Просјек
		2-пољни	3-пољни	4-пољни	6-пољни	
2001	8,0	8,5	8,7	8,5	8,5	8,44 ^c
2002	7,6	7,2	7,1	7,5	6,2	7,12 ^b
2003	6,1	5,4	5,7	5,9	5,4	5,70 ^a
2004	7,0	9,6	10,0	7,5	9,1	8,64 ^e
2005	7,2	9,1	10,6	9,6	8,8	9,06 ^f
2006	8,2	8,4	8,6	9,1	8,6	8,58 ^d
2007	8,7	9,4	10,1	10,4	9,5	9,62 ^g
2008	9,6	11,5	13,0	9,8	12,6	11,30 ^h
Просјек	7,80 ^a	8,64 ^b	9,23 ^c	8,54 ^d	8,59 ^{bd}	8,75

Вриједности означене истим словима нису значајно различите

6.4.3. Здружени усјеви

Здруживањем два или више усјева у ратарству постижу се бројне предности у односу на гајење једног усјева на једној површини. Ипак је најважније да се таквим системом гајења доприноси очувању најважнијег ресурса у пољопривреди – земљишта. Бројне су предности оваквог начина гајења у ратарству: очување и побољшање најважнијих особина земљишта, интензивирање плодореда и сл. Здружени усјеви могу да смање губитке азота у пољопривредној производњи, испирање нитрата и испаравање амонијака у атмосферу (Amjadian et al. 2013). Бројне врсте из фамилије *Poaceae*, *Fabaceae* и *Brassicaceae* и њихове комбинације у здруженим усјевима различито утичу на садржај нитрата у земљишту (Restovich et al. 2012). На садржај азота у земљишту утиче вријеме жетве усјева, однос C/N за вријеме минерализације азота из жетвених остатака и ботаничке припадности усјева. До повећања азота у земљишту долази ако се, као покровни усјеви, користе махунарке (Sainju et al. 2006). У годинама са много падавина покровни усјеви спречавају испирање азота из земљишта (Constantin et al. 2010).

У свијету се обезбјеђује 15–20% хране гајењем здружених усјева (Lithourgidis et al. 2011). Здружени усјеви имају еколошке, биолошке и социо-економске предности у односу на гајење појединачних усјева (He et al. 2012; Waktola et al. 2014). У здруженим усјевима жита и махунарки мање су потребе за уношењем азотних ђубрива у земљиште (Chen et al. 2017). Кукуруз и соја најбољи су партнери у условима здруженог гајења, јер оба имају комплементарне особине (Kocsy et al. 2001). Захваљујући морфолошким особинама, кукуруз и соја су погодни за коришћење свјетлости истовремено и без конкуренције (Yang et al. 2015). Здруживање кукуруза и соје примјењује се у многим земљама свијета.

Са аспекта сточарске производње, гајење здруженог усјева кукуруза и соје доприноси повећању квалитета и квантитета надземне биомасе, као сировине за различите видове исхране домаћих животиња. У оваквим системима гајења веома је важно одабрати правилан распоред кукуруза и соје у смјеси, јер од тога зависи процентуални удио соје у укупној маси за силирање. Потребно је одабрати такав однос усјева који обезбјеђује добијање задовољавајућег приноса и квалитета сточне хране (Јаношевић et al. 2017). Наиме, ако је неповољан однос броја биљака у здруженом усјеву, добија се низак удио соје, а тиме и мали допринос у побољшању квалитета сточне хране (Долијановић и сар. 2004а, 2004б; Долијановић и сар. 2008). Поред здруживања два усјева за добијање квалитетне сточне хране, врло

често се у пракси здружују и усјеви од којих је један, или оба, намијењен људској исхрани (кукуруз – пасуљ, кукуруз – тикве, кукуруз – вигна), или у органској производњи (црвени кукуруз – црна соја, бијели кукуруз – пасуљ и сл.) (Dolijanović and Simić 2016). Високи приноси добијају се при гајењу кукуруза и махунарки у наизмјеничним редовима. На добијање високог приноса утиче боље развијен корјенов систем кукуруза на који махунарке дјелују стимулативно (Zhang et al. 2013). Раније су усјеви здруживани углавном због недостатка обрадивих површина, а данас постоје посебно разрађени модели и начини здруживања, као и специфични хибриди, који су оплемењивачким радом прилагођени оваквом начину гајења (Dolijanović et al. 2013).

6.5. Оплемењивање кукуруза

Оплемењивање кукуруза врши се на научним основама више од стотину година. Сматра се да је генетичка варијабилност биљке кукуруза довољна да омогући континуирани напредак у оплемењивању и у наредном периоду. Поред генетичке варијабилности, најновија сазнања и методи биотехнологије доприносе континуираном напретку у оплемењивању кукуруза. Оплемењивањем кукуруза у протеклом периоду створени су бројни хибриди, што је омогућило перманентно повећање приноса.

Увођењем у производњу нових хибрида и усавршавањем производног процеса, у САД је у периоду 1920–1992. принос зрна повећаван за 78–110 кг ха⁻¹ по години (Duvick 1992), а у периоду 1965–2000. принос је повећан линеарно за 109 кг ха⁻¹ годишње (Doberman and Cassman 2002). Процјене су да око 75% повећања приноса представља допринос генетике, а 25% резултат примијењених агротехничких мјера (Анђелковић и сар. 2012).

У умјереном подручју, оплемењивање кукуруза засновано на вишелокацијским огледима под различитим климатским условима резултирало је повећањем приноса зрна од 73 кг ха⁻¹ по години при благом стресу (Duvick 1997), док је код кукуруза у тропском подручју, конвенционално оплемењивање резултирало у повећању од 146 кг ха⁻¹ по години у условима стреса суше (Campos et al. 2004).

Повећање приноса кукуруза у Србији током четири циклуса селекције (од 1946. до 1989. године) и увођења у производњу нових хибрида, износило је између 69,4 и 113,2 кг ха⁻¹ годишње (Којић 1991). Просјечно повећање приноса за период 1947–2004. износи 56 кг ха⁻¹ по години, с тим да су за поједине периоде добијане различите вриједности (Drinić et al. 2007). Тако је за период 1947–1964, прије увођења дволинијских хибрида, повећање

било 71,7 кг ха⁻¹ по години, за период 1965–1986. године, 114,2 кг ха⁻¹ по години, а за период 1987–2001. године 39,5 кг ха⁻¹ (Videnović et al. 2013). Даље повећање приноса кукуруза захтијева истовремено повећање генетичког потенцијала родности и побољшање технологије гајења (Јовановић и сар. 2006). Већина агрономски и економски важних особина, као што је принос зрна, квантитативно се наслеђују и редовно испољавају интеракције генотипа и спољне средине. Стално унапређење нових технологија у комбинацији са постојећим знањем из области механизма одговорних за смањење приноса, обезбједиће чврсту основу за постизање повећане производње кукуруза (Анђелковић и сар. 2012). Конвенционално оплемењивање дало је велики допринос, на њему је заснован и успјех тзв. зелене револуције, што је резултирало значајним повећањем приноса код жита (Eveson and Gollin 2003).

Предвиђања климатских промјена указују на неопходност промјена у оплемењивачким приступима, како би се задовољиле потребе будућих генерација. Пошто је кукуруз изложен комбинацији стресова, изучавање ефекта појединачних стресних фактора и њихових комбинација веома је значајно (Voesenik et al. 2008). У првој деценији XXI вијека сјеменске компаније, нарочито у приватном сектору, усмјериле су своја истраживања на примјену технологије двоструких хаплоида (*double haploids*, DH) у оплемењивачким програмима, а процјењује се да је око 80% компанија и примјењује (Anđelković and Ignjatović-Mičić 2012). Генетички диверзитет представља суштинску компоненту за прогрес у оплемењивању. Међутим, до данас је само мали дио (око 5%) од расположивог диверзитета кукуруза искоришћен од стране оплемењивача (Анђелковић и сар. 2012). Унутар банака гена, међу локалним популацијама и дивљим сродницима кукуруза, налази се недовољно истражен генетички диверзитет за нове особине и алеле, који посједује пожељну варијабилност која се може користити за проширење генетичке основе постојећих оплемењивачких програма (Ortiz et al. 2009). Методе конвенционалног оплемењивања су ефикасне, али споре у стварању гермплазме толерантне на постојећи опсег климатских услова и нису погодне за брзо побољшање толеранције на мултипли стрес. Молекуларно оплемењивање даје могућност повећања брзине и ефикасности оплемењивања биљака (Whitford et al. 2010). Молекуларно оплемењивање, у најширем значењу, обухвата модерне оплемењивачке стратегије гдје се ДНК маркери користе као замјена за фенотипску селекцију да би убрзало стварање побољшане гермплазме. Информатика и биотехнологија могу знатно унаприједити процес добијања нових хибрида кукуруза. У данашњим програмима стварања хибрида кукуруза, поред

високог потенцијала родности, изражен је тренд стварања хибрида специфичних својстава и намјене.

Иако пољопривредни произвођачи имају дугу традицију у прилагођавању климатским промјенама, према садашњим сазнањима, климатске промјене представљају већи изазов и биће теже ријешити њихове посљедице. Генотипови са повећаном еластичношћу, према абиотичким и биотичким факторима стреса, имаће веома значајну улогу у ублажавању ефекта климатских промјена. Мултидисциплинарна рјешења су неопходна за стварање адаптација на нове услове, која укључују развој одговарајуће гермплазме (Anđelković and Ignjatović-Mičić 2012). За то је неопходно интегрисати биљну физиологију, геномику и оплемењивање, како би се разграничила сложена својства толерантности на сушу, разумјела њихова молекуларна основа и створила генерација генотипова кукуруза прилагођена новим климатским промјенама (Анђелковић сар. 2012). Савремено оплемењивање кукуруза подразумијева истовремену селекцију на више особина, тестирања у различитим фазама развића биљака и циклуса селекције и евалуацију великог броја потомства из укрштања. Циљеви оплемењивања кукуруза су: висок и стабилан принос зрна, прилагодљивост на различите еколошке услове, чврсто стабло и добро развијен коријен, пожељан хемијски састав зрна или силаже и отпорност на преовлађујуће болести и штеточине.

6.5.1. Хетерозис

Почетком XX вијека, амерички генетичар Shull почео се бавити истраживањем повећане бујности потомства F_1 генерације и њеном практичном примјеном у селекцији кукуруза. Shull је 1909. године предложио поступак за производњу сортних хибрида развојем инбред линија и њиховим међусобним укрштањем (Duvick 2001). Појаву повећане бујности F_1 генерације у односу на родитеље, Shull је назвао хетерозисом. Хетерозис је скраћеница од ријечи хетерозиготни стимуланс (*stimulus heterozygosis*) и изражава се у облику процента, а мјери се у односу на просјек родитеља (*mid-parent heterosis*) или у односу на бољег родитеља (*better parent heterosis*). Хетерозис или хибридна бујност односи се на феномен у коме хибридно F_1 потомство показује супериорност у односу на просјек оба родитеља или у односу на бољег родитеља.

За објашњење феномена хетерозиса предложено је више теорија које су сврстане у двије групе – теорија супердоминантности и теорија

доминантности. Теорија супердоминантности темељи се на чињеници да је хетерозиготност, сама по себи, узрок хетерозиса, односно да су хетерозиготни локуси супериорнији од хомозиготних. Недостатак ове теорије је да нема доказе о хетеротичном доприносу хетерозиготности кад се разматрају полигенска својства биљке. Теорија доминантности полази од претпоставке да ће хетерозис настати ако су на локусима присутни доминантни или дјелимично доминантни алели. По овој теорији, хетерозис се изражава акумулацијом доминантних повезаних чинилаца на различитим локусима. Дефинитиван доказ за било коју теорију тешко је утврдити. Са генетичког стајалишта, хетерозис је резултат интералелне интеракције (доминантност и супердоминантност) и једним дијелом интералелне интеракције (епистазе).

За изражавање хетерозиса требају бити испуњена два услова: присутност одређеног нивоа доминантности и релативна разлика у фреквенцији гена два родитеља. Уколико било који од ова два услова није испуњен, хетерозис се неће испољити, а што су родитељи међусобно генетички и географски више удаљени, хетерозис ће бити израженији. Хетерозис се модификује интеракцијом генотипа и средине. Запажено је да су неки хибриди испољили хетерозис за принос у једним условима гајења, али кад су се промијенили услови, није утврђен ефекат хетерозиса (Chapman et al. 2000). Значај хетерозиса у пољопривреди одражава се у повећању приноса. Хетерозис код кукуруза повећава принос најмање 15%, што у комбинацији са адекватном агротехником резултира сигурним побољшањем (Duvick 2001). Пред крај двадесетог вијека, 65% производње кукуруза у свијету заснивало се на хибридима (Duvick 1999), а побољшање приноса било је 15–50%. Иако се хетерозис, као феномен, проучава интензивно више од једног вијека, основни механизми који изазивају или доприносе хетерозису и даље су нејасни (Troyer 2006; Hallauer 2007).

6.5.2. Конвенционално оплемењивање кукуруза

У првим фазама конвенционалног оплемењивања кукуруза користиле су се масовна и индивидуална селекција, док се данас највише примјењује педигре метод селекције. Педигре метод подразумева детаљно познавање селекционог материјала, избор родитеља за укрштање који поседују жељене особине и чување детаљних информација о потомствима и њиховој повезаности (Troyer 2001). Назив *педигре метод селекције* користи се када је у питању било који тип популације у процесу самооплодне или селекције, али се углавном везује за селекцију из F₂

популација добијених укрштањем елитних хомозиготних родитеља (Hallauer and Carena 2009). Највећи број елитних линија створен је краткорочним програмима селекције уз коришћење популација уске генетичке основе.

Претпоставља се да ови извори имају већу фреквенцију пожељних алела него сорте, локалне популације и синтетичке популације. Највећи број инбред линија, које су обиљежиле еру хибридног кукуруза, добијене су педигре методом селекције (Duvick et al. 2004). У случају педигре метода селекције, избор родитељских компоненти за укрштање је од највећег значаја. Од њега ће зависити генетичка конституција изворне популације, а самим тим и вјероватноћа издвајања супериорних инбред линија. Да би се олакшао избор родитељских компоненти, неопходно је познавање карактеристика линија, односно њихових особина у хибридним комбинацијама – њихове недостатке и предности у односу на друге линије (Trifunović et al. 2003). Избор родитеља требало би да омогући да се они међусобно допуњују и на тај начин елиминишу евентуални недостаци у одређеним особинама од интереса. Избор родитељских компоненти (углавном елитних линија) за стварање F_2 популација зависи од циљева оплемењивања, фазе у којој се оплемењивачки програм налази и доступности оплемењивачког материјала (Hallauer et al. 1988). Основни принцип педигре метода селекције подразумејева укрштање инбред линија које припадају истој хетеротичној групи. Линије из других хетеротичних група користе се као тестери за избор најбољег потомства из датог укрштања. На овај начин омогућено је истовремено повећање и адитивних и неадитивних генетичких ефеката, што резултира повећањем генетичке добити (Lee and Tracy 2009).

Методe конвенционалног оплемењивања су ефикасне, али споре у стварању гермплазме толерантне на постојећи опсег климатских услова и нису погодне за брзо побољшање толеранције на мултипли стрес. Могућност брзог стварања гермплазме која у себи садржи толерантност према сложеним абиотичким и биотичким стресним факторима биће пресудна за гајење усјева и остваривање задовољавајућих приноса у условима предстојећих климатских промјена.

6.5.3. Молекуларно оплемењивање кукуруза

Молекуларно оплемењивање, у најширем значењу, обухвата модерне оплемењивачке стратегије, гдје се ДНК маркери користе као замјена за фенотипску селекцију да би се убрзало стварање побољшане гермплазме. Молекуларно оплемењивање даје могућност повећања брзине и

ефикасности оплемењивања биљака (Whitford et al. 2010). Тренутно су главни правци молекуларног оплемењивања: маркер асистирана селекција (*Marker assisted selection*, MAS), маркер асистирано повратно укрштање (*Marker assisted backcrossing*, MABC), маркер асистирана рекурентна селекција (*Marker assisted recurrent selection*, MARS) и геномска селекција (*Genomic selection*, GS) (Ribaut et al. 2010; Cairns et al. 2012). MAS је селекција индивидуа које носе геномске регионе укључене у експресију особине од интереса. MABC је трансфер ограниченог броја локуса једног генотипа у други. MARS је идентификација маркера повезаних са особином од интереса, који се користе за селекцију неколико геномских региона укључених у експресију квантитативних особина ради стварања најсупериорнијег генотипа у популацији. GS заснована је на предвиђању перформанси. Селекција се заснива на маркерима и не захтијева континуирану идентификацију маркера повезаних са својством од интереса.

Генетички маркери представљају дијелове генома који одражавају генетичке разлике између различитих врста или јединки исте врсте, а на основу којих се индиректно добија информација о генима или дијеловима генома укључених у експресију испитиване особине. Идеалан маркер мора да испуњава сљедеће критеријуме: висок степен полиморфизма, равномјерна распоређеност по геному, кодоминантно наслеђивање, могућност да се локус лако и брзо уочи у раним фазама развића и одсуство утицаја фактора спољашње средине на њихову детекцију (Sunpucks 2000). Маркери играју важну улогу у проучавању варијабилности, конструкцији мапа и детектовању повезаних гена код различитих генотипова и могу се сврстати у сљедеће групе: морфолошки, биохемијски и молекуларни. *Морфолошки маркери* су везани за морфолошке и агрономске особине чије се наслеђивање прати посматрањем појаве одређеног фенотипа. *Биохемијски маркери* се заснивају на полиморфизму протеина и обухватају структурне протеине, резервне протеине сјемена и изоензиме. *Молекуларни маркери* су фрагменти ДНК молекула, који могу бити дио гена или некодирајућих дијелова генома.

Примјена маркера у оплемењивању кукуруза. Оплемењивање кукуруза усмјерено је ка примјени савремених пољских и лабораторијских метода и техника у стварању високоприносних, стабилних хибрида и рјешавања проблема абиотичког и биотичког стреса. У оплемењивању, молекуларни маркери користе се за генетичку карактеризацију оплемењивачког материјала (Zlokolica and Milošević 2001), процјену генетичког диверзитета (Ignjatović-Mićić et al. 2007), предвиђање хетерозиса (Drinić-Mladenović et al. 2002), идентификацију QTL-ова одговорних за толерантности на сушу

(Quarrie et al. 1999), квалитет зрна (Ignjatović-Mićić et al. 2008) и идентификацију нових извора пожељних особина. Молекуларни маркери имају значајну улогу у оплемењивању кукуруза, јер омогућују бржи пренос и акумулацију пожељних особина у оплемењивачки материјал у односу на конвенционално оплемењивање.

Утврђивање полиморфних региона ДНК и експлоатација те полиморфности помоћу молекуларних маркера, има примјену у: карактеризацији генетичке варијабилности, скринингу селекционог материјала, доношењу одлуке о избору родитеља за стварање хибрида или побољшаних популација, сврставању линија у хетеротичне групе, фингерпринтингу, повећању ефикасности рекурентне селекције, уношењу пожељних гена повратним укрштањима, селекцији у ранијим генерацијама раздвајања, селекцији на више особина и проналажењу ријетких алела у колекцијама гермплазме (Трескић и сар. 2011). Принцип оплемењивања базира се на укрштању најбољих родитеља, идентификацији најбољих потомака и издвајању потомства које је надмашило родитеље. На ефикасност оплемењивања утичу степен фенотипске варијабилности у почетној популацији, херитабилност, интензитет селекције и вријеме које је потребно да се заврши један циклус селекције. За поређење ефикасности метода селекције и оплемењивачке стратегије користи се генетичка добит која зависи од херитабилности, интензитета селекције и фенотипске варијансе. Фенотипска варијабилност је у позитивној корелацији са генетичком варијабилношћу, али зависи од фактора средине и интеракције G x E (Babić et al. 2010).

Највећи напредак у молекуларном оплемењивању постигнут је методом повратних укрштања код особина које су контролисане једним геном и фенотипски су јасно дефинисане у групе. Употреба маркера, који су у близини гена или QTL-а, омогућује бржу и једноставнију провјеру присуства гена у потомству и одабир пожељних индивидуа, смањење сегмента генома донора са непожељним алелима (*linkage drag*) и провјеру интегритета осталих дијелова генома рекурентног родитеља са већим бројем равномјерно распоређених маркера. Фингерпринтинг рекурентног родитеља олакшава процес селекције потомака са генотипом рекурентног родитеља и чини овај метод ефикаснијим и бржим. Успјешну примјену MAS има у истраживањима отпорности на сушу, раностасности, резистентности према инсектима, док није погодна у селекцији комплексних квантитативних особина.

Уграђивање већег броја гена из више родитељских генотипова у један елитни генотип (*pyramiding*) често се користи за побољшање квалитета или уградњу отпорности на биотичке факторе стреса. MAS педигре методом

комбинације пожељних алела постиже се рекомбинација међу супериорним родитељима. У процесу рекурентне селекције, побољшање популације постиже се прекидањем непожељних асоцијација између везаних гена путем рекомбинације гена, селекцијом и акумулацијом пожељних алела у генерацијама потомстава, при чему молекуларни маркери олакшавају одабир индивидуа за формирање новог циклуса и повећавају фреквенцију пожељних алела у популацији на већем броју локуса. Релативно нови приступ у MAS је селекција базирана на генетичкој анализи цјелокупног генома (*Genome Wide Selection, GWS*) која подразумева процјену ефеката великог маркера дуж цијелог генома у циљу предвиђања и селекције индивидуа са највећом оплемењивачком вриједношћу, без мапирања и утврђивања веза појединачних QTL-ова и особина (Meuwissen 2001).

6.6. Производња сјемена и рејонизација кукуруза

Основни задатак оплемењивања кукуруза је повећање досадашњих просјечних приноса, побољшање стабилности приноса и смањење специфичних трошкова производње. Да би се тај циљ постигао, потребно је радити на: проналажењу нових извора за исходни селекциони материјал; развијању нових линија кукуруза са одличним комбинаторним способностима; селекцији хибрида кукуруза велике надземне биомасе, погодне за волуминозну сточну храну, који посједују отпорност на узрочнике болести и могу да се гаје на мање погодном земљишту; добијању хибрида погодних за исхрану људу и за индустријску прераду; селекцији на отпорност на сушу и полијегање стабла; толерантности на биотичке и абиотичке стресне факторе, усавршавању метода оплемењивања; селекцији хибрида који одговарају одређеним агроколошким условима. Хибриди се могу подијелити у неколико скупина, и то: према поријеклу, према начину искоришћавања и према дужини вегетације.

Када се говори о поријеклу хибрида, мисли се на начин како је селекцијом добијен хибрид. Сви хибриди су, према овој категоризацији, подијељени на три групе: дволинијски хибриди (*singl cross, SC*), тролинијски хибриди (*three way cross, TWC*) и четворолинијски (*double cross, DC*).

Дволинијски хибриди. Једноструки хибриди, изведени укрштањем двије инбред линије (AxB), су најприноснији и најједначенији. Велики број генских локуса код оваквих хибрида су хетерозиготни и имају максималан ефекат хетерозиса. Међутим, ограничавајући чинилац у развоју

комерцијалних дволинијских хибрида је низак принос сјемена родитељских инбред линија.

Тролинијски хибриди. Настају укрштањем F_1 хибрида и неке друге линије $(AxB) \times C$. Ниво хетерозиса код тролинијских хибрида зависи од степена различитости између хибрида и трећег родитеља. Учесталост локуса с једним доминантним алелом код тролинијских хибрида биће мања него код укрштања двије инбред линије, па је и учинак хетерозиса код тролинијских хибрида мањи него код дволинијских. Понекад се примјењује модификовани дволинијски хибрид, који је заправо тролинијски хибрид код ког је једноструки хибрид настао укрштањем двије сродне линије, које се затим укрштају с трећом, несродном линијом. Овај тип хибрида има предност у односу на дволинијски у већој производњи сјемена, а у односу на тролинијски у јачем хетерозису.

Четворолинијски или двоструки хибриди. Настају укрштањем два једнострука хибрида $(AxB) \times (CxD)$, односно у њему су сједињене четири инбред линије. У оваквој комбинацији, просјечна учесталост локуса с једним доминантним алелом биће мања него у дволинијском и тролинијском хибриду, па ће и просјечан ефекат хетерозиса бити мањи.

Према начину употребе, сви хибриди кукуруза дијеле се на двије основне групе. Прву групу чине хибриди који се гаје ради зрна за директно коришћење у исхрани људи (тврдуници, шећерци, кокичари), затим хибриди погодни у исхрани домаћих животиња и хибриди са повећаним садржајем скроба и амилопектина за индустријску прераду. Другу групу чине хибриди који развијају велику биомасу и гаје се ради добијања волуминозне сточне хране, која се на више начина користи у исхрани домаћих животиња.

Према времену стасавања, хибриди кукуруза сврстани су, према међународној номенклатури, у групе сазријевања које носе ознаке од 100 (најраностаснији) до 1000 (најкаснијаснији). Сви хибриди, по међународној номенклатури, имају назив који представља скраћеница мјеста института у ком су селекционисани и број који најчешће одређује групу сазријевања. Хибриди створени за посебне намјене имају одговарајуће ознаке у облику скраћеница које указују на њихове карактеристике. Тако, хибриди са повећаним садржајем уља носе ознаку **u**; са повећаним садржајем воскастог ендосперма, односно амилопектина – **wx**; хибриди бијелог зрна обиљежени су словом **b**; тврдуници словом **t**; двоклипи словом **d**; хибриди са повећаним садржајем лизина – **Q₂**; кокичар носи ознаку **k**, а шећерац **su**.

6.6.1. Производња хибридног сјемена помоћу cms

У пракси, сјеменски усјев кукуруза обично се сије тако да на сваких четири или шест редова мајчинске линије дођу два реда оца. Кружење полена само очинске комоненте постиже се закидањем метлица на мајчинској компоненти. Међутим, овај систем има пуно недостатака, од којих је највећи захтјев за великим количином радне снаге. Мушка стерилност један је од начина да се превазиђе проблем закидања метлица у сјеменској производњи кукуруза. Образовање мушког гаметофита у антерама дешава се кроз тачно одређене развојне фазе. Поремећај у нормалном развоју антера често доводи до мушке стерилности. Мушка стерилност односи се на немогућност биљке да производи полен способан за оплодњу, односно биљка не производи полен уопште или га производи у извјесној количини, али тај полен је закржљао и нефункционалан. Мушка стерилност изучавана је како због своје биолошке значајности, тако и због комерцијалне употребе у производњи хибридног сјемена. Може бити узрокована генима или факторима спољашње средине, а понекад и комбинацијом оба фактора (Kaul 1988). Уколико се гени који детерминишу мушку стерилност налазе у једру, таква стерилност је генска или нуклеарна. Ако је мушка стерилност узрокована комплементарном акцијом једарних и митохондријалних гена, онда се она назива цитоплазматична мушка стерилност или CMS.

CMS не подлијеже Менделовим правилима насљеђивања, тј. насљеђује се само преко мајке (цитоплазме). Генотип мора да буде рецесивно хомозиготан за ген/гене ресторере фертилности (*Rf*). CMS је везана за мутације гена који се не налазе у једарном већ у митохондријалном геному – иако и хлоропласти имају своју ДНК, већина гена који детерминишу CMS налазе се у митохондријама (Hanson and Bentolila 2004).

Ова појава код кукуруза, у популацији из Перуа идентификована је 1931. године (Rhoades 1933). Код кукуруза су откривена три типа стерилне цитоплазме: CMS-T (Texas), CMS-S (USDA) и CMS-C (Charrua) (Beckett 1971). Разлика између типова CMS-а утврђује се на основу изразито специфичног реаговања стерилних генотипова на гене ресторере фертилности, на тај начин да сваки ген (или гени) враћа фертилност само код једног типа цитоплазме. Тест укрштања CMS генотипова са биљкама носиоцима *Rf* гена, јесте најпоузданији метод за утврђивање типа CMS, али, такође, и најкомпликованији и физички захтјеван, па су развијене молекуларне методе за лакше утврђивање разлика између CMS генотипова, од којих се неке данас рутински користе (Liu et al. 2002).

CMS-T тип стерилности откривен је у Мексику у популацији „Golden June“ (Rogers and Edwardson 1952). Од 1950. године до 1970. године велики дио сјеменске производње базирао се на овом типу стерилности и у потпуности је замијенио ручно закидање метлица. Код T типа мушке стерилности доминантни једарни гени *Rf1* и *Rf2* лоцирани на хромозомима 3 и 9 у потпуности враћају фертилност (Duvick 1965), док *Rf8* и *Rf** дјелимично враћају фертилност овог типа (Wise et al. 1999). Повраћај фертилности је спорофитног типа. С обзиром на то да је била поуздан и стабилан извор CMS, скоро 85% хибрида гајених у САД имало је T цитоплазму (Levings 1993). Епидемија болести, узроковане врстом *Helminthosporium maydis* расе T, 1970. године захватила је хибриде са CMS-T цитоплазмом, док су они са нормалном цитоплазмом били много мање оштећени. Ово је довело до прекида коришћења овог типа стерилности у сјеменској производњи.

CMS-S тип мушке стерилности, познат и као USDA тип, открио је M.T. Jenkins из USDA (*United States Department of Agriculture*), а за комерцијалне сврхе развили су је Jones et al. (1957). За повраћај фертилности задужен је доминантни једарни *Rf3* ген, а идентификован је и нови термосензибилни ресторер ген (Gabay-Laughnann and et. 2009).

CMS-C је открио Beckett (1971) у бразилској сорти Charrua. Отпоран је на *H. maydis* и не долази до спонтане реверзије у фертилност, а тип повраћаја фертилности је спорофитан. Бар два од три гена (*Rf4*, *Rf5* и *Rf6*) су идентификована као одговорна за ресторацију фертилности код овог типа цитоплазме (Josephson et al. 1978). Мана овог типа је честа појава тзв. пробијања стерилности. Карактерише се појавом антера на стерилној метлици, које могу бити потпуно празне и суве, а у неким условима и потпуно фертилне, иако биљка има стерилну цитоплазму. Појава је условљена једарним геномом и, као квантитативна особина, под утицајем је великог броја минор гена. Пробијање стерилности код CMS-C типа захтијева велики опрез у сјеменској производњи, јер се ова појава због утицаја спољне средине никад не може искључити. Још једна мана овог типа CMS огледа се у постојању великог броја природних ресторера (30–50%), што прилично компликује и продужава процес превођења мајчинске компоненте на стерилност (Josephson et al. 1978).

Да би се хибрид производио на бази CMS, неопходно је да мајчинска инбред линија (A) буде стерилна, тј. да њен генотип буде CMS-*rf/rf*, а очинска инбред линија (B) доминантно хомозиготна за гене ресторере, са нормалном или стерилном цитоплазмом (N-*Rf/Rf* или CMS-*Rf/Rf*). F₁ генерација имаће стерилну цитоплазму и биће хетерозиготна за гене ресторере (CMS-*Rf/rf*), што значи да ће хибридне биљке бити већином

фертилне (код гаметофитног типа повраћаја фертилности само пола је фертилно). Превођење компоненти хибрида на овај систем производње изводи се кроз велики број повратних укрштања, али се процес може убрзати коришћењем зимске генерације. Исто тако, методом очинских дихаплоида за само двије године може се добити мајчинска компонента преведена на CMS (Belicuas et al. 2007). Све комерцијалне линије се у исто вријеме преводе на три варијанте: стерилну, нонресторер – одрживач стерилне (ако је линија природни ресторер) и ресторер за дати тип CMS-а. Практично, то значи да линија А, ако се користи у сјеменској производњи хибрида на бази CMS, постоји у три варијанте: NA-rf/rf (нонресторер, нормална (N) цитоплазма); CMSA-rf/rf (стерилна варијанта) и CMSA-Rf/Rf (ресторер за дати тип стерилности). Ово је стога што се многе линије користе и као очеви и као мајке, па их треба одржавати у све три верзије. Нонресторер верзија служи за умножавање стерилне верзије, која не може саму себе да оплоди.

Иако је потенцијал мушки стерилних хибрида запостављен, два истраживања модернијих генотипова потврђују предност CMS хибрида, као и утицај спољашњих услова (Stamp et al. 2000). Код два хибрида и једне популације испитиван је утицај CMS, а испитивани су генотипови са фертилном и стерилном цитоплазмом у Т типу. Код оба хибрида дошло је до повећања приноса зрна у односу на фертилну верзију, које је код бољег, у већој сјетвеној густини, износило и до 19%, а повећање је дошло преко повећања масе хиљаду зрна и броја зрна по клипу. Стерилна популација имала је чак 23,2% виши принос зрна у односу на фертилну верзију (Stamp et al. 2000). У испитивању приноса које остварују фертилни и стерилни хибриди кукуруза, утврђено је да сви испитивани стерилни хибриди и у свим типовима цитоплазме имају виши принос у односу на фертилне аналоге, што је добијено преко повећања броја зрна по јединици површине и, код неких хибрида масе хиљаду зрна. Стерилни хибриди у стресним условима имају стабилнији принос (Kaeser 2002).

Чињеница да мушки стерилне биљке кукуруза дају већи принос од њихових фертилних аналога за отприлике 5–10%, поготову у стресним условима, а такође и да поједини хибриди произведени на мушки стерилној основи имају повећан принос, подстакла је произвођаче да сију хибридно сјеме са дјелимично обновљеном фертилношћу, односно у меркантилној производњи сију мјешавину стерилне и фертилне варијанте истог хибрида (Видаковић и Ванчетовић 1994). Удио мушки стерилних биљака обично осцилира од 50 до 70%, док за квалитетно оплођење усјева не смије бити мање од 25% фертилних биљака. Узимајући у обзир екстремне климатске

промјене и њихов потенцијални негативни утицај на принос кукуруза, овакав систем производње може бити одговор на неповољне спољашње услове (Maklenović et al. 2009).

6.6.2. Рејонизација хибрида кукуруза

У производњи кукуруза ограничавајући фактори су количина и распоред падавина током вегетационог периода и примијењена технологија гајења. Технологија гајења може у значајној мјери модификовати, у позитивном или негативном смјеру, неповољне агроколошке услове. До стабилне производње са високим приносима може се доћи поштовањем захтјева биљака и поштовањем агротехничких мјера. Један од најважнијих елемената технологије гајења кукуруза је сјетва која има велики утицај на висину приноса кукуруза. Сјетва је комплексна агротехничка мјера јер се састоји од времена, густине и дубине сјетве (Симић и сар. 2015). Вријеме сјетве условљено је биолошким особинама и агроколошким условима у одређеном региону, дјелимично дужином вегетације хибрида и намјеном кукуруза (зрно или силажа). Сјетва кукуруза у нашим условима почиње када се температура земљишта на дубини сјетве устали на око 10 °С. У равничарским крајевима то је крајем прве декаде априла, а у брдско-планинским регионима крајем априла и почетком маја. Највеће површине у равничарским подручјима посију се у периоду 10–30. април, а дио површина у првој декади маја. Правилним избором хибрида за сваки рејон могуће је производњу кукуруза учинити рентабилнијом и одржати је на високом нивоу. И поред високог генетичког потенцијала за принос, нове хибриде треба испитати у свим рејонима гајења (Јовин и сар. 2000). На основу резултата вишегодишњих огледа, треба изабрати најстабилније по приносу за одговарајући рејон, јер адаптабилност и стабилност хибрида зависи од интеракције генотипа и услова спољне средине.

Дужина вегетационог периода, односно динамика фенофаза развоја биљке (синхронизација појаве мушке и женске цвасти, отпуштање влаге из зрна итд.), често су од пресудног значаја за рејонизацију хибрида кукуруза. Равничарско подручје обухвата предјеле на надморској висини до 300 метара. У Републици Српској, у равничарским подручјима до 300 м надморске висине, у годинама са довољно падавина, највеће приносе дају хибриди ФАО група зрења 600–700, док у сушним годинама подбаце. Важно је истаћи висок потенцијал за принос зрна раних хибрида из групе зрења ФАО 300–400, који су по приносу зрна сасвим конкурентни, или чак нешто бољи од хибрида из групе зрења ФАО 500. Предност ових хибрида нарочито

долази до изражаја у сушним годинама (Стојаковић и сар. 2010). Подручја са надморском висином од 300 до 600 метара убрајају се у брдска подручја. За ова подручја погодни су хибриди ФАО групе зрења 300 до 400 (Стојаковић и сар. 2010). Планинска подручја обухватају терене на надморској висини изнад 600 метара. За ова подручја препоручују се хибриди ФАО групе зрења 100 и 200 (Симић и сар. 2015). На овим подручјима кукуруз се претежно гаји за силажу. У огледима са хибридима различитих група зрења, хибриди из ФАО групе зрења 300 дали су задовољавајуће резултате за пострну сјетву и за закасњелу сјетву до 20. маја у равничарским подручјима, док су погодни за брдска подручја до 600 метара надморске висине. Хибриди из ФАО групе зрења 400, који се гаје за добијање силаже, препоручују се за подручја до 450 метара надморске висине, док су хибриди из ФАО групе зрења 700 имали високе приносе у равничарским подручјима (Симић и сар. 2015).

6.7. Употреба кукуруза

Данас се прерадом кукуруза добија више од 1.200 различитих индустријских производа (прехрамбени и љекарски производи, фармацеутска и козметичка средства, разни напици, текстилни и хемијски производи). Сви дијелови биљке кукуруза (осим коријена који остаје у земљи и обogaђује је органском материјом, поправља њену структуру и подстиче микробну активност земљишта) могу се користити, дјелимично у људској и индустријској примјени, и цијеле биљке са листовима и клипом за силажу или за исхрану животиња. Зрно као основна сировина у припреми концентроване хране за животиње је од великог значаја, јер садржи 70–75% угљених хидрата, 10% протеина, око 5% уља, 1,5% минерала и 2,5% целулозе. У људској исхрани кукуруз се користи за прављење паленте, кокица и хљеба, а његов квалитет се побољшава додавањем пшеничног брашна. Једе се печен и куван као посланица. Кукурузне клице садрже преко 30% висококвалитетног јестивог уља, које је веома здраво. Пољопривредно-технички значај кукуруза је велик, јер се гаји на великим површинама, па долази као предкултура другим усјевима на већим површинама.

6.7.1. Кукуруз као сировина за производњу био-етанола

Употреба био-горива (био-дизел, етанол и био-гас) не доводи до повећања концентрације угљен диоксида у атмосфери и самим тим утиче позитивно на глобално загађење. Због чињенице да су резерве фосилних горива

ограничене, а њихови деривати скупи, све више се због енергетске и економске ефикасности користе био-горива (Pecelj et al. 2010; Kim and Dale 2005). Посебно су интересантне двије области прераде кукуруза – рафинација кукуруза у био-етанол и рафинација кукуруза у полимер млијечне киселине који се употребљава за велики број органских текстилних производа или као биоразградива пластика (Balat and Balat 2009). Мада се из многих биљака може добити етанол, као најповољније сировине за био-етанол показале су се шећерна трска и кукуруз. Етанол из кукуруза добија се на два начина (Бекрић и Радосављевић 2008). Први начин је поступак влажног мљењења кукуруза помоћу којег се из зрна добијају скроб, глутен, мекиње, клице, и вода од мочења. Скроб се потом хидролизује у шећере који се помоћу квасца ферментишу у етанол. Овим начином у САД добија се око 40% етанола (Ivančić Šantek i sar. 2016). Други поступак је суво мљењење кукуруза, самљевени кукуруз се мијеша са водом, загријава до одређене температуре, додају се ензими који скроб конвертују у шећере, који се као и у претходном поступку ферментишу у етанол. У оба поступка, добијени етанол дестилацијом се одваја од воде. Тона кукуруза суво мљевена и овако припремљена даје 360 литара етанола и 320 кг сувог дестилисаног зрна које се користи као значајна храна за животиње (Crivelari da Cunha et al. 2017).

6.7.2. Кукуруз као сировина за производњу млијечне киселине

Полимер млијечне киселине је новоразвијени материјал који се производи из кукуруза (Bayitse 2015). Овај полимер, који се добија из кукурузног зрна биотехнолошким процесима сепарације, хидролизе, ферментације и полимеризације, користи се за различите примјене – производњу влакна за текстил и производњу биоразградиве пластичне амбалаже, медицинске употребе и многе друге. За разлику од синтетичких влакана и тканина, влакно добијено од кукуруза не упија уље, његова производња ослобађа у атмосферу 50% мање гасова него полиестерска производња и за њу се користи 50% мање енергије, представља обновљиви материјал и као такав може се рециклирати и накнадно употријебити (Walton et al. 2010). Биотехнолошки процес састоји се од издвајања скроба и његове хидролизе до шећера, потом ферментације добијених шећера у млијечну киселину која се пречишћава и употребом ензима полимеризује, тако да се добијају мале опалне или бијеле грануле из којих се производи влакно, односно предиво, пластично посуђе и разна амбалажа (Бекрић и Радосављевић 2008).

6.7.3. Силажа

Силирањем кукуруза настоје се сачувати и дуже вријеме одржати хранљиве материје свјеже масе кукуруза без битнијих промјена. Поступак силирања састоји се од низа анаеробних биохемијских процеса у којим долази до дјелимичног разлагања шећера и стварања млијечне киселине. Створена млијечна киселина има бактерицидно дјеловање па спречава развој непожељних бактерија које би могле разградити органску материју кукуруза/силаже. Ради пресудне улоге млијечне киселине у процесу силирања, овај процес назива се још и млијечно-кисело врење. Процес силирања траје 4–6 седмица и након тога силажа је прикладна за исхрану домаћих животиња. С обзиром на намјену силаже у исхрани различитих врста домаћих животиња, развило се неколико начина силирања кукуруза: силирање цјелокупне биљке кукуруза, силирање мљевеног клипа кукуруза, силирање мљевеног влажног зрна кукуруза.

Силирање цјелокупне биљке кукуруза има најдужу традицију. На овај начин користи се укупна хранљива вриједност биљке. Жетва усјева врши се у вријеме воштане зрелости зрна. Усјев се скида силокомбајнима, који у процесу скидања сјецају цјелокупно стабло на дијелове дужине 1,5–3 цм. Исјецкана маса одвози се одмах на мјесто силирања. Свјежа маса се сабија да би се створили анаеробни услови, неопходни за рад бактерија у млијечно-киселом врењу. Силажа од цјелокупне биљке кукуруза основно је крмиво у исхрани преживара. Потпуна исхрана постиже се додавањем силираног влажног зрна или силираног прекрупљеног зрна кукуруза.

Силирање прекрупљеног сировог клипа кукуруза заснива се на млијечно-киселом врењу клипа кукуруза, гдје се користи и окласак. На великим пољопривредним имањима жетва клипова врши се посебно конструираним комбајнима који имају уређаје за брање, комушање и уситњавање клипова. На индивидуалним имањима користе се берачи комушачи. Убрани и окомушани клипови затим се уситњавају помоћу млинова чекићара. Поступак сабијања прекрупљене масе исти је као и код осталих начина силирања. Силирана маса може се користити у исхрани домаћих животиња већ након три седмице. Силирањем прекрупљеног клипа кукуруза добије се квалитетно енергетско крмиво које се користи у исхрани говеда, товне јунади и расплодних крмача.

Силирањем влажног зрна избјегавају се високи трошкови сушења. За силирање сировог зрна користи се кукуруз влажности 35–40%. За бербу кукуруза за силирање сировог зрна користе се комбајни круњачи. Окруњено зрно одвози се на мјесто силирања, гдје се врши прекрупљивање сировог

зрна. Прекрупљена маса пребацује се у сило-торањ или тренч-силос. Маса се мора добро сабити да би се добили анаеробни услови за млијечно-кисело врење. Сабијена прекрупљена маса прекрива се пластичним фолијама да би се спријечио негативан утицај атмосферских фактора. Процес конзервирања траје око три седмице и након тога може се користити за исхрану стоке. Одлично је енергетско крмиво које се користи у тову свиња, говеда и прасади.

Најједноставније и најјефтиније спремање силаже је на слободним просторима, јер се избјегава скупа градња посебних објеката. Тада се користе постојећи објекти: зидови стаја, сјеника, кошеви за кукуруз и слично. Земљиште на ком се овако припрема силажа, мора се поравнати и заштити од подземних и површинских вода. У пракси се често користе посебно изграђени објекти за силирање. Најчешће се сусрећу: вертикални силоси, тренч-силоси и сило-јаме. Предности оваквог начина скидања и чувања произведеног кукуруза су велике. Силирањем се најрационалније користи хранљива вриједност произведеног кукуруза. Силирањем кукуруза произведе се далеко већа количина хранљивих материја по јединици површине, него када се користи суво зрно. Силирањем кукуруза смањују се губици током чувања до употребе у односу на складиштење кукуруза у клипу и зрну. Силирањем добија се уједначен квалитет хране током цијеле године.

6.8. Закључак

Основни привредни значај кукуруза произлази из разноврсности употребе, обима производње и агротехничке важности. Захваљујући хетерозису, кукуруз представља гајену биљку са веома високим биолошким потенцијалом родности и убраја се у скупину биљака са највећом производњом органске материје по јединици површине. Посебан привредни значај кукуруза огледа се и у чињеници да се скоро сва надземна биомаса биљке може искористити. У органској производњи највише се гаје кукуруз шећерац и кокичар, хибриди бијелог зрна, као и старе популације, попут осмака. Могуће је разноврсно коришћење кукуруза, као цијеле биљке, зрна и клипа. Силажни кукуруз гаји се у Републици Српској на површини од 9.500 хектара. Кукуруз у виду силаже цијеле биљке даје највећу производњу енергије по хектару. Предност цијеле биљке је што она укључује стабло, лист и кочанку. На просјечне приносе кукуруза, који су у Републици Српској ниски, значајно утичу метеоролошки услови у вегетационом периоду, због чега је потребно бирати стабилне хибриде и

хибриде отпорне на абиотичке и биотичке стресове. Успјех у производњи кукуруза зависи од правилног избора хибрида и успјешности примјене агротехничких мјера, односно од правилног избора најпогоднијих агротехничких мјера, начина њихове примјене, правремености њиховог извођења, поштовања рокова. У оплемењивању се примјењују методе конвенционалног оплемењивања које је ефикасно, али споро, и методе молекуларног оплемењивања које даје могућност повећања брзине и ефикасности оплемењивања биљака. Осим употребе у исхрани људи, домаћих животиња и у индустријској преради, кукуруз се све више користи као обновљива сировина за добијање био-етанола. Полимер млијечне киселине – новоразвијени материјал који се производи из кукурузног зрна биотехнолошким процесима сепарације, хидролизе, ферментације и полимеризације, може се модификовати за различите примјене – производњу предива, односно влакна за текстил, и производњу биоразградиве пластичне амбалаже.

Литература

- Агенција за статистику БиХ (2017) Пољопривреда, животна средина и регионалне статистике. 02.08.2017, стр 1–128. <http://www.rzs.rs.ba>
- Агенција за статистику БиХ (2019) Пожњевена површина и производња касних усјева, воћа и грожђа, 21.01.2019, стр 1-3. <http://www.rzs.rs.ba>
- Amjadian M, Latift N, Farshadfar M, Gholipoor M (2013) Study of intercropping corn and soybean in various planting dates. *International Journal Agriculture and Crop Science* 5:2365–2371
- Анђелковић В, Угњатовић Мићић Д, Ванчетовић Ј, Бабић М (2012) Интегрисан приступ у побољшању толерантности кукуруза на сушу. *Селекција и семенарство XIII* (2):1–18
- Anđelković V, Ignjatović-Mičić D (2012) Maize genetic resources science and benefits. *Publisher Serbian Genetic Society and Maize Research Institute Zemun Polje*
- Babić V, Babić M, Ivanović M, Kraljević Balalić M, Dimitrijević M (2010) Understanding and Utilization of Genotype-by-Environment Interaction in Maize Breeding. *Genetika* 42:313–322
- Бабић В, Ивановић М, Бабић М (2012) Настанак и еволуција кукуруза и путеви увођења у наше крајеве. *Ратарство и повртарство* 49:92–104
- Balat M, Balat H (2009) Recent trends in global production and utilization of bioethanol fuel. *Applied Energy* 86:2273–2282

- Bayitse R (2015) Lactic Acid Production from Biomass: Prospect for Bioresidue Utilization in Ghana: Technological Review. *International Journal of Applied Science and Technology* 5(1):164–174
- Beadle GW (1939) Teosinte and the origin of maize. *Journal of Heredity* 30:245–247
- Beadle GW (1980) The ancestry of corn. *Scientific American*, 242:112–119
- Бекрић В, Радосављевић М (2008) Савремени приступи употребе кукуруза. *Часопис за процесну технику и енергетику у пољопривреди РТЕР* 12(3):93–96
- Belicuas PR, Guimarães CT, Paiva LV, Duarte JM, Maluf WR, Edilson P (2007) Androgenetic haploids and SSR markers as tools for the development of tropical maize hybrids. *Euphytica* 156:95–102
- Belyaeva ON, Haynes RJ (2012) Comparison of the effects of conventional organic amendments and biochar on the chemical, physical and microbial properties of coal fly ash as a plant growth medium. *Environmental Earth Sciences* 66:1987–1997
- Beckett JB (1971) Classification of male-sterile cytoplasm in maize. *Crop Science* 11:724–727
- Beyaert RP, Schott JW, White PH (2002) Tillage effects on corn production in a coarse-textured soil in southern Ontario. *Agronomy Journal* 94:767–774
- Borrás L, Slafer GA, Otegui ME (2004) Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research* 86:131–146
- Buckler E, Stevens N (2005) Maize Origins, Domestication, and Selection. *Genetics and origins of crops*, pp 67–90
- Bullock DG (1992) Crop rotation. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 11:309–326
- Видаковић М, Внчетовић Ј (1994) Мужскаја стерилност в производстве семјан гибридов. *Кукуруза и сорго* 1:12–13
- Videnović Z, Dumanović Z, Simić M, Srdić J, Babić M, Dragičević V (2013) Genetic potential and maize production in Serbia. *Genetika* 45(3):667–677
- Voeseink LACJ, Pierik R (2008) Plant stress profiles. *Science* 320:880–881
- Vučetić V (2011) Modelling of maize production in Croatia: present and future climate. *Journal of Agricultural Science* 149(2):145–157
- Gabaldón-Leala C, Webberb H, Oteguic ME, Slaferde GA, Ordóñezd RA, Gaiserbl T, Loritea J, Ruiz-Ramosf M, Ewertb F (2016) Modelling the impact of heat stress on maize yield formation. *Field Crops Research* 198:226–237
- Gabay-Laughnan S, Kuzmin EV, Monroe J, Roark L, Newton KJ (2009) Characterization of a novel thermosensitive restorer of fertility for cytoplasmic male sterility in maize. *Genetics* 182:91–103
- Gagro M (1997) Ratarstvo obiteljskog gospodarstva: žitarice i zrnate mahunarke. *Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb*, str 122–130

- Garnett T, Godfray C (2012) Sustainable intensification in agriculture: navigating a course through competing food system priorities. Food Climate Research Network and the Oxford Martin Programme on the Future of Food. University of Oxford, Oxford, UK, pp 1–51
- Гламочлија Ђ (2012) Посебно ратарство. Драганић, стр 309
- Dobermann A, Cassman KG (2002) Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant Soil* 247:153–175
- Долијановић Ж, Ковачевић Д, Ољача С, Јовановић Ж (2004а) Утицај распореда биљака у здруженом усеву на принос кукуруза и соје. Архив за пољопривредне науке 65(230):81–89
- Долијановић Ж, Ољача С, Ковачевић Д (2004б) Здружени усев кукуруза и соје—ефикасније искоришћавање кабасте хране у исхрани преживара. Биотехнологија у сточарству 20(5-6):273–280
- Долијановић Ж, Ковачевић Д, Ољача С, Броћић З, Симић М (2006) Принос зрна озиме пшенице и кукуруза у монокултури, двопољном и тропољном плодоређу. Архив за пољопривредне науке 67(237):81–90
- Dolijanović Ž, Kovačević D, Oljača S, Jovanović Ž (2007) Prinos zrna kukuruza u različiti sistemi ratarenja. Zbornik radova, 42. Hrvatski i 2. međunarodni simpozij agronoma, Opatija, str 400–403
- Долијановић Ж, Ољача С, Ковачевић Д, Јовановић Ж (2008) Принос надземне биомасе кукуруза у здруженом усеву са сојом. Биотехнологија у сточарству, 24 (посебно издање), стр 339-348
- Dolijanović Ž, Kovačević D, Oljača S, Momirović N (2010) Dugotrajno monokultura glavnih ratarskih useva, Zbornik radova, 45. Hrvatski i 5. međunarodni simpozij agronoma, Opatija, str 691-696
- Dolijanović Ž, Kovačević D, Oljača S, Simić M, Jovanović Z (2011) Effects of crop rotation on weed infestation in maize crops. 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Opatija, pp 658-662
- Dolijanović Ž, Oljača S, Kovačević D, Simić M, Momirović N, Jovanović Z (2013) Dependence of the productivity of maize and soybean intercropping systems on hybrid type and plant arrangement pattern. *Genetika* 45(1):135–144
- Dolijanović Z, Simić M (2016) The Role of the Crop Rotation in Maize Agroecosystem Sustainability. In: Loretta B (ed) *Zea mays* L.: Molecular Genetics, Potential Environmental Effects and Impact on Agricultural Practices. Nova Science Publishers Inc N. York, pp 93–124
- Долијановић Ж, Ковачевић Д, Ољача С, Симић М (2017) Значај плодоређа у гајењу кукуруза. Иновације у ратарству. Зборник радова, стр 74–81

- Dražković B, Berjan S, El Bilali H, Milić V (2017) Agricultural area changes in Bosnia and Herzegovina between 2000 and 2012. Book of Proceedings of the International scientific and practical conference “Scientific and technological development, modeling, management and solutions for computer-aided activities of agricultural producers in the region”, 22nd March 2017 Perm, Russia, pp 144–150
- Drinić G, Stanković G, Pajić Z, Vančetović J, Ignjatović-Mičić D (2007) Sixty years of ZP® Maize Hybrids Breeding. *Maydika* 52:281–288
- Drinić-Mladenović S, Trifunović S, Drinić G, Konstantinov K (2002) Genetic divergence and its correlation to heterosis in maize as revealed by SSR-based markers. *Maydika* 47:1–8
- Duvick DN (1965) Cytoplasmic pollen sterility in corn. *Advances in Genetics* 13:1–56
- Duvick DN (1992) Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. *Maydika* 37:69–79
- Duvick DN (1997) Genetic rates of gain in hybrid maize yields during the past 40 years. *Maydika* 22:187–197
- Duvick DN (1999) Heterosis: feeding people and protecting natural resources. In: Coors JG, Pandey S (eds) *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, pp 19–29
- Duvick DN (2001) Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize. *Nature Reviews Genetics* 2:69–74
- Duvick DN, Smith JSC, Cooper M (2004) Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program. In: J. Janick (ed) *Plant Breeding, Reviews. Part 2. Long Term Selection: Crops, Animals, and Bacteria*, John Wiley & Sons, New York, 24:109–151
- Ђурђић И, Говедарица Б, Југовић М, Стевовић В (2016) Утицај фолијарне примене органског ђубрива “Синергон 2000” и прихране минералним азотом на принос и квалитет силокрме кукуруза. *Зборник радова, XXI Саветовање о биотехнологији са међународним учешћем*, 21:65–72
- Ђурђић И, Говедарица Б, Јакишић Т (2016) Effects of hybrides and salt concantration onto growth and development of sprouting embryo. *Proceedings of 7th International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym”*, Jahorina, pp 1221–1228
- Ђурђић И, Јакишић Т, Југовић М, Милић В (2017) The analysis of the organic matter yield of the maize forage using foliar fertilizer “Sinergon 2000” and mineral nitrogen. *Research Journal of Agricultural Science* 103–109
- Eveson RE, Gollin D (2003) Assessing the impact of the green revolution, 1960-2000. *Science* 300:578–672
- Zlokolica M, Milošević M (2001) Isozymes as Genetic Markers in Maize Breeding *Biologia Plantarum* 44:207–211

- Zrakić M, Hadelan L, Prišenk J, Levak V, Grgić I (2017) Tendencije proizvodnje kukuruza u svijetu, Hrvatskoj i Sloveniji. *Glasnik zaštite bilja* 6:78–85
- Zhang X, Huang G, Bian X, Zhao Q (2013) Effects of root interaction and nitrogen fertilization on the chlorophyll content, root activity, photosynthetic characteristics of intercropped soybean and microbial quantity in the rhizosphere. *Plant, Soil and Environment* 59:80–88
- Zhou L, Liu JH, Zhao BP, Xue A, Hao GC (2016) Effects of soil amendment on soil characteristics and maize yield in Horqin Sandy Land. 2nd International Conference on Agricultural and Biological Sciences, Earth and Environmental Science 41:1–12
- Ivančić Šantek M, Miškulin E, Beluhn S, Šantek B (2016) Novi trendovi u proizvodnji bioetanol. *Kemijska Industrija* 65(1-2):25–38
- Ignjatović-Mičić D, Mladenović-Drinić S, Nikolić A, Lazić-Jančić V (2007) Comparison of AFLP and SSR markers for genetic diversity studies in maize populations. *Maydica* 52:399–406
- Ignjatović-Mičić D, Stanković G, Marković K, Lazić-Janković V, Denić M (2008) Quality protein in maize: QPM. *Genetika* 40:205–214
- Idowu OJ, Sultana S, Darapuneni M, Beck L, Steiner R (2019) Short-term Conservation Tillage Effects on Corn Silage Yield and Soil Quality in an Irrigated, Arid Agroecosystem. *Agronomy* 9:455–472
- ISAAA (2018) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2018. Biotech Crops Continue to Help Meet the Challenges of Increased Population and Climate Change, Brief No. 54. ISAAA, Ithaca, NY, USA, 26.06.2018, pp 1–20 <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/54/executivesummary/pdf/B54-ExecSum-English.pdf>.
- Janošević B, Dolijanović Z, Dragičević V, Simić M, Dodevskac M, Đorđević S, Moravčević Đ, Miodragovica R (2017) Cover crop effects on the fate of N in sweet maize (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt.) production in a semiarid region. *International Journal of Plant Production* 11(2):285–294
- Јарамаз М (2015) Утицај густине усева на принос и квалитет зрна кукуруза у условима наводњавања и природног водног режима. Пољопривредни факултет, Београд, стр 210
- Јовановић Ж, Толимир Ж, Каитовић Ж (2006) ЗП хибриди кукуруза у производним огледима 2005. године. Зборник научних радова са XX саветовања агронома, ветеринара и технолога, Београд, 12(1-2):47–52
- Јовановић Р, Јовин П, Радосављевић М, Терзић Д (2003) Најважнији параметри квалитета при избору хибрида за силажу. Зборник научних радова Института ПКБ Агроекономик 9(1):301–308
- Јовин П, Мирић М, Трифуновић ВБ, и сар. (2000) Рејонизација земунпољских хибрида кукуруза. Селекција и семенарство VII(1-2):51–55

- Jones DF, Stinson HT Jr, Khoo U (1957) Pollen restoring genes. Connecticut Agricultural Experimental Station Bulletin 610:1–43
- Josephson LM, Morgan TE, Arnold JM (1978) Genetics and inheritance of fertility restoration of male-sterile cytoplasm in corn. Proceedings of the 33rd Annual Corn and Sorghum Research Conference 33:48–59
- Kaesler O (2002) Physiological and agronomic traits of cytoplasmic male sterility in maize (*Zea mays* L) and its molecular discrimination. PhD dissertation. Agronomy and plant breeding, Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland
- Kaul MLH (1988) Male sterility in higher plants. Springer-Verlag, Berlin, Germany,
- Keskin B, Temel S, Eren B (2017) Determination of Yield and Plant Characteristics of Some Silage Corn Varieties. Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology 7(1):347–351
- Kim S, Dale BE (2005) Environmental aspects of ethanol derived from no-tilled corn grain: nonrenewable energy consumption and greenhouse gas emissions. Biomass and Bioenergy 28:475–489
- Kiniry JR, Richie JT (1985) Shade-sensitive interval of kernel number of maize. Agron J 77:711–715
- Ковачевић Д, Ољача С, Долијановић Ж, Јовановић Ж, Милић В (2005а) Управљање природним ресурсима и производња здравствено безбедне хране у брдско-планинском региону Србије. Трактори и погонске машине 10(2):245–250
- Ковачевић Д, Ољача С, Долијановић Ж, Јовановић Ж, Милић В (2005б) Утицај плодореда на принос важнијих ратарских усева. Трактори и погонске машине 10(2):422–429
- Ковачевић Д, Ољача С, Денчић С, Кобиљски Б, Долијановић Ж (2007) Одржива пољопривреда – Значај адаптације агротехничких мера у производњи озиме пшенице. Архив за пољопривредне науке 68(244):39–50
- Ковачевић Д, Ољача С, Долијановић Ж, Ољача М (2008) Утицај савремених система обраде земљишта на принос важнијих ратарских усева. Пољопривредна техника 2:73–80
- Ковачевић Д, Долијановић Ж, Ољача С, Милић В (2009) Принос неких алтернативних врста пшенице у органској производњи. Journal of Scientific Agricultural Research 70(3):17–25
- Ковачевић Д, Милић В (2010) Савремени правци пољопривреде у функцији одрживог развоја. Први научни симпозијум агронома са међународним учешћем „AgroSym“, Зборник научних радова, стр 1-11
- Kovačević D, Dolijanović Ž, Jovanović Z, Simić M, Milić V (2012a) Climate changes: ecological and agronomic options for mitigating the

- consequences of drought in Serbia. Third International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym“, pp 1–19
- Kovačević D, Dolijanović Ž, Jovanović Z, Simić M, Milić V (2012) Climate change in Serbia: Dependence of maize yield on temperatures and precipitation. Third International Scientific Symposium „Agrosym“, pp 263–269
- Kovačević D, Roljević S, Dolijanović Ž, Đorđević S, Milić V (2014) Different Genotypes of Alternative Small Grains in Organic Farming. *Genetika-Belgrade* 46(1):169–178
- Kovačević V, Kovačević D, Peпо P, Marković M (2013) Climate change in Croatia, Serbia, Hungary and Bosnia and Herzegovina: comparison the 2010 and 2012 maize growing seasons. *Poljoprivreda* 19(2):16–22
- Којић Л (1991) Досадашњи резултати и могућност унапређења производње кукуруза у Југославији. *Наука у пракси* 21(3):295–312
- Kocsy G, Tóth B, Berzy T, Szalai G, Jednákovičs A, Galiba G (2001) Glutathione reductase activity and chilling tolerance are induced by a hydroxylamine derivative BRX-156 in maize and soybean. *Plant Science* 160:943–950
- Лалић С, Милић В, Говедарица Б, Ђурђић И, Берјан С (2019) Потенцијал органске пољопривреде у Босни и Херцеговини са посебним аспектом на Републику Српску. XXIV Саветовање о биотехнологији, Чачак, стр 155–162
- Lee E, Tracy WF (2009) Modern Maize Breeding. In: Bennetzen J, Hake S (eds) *The Handbook of Maize – Genetics and Genomics*. Springer Science, New York, NY, 2:141–162
- Levings CS (1993) Thoughts on cytoplasmic male sterility in cms-T maize. *Plant Cell* 5:1285–1290
- Lithourgidis A, Dordas C, Damalas C, Vlachostergios D (2011) Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science* 5:396–410
- Liu Z, Peter SO, Long M, Weingartner U, Stamp P, Käser O (2002) A PCR assay for rapid discrimination of sterile cytoplasm types in maize. *Crop Science* 42:566–569
- Lopes MS, Araus JL, van Heerden PDR, Foyer CH (2011) Enhancing drought tolerance in C(4) crops. *J Exp Bot* 62:3135–3153
- Мадић М, Милић В, Ђуровић Д, Говедарица Б, Ђурђић И, Митровић М (2019) Компоненте приноса и квалитет зрна хибрида кукуруза различитих група зрења. XXIV Саветовање о биотехнологији. Чачак, Зборник радова 1:127–134
- Maklenović V, Vučković S, Kovačević V, Prodanović S, Živanović Lj (2009) Precipitation and temperature regimes impacts on maize yields. *Proceedings of 44th Croatian and 4th International Symposium on Agriculture, Opatija*, pp 569–573

- Mangelsdorf PC, Reeves RG (1938) The origin of maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 24:303–312
- Mangelsdorf PC, Reeves RG (1939) The origin of Indian corn and its relatives. *Texas Agricultural Experiment Station Bulletin* 574:1–315
- Meuwissen THE, Hayes BJ, Goddard ME (2001) Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics* 157:1819–1829
- Милић В, Ђурђић И (2011) Ратарска производња у брдско-планинским подручјима источног дијела Републике Српске. Међународни научни симпозијум агронома AgroSym, Јахорина, стр 502–506
- Milić V, Perušić M (2014) Innovation strategy of Bosnia and Herzegovina for food sector 2012-2020. University of East Sarajevo, pp 131
- Милић В, Ђурђић И, Говедарица Б, Лалић С (2016) Анализа ратарске производње у Републици Српској. XXI Саветовање о биотехнологији, Чачак, Зборник радова 21(23):47–52
- Милић В, Јакишић Т, Вујадиновић Д, Ђурђић И (2017) Законски прописи контрола и безбједност хране у Босни и Херцеговини. *Proceedings of V International Congress “Engineering, Environment and Materials in Processing Industry”*. Book of proceedings Faculty of Tehnology Zvornik, University of East Sarajevo, pp 157–165
- Milić V, Drašković B, Berjan S, Govedarica B, Đurđić I, Jugović M, Jakišić T, Perković G (2019) The impact of climate changes on crop production in Bosnia and Herzegovina. *Proceedings of All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation Devoted to the Centennial of Higher Agrarian Education in the Ural Region, Perm*, pp 61–71
- Министарство спољне трговине и економских односа БиХ (2016) Годишњи извјештај из области пољопривреде, исхране и руралног развоја за Босну и Херцеговину за 2016. Годину, стр 128 http://www.mvteo.gov.ba/attachments/sr_izvjestaj-iz-oblasti-poljoprivrede--ishrane--i-ruralnog-razvoja-za-bosnu-i-hercegovinu-za-2016-godinu.pdf
- Muhammad A, Muhammad AM, Rahime C (2015) Effects, Resistance Mechanisms, Global Achievements and Biological Strategies for Improvement. *Springer Briefs in Agriculture*, pp 80
- Nuss ET, Tanumihardjo SA (2010) Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9:417–436
- Ojiem J, Franke A, Vanlauwe B, de Ridder N, Giller KE (2014) Benefits of legume–maize rotations: Assessing the impact of diversity on the productivity of smallholders in Western Kenya. *Field Crops Research* 168:75–85

- Oljača S, Kovačević D, Dolijanović Ž, Milić V (2014) Organic agriculture in terms of sustainable development of Serbia, Fifth International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym“, pp 34–44
- Ordóñez R, Savin R, Cossani CM, Slafer GA (2015) Yield response to heat stress as affected by nitrogen availability in maize. *Field Crops Res* 183:184–203
- Orlowsky B, Seneviratne SI (2012) Global changes in extreme events: regional and seasonal dimension. *Climatic Change* 110:669–696
- Ortiz R, Taba S, Tovar VHC, Mezzalama M, Xu Y, Yan J, Crouch JH (2009) Conserving and enhancing maize genetic resources as global public goods a perspective from CIMMYT. *Crop Science* 50:13–28
- Pecelj J, Pecelj M, Mandić D, Pecelj M, Filipović D, Stojković S, Milić V, Pecelj D (2010) The possibilities of biofuel production in terms of sustainable development in Serbia. *Advances in Biology, Bioengineering and Environment*, WSEAS Press, pp 206–210
- Piperno DR, Flannery KV (2001) The earliest archae-ological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98:2101–2103
- Пољопривредни институт Републике Српске, Бања Лука. <http://www.poljinstrs.org/sr-YU/zavodzakukuruz/zk-hibridi/zk-bl-sc-43.html>
- Ragauskas AJ, Williams CK, Davison BH, Britovsek G, Cairney J, Eckert CA, Frederick WJr, Hallett JP, Leak DJ, Liotta CL, Mielenz JR, Murphy R (2006) The path forward for biofuels and biomaterials. *Science* 311:484–489
- Радосављевић М, Јовановић Р, Ванчетовић Ј (2005) Квалитет зрна и могућност коришћења ЗП хибрида кукуруза. ПТЕП РТЕР 9(1-2):12–14
- Radusin S, Oprašić S, Cero M, Abdurahmanović I, Vukmir G (2013) Strategija prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja za Bosnu i Hercegovinu, str 260
- Ranum P, Pena-Rosas JP, Garcia-Casal MN (2014) Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of The New York Academy of Sciences*, pp 105–112
- Reicosky DC (2015) Conservation tillage is not conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation* 70:103–108
- Републички завод за статистику, Република Српска (2016) Пољопривреда стр 1–34, 30.04.2020. https://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/poljoprivreda_i_ribarstvo/BiltenPoljoprivrede_11.pdf
- Републички завод за статистику, Република Српска (2018) Пољопривреда стр 1–32, 30.04.2020. (https://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/poljoprivreda_i_ribarstvo/Bilten_Poljoprivreda_2018_WEB.pdf)

- Републички завод за статистику, Република Српска (2019) Пољопривреда стр 1-33, 30.04.2020. https://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/poljoprivreda_i_ribarstvo/Bilten_Poljoprivreda_2019_web.pdf
- Ресор за пружање стручних услуга у пољопривреди (2019) Огледи кукуруза. (<https://pssrs.net/ogledi/strna-zita-2-3/>)
- Restovich BS, Andriulo AE, Portela IS (2012) Introduction of cover crops in a maize–soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *Field Crops Research* 128:62–70
- Ribaut JM, de Vicente MC, Delannay X (2010) Molecular breeding in developing countries: challenges and perspectives. *Current Opinion in Plant Biology* 13:1–6
- Riedell WE, Pikul JL, Jaradat AA, Schumacher TE (2009) Crop rotation and nitrogen input effects on soil fertility, maize mineral nutrition, yield, and seed composition. *Agronomy Journal* 101:870–879
- Rogers JS, Edwardson JR (1952) The utilization of cytoplasmic male-sterile inbreds in the production of corn hybrids. *Agronomy Journal* 44:8–13
- Sainju UM, Whitehead WF, Singh BP, Wang S (2006) Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization effects on soil nitrogen and cotton and sorghum yields. *European Journal of Agronomy* 25:372–382
- Rhoades MM (1933) The cytoplasmic inheritance of male sterility in *Zea mays*. *Journal of Genetics* 27:71–93
- Salem HM, Valero C, Muñoz MÁ, Rodríguez MG, Silva LL (2015) Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water potential, and maize yield. *Geoderma* 237:60–70
- Setter TL, Flannigan BA, Melkonian J (2001) Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscisic acid, and cytokinins. *Crop Sci* 41:1530–1540
- Симић Д, Ерић Н, Поповић В, Ђекић В (2015) Рејонизација хибрида кукуруза института ПКБ Агроекономик у 2014. години. Радови са XXIX саветовања агронома, ветеринара, технолога и агроекономиста 21(1-2):1–10
- Smith BD (2001) Documenting plant domestication: the consilience of biological and archaeological approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 98:1324–1326
- SNC BiH (2013) Drugi nacionalni izvještaj Bosne i Hercegovine u skladu sa Okvirnom konvencijom Ujedinjenih Nacija o klimatskim promjenama (UNFCCC), str 198
- Стојаковић М, Ивановић М, Јоцковић Ђ, Бекавац Г, Пурар Б, Настасић А, Станисављевић Д, Митровић Б, Трескић С, Лаишић Р (2010) НС хибриди кукуруза у производним рејонима Србије. *Ратарство и повртарство* 47(1):93–102

- Stamp P, Chowchong S, Menzi M, Weingartner U, Käser O (2000) Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited. *Crop Sci* 40:1586–1587
- Stričević RJ, Stojaković N, Vujadinović-Mandić M, Todorović M (2018) Impact of climate change on yield, irrigation requirements and water productivity of maize cultivated under the moderate continental climate of Bosnia and Herzegovina. *The Journal of Agricultural Science* 156(5):618–627
- Sunnucks P (2000) Efficient genetic markers for population biology. *Trends in Ecology & Evolution* 15:199–203
- Schlenker W, Roberts MJ (2009) Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 106:15594–15598
- Tiwari TP, Brook RM, Wagstaff P, Sinclair FL (2012) Effects of light environment on maize in hillside agroforestry systems of Nepal *Food Secur* (4):103–114
- Трескић С, Ивановић М, Кобиљски Б, Кондић-Шпика А, Брбаклић Љ, Тркуља Д, Станисављевић Д, Митровић Б (2011) Молекуларни маркери у оплемењивању кукуруза. *Селекција и семенарство (XVII)*:71–81
- Trbić G, Đorđević V, Bajić D, Cupać R, Vukmir G, Popov T (2015) Climate change and adaptation options in Bosnia and herzegovina – Case study in agriculture. *International Conference “ADAPTtoCLIMATE”*, pp 1–10
- Triplett G, Dick WA (2008) No-tillage crop production: A revolution in agriculture! *Agronomy Journal* 100:153–165
- Trifunović S, Córdova H, Crossa J, Pandey S (2003) Head-to-head and stability analysis of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. *Maydica* 48:263–269
- Тркуља В, Баллиан Д, Видовић С, Терзић Р, Остојић И, Чакловица Ф, Џубур А, Хајрић Џ, Перковић Г, Брењо Д, Чолаковић А (2018) Генетички модификовани организми-стање и перспективе. Агенција за сигурност хране БиХ, стр 137
- Troyer AF (2001) Temperate corn. In: Hallauer A (ed) *Specialty Corns*. CRC Press, Boca Raton, pp 393–466
- Troyer AF (2006) Adaptedness and heterosis in corn and mule hybrids. *Crop Science* 46:529–543
- Uzoh IM, Igwe CA, Okebalama CB, Babalola OO (2019) Legume-maize rotation effect on maize productivity and soil fertility parameters under selected agronomic practices in a sandy loam soil. *Scientific Reports* 9:8539:1–9
- FAOSTAT (2018) Statistical databases and data-sets of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 13.12.2019, pp 1–254 <http://www.fao.org/3/CA1796EN/ca1796en.pdf>.
- FAOSTAT (2019) Statistical databases and data-sets of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp 1-254. <http://www.fao.org/3/ca6463en/CA6463EN.pdf>.

- Fischer RA, Edmeades GO (2010) Breeding and Cereal Yield Progress. *Crop Science* 50:85–98
- Hallauer AR, Russell WA, Lamkey KR (1988) Corn breeding. In: Sprague GF, Dudley JW (ed) *Corn and Corn Improvement*. 3rd ed Agron Monogr 18 Madison, WI, USA pp 463–564
- Hallauer AR (2007) History, contribution, and future of quantitative genetics in plant breeding: Lessons from maize. In: Albrecht B, Godshalk B, Lamkey K, Ortiz R (ed) *International plant breeding symposium, honoring John W. Dudley*. Crop Science Society, Madison, WI, pp 5–19
- Hallauer AR, Carena MJ (2009) Maize breeding In: Carena MJ (ed) *Handbook of Plant Breeding: Cereals*. New York, NY, Springer, pp 3–98
- Hanson MR, Bentolila S (2004) Interactions of mitochondrial and nuclear genes that affect male gametophyte development. *Plant Cell* 16:154–169
- Hawkins E, Fricker TE, Challinor AJ, Ferro CAT, Ho CK, Osborne TM (2013) Increasing influence of heat stress on French maize yields from the 1960 to the 2030. *Global Change Biol* 19:937–947
- He H, Yang L, Fan L, Zhao L, Wu H, Yang J, Li C (2012) The effect of intercropping of maize and soybean on microclimate. In: Li D, Chen Y (ed) *Computer and computing technologies in agriculture V. CCTA 2011. IFIP advances in information and communication technology* Berlin, Heidelberg: Springer, 369:257–263
- Hobbs PR, Sayre K, Gupta R (2008) The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363:543–555
- Hoffman M (2003) Food biotechnology: friend of friend in the safe food fight. In *Current studies of biotechnology*. Medicinska naklada, Zagreb, III:1–60
- Cairns JE, Sonder K, Zaidi PH, Verhulst N, Mahuku G, Babu R, Nair SK, Govaerts B, Vinayan MT, Rashid Z, Noor JJ, Devi P, San Vicente F, Prasanna BM, Das B, (2012) Maize production in a changing climate: Impacts, adaptation and mitigation strategies. *Advances in Agronomy* 114:1–58
- Campos H, Cooper M, Habben JE, Edmeades GO, Schussler JR (2004) Improving drought tolerance in maize: a view from industry. *Field Crop Res* 90:19–34
- Constantin J, Mary B, Aubrion G, Laurent F, Fontaine A, Kerveillant P, Beaudoin N (2010) Effects of catch crops, no till and reduced nitrogen fertilization on nitrogen leaching and balance in three long-term experiments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 135:268–278
- Crivelari da Cunha M, Masotti MT, Mondragón-Bernal OL, Ferreira Alves JGL (2017) Highly efficient production of L (+)-lactic acid using medium with potato, corn steep liquor and calcium carbonate by *Lactobacillus*

- rhamnosus ATCC 9595. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 5(3): 887–900
- Chapman SC, Cooper M, Butler DG, Henzell RG (2000) Genotype by environment interaction affecting grain sorghum. I. Characteristics. *Tobacco Regulatory Science* 10:126–130
- Chen P, Du Q, Liu X, Zhou L, Hussain S, et al. (2017) Effects of reduced nitrogen inputs on crop yield and nitrogen use efficiency in a long-term maize-soybean relay strip intercropping system. *PloS one* 12:0184503, pp 1–19
- Quarrie SA, Lazić-Jančić V, Kovačević D, Steed A, Pekić S (1999) Bulk segregant analysis with molecular markers and its use for improving drought resistance in maize. *Journal of Experimental Botany* 50:1299–1306
- Walton SL, Bischoff KM, Heiningen ARP, Walsum GP (2010) Production of lactic acid from hemicellulose extracts by *Bacillus coagulans* MXL-9. *J Ind Microbiol Biotechnol* 37:823–830
- Waktola SK, Belete K, Tana T (2014) Productivity evaluation of maize-soybean intercropping system under rain fed condition at Bench-Maji Zone, Ethiopia. *Sky Journal of Agricultural Research* 3:158–164
- Wardlaw IF (2002) Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Annals of Botany* 90:469–476
- Whitford R, Gilbert M, Langridge P (2010) Biotechnology in agriculture. In Reynolds MP (ed) *Climate Change and Crop Production*. CABI Series in Climate Change 1:219–244
- Wise RP, Gobelman WK, Pei D, Dill CL, Schnable PS (1999) Mitochondrial transcript processing and restoration of male fertility in Tcytoplasm maize. *Journal of Heredity* 90(3):380–385
- World Agricultural Production (2019) United State Department Agriculture Foreign Agricultural Servic. December 2019, pp 1–34 (<https://apps.fas.usda.gov/PSDOnline/Circulars/2019/12/production.pdf>)
- Yang F, Wang X, Liao D, Lu F, GaoR, Liu W, Yong T, Wu X, Du J, Liu J, Yang W (2015) Yield response to different planting geometries in maize–Soybean relay strip intercropping systems. *Agronomy Journal* 107:296–304

Maize hybrids for grain and silage in agro-ecological conditions of the Republic of Srpska

Vesna Milić, Željko Dolijanović, Igor Đurđić, Branka Govedarica

Summary

Maize is used in human and animal nutrition, in industrial processing (nutritional products, pharmaceutical industry, alcohol industry, chemical industry, textile industry). Economical significance of maize is derived from its yield, namely its total production of grain maize, as well as silage. Today, together with potatoes and sugar cane, maize is used for production of bioethanol, a very important source of renewable energy. Maize is grown worldwide on surfaces of 192,05 million ha, on which around 1,108 billion tonnes of grain is produced. The largest producers of genetically modified corn in the world are USA, Brasil, Argentina, while in the EU GM corn is grown in Spain and Portugal. Maize is the most important field crop in the Republic of Srpska and is grown on 46.7 % of sown areas. In a ten-year period (2008-2017) the least growing area on which the maize was grown were in 2012 (120,901 ha), and the largest in 2008 (148,539 ha). The limiting factor in achieving high yield are meteoroidal conditions (high temperatures, draught or excessive rainfall) because of which average yield variation is from 2.7 to 5.3 t ha⁻¹. The biggest cereals and maize production in Republic of Srpska, the one of 1,657,556 tonnes, was achieved in 2016 which, compared to 2015 was an increase of 46%, or 520,000 tonnes, and was affected by a record breaking maize production of 1.178.423 tonnes. In organic corn production the sweet and popcorn are the most bred. The improvement in agricultural production mostly depends on perfecting the existing and developing the new and appropriate technical solutions. The accent is increased on protection of the environment, production of healthy and quality food and decrease in production expenses, and all of this can be achieved by applying the conservation treatment of soil. Growing corn in complete and regular crop rows, especially in which there are legume plants, can significantly affect the decrease in weediness and increase in grain yield. The corn is often grown in combined sowing with other plants, most often with soy, beans and fodder pumpkin. Maize breeding in past period created many hybrids, which enabled a permanent yield increase. The methods of conventional breeding are efficient but slow in creating a germplasm tolerant on existing range of climate conditions and are not suitable for rapid improvement of multiple stress tolerance. Molecular breeding

enables increase in speed and efficiency of breeding. The only institution in Bosnia and Herzegovina which deals with breeding and creating new species and hybrids of grown plants, adapted to local agroecological conditions is the PI Agricultural Institute, Banja Luka. So far, the Institute created nine maize hybrids, the most significant being BL 43.

Key words: Maize, hybrid, yield, areas, breeding, conservation tillage systems, genetically modified plants, crop rotation, intercrops