Optimalni uvjeti sušenja sjemenskog kukuruza

Buzov, Mato

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:316910

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Mato Buzov, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Biljna proizvodnja

OPTIMALNI UVJETI SUŠENJA SJEMENSKOG KUKURUZA

Diplomski rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURYA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Mato Buzov, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Biljna proizvodnja

OPTIMALNI UVJETI SUŠENJA SJEMENSKOG KUKURUZA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof. dr. sc. Sonja Vila, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Vlado Guberac, mentor
3. Prof. dr. sc. Darko Kiš, član

Osijek, 2019.

SADRŽAJ

1. UVOD……1
2. PREGLED LITERATURE…….3
2.1. Osnovne značajke kukuruza……3
2.1.1. Porijeklo kukuruza……...……4
2.1.2. Sorte i hibridi kukuruza……5
2.1.3. Morfološke specifičnosti kukuruza ……..……..……6
2.2. Proizvodnja sjemenskoga kukuruza……..…….9
2.3. Tehnologija sušenja sjemenskoga kukuruza……..……..……...…10
2.3.1. Proces sušenja klipova sjemenskog kukuruza……12
2.4. Tehnologija dorade sjemenskoga kukuruza u PIK Vinkovci…….....…17
2.4.1. Berba, transport i prijem klipa kukuruza……18
2.4.2. Punjenje binova i sušenje……...…20
2.4.3. Krunjenje, čišćenje, sortiranje, tretiranje i skladištenje…….…….23
3. MATERIJAL I METODE…….28
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA…….…….29
4.1. Prijem sirovoga klipa ….. ….……...…..……29
4.2. Sušenje sjemenskoga kukuruza……...…..……30
5. RASPRAVA REZULTATA ISTRAŽIVANJA……...32
5.1. Rasprava rezultata kod berbe i prijema sirovoga klipa……..32
5.2. Rasprava rezultata kod sušenja……32
6. ZAKLJUČAK…….34
7. POPIS LITERATURE……...……35
8. SAŽETAK……..……..36
9. SUMARY ……...37
10. POPIS TABLICA…….38
11. POPIS SLIKA …… 39
Temeljna dokumentacijska kartica …… 41
Basic documentation card …… . 41

1. UVOD

Današnji opseg proizvodnje hrane u svijetu ne zadovoljava potrebe, a trend rasta ljudske populacije u bližoj budućnosti bi mogao stanje još više pogoršati. Zato prehrana čovječanstva postaje sve ozbiljniji problem, a povećanje poljoprivredne proizvodnje pravi je izazov, jer o njemu ovisi buduća svjetska ravnoteža i opskrba hranom. Povećanje svijesti u svjetskim razmjerima omogućit će se ujedinjenje velikih znanja i sredstava da bi se povećala poljoprivredna proizvodnja, a znanstvene discipline, kao što su Genetika i Oplemenjivanje bilja, imaju važnu ulogu u biljnoj proizvodnji i sjemenarstvu (Kolak, 1994.). Poljoprivreda je jedna od najvažnijih gospodarskih grana koja proizvodnjom hrane omogućava čovjeku biološku egzistenciju i daje mnoge druge proizvode značajne za čovječanstvo. Ovom djelatnošću se bavi oko polovice čovječanstva, za koju poljoprivreda predstavlja glavni ili jedini izvor egzistencije (Kovačević i Rastija, 2014.). Pored postojećih 14 milijardi ha obradivih površina, u svijetu bi se moglo osposobiti još 10 milijardi ha tla za obrađivanje. Za to je potrebno prikladno sjeme, sorte, kultivari, tehnika i tehnologija, potiskivanje pustinje, obnavljanje poljoprivrednih gospodarstava, te privođenje kulturi podvodnih, slanovitih, šumovitih i drugih neprikladnih područja (Kolak, 1994.). U okviru poljoprivrede postoji nekoliko područja od kojih jedno predstavlja sjemenarstvo. Kao stručna agronomska disciplina, sjemenarstvo je staro koliko i ljudski rod, a kao znanstvena disciplina, u svezi je s otkrićem gena i pojave genetike, fiziologije i oplemenjivanja bilja. Znanstvene osnove sjemenarstva u svijetu postavlja 1865. godine Johan Gregor Mendel i utemeljuje ih na genetici i oplemenjivanju bilja. Od tada do danas, genetsko-oplemenjivački napredak i sjemenarstvo ostaju nerazdvojni, jer je sjemenarstvo između ostalog, konkretna i praktična primjena rezultata genetskih istraživanja. Razvoj genetike i oplemenjivanja bilja s jedne strane i trgovina sjemena s druge strane daju snažan poticaj razvoju sjemenarstva, gdje poljoprivreda i industrija (sušare i dorada) sve se više prožimaju i nadopunjuju, a sjemenarstvo zadržava svoju specijalnost kao znanstvena i stručna privredna grana (Ujević, 1988.).

Jedna od najzastupljenijih kultura koje se uzgajaju u svijetu, najznačajnije mjesto zauzima kukuruz, gdje se, prema FAO podatcima, uzgaja na 164 000 000 ha (Kovačević i Rastija, 2014.). Razvoj i povećanje proizvodnje doveo je do unaprjeđenja kompletne tehnologije, kako proizvodnje na polju, tako i u očuvanju njegove kvalitete, posebice sjemena hibrida potrebni za daljnju reprodukciju. Posebno mjesto, od tehnoloških zahvata, ima sušenje i dorada sjemena kukuruza. Posebno oplemenjivači i genetičari moraju duže vremena čuvati

vrijedan sjemenski materijal u rezervi zbog uključivanja u selekcijske programe i suradnje sa drugim oplemenjivačkim institucijama putem razmjene selekcijskog, odnosno genetičkog materijala (germ plazme) u cilju istraživanja i kreiranja novih hibrida (Ujević, 1988.). Zbog potreba velikih količina sjemena za sjetvu kukuruza, što govore njegove proizvodne površine, posebnu pozornost u sjemenarstvu treba obratiti na čuvanje sjemena do iduće sjetve, a glavni segment se odnosi na sušenje sjemena čime se omogućava pravilno uskladištenje i čuvanje svih kvalitativnih svojstava sjemena. Stoga, cilj ovog istraživanja jeste opisati i navesti osnovne tehničke izvedbe i uvjete za sušenje sjemena kukuruza u pravcu ka poboljšanju istoga.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Osnovne značajke kukuruza

Kukuruz je biljna vrsta s najvećim potencijalom rodnosti od svih žitarica. Danas se svjesnim pravcem selekcije stvaraju se hibridi s većim ili manjim sadržajem ulja, bjelančevina, šećera, veće lisne mase, većeg broja stabljika po biljci, koji se pogodni za siliranje i to tako da se silira cijela nadzemna masa. Kukuruz je sirovinska osnova za oko tisuću različitih industrijskih proizvoda kao što su prehrambeni proizvodi, škrob alkohol, ulje, dječja hrana, farmaceutska i kozmetička sredstva, tekstilni proizvodi i razni drugi, te za proizvodnju etanola (Kovačević i Rastija, 2014.). Nama je primarna proizvodnja zrna, jer za to imamo uvjete, dok se npr. u Velikoj Britaniji i Njemačkoj kukuruz uzgaja uglavnom za silažu, jer zbog nedostatka topline ne može potpuno razviti zrno. Prema literaturi rekordni prinos zrna je postignut u USA i iznosio je 25 t/ha. Kukuruz je zahvalna sirovina, jer se od njega može dobiti i više od 500 industrijskih proizvoda.

Kukuruz je biljna vrsta sa vrlo širokim arealom rasprostranjenosti. Na sjevernoj hemisferi se uzgaja od ekvatora do 50^0, pa i 60^0 SZŠ (Kanada, sjeverna Europa), dok je optimalno područje od 15^0 do 45^0 SZŠ. Na južnoj hemisferi se uzgaja od ekvatora do 38^0 JZŠ u Argentini i do 42^0 JZŠ na Novom Zelandu. Osijek se nalazi na 45^0 SZŠ, što je rubno područje tzv. kukuruznog pojasa. Što se tiče nadmorske visine, uzgaja se do 3000 m. Kukuruz mora započeti i završiti vegetaciju u dijelu godine kada nema mraza. Širenje uzgojnog područja je rezultat rada na selekciji i stvaranju genotipova kraće vegetacije. Vegetacija kukuruza varira od 70-330 dana.

Pored pšenice i riže, najzastupljenija je žitarica na svjetskim oranicama gdje se uzgaja na oko 164 milijuna hektara godišnje. Godine 2017. kukuruz je uzgajan na oko 197 milijuna hektara, od kojih je u Europi bilo oko 17,5 milijuna hektara ili 8,8 % svjetske površine pod kukuruzom. Najveći proizvođači kukuruza u svijetu su SAD, Kina, Brazil i Meksiko, a najveći europski proizvođači su Francuska, Italija i Mađarska (FAOSTAT 2017.). Tablica 1. prikazuje proizvodnju, površine i prinos kukuruza u 2017. godini u svijetu. U Republici Hrvatskoj proizvodnja, prinos i površine pod kukuruzom, u razdoblju od 2000. do 2017. godine prikazane su u tablici 2.

Tablica 1. Proizvodnja, površine i prinos kukuruza u 2017. godini (FAOSTAT 2017.)

Redni broj	**Država**	**Proizvodnja (000 t)**	**Površina (000 ha)**	**Prirod (t/ha)**
1.	SAD	370 960	33 469	11,08
2.	Kina	259 234	42 428	6,1
3.	Brazil	97 721	17 393	5,6
4.	Meksiko	27 762	7 327	3,8
5.	Argentina	49 475	6 530	7,58
6.	Francuska	14 121	1 614	8,75
7.	Kanada	14 095	1 339	10,52
8.	Mađarska	6 811	988	6,89
9.	Italija	6 048	645	9,37

Tablica 2. Proizvodnja, požnjevena površina i prosječni prinos kukuruza u RH u razdoblju od 2000. do 2017. godine (FAOSTAT 2017.).

Godina	**Proizvodnja (t)**	**Požnjevena površina (ha)**	**Prinos (t/ha)**
2008.	2 505 000	314 000	8,0
2009.	2 183 000	297 000	7,4
2010.	2 068 000	297 000	7,0
2011.	1 734 000	305 000	5,7
2012.	1 298 000	299 000	4,3
2013.	1 874 000	288 000	6,5
2014.	2 047 000	253 000	8,1
2015.	1 709 000	263 970	6,5
2016.	2 154 000	252 072	8,5
2017.	1 560 000	247 119	6,3

2.1.1. Porijeklo kukuruza

Kukuruzu niti do danas nije pronađen divlji predak. Pretpostavlja se da je postojao i izumro. Kukuruz je bio poznat domorocima američkog kontinenta, a uzgajali su ga Asteci,

Inke, Maje. Različiti autori smatrali su različita područja za pradomovinu kukuruza. Na osnovu arheoloških nalaza i citogenetičkih istraživanja danas se smatra da je pradomovina kukuruza Meksiko. Metodom radioaktivnog ugljika C14 (poluvrijeme raspada je 5685 godina: moguća procjena starosti fosila organskog porijekla) procijenjena je starost polenovih zrnaca preko 8000 godina, a citološka analiza je pokazala veliku sličnost s polenom današnjeg kukuruza. Pretpostavlja se da su to polenova zrnca izumrlog divljeg kukuruza. Klipovi različitog stupnja evolucije pronađeni u državi Novi Meksiko 1949. godine procjenjuju se na 2500. do 500. godina prije Krista. Columbo je 1492. donio kukuruz u Španjolsku, na Balkan je došao u drugoj polovici 16. st., a iz Dalmacije je u naše krajeve dopremljen 1572. g. U prvim pisanim dokumentima nazivan je *u r m e n t i n*. U prošlosti su postojale različite pretpostavke o izvornim centrima kukuruza, pa je tako Darwin smatrao da je kukuruz porijeklom iz Perua, Verner je smatrao da je kukuruz iz Paragvaja, a Harsberger (još 1892. godine) da je domovina kukuruza centralni Meksiko.

2.1.2. Sorte i hibridi kukuruza

Kukuruz pripada redu *Poales*, porodici *Poaceae* (trave), tribusu *Maydeae* (*Tripsacinae*), u kojem ima više od 25 višegodišnjih i jednogodišnjih vrsta, koje su sistematizirane u osam rodova. Pet rodova je orijentalnog porijekla (iz Azije) morfološki i po porijeklu udaljenijih od kukuruza. Ostala tri roda su američkog podrijetla:

1. rod ***Tripsacum***

2. rod ***Euchlaenae (Teosinta)*** - predstavnici su najbliži srodnici kukuruza

3. rod ***Zea*** - ima samo jednu vrstu i to samo kao kulturnu formu - ***Zea mays***. Linne je prvi botanički opisao kukuruz i dao mu ime 1753. g. Podvrste su:

- ***Zea mays ssp. indentata*** - kukuruz zuban
- ***Zea mays ssp. semiindentata*** - kukuruz poluzuban
- ***Zea mays ssp. indurata*** - kukuruz tvrdunac
- ***Zea mays ssp. saccharata*** - kukuruz šećerac
- ***Zea mays ssp. amylacea*** - kukuruz mekunac (škrobni kukuruz)
- ***Zea mays ssp. amylosaccharata*** - kukuruz škrobni šećerac

- ***Zea mays ssp. everta*** - kukuruz kokičar
- ***Zea mays ssp. ceratina*** - voštani kukuruz
- ***Zea mays ssp. tunicata*** - kukuruz pljevičar.

Velika varijabilnost kukuruza rezultirala je ogromnim brojem sorti. Međutim, širenjem proizvodnje sorte su sve više gubile privredni značaj, pa se danas još samo uzgajaju u brdskim i planinski područjima.

Hibridi se prema porijeklu dijele na međusortni i međulinijski.

Samooplodne linije kukuruza nastaju dugogodišnjom samooplodnjom određene populacije.

Međulinijski hibridi (križanci) mogu biti:

- dvolinijski (single cross) - nastaju križanjem dvije linije (A x B)
- trolinijski (three-way cross) - nastaju križanjem jedne linije i jednim dvolinijskim hibridom

(A x B) x C

-četverolinijski (double cross) - nastaju križanjem dva dvolinijska hibrida

(A x B) x (C x D)

2.1.3. Morfološke specifičnosti kukuruza

Kukuruz pripada u prosolike ili žute žitarice, koje se po mnogim osobinema ipak znatno razlikuju od strnih ili pravih žitarica.

Korijen je, kao i kod ostalih trava, žiličast. S obzirom na vrijeme formiranja, karakter rasta i ulogu u životu same biljke razlikujemo:

1. primarni ili glavni klicin korijen,
2. primarni (klicin) hipokotilni korijen ili bočno klicino korijenje,
3. klicino mezokotilno (epikotilno) korijenje,
4. sekundarno (adventivno) ili podzemno-nodijalno korijenje i
5. zračno ili nadzemno-nodijalno korijenje

Korijenov sustav prodire do 150 cm u dubinu, a može ispreplesti i nekoliko m^3 tla. U uvjetima potpune zasićenosti tla vodom korijenov sustav se slabo razvija uslijed nedostatka kisika, koji je neophodan za disanje korijena. Korijen kukuruza apsorbira velike količine vode. U fazi pred metličanje i fazi cvatnje i oplodnje dnevno upija, za porast nadzemnog dijela, i do 3 l vode.

Stabljika je sastavljena od članaka i koljenaca, cilindrična, ispunjena srčikom odnosno parenhimom (koji joj daje čvrstoću), visoka i relativno debela. Kod nas se visina stabljike kreće od oko 1 m kod nekih populacija iz brdsko-planinskih područja, pa do 1,5-2,5 m kod najkasnijih hibrida u nizinskim područjima.
Listovi se, prema mjestu gdje se zameću i nalaze te prema značaju, dijele:

1. klicini listovi,
2. pravi listovi ili listovi stabljike i
3. listovi omotača klipa ili listovi "komušine"

Klicini listovi imaju svoje začetke u klici sjemena. Ima ih 5-7, a potpuno se razviju u prvih 10-15 dana nakon nicanja kukuruza. Tada imaju osnovni značaj u životu biljčica kukuruza. Nakon što se formiraju pravi listovi, klicini listovi gube svoj značaj i veći dio ih propadne odnosno osuši se u prvom dijelu vegetacije. Pravi listovi se nalaze na stabljici. Na svakom koljencu se nalazi po jedan list, pa njihov broj varira kao i broj koljanaca. Listovi omotača klipa ili listovi "komušine" se razvijaju na koljencima skraćenog bočnog izdanka odnosno na dršci klipa. Pošto su koljenca na dršci klipa jako zbijena, listovi komušine čvrsto pokrivaju jedan drugog, pa se, zbog toga, samo u vanjskim listovima komušine stvara klorofil. Listovi komušine imaju prije svega zaštitnu ulogu, jer štite klip i zrna na njemu od uzročnika bolesti, štetnika, ptica kao i nepovoljnih vanjskih čimbenika.

Cvat i cvijet; kukuruz je jednodomna (monoecijska) biljka, čiji su ženski i muški cvjetovi razdvojeni u posebne cvati. Muški cvjetovi su skupljeni u cvat metlicu, koja se nalazi na vrhu stabljike, a ženski cvjetovi u cvat, koja se naziva klip i nalazi se u pazuhu listova. Katkad se u metlici mogu formirati dvospolni cvjetovi, a to je čest slučaj kod radnozrelih sorti porijeklom sa sjevera.

a) metlica se sastoji od srednje osi ili glavne grane i postranih ili bočnih grana, čiji se broj najčešće kreće od 3-15. Na granama (i glavnoj i postranim) se nalaze dvocvjetni klasići.

Raspoređeni su u parovima od kojih jedan ima skraćenu, a drugi nešto izduženu os klasića. Svaki cvijet u metlici se sastoji od dvije pljevice i tri prašnika. Na dnu cvijeta se nalaze pljevičice, čijim bubrenjem i pritiskom na pljevice dolazi do otvaranja cvijeta i izbacivanja prašnika za vrijeme cvatnje

b) klip se formira na vrhu bočnih izdanaka iz točke rasta u pazuhu listova na glavnoj stabljici, a može i na zapercima. Klip se sastoji od zadebljalog vretena (oklasak) na kojem se uzdužno u parnim redovima nalaze klasići sa ženskim cvjetovima. Klip je po građi analog metlici s tim da su reducirane bočne grane. Vreteno klipa (oklasak) se nalazi na drški klipa, a u zrelom stanju je različite boje, od bijele do raznih nijansi crvene boje te čini 18-20% od ukupne mase klipa. Broj redova parnih klasića se može kretati od 4-32. Kod većine naših hibrida se kreće od 8-20. Uvijek je paran, a vezan je za paran broj klasića na vretenu klipa. U svakom klasiću se, za razliku od klasića metlice, konačno razvije jedna cvijet. Naime, u početku razvoja klasića u njima se formiraju dva cvijeta od kojih jedan odumire. Ponekad se u pojedinim klasićima na klipu mogu potpuno razviti oba cvijeta. Kod šećerca je to redovita pojava, pa kasnije nakon formiranja zrna dolazi do nepravilnosti u broju redova zrna. Pljeve klasića i pljevičice cvjetova na klipu su reducirane, pa su zbog toga cvjetovi, a kasnije zrna, nepokrivena (gola). Izuzetak je kukuruz pljevičar. Tučak se sastoji od plodnice, dugog vrata i još duže njuške (svila). Dužina njuški može iznositi i preko 30 cm. To su dugačke svilenkaste niti prekrivene dlačicama. Dlačice izlučuju ljepljivu tekućinu, koja pomaže hvatanju polenih zrnaca nošenih zračnim strujanjima. Polen, koji padne na bilo koji dio "svile", sposoban je izvršiti oplodnju. "Svila" je najčešće svijetlozelena, ali može biti i drugih boja. Nakon oplodnje potamni i suši se. Broj cvjetova (i kasnije zrna) u svakom redu na klipu je različit u ovisnosti o hibridu i uvjetima uzgoja. Kod ranijih hibrida je manji, a kod kasnijih veći. Kod naših hibrida se kreće od 20-50. To znači da ukupan broj cvjetova i zrna u svim redovima na klipu može iznositi do 1000, pa i više.

Plod je zrno (caryopsis), koje se počne formirati nakon oplodnje. Kao i kod ostalih žitarica sastoji se od tri osnovna dijela:
1. omotača ploda (pericarp) omotava plod i štiti njegovu unutrašnjost i u čijim stanicama se nalaze pigmenti, koji mu daju boju (crven, išaran prugama, različitih nijansi crvene, naramčaste, smeđe ili bijele boje, pa čak i bezbojan),

2. endosperma koji senalazi se ispod pericarpa, a čine ga stanice, koje su uglavnom ispunjene škrobom i
3. klice; najvažnijeg dijela, koja je smještena na bazi endosperma u donjem dijelu na prednjoj strani zrna, a sastoji se od središnje osovine, koja na bazalnom dijelu završava začetkom primarnog korijena (radicula) omotanim korijenovim omotačem (coleorhiza), a na suprotnom kraju vršnim dijelom primarne styabljike ili pupoljčićem (plumula).

2.2. Proizvodnja sjemenskoga kukuruza

Proizvodnja sjemena hibrida kukuruza jedan je od najvažnijih dijelova kompleksne primarne poljoprivredne proizvodnje, proizvodnje sjemena. Glavni zadatak ove proizvodnje jeste osigurati dovoljne količine visoko kvalitetnog sjemena. Proizvodnja sjemena kukuruza naglo se razvija nakon što su hibridi počeli zamjenjivati sorte, a to razdoblje je započelo u SAD-u početkom dvadesetih godina 20. stoljeća kada su zasijane prve parcele hibridnim kukuruzom, a intenziviralo se u drugoj polovici tridesetih godina 20. stoljeća. U ostalim zemljama, uključujući i Hrvatsku, razdoblje hibridnog kukuruza počelo je nakon 2. svjetskog rata. Sredinom pedesetih godina, u Hrvatskoj je počelo uvođenje američkih hibrida, a postupno se širilo zamjenom američkih hibrida sa domaćim hibridima. Najveće površine i proizvodnja sjemena hibrida kukuruza sigurno imaju SAD koje su vodeći proizvođač merkantilnog kukuruza u svijetu jer godišnje zasiju 25 – 30 milijuna ha i to sve hibridnim sjemenom. Proizvodnja sjemena hibrida kukuruza u Hrvatskoj počinje 50.-ih godina kada su ujedno i izgrađeni prvi doradbeni pogoni i to u Vinkovcima, Osijeku i Kutjevu (Pucarić, 1992.).
Proizvodnja sjemena hibrida u Hrvatskoj od 1981. do 1986. godine iznosila je od 14 tisuća do 21 tisuće tona godišnje. Od 1989. do 2001. godine proizvodnja sjemena je smanjena na oko 8000 t/godišnje (Tablica 3.).

Tablica 3. Proizvodnja sjemena kukuruza od 1999. do 2002. godine (Šimić, 2003.).

Godina	Zasijano (ha)	Priznato (ha)	Ukupno (t)
1999.	2 527	2 481	5 915
2000.	2 658	2 489	3 850
2001.	4 674	4 501	10 417
2002.	5 316	5 209	12 000
Mogućnost	7 – 8 000	-	20 000

Zadnjih godina proizvodnja sjemena kukuruza u Hrvatskoj iznosi oko 4 500 ha površina s izvozom od oko 3 500 t, a vrijednost te proizvodnje iznosi oko 2 milijuna eura. U Republici Hrvatskoj se trenutno nalazi 15 doradbenih postrojenja s pogonom za sušenje klipa kukuruza kapaciteta od oko 80 000 t, a iskoristivost ovih kapaciteta iznosi svega oko 50 %, (Šimić i sur., 2003.).

Prije domovinskog rata, u Hrvatskoj se sijalo 500 000 ha kukuruza godišnje, a u cjelokupnom izvozu sjemena hibrida sudjelovao sa oko 35 – 40 % u odnosu na ostale države bivše Jugoslavije. Najveći izvoz sjemena hibrida kukuruza bio je 1983. godine i to sa količinom od oko 10 700 tona sjemena. Najveće količine se izvoze u Španjolsku, Njemačku, Sloveniju, Portugal, Bosnu i Hercegovine, Makedoniju i Tursku. S obzirom na povoljne agroekološke uvjete u Hrvatskoj (posebno istočna Hrvatska), uz stručnost i primjenu moderne tehnologije, gotovo je idealan prostor za proizvodnju sjemena visoke genetske čistoće i kvalitete. U razdoblju od 1997. do 2002. godine proizvodnja sjemena je iznosila 4 500 ha, a s obzirom na tip hibrida, pretežno se nalaze dvolinijski hibridi, dok je sjemenarstvo trolinijskih hibrida uglavnom u ranim grupama zriobe (FAO 100 – 200) i namijenjeno izvozu i za sjetvu u kasnijim rokovima (Šimić i sur., 2003.).

2.3. Tehnologija sušenja sjemenskoga kukuruza

Sjeme je organizam koji služi za reprodukciju, odnosno nastavak uzgoja. Upotreba sjemena dobre kvalitete jedan je od osnovnih faktora u proizvodnji kukuruza, posebno u današnjim uvjetima kada se nastoji do maksimuma iskoristiti genetski potencijal rodnosti hibrida. Sušenje klipa sjemenskog kukuruza datira još iz 1926. godine, kada je izgrađena i upotrijebljena prva sušara za sjemenski kukuruz u Johnstonu (Iowa – SAD). Tehnološki proces znatno unaprijeđen jer je u eri automatizacije čovjek samo promatrač izvršenja

zadanog programa, pa su greške svedene na minimum. Prve sušare, 4 manje i 4 veće, za sušenje sjemenskog kukuruza kod nas u Hrvatskoj su izgrađene i upotrijebljene 1956./57. godine (Pucarić, 1984.).

Proizvodnja sjemenskog kukuruza ima drugu tradiciju u našoj zemlji i zbog toga se kao neminovnost ukazala potreba za usvajanjem tehničko-tehnoloških rješenja koja će ubrane klipove na siguran način osušiti, doraditi zrno i uskladištiti do iduće godine. Tehnička rješenja na kojima se realiziraju procesi sušenja sjemenskog kukuruza su vrlo specifična s obzirom na tehnološke zahtjeve koji se pred njih postavljaju. Suština ovih zahtjeva je u činjenici da se osnovni pokazatelji kvalitete sjemena, kao što su klijavost i energija klijanja, ne smiju narušiti. Treba naglasiti da rješenja koja se primjenjuju u domaćoj praksi ne zaostaju za svjetskim trendovima, a to se misli na automatsko upravljanje i kontrola procesa sušenja, kao i primjena nekonvencionalnih izvora energije za potrebe sušenja (Babić, i Babić, 2012.).

Sušenje predstavlja nastavak odnosno drugi dio sveukupnog tehnološkog postupka proizvodnje sjemena kukuruza koji se odvija u zatvorenom prostoru pod neposrednim nadzorom ljudi. Mogućnost miješanja sjemena raznih hibrida potrebno je odgovornim radom i odgovarajućim mjerama praktički eliminirati. I male primjese sjemena od nekoliko desetina postotaka jednog hibrida u drugom, ako se oni vrlo razlikuju u nekim svojstvima (dužina vegetacije, visina biljke, boja i tip zrna), mogu imati vrlo negativne posljedice (Pucarić, 1992.).

Poznato je da se u procesu sušenja sjeme nalazi pod utjecajem povišenih temperatura kao i mogućnost mehaničkih oštećenja. Postotak oštećenja perikarpa ovisi po sadržaju vlage u zrnu u procesu runjenja. Smanjivanjem vlage u zrnu sa 29,4 % na 11,9 % smanjuje se i postotak oštećenja perikarpa, dok daljnje smanjenje vlage u zrnu do 6,8 %, postotak oštećenja perikarpa se nešto povećava. Najveći postotak oštećenja perikarpa bude kod nedozrelog sjemena, jer kod ovakvog sjemena u većini slučajeva dolazi do pucanja perikarpa za vrijeme sušenja. Prema tome, oštećenja perikarpa mogu se smanjiti na minimum ako se na sušenje doprema samo dozreli kukuruz najoptimalnije vlage, što ovisi o godini, s vlagom između 25 i 30 %, te ako se pravilno podese svi strojevi u procesu sušenja kao i visina temperature zraka koji se uvodi u komore za sušenje (Pucarić, 1984).

Sjeme je živi higroskopni, kapilarno-porozni i disperzivni materijal, neujednačene veličine, složene strukture i sastava u kojem je izražen suvišak vlage koja je vezana različitim silama. Sadržaj vlage u sjemenskom materijalu, kao i isparavanje vode tijekom procesa sušenja, ovisi o nizu čimbenika kao što su: vrsta hibrida, humidnost/aridnost podneblja,

vremenske prilike prije i poslije berbe klipova, krupnoća sjemenskog materijala, relativne vlage zraka i njegove temperature, te ovisi o količini primjesa koje znatno mogu otežati sušenje sjemenske robe. Sušenje sjemena posebno ovisi o temperaturi zraka za sušenje, brzini strujanja zračne mase, razlici između početne i poželjne vlage zrna, krupnoći, obliku i ujednačenosti sjemenskog materijala, te o debljini i ujednačenosti sloja materijala tijekom sušenja. Sjeme je biološki materijal koji je veoma osjetljiv na zagrijavanje, jer prekomjernim podizanjem temperature sjeme gubi kvalitativna svojstva kao što su klijavost i energija klijanja. Temperatura zraka za sušenje može biti nekoliko stupnjeva viša od sjemena, što ovisi o vrsti i konstrukciji uređaja za sušenje. Ako sjeme ima veći sadržaj vlage tada je ono osjetljivije prilikom prijenosa topline, a to znači da sjeme sa većim sadržajem vlage treba sušiti na nižim temperaturama, a sjeme sa nižim sadržajem vlage treba sušiti na višim temperaturama. Pošto je sjeme higroskopno, sadržaj vlage u njemu ovisi o relativnoj vlažnosti i temperaturi zraka i sjemena, a presudan čimbenik za ovaj odnos je pritisak vodene pare u zraku koji se nalazi u porama sjemena i pritisak vodene pare u okolnom zraku koji okružuje sjeme. Kada je pritisak vodene pare u porama sjemena veći od okolnog zraka, tada će vodena para izlaziti iz sjemena. Ukoliko je gradijent pritiska vodene pare obrnut, kretanje vlage bit će u suprotnom smjeru, tj. prema unutrašnjosti sjemena. Do procesa sušenja sjemena dolazi kada postoji kretanje vode iz sjemena prema okolnom zraku, a brzina sušenja sjemena određena je brzinom premještanja vlage iz unutrašnjosti prema površini sjemena, kao i brzinom prenošenja vlage sa površine sjemena u okolni zrak. Brzina kretanja vlage iz središta prema površini sjemena ovisi o temperaturi sjemena, kemijskom sastavu i propusnosti sjemena, a brzina isparavanja vlage sa površine sjemena ovisi o stupnju površinskog zasićenja i o vlažnosti i temperaturi zraka za sušenje (Mirić i Brkić 2002.).

2.3.1. Proces sušenja klipova sjemenskog kukuruza

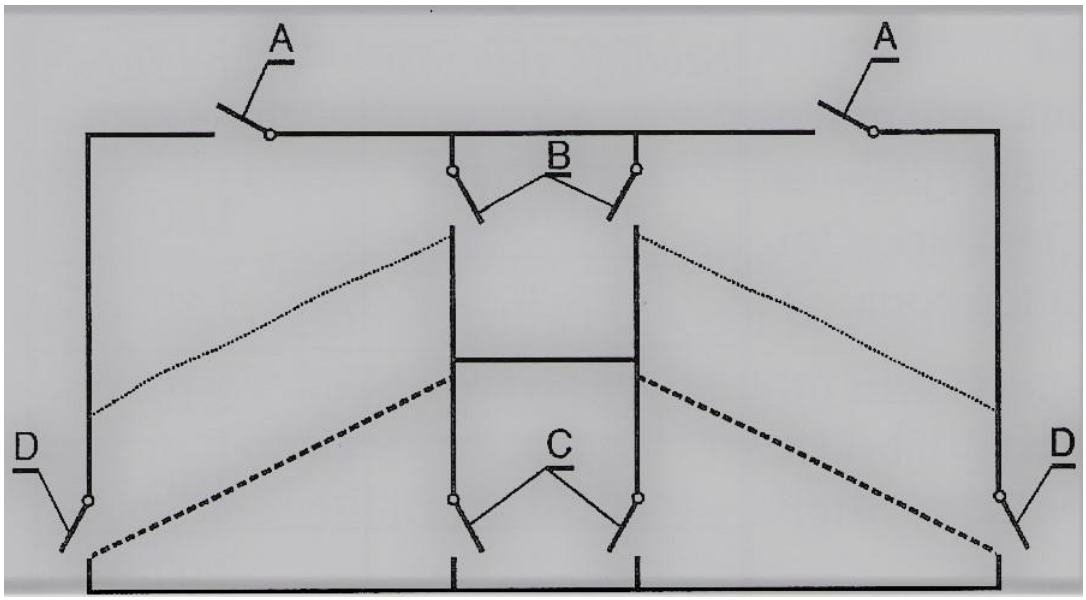
Vlažnost zrna nakon berbe sjemenskih usjeva najčešće se kreće od 25 do 35 %, a za sigurno čuvanje sjemena, vlaga se mora spustiti na 13 – 14 %. Sjemenski kukuruz pobran u klipovima mora se zato nakon berbe brzo i pažljivo osušiti u sušarama primjenom toplog zraka određene temperature i relativne vlage. Prirodno sušenje klipova u koševima i sličnim spremištima u komercijalnoj sjemenskoj proizvodnji, za razliku od merkantilne proizvodnje kod malih proizvođača, ne provodi se zbog više razloga, a najvažniji su što takvo sušenje dugo traje i ne završi so do naredne sjetve, a time je rizik gubitka klijavosti

zbog djelovanja niskih zimskih temperatura i kvarenja vrlo velik. Ne preporuča se čak ni kratkotrajno držanje sjemenskih klipova u koševima od nekoliko dana ili tjedana, u svrhu osiguranja neprekidnog rada sušara u onim danima kada se berba zbog kišovitog vremena ne može obavljati ili u svrhu ranijeg završetka berbe ili zbog nekih drugih razloga. To pogotovo vrijedi u slučajevima kada je sjeme nedozrelo, odnosno povećane vlažnosti i kada nije osigurano propuhivanje vlagom nezasićenim zrakom. Znači, ubrani klipovi moraju se neposredno iz polja dovesti do sušare, odmah ako je potrebno dodatno okomušati, zatim prebrati i prenijeti u komore za sušenje. Svako zadržavanje normalno vlažnih, a pogotovo nedozrelih klipova nakon berbe u prikolicama, hrpama pa i u koševima bez propuhivanja dulje od 6 – 12 sati, može prouzročiti smanjenje klijavosti i vigora sjemena. Sušare za sjemenski kukuruz različite su konstrukcije, a suština procesa sastoji se u tome da se sagorijevanjem određenog energenta (najčešće plina) grije svježi zrak do određene temperature, a zatim se propuhuje kroz komore za sušenje koje su napunjene klipovima sjemenskog kukuruza u sloju 2 – 3 metra, što prvenstveno ovisi o vlazi klipova. Temperatura zraka za sušenje presudna je za kvalitetu sjemena, odnosno klijavost i energiju klijanja, te se ona na mjestu kontakta toplog zraka sa sjemenom kreće unutar granica od 35 – 45 ºC a to ovisi o vlazi zrna i o osjetljivosti pojedinih roditeljskih komponenti na više temperature unutar ovog raspona. Temperatura zraka za sušenje iznad 45 ºC praktički kod svih roditeljskih komponenti smanjuje klijavost i vigor (Šimić i sur., 2003.).

Sjemenski kukuruz treba oprezno sušiti, kao i svu ostalu sjemensku robu. Posebnost sušenja sjemenskog kukuruza je u tome što je sjeme kukuruza gusto složeno na klipu koji je teško osušiti. Pri punjenju vlažnih klipova nastaju oštećenja na sjemenkama koja mogu smanjiti klijavost, a samim time se smanjuje kvaliteta zrna sjemenskog kukuruza. Stoga se runjenje treba provesti s polusuhim ili suhim zrnjem, što znači da se sjemenski kukuruz mora brati s klipom i prije runjenja sušiti. Vlažnost kod koje se prilikom runjenja zrno najmanje oštećuje je različita za razne hibride i ovisi od otpornosti zrna na dinamička opterećenja i sile koja je potrebna za skidanje zrna sa klipa (Katić, 1997.).

Sušare za sušenje sjemenskog kukuruza je zidana zgrada komornog tipa. Obično se sastoji od 4 do 14 komora koje su simetrično raspoređene po uzdužnoj osi, a međusobno su razdvojene centralnim kanalima. Komore su prostorije koje u svom donjem dijelu imaju kosi perforirani pod, čiji je nagib pod kutom od oko 23º. Perforacije mogu biti kružnog oblika, promjera 1 – 25 mm, ili pravokutnog oblika maksimalne širine do 25 mm. Pored toga, komore imaju četiri vrste otvora – vrata. Na stropnoj konstrukciji se nalaze bar dva

otvora A (Slika 1.) koji imaju dvojaku funkciju: kroz ove otvore se sipaju klipovi u komoru, a služe i za odvođenje iskorištenog zraka nakon procesa sušenja. Otvori u donjem dijelu komore (B), kojih također može biti dva ili više, služe za ulaz ili izlaz zraka za sušenje, kao i otvori u donjem dijelu (C). Za razliku od prethodnih, vrata na poziciji C (slika 1.) služe samo za izuzimanje klipova iz komore nakon procesa sušenja.

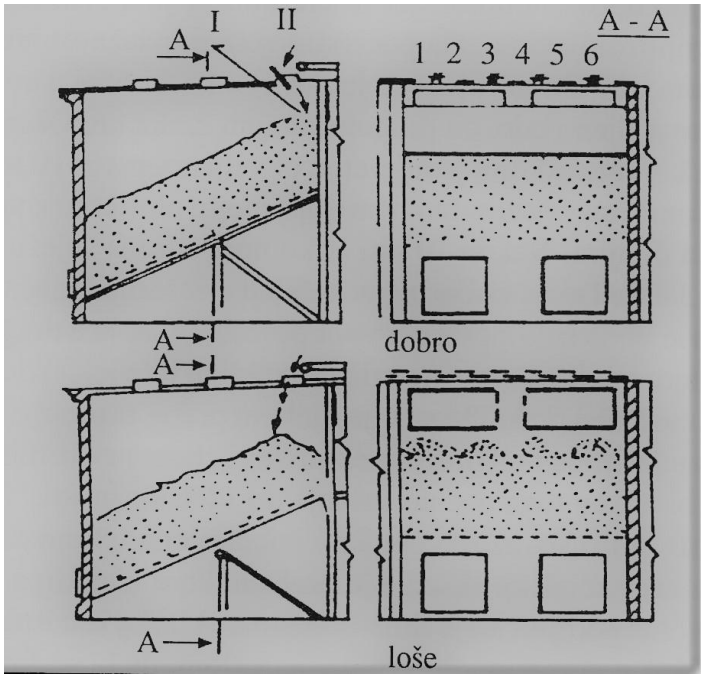


Slika 1. Presjek zgrade za sušenje sjemenskog kukuruza (Izvor: Babić i Babić, 2012.)

Kanal koji razdvaja simetrično raspoređene komore podijeljen je jednom horizontalnom ravninom na dva dijela – gornji i donji. Svaki od njih ima vezu sa komorama preko otvora. Cijela zgrada je izolirana i ima krovnu konstrukciju, ili bar nadstrešnicu. U prostoru između krova i stropa komore smješteni su horizontalni trakasti transporteri, jedan uzduž osi zgrade, a drugi normalno uz njega. Uz pomoć ovih transportera dopremljeni klipovi usipavaju se u željenu komoru kroz otvore do određene visine tako da čine debeo sloj. Sa prednje strane nalazi se agregat za proizvodnju topline, te se nalazi ventilator za transport zraka za sušenje odgovarajućeg učinka. Agregat se može sastojati od potrebne instalacije za sagorijevanje tekućeg ili plinskog konvencionalnog goriva. Produkti sagorijevanja se ne šalju direktno u proces sušenja, već se preko razmjenjivačkih površina zagrijava okolni vlažni zrak na tehnološki zahtijevanu temperaturu. Ventilatorom se zrak doprema u gornji centralni kanal u zgradi sušare i odatle se usmjerava prema komorama (Babić i Babić, 2012.).

Prilikom punjenja komore, klipovi se raspoređuju u sloj koji ispod otvora za punjenje oblikuje stožac. Nejednoliko oblikovani sloj se neće moći dobro osušiti i zato je prilikom punjenja komore potrebno obratiti veliku pažnju oblikovanju jednolikog sloja iznad sita.

To je djelomično moguće postići stavljanjem pomičnog korita ili daske u otvor kojim se komora puni. Koritom ili daskom rukuje radnik tako da usmjerava padanje klipova i ne dozvoljava stvaranje stošca ispod otvora. Potpuno ravnu površinu hrpe moguće je načiniti jedino naknadnim poravnavanjem gornjeg sloja hrpe. Prije početka sušenja, sloj treba poravnati tako da mu je debljina iznad sita posvuda jednaka (Katić, 1997.).



Slika 2. Komora za sušenje klipova (Izvor: Katić, 1997.)

Vrlo važan zahvat koji se mora obaviti prije stavljanja klipova u komoru jeste odvojiti iz hrpe klipova slobodna zrna i ostalu nečistoću, jer ako prilikom punjenja komore između klipova dospiju okrunjena zrna i ostale nečistoće kojima se popunjava prazni prostor između klipova, tada je prolaz zraka za sušenje otežan i hrpa će se nejednako osušiti. Isto tako, na neujednačeno sušenje hrpe utječu između ostalog i debljina sloja klipova iznad sita kao i brzina prolaza zraka koji propuhuje hrpu (Slika 2.). Prilikom berbe, klipovi nisu uvijek jednake vlažnosti, zato se zbog smanjivanja razlike u vlažnosti klipova u hrpi prilikom sušenja, uobičajena je da se povremeno za vrijeme sušenja toplom zraku promijeni smjer prolaza kroz hrpu, tako da topli zrak naizmjenično prolazi kroz hrpu jedno vrijeme odozdo, a zatim odozgo. Takve promijene smjera su u početku sušenja češće. Vrlo često se zrak, koji je prošao kroz jednu komoru u jednom smjeru, naknadno još provodi kroz drugu komoru u drugom smjeru. Praktički to znači da je zrak prošao kroz hrpu čija je visina dvostruko veća od visine sloja u komori. Ako je sloj u jednoj komori

visine 2,5 m, zrak je na taj način prošao kroz 5 m visoku hrpu, ako prolazi kroz dvije komore.

Rukovatelj sušarom može kvalitetu sušenja poboljšati poravnanjem hrpe klipova, odvajanjem nečistoća, te čestom izmjenom smjera prolaza zraka za sušenje. Prilikom sušenja klipova sjemenskog kukuruza u komori, najčešće se zagrijava sloj klipova koji se nalazi na mjestu gdje ulazi topli zrak za sušenje, a to znači da će se najviše zagrijavati donji slojevi i to ako zrak prolazi odozdo prema gore, ili gornji slojevi ako zrak prolazi odozgo prema dole. Nakon relativno kratkog vremena, temperatura zrna dostiže približno temperaturu zraka za sušenje, a nakon dva sata sušenja temperatura površine zrna, na mjestu gdje ulazi topli zrak u sloj, dostigla je temperaturu za 2 – 3 ºC nižu od temperature zraka za sušenje. Ova temperaturna razlika se daljnjim sušenjem još više smanjuje. Klica je uvijek zaštićena od izravnog djelovanja toplog zraka jer je zrno gusto poslagano na klipu. Utjecaj temperature započinje od krune zrna i polagano napreduje prema klici. Najvišu dopuštenu temperaturu zraka za sušenje treba prilagoditi toplinskoj otpornosti sjemena koje se suši. Prosječna brzina sušenja sloja razlikuje se od brzine sušenja graničnog sloja, odnosno što je deblji sloj koji se suši, to će biti veće razlike između pojedinih slojeva (Katić, 1997.).

Procesom sušenja klipa sjemenskog kukuruza troši se ogromna količina energije, a time se i produžava vrijeme sušenja klipa, što u organizaciji berbe i sušenja klipa stvara probleme. Vlažnosti klipa određuje i visinu sloja klipa koji se smije staviti u binove sušare.

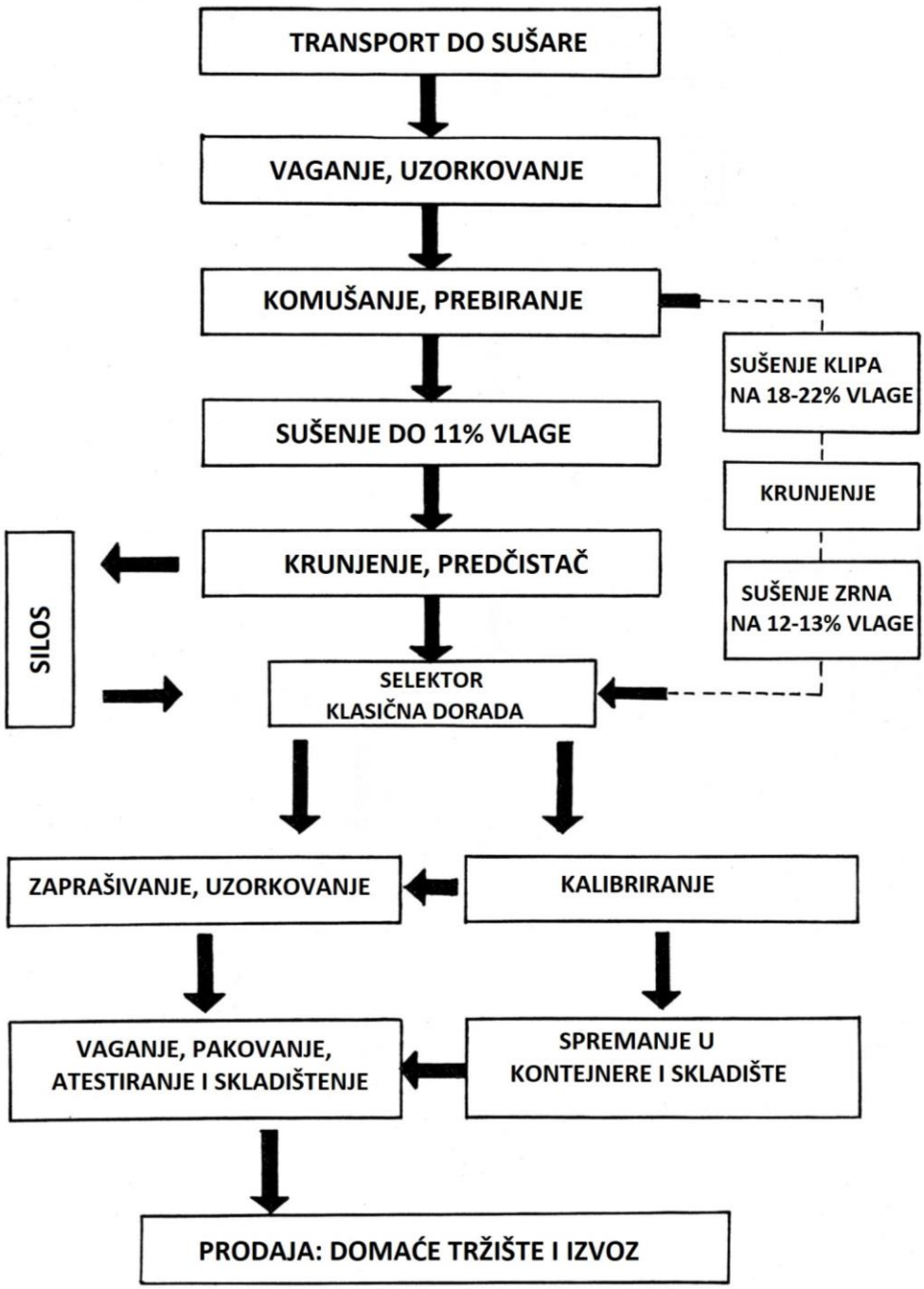
Tablica 4. Preporučena visina sloja klipa ovisno o postotku vlažnosti (Pucarić, 1985.)

Postotak vlage klipa (%)	Maksimalna temperatura zraka koja se uvodi u bin (ºC)	Maksimalna visina sloja klipa u binu (m)	Dužina sušenja na vlagu zrna od 10 do 13 % (u satima)
>40	36	2,0	80
35 – 40	38	2,5	70
30 – 35	40	3,0	60
25 – 30	42	3,5	55
<20	46	3,5	45

Iz ovih istraživanja (Tablica 4.) je vidljivo da što je klip kukuruza vlažniji to je i osjetljivost prema visokim temperaturama prilikom sušenja veća.

2.4. Tehnologija dorade sjemenskoga kukuruza u PIK-u Vinkovci

Tehnologiju dorade sjemenskoga kukuruza u PIK-u VINKOVCI najjednostavnije je prikazati blok shemom (Slika 3.).



Slika 3. Blok shema tehnologije dorade sjemenskog kukuruza u PIK-u Vinkovci

(Izvor: vlastita izrada)

2.4.1. Berba, transport i prijem klipa kukuruza

Berba sjemenskoga kukuruza obavlja se traktorskim beračima kukuruza u klipu. Slika 4. prokazuje takovu berbu sjemenskoga kukuruza na polju. Ubrani sjemenski kukuruz se traktorskim prikolicama (Slika 5.) i kamionima transportira do prijemnoga mjesta pogona za sušenje i doradu sjemenskoga kukuruza PIK Vinkovci. Kukuruz se kipuje u prijemni koš (Slika 6.) nakon čega slijedi ručno prebiranje na transportnim trakama (Slika 7.), gdje se izdvajaju bolesni, neokomušani i atipični klipovi kukuruza.



Slika 4. Strojno branje kukuruza (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 5. Transport sjemenskoga kukuruza (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 6. Usipni koš (Izvor: vlastita fotografija)



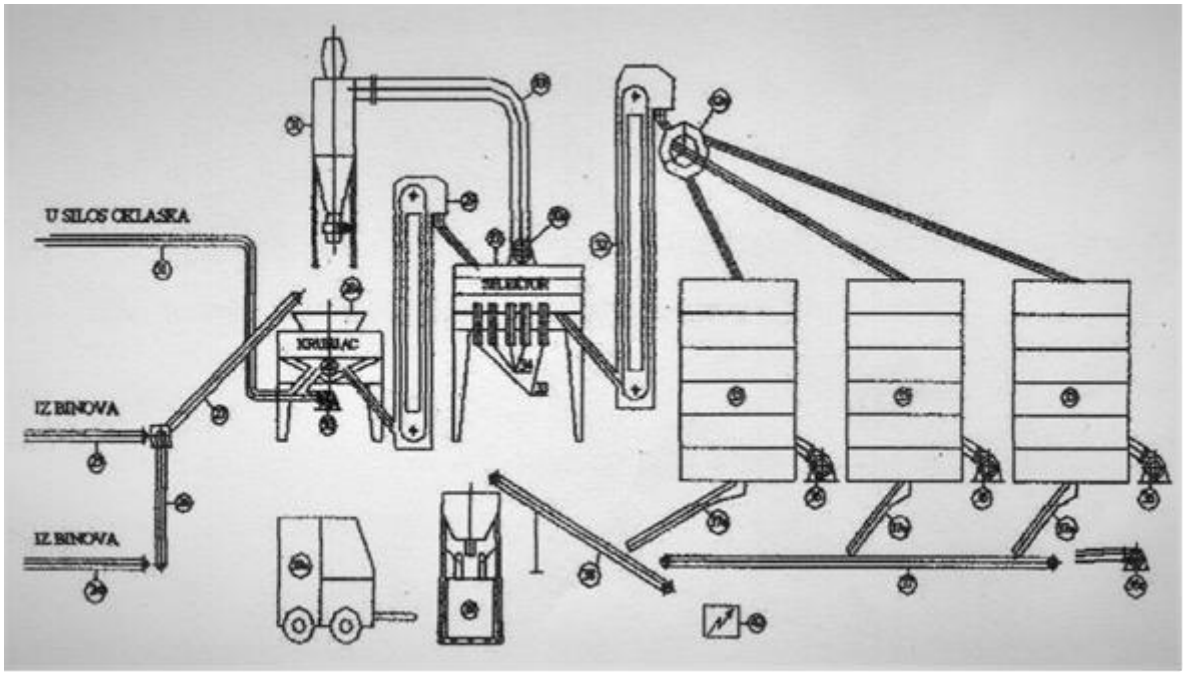
Slika 7. Prebiranje kukuruza (Izvor: vlastita fotografija)

2.4.2. Punjenje binova i sušenje

Sirovi klip iz tampon koša trakastim podzemnim transporterom odlazi do vertikalnih transportera koji tada klip transportiraju do trakastih transportera (Slika 8.) koji se nalaze iznad komora sušare i na taj način se provodi punjenje svake komore (Slika 9.).



Slika 8. Trakasti transporter iznad binova za sušenje kukuruza (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 9. Shema prijema i punjenja binova sa klipovima (Izvor: Pleša, D., 2008.)

Poljoprivredno poduzeće PIK Vinkovci raspolaže sa dvije sušare, jedna sušara ima četiri bina (komore), a druga ima pet binova (Slika 10.). Komore su zidanog tipa kapaciteta 20 000 kg, odnosno ukupno kapaciteta 180 – 200 tona.



Slika 10. Izgled sušare sa pet komora (Izvor: vlastita fotografija)

Punjenje komore se provodi sa trakastim transporterom gdje radnik na traci otvara pomičnu dasku iznad one komore koja se puni, što naravno ovisi o hibridu, jer svaki hibrid odlazi u zasebnu komoru. Za vrijeme punjenja provodi se ravnomjerno raspodjeljivanje klipova u jednak sloj da se ostvari što ravnomjernije sušenje. Dnevni kapacitet sušenja ovisi o ulaznoj vlazi, popunjenosti kapaciteta, ispravnosti sustava, a u prosjeku iznosi 60 – 80 t/dan.

Vrijeme sušenja kukuruza ovisi o ulaznoj vlazi, otpuštanju vlage pojedinih hibrida, ispravnosti postrojenja i kreće se otprilike oko 72 sata. Što je ulazna vlaga pojedinih hibrida manja, to je vrijeme sušenja kraće, a ujedno je i utrošak energije manji.

Za proizvodnju toplinske energije potrebne za sušenje klipova sjemenskog kukuruza, kao energent, koristi se mazut, koji izgaranjem u kotlovnici zagrijava vodenu paru koja preko izmjenjivača topline zagrijava okolni zrak i putem ventilatora biva transportiran prema komorama za sušenje (Slika 11.).

Nakon obavljenog sušenja klip kukuruza se prazni iz binova kroz otvore pomoću trakastoga transportera (Slika 12.).



Slika 11. Ventilator i izmjenjivač topline (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 12. Trakasti transporter za pražnjenje komora sušenja
(Izvor: vlastita fotografija)

2.4.3. Krunjenje, čišćenje, sortiranje, tretiranje i skladištenje

Nakon faze sušenja kukuruz u klipu se pokretnom trakom (Slika 13.) transportira do uređaja za krunjenje (Slika 14.).



Slika 13. Transportna traka za transport klipa ka runjaču (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 14. Krunjač (Izvor: vlastita fotografija)

Nakon krunjenja, slijedi čišćenje (Slika 15.) pomoću kosih vibrirajućih sita (Slika16.) i kalibriranje pomoću horizontalnog (Slika 17.) ili vertikalnog kalibratora (Slika 18.). Učinak ovih uređaja je značajan i može biti od 50 do preko 100 t/sat-u, što znači da oni prate tehnološku liniju prijema zrna u skladište.



Slika 15. Uređaj za čišćenje zrna kukuruza (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 16. Sita uređaja za čišćenje (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 17. Selektor „Trijer“ (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 18. Vertikalni selektor (Izvor: prospekt)

Tretiranje sjemena kukuruza obavlja se uređajem za nanošenje zaštitnog sredstva – „zaprašivačem“ koji je u centrifugalnoj izvedbi sa velikim radnim kapacitetom i sa preciznim dodavanjem zaštitnoga sredstva (Slika 19.).



Slika 19. Centrifugalni zaprašivač (Izvor: vlastita fotografija)

Skladištenje očišćenog i tretiranog sjemena obavlja se u „Jumbo“ vrećama (Slika 20.) a prije prodaje važe (Slika 21.), pakuje (Slika 22.) i prodaje (Slika 23.).



Slika 20. Privremeno skladištenje prije vaganja i pakovanja
(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 21. Vaganje, šivanje i pakovanje (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 22. Vaganje, šivanje i pakovanje (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 23. Skladištenje prije prodaje (vlastita fotografija)

3. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno u poduzeću „PIK VINKOVCI“ tijekom zadnje dekade ljeta 2018. godine, vremenskim praćenjem tehnologije dorade sjemenskoga kukuruza što uključuje prijem, komušanje, prebiranje, sušenje, krunjenje i skladištenje osušenog sjemena kukuruza.

Kako bi se utvrdila kvaliteta rada sušare za sušenje sjemenskoga kukuruza mjerene su vlage klipa kukuruza na ulazu u sušaru, vlage klipa kukuruza na izlazu iz sušare, također su praćene temperature i relativna vlaga radnog medija sušenja (okolnoga zraka i zraka nakon zagrijavanja, koji se koristi pri sušenju sjemenskoga kukuruza. Nakon sušenja pratila se i količina oštećenja na zrnu kukuruza nakon sušenja i krunjenja.

Za izračun kapaciteta rada sušare te energetske potrošnje potrebno je obaviti i slijedeća mjerenja: temperatura zrna na klipu tijekom sušenja, količine protoka zraka kroz sušaru u jedinici vremena i količinske potrošnje energenta.

Ukupna količina klipa kukuruza koja dođe na sušenje, evidentirala se prilikom vaganja na kolskoj vagi. Uzimanjem uzoraka iz svake prikolice utvrđivalo se stanje vlažnosti klipa kukuruza u sušnici na 105 ^{0}C u trajanju tri sata. Osušeni klip kukuruza iz sušare ide na krunjač gdje se kruni i nakon toga prate vidljiva oštećenja na sjemenu.

Mjerenje potrošnje lakog loživog ulja obavljen je mjeračem protoka koji je zbog točnog mjerenja ugrađen na cijevi koje dovode i odvode gorivo s uljnog plamenika, zbog toga što se kod ovih plamenika višak goriva vraća u spremnik.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Prijem sirovoga klipa

Berba sjemenskog kukuruza može se obavljati ručno ili mehanizirano. Ručna berba sjemenskog kukuruza preporučljiva je kada je vlaga sjemena 15–20 % i tada je proizvođač na polju dužan obaviti prvo grubo prebiranje klipova i odbaciti sve atipične, bolesne i nedozrele klipove. Kod mehanizirane berbe klipova, koja se najčešće obavlja pri vlazi sjemena od 25-30 % proizvođač je dužan voditi računa da se usjev čisti od sumnjivih, atipičnih i sumnjivih biljaka, radi ujednačenog dozrijevanja klipova. Tijekom istraživanja u 2018. godini, PIK Vinkovci je imao 25 ha pod sjemenskim kukuruzom a 60 ha je pripadalo kooperaciji, tj. ukupno je bilo 85 ha sjemenskog materijala što je nedovoljno da se iskoristi ukupni kapacitet za sušenje i doradu sjemenskog kukuruza. Berba je započela krajem kolovoza i trajala je oko 20 dana sa prekidima zbog vremenskih prilika. Vlaga sjemena kukuruza pri branju bila je 21,5 – 26,2 %. Tijekom berbe se koristio berač Bourgoin, šestoredni.

Mehanizirana berba klipa kukuruza obavila se manjim brzinama branja kako bi klip kukuruza bio što bolje očišćen, a time kasnije bolje prebran i osušen.

Tijekom berbe, prema utvrđenom dogovoru i dinamici, proizvođači sjemenskog kukuruza dopremaju sirovi klip transportnim sredstvima (traktor + prikolice) na kolsku vagu gdje se obavlja vaganje bruto tereta sa blok-karticom na kojoj se nalazi ime hibrida i proizvođača. Na osnovu podataka o izmjerenoj masi klipa i vlazi zrna (tablica 5.), utvrđuje se dinamika punjenja sušare, kao i ritam dorade.

Tablica 5. Vlaga pojedinih hibrida prije ulaza u sušaru

Redni broj	Hibrid	Proizvođač	Početna vlaga (%)	Količina klipova (kg)
1.	Pajdaš	PIK Vinkovci	26,2	116.280
2.	Pajdaš	PZ Lovas	25,3	33.640
3.	OSSK-403	Banovci d.o.o.	24,8	65.540
4.	Bc-282	OPG Draganović	21,5	32.420
5.	OSSK-515	Banovci	26,2	29.780

Istovremeno se zapisuju podatci kao što su: datum berbe, ime hibrida, parcela i ime vlasnika odnosno proizvođača. Nakon uzimanja ovih podataka, provodi se uzorkovanje klipova koji se zatvaraju u polietilenske vrećice i odnose u laboratorij za mjerenje ulazne vlage dopremljenih klipova zbog radi podešavanja temperature za sušenje u sušarama. Nakon vaganja, transportno sredstvo dovozi klipove sjemenskog kukuruza na istovarno mjesto i istresa u usipni koš.

Na dnu usipnog koša nalazi se trakasti transporter čija je funkcija transport sirovog klipa na prebirnu traku gdje sa jedne i druge strane stoje radnici i ručno obavljaju prebiranje atipičnih, bolesnih i nedozrelih klipova.

Nakon prebiranja, okomušani klipovi transportnom trakom odlaze u tampon koš (koji se sastoji od tri odvojena dijela sa kosim sitastim dnom. Punjenje koša je odozgo preko pomične trake, gdje svaki dio tampon koša ima svoj nezavisni dio sustav aktivne ventilacije hladnim zrakom.

4.2. Sušenje klipa kukuruza

Nakon punjenja komore, klip se suši na maksimalnoj temperaturi do 42 ºC, ali je prosječna temperatura zraka za sušenje 40 ºC. Kukuruz ulazi u sušare sa početnom vlagom u prosjeku oko 25 %, a izlazna vlaga, nakon sušenja, iznosi 10 – 13 %.

Vlažnost kukuruza prije sušenja za pojedine istraživane hibride prikazana je u tablici 5.

Ulazna vlaga pojedinih hibrida iz godine u godinu varira, pa kako je ova jesen topla i sunčana prosječna vlaga klipa hibrida kukuruza iznosi 21,5 – 26,2 %.

Sušenje klipova sjemenskog kukuruza u komorama provodilo se jednosmjernim prolazom toplog zraka za sušenje, jer su početne vlage bile znatno niže od prijašnjih godina. Jednosmjernim prolazom toploga zraka kroz binove može doći do stvaranja tzv. „čepova“ od okrunjenih zrna i zrak na taj način sporije prolazi kroz masu klipova čime se otežava i ujedno usporava proces sušenja u komori. Sušenje u komorama završava kada se vlaga zrna spusti na 12 – 13 ºC.

Nakon toga, klipovi su se ostavili u komorama nekoliko sati da bi se ohladili propuhivanjem vanjskim zrakom i zatim slijedi ispuštanje klipova kroz donje otvore komore na transportnu traku koja odvodi klipove na krunjenje. Procesom krunjenja odvaja se zrno sjemenskog kukuruza od oklaska, gdje se oklasci strujom zraka cjevovodima transportira u ćelije gdje se iskorištava jednim dijelom kao energent za sušenje, a zrno sa runjača odlazi vibracijsko – koritastim transporterom na lopatasti elevatorom na prečistač

za grubo čišćenje. Nakon čišćenja, zrno sjemenskog kukuruza se dosušuje u protočnoj sušari ili se izjednačavanje vlage sjemena obavlja miješanjem (eleviranjem).

Tijekom istraživanja u PIK – u Vinkovci koje je provedeno od 20. kolovoza do 20. rujna 2018. godine, ukupna količina klipa za sušenje sjemenskog kukuruza je iznosila 277 640 kg. Najmanju vlagu zrna je imao hibrid Bc 282 koja je iznosila 21,5 %, a najveću vlagu klipa je imao OSSK 515. Zbog dinamike berbe i transporta klipa sjemenskog kukuruza, te zbog nedovoljne količine hibrida koji su se uzgajali u sjemenskoj proizvodnji, od navedenih devet komora kojim raspolaže PIK Vinkovci, samo su se tri komore koristile istovremeno u procesu sušenja. Tijekom sušenja komore su bile napunjene klipovima u količini oko 20 000 kg, što znači da se u jednom turnusu sušilo 60 000 kg klipa. Prosječno vrijeme sušenja jednog turnusa je iznosio do 60 sati.

Kao energent se koristio mazut (loživo ulje), a ukupna potrošena količina mazuta za toplinsku energiju potrebnu za sušenje 277 640 kg klipa je iznosila 12 700 kg.

Vlažnost zrna sjemenskoga kukuruza nakon procesa sušenja je iznosila 13 %.

5. RASPRAVA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

5.1. Rasprava rezultata kod berbe i prijema sirovoga klipa

Berba klipa kukuruza mehaničkim beračima počela je krajem kolovoza kada je vlaga sjemena kukuruza sa prosječnom vlagom od 25,21 % što odgovara preporučenoj vlažnosti sjemena kukuruza od 25 – 30 % (Kolak, 1994.; Katić, 1997.).

Zbog kvara sustava za dopunsko komušanje u pogonu za doradu sjemenskoga kukuruza, u polju se berba odvijala nešto manjim brzinama branja kako bi klip kukuruza bio što kvalitetnije očišćen, što preporučuju Katić i Šimić.

U porabom prebirne trake (beskonačni trakast transporter) gdje sa jedne i druge strane stoje radnici i ručno obavljaju prebiranje atipičnih, bolesnih i nedozrelih klipova zadovoljava se uvjet kvalitetne dorade sjemenskog kukuruza prije sušenja (Katić, 1997., Babić i Babić, 2012.).

Odbačeni klipovi, komušina i otpadno zrno predstavljaju veliki problem jer nije kvalitetno riješen sustav njihovog uklanjanja strojnim putem prije procesa sušenja.

Primjena propuhivanja odnosno aktivne ventilacije omogućila je kvalitetniju doradu jer se tijekom noći kukuruz mogao hladiti jer zbog vlažnosti dolazi do samozagrijavanja istog.

5.2. Rasprava rezultata kod sušenja

Zbog ispodprosječnih padalina u navedenom periodu, vlaga klipa u vrijeme berbe je bila zadovoljavajuća, te je iznosila od 21,5 do 26,2 %, što znatno utječe na smanjeno vrijeme procesa sušenja i smanjen utrošak energenta (mazuta), jer sušenje predstavlja najskuplji proces u doradi sjemenskog kukuruza.

Tijekom istraživanja u PIK – u Vinkovci koje je provedeno od 20. kolovoza do 20. rujna 2018. godine, ukupna masa klipa za sušenje bila je 277 640 kg. Istovremenom uporabom tri komore za sušenje, od postojećih devet, bila je mudra odluka zbog manje potrošnje energije za sušenje.

Tijekom sušenja komore su bile napunjene klipovima, odnosno u jednom turnusu sušilo se 60 000 kg klipa. Prosječno vrijeme sušenja jednog turnusa je iznosio do 60 sati, što je čak i ispod prosjeka, a uzrok tome jeste niža vlažnost klipova u vrijeme berbe što ujedno znači i manju potrošnju energije (Kolak, 1994.). Kao energent se koristio mazut (loživo ulje), a

ukupna potrošena količina mazuta iznosila je 12 700 kg, što je u granicama rentabilnog sušenja (Katić, 1997.).

Vlažnost zrna sjemenskoga kukuruza nakon procesa sušenja je 13 % i odgovara normativima kvalitetnog sušenja i kasnije dorade sjemena.

Kako je navedeno da je sušenje najskuplji proces u doradi, poduzeće PIK Vinkovci koristi pilot postrojenje za iskorištavanje oklaska kao energenta u sušenju, čija energetska vrijednost može zadovoljiti potrebnu količinu toplinske energije za sušenje klipova. Ali, ovo postrojenje nije zaživjelo zbog neispravnosti samog sustava i problema koji se događao u izmjenjivačima topline.

6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenih istraživanja tijekom sušenja sjemenskog kukuruza u poljoprivrednom poduzeću PIK Vinkovci može se zaključiti sljedeće:

1. Proizvodnja kvalitetnog sjemena kukuruza jedan je od osnovnih čimbenika u proizvodnji merkantilnog kukuruza
2. Za održavanje kvalitetnih svojstava sjemenskog kukuruza nakon ubiranja, potrebno je pratiti i poznavati vlagu zrna, koja se razlikuje u pojedinim godinama što ovisi o vremenskim prilikama i isto tako ovisi o vrsti hibrida. Potrebno je provesti pravovremeno ubiranje klipova sjemenskog kukuruza uz što manje oštećenje zrna, a vlaga zrna bi trebala iznositi oko 25 ºC, jer pri toj temperaturi oštećenja zrna su najmanja. Temperatura sušenja zrna iznosi 40 ºC, ali ne smije prelaziti temperaturu od 42 ºC.
3. Pogon za sušenje u PIK-u Vinkovci raspolaže sa dvije sušare, jedena ima 4, a druga ima 5 komora zidanog tipa ukupnog kapaciteta 180 – 200 tona. Tijekom istraživanja, ukupna količina klipa sjemenskog kukuruza je iznosila 277 640 kg. Zbog smanjene količine sjemenskog kukuruza u proizvodnoj 2018. godini, u upotrebi su bile samo tri komore koje su se koristile istovremeno u procesu sušenja gdje je količina klipa u turnusu iznosila ukupno 60 000 kg. Vrijeme sušenja po turnusu je iznosilo do 60 sati, što je ispod prosjeka, koji iznosi 72 h.
4. Nedostaci ovakvog sustava za sušenje sjemenskog kukuruza jesu u tome što su masivno građene komore s kosim sitima kao dnom i kanali za vođenje zraka, vrlo skupe u izgradnji, punjenje komore se provodi kroz malene otvore na stropnom dijelu komore koje traje dugo, a nakon punjenja komore, potrebno je dodatno sloj klipova poravnati pomoću ulaska radne snage u komoru, te sušenje, kao punjenje i pražnjenje se odvija dosta sporo.

7. POPIS LITERATURE

1. Babić, Lj., Babić, M., (2012.): Sušenje i skladištenje. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. 306: 199-207.
2. Kovačević, V., Rastija, M., (2014.): Žitarice. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
3. Katić, Z., (1997.): Sušenje i sušare u poljoprivredi. Multigraf d.o.o. Zagreb. 406:324-336
4. Kolak, I., (1994): Sjemenarstvo ratarskih i krmnih kultura. Nakladni zavod Globus. 486:202-211
5. Mirić, M., Brkić, M., (2002): Dorada sjemena. Društvo selekcionera i sjemenara Srbije, Beograd. 151-171
6. Pleša, D., Sušenje sjemenskog kukuruza u PIK-u Vinkovci. Diplomski rad. 40:36
7. Pucarić, A., (1992.): Proizvodnja sjemena hibrida kukuruza. Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, Zagreb. 81-83.
8. Pucarić, A., (1984.): Seminar. Proizvodnja sjemena pšenice i kukuruza. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. 189:173-179
9. Šimić, B., i sur., (2003.): Sjemenarstvo. Proizvodnja sjemena hibridnog kukuruza u Republici Hrvatskoj. Izvorni znanstveni rad. 125-130
10. Šimić, B., i sur., (2006.): Sjemenarstvo. Stanje i perspektive hrvatske industrije sjemena. Pregledni znanstveni rad. 285-293
11. Ujević, A., (1988.): Tehnologija dorade i čuvanje sjemena. Zrinski, Čakovec. 184:7-20

8. SAŽETAK

Tijekom provedenih istraživanja u PIK-u Vinkovci, koja su se odvijala od 20. kolovoza do 20. rujna 2018. godine, ukupna količina sjemenskog kukuruza za sušenje je iznosila 277 640 kg. Vlaga klipa u vrijeme berbe je bila zadovoljavajuća i kretala se od 21,5 % do 26,2 %, što znatno smanjuje vrijeme sušenja, a isto tako smanjuje i potrošnju energenta. PIK Vinkovci raspolaže sa dvije sušare komornog tipa, gdje jedna ima 5 a druga 4 komore. Svaka komora je kapaciteta 20 000 kg. Zbog smanjene proizvodnje sjemenskog kukuruza samo su se tri komore koristile u procesu sušenja tijekom navedenog razdoblja. Vrijeme sušenja jednog turnusa iznosilo je 60 h, što je ispodprosječno, a tome su pridonijeli vrlo povoljni suhi uvjeti sa vrlo malo oborina. Kao energent se koristilo loživo ulje, odnosno mazut, a ukupna količina utrošenog mazuta je iznosila 12 700 kg, te se pokazalo da je sušenje ovim energentom tijekom istraživanja vrlo isplativo. Taj iznos utrošenog energenta je ispodprosječan jer su tome pridonijeli suhi uvjeti u vrijeme berbe. Izlazna vlaga nakon sušenja iznosila je 13 %.

9. SUMMARY

During the research conducted at PIK Vinkovci (an agricultural company) from 20th August to 20th September 2018., the total quantity of seed corn ears to be dried was 277,640 kilos with a satisfactory harvest moisture content between 21,5% and 26,2%, which greatly reduces the drying time and energy consumption. PIK Vinkovci has two chamber-type dryers, one of them consisting of 5 and the other one of 4 chambers. Each chamber capacity is 20,000 kilos. Due to reduced seed corn production only three chambers were used during the above-mentioned drying period. The drying of a single batch was 60 hours, which is better than average. This was caused by favourable dry summer conditions with very little precipitation during the harvest. The energy source was fuel oil and the total amount of the fuel oil spent was 12,700 kilos, which proved to be very cost-effective. The amount of the energy source spent is better than average due to dry summer conditions. The exit grain moisture content was 13%.

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Proizvodnja, površine i prinos kukuruza u 2017. godini …… 4
Tablica 2. Proizvodnja, požnjevena površina i prosječni prinos kukuruza u RH u razdoblju od 2000. do 22017. godine …….. 4
Tablica 3. Proizvodnja sjemena kukuruza od 1999. do 2002. godine…….. 10
Tablica 4. Preporučena visina sloja klipa ovisno o postotku vlažnosti……. 16
Tablica 5. Vlaga pojedinih hibrida prije ulaza u sušaru…… 30

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Presjek zgrade za sušenje sjemenskog kukuruza……14
Slika 2. Komora za sušenje klipova……15
Slika 3. Blok shema tehnologije dorade sjemenskog kukuruza u PIK-u Vinkovci…….17
Slika 4. Strojno branje kukuruza……..18
Slika 5. Transport sjemenskog kukuruza……18
Slika 6. Usipni koš……...19
Slika 7. Prebiranje kukuruza……..…..19
Slika 8. Trakasti transporter iznad binova za sušenje kukuruza……..…….…..20
Slika 9. Shema prijema i punjenja binova sa klipovima…….….20
Slika 10. Izgled sušare sa pet komora……..……21
Slika 11. Ventilator i izmjenjivač topline……...…….22
Slika 12. Trakasti transporter za pražnjenje komora……...……...…..22
Slika 13. Transportna traka za transport klipova ka runjaču……..……..23
Slika 14. Runjač……..…….23
Slika 15. Uređaj za čišćenje zrna kukuruza…….24
Slika 16. Sita uređaja za čišćenje…….24
Slika 17. Selektor „Trijer“……25
Slika 18. Vertikalni selektor…….25
Slika 19. Centrifugalni zaprašivač……...……26
Slika 20. Privremeno skladištenje prije vaganja i pakiranja……....26
Slika 21. Vaganje, šivanje i pakiranje……..27
Slika 22. Vaganje, šivanje i pakiranje……..27
Slika 23. Skladištenje prije prodaje……..27

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, smjer Biljna proizvodnja

OPTIMALNI UVJETI SUŠENJA SJEMENSKOG KUKURUZA

Mato Buzov

Sažetak:

Tijekom provedenih istraživanja u PIK-u Vinkovci, koja su se odvijala od 20. kolovoza do 20. rujna 2018. godine, ukupna količina klipa sjemenskog kukuruza za sušenje je iznosila 277 640 kg. Vlaga klipa u vrijeme berbe je bila zadovoljavajuća i kretala se od 21,5 % do 26,2 %, što znatno smanjuje vrijeme sušenja, a isto tako smanjuje i potrošnju energenta. PIK Vinkovci raspolaže sa dvije sušare komornog tipa, gdje jedna ima 5 a druga 4 komore. Svaka komora je kapaciteta 20 000 kg. Zbog smanjene proizvodnje sjemenskog kukuruza samo su se tri komore koristile u procesu sušenja tijekom navedenog razdoblja. Vrijeme sušenja jednog turnusa iznosilo je 60 h, što je ispodprosječno, a tome su pridonijeli vrlo povoljni suhi ljetni uvjeti sa vrlo malo oborina tijekom berbe. Kao energent se koristilo loživo ulje, odnosno mazut, a ukupna količina utrošenog mazuta je iznosila 12 700 kg, te se pokazalo da je sušenje ovim energentom tijekom istraživanja bilo vrlo isplativo.Taj iznos utrošenog energenta je ispodprosječan jer su tome pridonijeli suhi ljetni uvjeti. Izlazna vlaga nakon sušenja iznosila je 13 %.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Mentor: Prof. dr. sc. Vlado Guberac

Broj stranica: 41
Broj grafikona i slika: 23
Broj tablica: 5
Broj literaturnih navoda: 11
Broj priloga:
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: sjemenski kukuruz, sušenje

Datum obrane: 10. travnja 2019.

Stručno povjerenstvo za obranu:
1. Prof . dr. Sonja Vila, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Vlado Guberac, mentor
3. Prof. dr. sc. Darko Kiš, član

Rad je pohranjen: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

BASIC DOCUMETATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Graduate Studies, Plant production

OPTIMAL CONDITIONS FOR CORN SEED DRYING

Mato Buzov

Abstract

During the research conducted at PIK Vinkovci (an agricultural company) from 20th August to 20th September 2018., the total quantity of seed corn ears to be dried was 277,640 kilos with a satisfactory harvest moisture content between 21,5% and 26,2%, which greatly reduces the drying time and energy consumption. PIK Vinkovci has two chamber-type dryers, one of them consisting of 5 and the other one of 4 chambers. Each chamber capacity is 20,000 kilos. Due to reduced seed corn production only three chambers were used during the above-mentioned drying period. The drying of a single batch was 60 hours, which is better than average. This was caused by favourable dry summer conditions with very little precipitation during the harvest. The energy source was fuel oil and the total amount of the fuel oil spent was 12,700 kilos, which proved to be very cost-effective. The amount of the energy source spent is better than average due to dry summer conditions. The exit grain moisture content was 13%.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: Prof. dr. sc. Vlado Guberac

Number of pages: 41
Number of figures: 23
Number of tables: 5
Number of references: 11
Number of appendices:
Original in: Croatian

Key words: Seed corn, drying

Thesis defended on date: 10. april. 2019.

Reviewers:

1. Prof . dr. Sonja Vila, president
2. Prof. dr. sc. Vlado Guberac, mentor
3. Prof. dr. sc. Darko Kiš, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek