EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIA

J. LEPAJÕE

TERAVILJA KUIVATAMISE, SÄILITAMISE JA ÜMBERTÖÖTAMISE ALUSED

TARTU 1964

Arh.-eks. ARH

A-25686

EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIA

J. LEPAJÕE

TERAVILJA KUIVATAMISE, SÄILITAMISE JA ÜMBERTÖÖTAMISE ALUSED

TARTU 1964

Эстонская сельскохозяйственная академия
г. Тарту, пл. Ленина, 1

Я. Я. Лепайыэ

ОСНОВЫ СУШКИ, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

На эстонском языке

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
59224

ARHIIVKOGU

S i s s e j u h a t u s

Põllumajandussaaduste tehnoloogia on teadus, mis käsitleb põllumajandussaaduste säilitamist, töötlemist ja kvaliteedi parandamist.

Põllumajandussaaduste tehnoloogia tundmine võimaldab agronoomidel paremini organiseerida põllumajandussaaduste esialgset töötlemist, säilitamist ja ümbertöötamist ning sel teel vähendada töötlemisel tekkivaid kadusid, suurendada põllumajandussaaduste toodangut ja tõsta saaduste kvaliteeti. Põllumajandussaaduste tehnoloogia kui teaduse tähtsus Nõukogude Liidus kasvab iga aastaga. See on põhjustatud põllumajandussaaduste toodangu kiirest kasvust ja elanikkonna üha suurenevatest nõuetest saaduste kvaliteedi suhtes.

NLKP programmis on püstitatud ülesanne suurendada põllumajandussaaduste toodangut 1970. aastaks 2,5 korda ja 1980. aastaks 3,5 korda. Samal ajal peab süstemaatiliselt tõusma ka saaduste kvaliteet. Programm seab kolhooside ja sovhooside ette suured ülesanded. Järjest kasvava põllumajandussaaduste toodangu otstarbekohane esialgne töötlemine, säilitamine ja ümbertöötamine nõuavad majandite juhtidelt üha rohkem tehnoloogia-alaseid teoreetilisi teadmisi ja praktilisi kogemusi. Toodangu suurenedes omandab üha suurema tähtsuse iga kaoprotsent. Kui näiteks teraviljatoodang Nõukogude Liidus kasvab 10 miljardi puudani aastas, siis 1%-line kadu sellest kogusest võimaldab toita 10 aasta jooksul kogu Eesti NSV elanikkonna.

Põllumajandussaaduste tehnoloogia kiiret arengut tingib ka uute tähtsate söödakultuuride viljelemine järjest suuremate pindadel (mais, suhkrupeet, põldkaunviljad). Tehnoloogia arenemine aga omakorda tingib paljude kultuuride kasvupindade laiendamist. Näiteks kiutaimede (lina, puuvill) kas-

vatamine tingis ketrusmasinate leiutamise, viimane aga põhjustas kiutaimede kasvupindade järsu suurenemise. Sellepärast võib liialduseta ütelda, et saaduste tehnoloogia areng on ühe või teise kultuuri kasvupindade suurendamise otseseks stiimuliks. Põllumajandussaaduste tehnoloogia aluste tundmine võimaldab agronoomil kasvatada taimi nii, et nende saak kõige paremini vastaks kvaliteedi nõuetele.

Ajalooline ülevaade taimekasvatussaaduste tehnoloogia arengust Venemaal. Ürginimeste üleminekuga paiksele eluviisile kaasnes nähtavasti ka kogutud saaduste säilitamine toorelt, soolatult või kuivatatult. Selline primitiivne tehnoloogia võis olla kasutusel palju aastatuhandeid. Alles teadliku taimekasvatuse tekkimise järel hakkas arenema ka teadlik tehnoloogia.

On olemas andmeid, mis tõendavad, et Venemaa rahvad juba enne Vene riigi asutamist tundsid tolle aja kohta moodsaid põllumajandussaaduste säilitamise ja ümbertöötamise võtteid. Näiteks Volgamaal tunti juba 2000-3000 aastat e.m.a. käsiveskeid ja teravilja kuivatamise viise. III-IV sajandil müüsid slaavlased Kesk-Aasia riikidesse rohkesti linakiudu, mis tõendab, et nad pidid tundma lina esialgse töötlemise võtteid. Samal ajal tunti ka leivaküpsetamist, tangude tegemist ja kangakudumist.

Põhiliseks põllumajandussaaduseks Venemaal oli teravili. Teravilja säilitamiseks kasutati kõige vanemal ajal savipotte või maasse kaevatud auke, mis olid seestpoolt vooderdatud savi, lubja või puukoorega. III-IV sajandisse kuuluvad esimese aida jäänused. Venemaal ehitati ka maailma esimene elevaator (1794), kuid suurejoonelisem elevaatorite ehitamine algas alles pärast Oktoobrirevolutsiooni. Paljude jõgede olemasolu võimaldas teravilja jahvatada vee jõul juba VI-VII sajandil.

Jahutööstuse kiire areng Venemaal algas XIX sajandil, kui I. Krasnoperov leiutas tuulamismasina ning võeti kasutusele teravilja konditsioneerimine ja jahusõelad. Peterburi professor P. A. Afanasjev rajas veskimasinate teooria. Samal ajal ehitati Venemaal ka mitut tüüpi teraviljakuivateid.

Väljapaistvad vene loodusteadlased tegelesid ka põlluma-

jandussaaduste tehnoloogia küsimustega. Näiteks leiutas M. V. Lomonossov eeterõlide kuuma veeauru abil destilleerimise viisi, mis on põhiliseks eeterõlide saamise viisiks veel praegugi.

D. I. Mendelejevile võlgneme õpetuse produktides sisalduvast veest, mis on saaduste säilitamise ja kuivatamise teoreetiliseks aluseks. Suur keemik astus otsustavalt välja teravilja eksportimise vastu ja tõestas, et eksportida on vaja töötlemise saadusi (jahu, makarone, tärklist), mis stimuleeriks tööstuse arenemist Venemaal. Ainult arenenud tööstusega maal on võimalik saavutada jõukust. D. I. Mendelejevile kuuluvad ka põhjalikud tööd piirituse-, veini- ja juustuvalmistamise kohta, mis ei ole kaotanud oma aktuaalsust tänapäevani.

Paljude eesrindlike inimeste ideed ja leiutised jäid tsarismi tingimustes ellu rakendamata.

Põllumajandussaaduste tehnoloogia suurejooneline arenemine Venemaal muutus võimalikuks alles pärast Oktoobrirevolutsiooni. Mitmed tehnoloogiaharud muutusid juba iseseisvateks distsipliinideks, näiteks teravilja säilitamine, teravilja kuivatamine, jahvatamine jne. Nõukogude teadlastest, kes jätsid sügava jälje tehnoloogia arengusse, tuleks kõigepealt mainida I. V. Mitšurinit. Tema näitas, et taime elu on võimalik juhtida inimesele vajalikus suunas. I. V. Mitšurini õpetus on taimekasvatussaaduste säilitamise üldbioloogiliseks aluseks.

A. N. Bachi ja V. I. Palladini tööd lahendasid hingamisprotsessi olemuse ja lõid seega produktide säilitamise teadusliku aluse. A. N. Bach ja tema õpilased A. I. Oparin ja A. L. Kursanov panid aluse fermentoloogiale, mis on põhiliste tehnoloogiliste protsesside teoreetiliseks aluseks.

Põhilised ülesanded põllumajandussaaduste säilitamise ja ümbertöötamise alal. Põllumajandussaaduste tehnoloogia uurib saaduste esialgset töötlemist, saaduste säilitamist ja ümbertöötamist.

NLKP programmis on öeldud, et tuleb heaks kiita paljude majandite algatus ehitada majanditevahelisi põllumajandussaa-

duste esialgse töötlemise punkte (köögiviljade konserveerimiseks, linavarte leotamiseks jne.). Sel teel laienevad kolhooside, sovhooside ja tööstusettevõtete omavahelised sidemed ja tekivad agraar-tööstuslikud ühendused, kus põllumajandus ja põllumajandussaaduste töötlemine on tihedalt seotud. Põllumajandussaaduste esialgse töötlemise ettevõtete loomine vahetult majandites võimaldab vähendada põllumajandussaaduste kadusid ja kasutada kiiresti töötlemisel tekkivaid jääke. Põllumajandussaaduste tehnoloogia kui teaduse ülesandeks on kõige otstarbekamate esialgse töötlemise, säilitamise ja ümbertöötamise meetodite loomine, mis vähendaks kaod miinimumini ja tõstaks saaduste kvaliteedi maksimaalsele kõrgusele.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata seemnevilja kuivatamise, puhastamise ja säilitamise meetodite parandamisele. Esineb juhtumeid, et majandid rikuvad seemnevilja kuivatamisel ja säilitamisel ning selle tagajärjel saavad igal aastal suurt kahju. Sellepärast on muutunud möödapääsmatuks kaasaegsete hästi mehhaniseeritud aitkuivatite ehitamine igas majandis. On saabunud aeg konstrueerida masinate kompleks, mis võimaldaks kasutada seemnete töötlemisel kõiki otstarbekaks osutunud võtteid, kaasa arvatud ka seemnete kiiritamine ultraviolettkiirtega, ventileerimine sooja ja kuiva õhuga, rikastamine mikroelementide ja fermentidega. Suhteliselt vähe on seni uuritud kaunviljade kuivatamise, säilitamise ja puhastamise viise. Et kaunviljade kasvupinnad meil järjest suurenevad, siis need küsimused on vaja kõige kiiremini lahendada.

Kartuli, söödajuurviljade ja köögiviljade säilitamisel esinevad suhteliselt suuremad kaod kui teravilja säilitamisel. On ülesandeks ehitada kõikides majandites ajakohased juurviljahoidlad. Kuid ka kartuli ja juurviljade kõige otstarbekamad säilitusrežiimid vajavad veel teaduslikku uurimist ja täpsustamist.

Ülisuured kaod tekivad sileerimisel, kuid küllalt efektiivseid abinõusid kadude ärahoidmiseks senini veel ei tunta. On harilik nähtus, et maisi kasvatamisel võideldakse iga tsentneri saagi eest, kuid 30-50% saagi mädanemine sileeri-

misel näib paljude majandite juhtidele täiesti loomulikuna. Nähtavasti peab tulevikus põhiliseks sileerimisviisiks muutuma sünteetilise piimhappe abil sileerimine.

Põllumajandussaaduste toodangu kasvule ja kvaliteedi tõusule avaldab suurt mõju saaduste riikliku varumise organisatsioon ja rakendatavad nõuded, olenevalt mitmesuguste tootmisharude vajadustest.

I o s a

PÕLLUMAJANDUSSAADUSTE RIIKLIK VARUMINE TERAVILJA TEHNOLOOGILISED JA TARBIMISOMADUSED

I peatükk

PÕLLUMAJANDUSSAADUSTE RIIKLIKU VARUMISE ORGANISATSIOON VARUMISE SÜSTEEM

Kuni 1958. aastani eksisteeris Nõukogude Liidus mitu põllumajandussaaduste varumise süsteemi (kohustuslikud müüginormid, naturaaltasu MTJ-i poolt tehtud tööde eest, mativili jne.). Kolhooside kiire majanduslik areng võimaldas 1958. a. üle minna ühtsele varumissüsteemile - põllumajandussaaduste riiklikule kokkuostule. Alates 1961. aastast toimub põllumajandussaaduste riiklik kokkuost majanditega sõlmitud kontraheerimislepingute alusel. Kontraheerimislepingud sõlmitakse kolhooside (sovhooside) ja varumispunktide vahel 2-5 aastaks, lähtudes riiklikest kokkuostuplaanidest ja majandite arenguperspektiividest.

Kontraheerimislepingus nähakse ette, milliseid saadusi, kui palju, missuguse kvaliteediga ja millal peab majand riigile üle andma. Varumispunkt aga kohustub saadusi õigeaegselt vastu võtma ja nende eest ettenähtud korras tasu maksma.

Põllumajandussaaduste riiklik kokkuostusüsteem tagab majanditele kõikide saaduste müügi võimaluse. Samal ajal tagab ta kergetööstusele vajaliku tooraine õigeaegse saamise ja linnaelanikkonna toitlustamise.

Riikliku kokkuostu korras varutakse taimekasvatus- ja loomakasvatussaadusi. Taimekasvatussaadustest on kõige suurema tähtsusega teravili. Väiksema erikaaluga on siin kartul

köögivili, lina ja linasaadused. Taimekasvatussaaduste varumist organiseerib Eesti NSV-s Põllumajandussaaduste Tootmise ja Varumise Ministeerium. Varumine toimub vastavalt ENSV Ministrite Nõukogu poolt kinnitatud plaanidele. Taimekasvatussaadusi ostetakse majanditelt varumispunktides. Teravilja varumispunktid on varustatud peale teraviljahoidlate veel teraviljakuivatite ja puhastusmasinatega, mis võimaldab vajaduse korral vastu võtta ka madalama kvaliteediga teravilja. Teravilja varumispunktides puhastatakse, kuivatatakse ja sorteeritakse teravilja, kuni ta vastab külvamiseks või jahvatamiseks vajalikule konditsioonile. Teravilja varumissüsteemi kuuluvad ka jahu-, tangu- ja jõusöödatehased, kus toimub teravilja ümbertöötamine.

Kartuleid ja köögivilja võivad majandid otseselt müüa kauplustesse või vabrikutesse, kus neid saadusi töödeldakse. See moodus tihendab sidemeid saaduste tootmise koha ja ümbertöötamise või müügiorganisatsioonide vahel. Kartuli ja köögivilja müümisel arvestatakse ka müümise aega. Varase kartuli ja köögivilja eest maksab riik kõrgemat hinda kui hilise eest. Tööstuskartuli müümisel arvestatakse hinnalisa ka ettenähtust kõrgema tärklisesisalduse eest.

Teravilja riiklikul varumisel kehtivad kvaliteedinõuded

Nõukogude Liit toodab maailmas kõige rohkem teravilja. Eriti kuulus on Nõukogude Liidu nisu, mis oma tehnoloogiliste omaduste poolest ületab USA, Austraalia jt. riikide vastava toodangu. Nii Nõukogude riik kui ka majandid on huvitatud teravilja kvaliteedi süstemaatilisest tõusust. Teravilja kvaliteedi normeerimiseks ja kvaliteedi edasise tõusu stimuleerimiseks on kehtestatud riiklikud normid. Teravilja riiklikul varumisel rakendatakse põhi- ja piirkonditsioone.

Põhikonditsioon. Iga teraviljaliigi kvaliteet peab riigile müümisel vastama teatud nõuetele, mida nimetatakse baasiliseks ehk põhikonditsiooniks. Iga klimaatilise tsooni kohta kehtestatakse eraldi põhikonditsioonid niiskuse suh-

tes, kuid teravilja puhtuse suhtes on põhikonditsioonid kõikides NSV Liidu tsoonides võrdsed.

Kui müüdav teravili vastab põhikonditsioonile, siis makstakse tema eest majandile täieliku hinna alusel ega tehta kaalulisi mahaarvestusi.

T a b e l 1

Teravilja põhikonditsioonid Eesti NSV-s

Kultuur	Mahukaal (g/l)	Niiskus (%)	Praht (%)	Teralisandid (%)
Suvinisu	735	14	1	2
Talinisu	735	14	1	1
Talirukis	685	14	1	1
Söödaoder	575	14	2	2
Kaer	465	14	1	2
Tatar	-	14	1	1

Piirkonditsioon. Kõikidel majanditel ei ole võimalik müüa põhikonditsioonile vastavat teravilja. Riik tuleb nendele majanditele vastuja ostab ka madalamakvaliteedilist teravilja, mis vastab minimaalsetele nõuetele, nn. piirkonditsioonile. Eesti NSV-s on teravilja niiskuse piirkonditsiooniks 19% ja teralisandite piirkonditsiooniks 15%. Prahi ülemmääraks on tatral 8%, teistes teraviljades 5%. Erandjuhtudel ostab riik ka piirkonditsioonist madalama kvaliteediga teravilja, kui selleks on korralduse andnud vabariigi Ministrite Nõukogu.

Kui riigile müüdav teravili ei vasta põhikonditsioonile, siis tehakse kaaluline ja rahaline mahaarvestus. Näiteks iga protsendi ülenormilise niiskuse ja prahi eest arvestatakse teravilja kaalust maha 1%. Ülenormilise teralisandite sisalduse, kahjulike lisandite sisalduse või alanormilise mahukaalu puhul alandatakse vastavalt teravilja hinda. Põhikonditsioonist kõrgema kvaliteedi puhul tehakse rahaline juurdehindlus ja suurendatakse teravilja arvestuslikku kaalu.

Teiste taimekasvatussaaduste varumisel on aluseks riik-

likud üleliidulised standardid, vabariiklikud tehnilised tingimused või ajutised tehnilised tingimused.

T a i m e k a s v a t u s s a a d u s t e s t a n d a r d i d j a t e h n i l i s e d t i n g i m u s e d

Nõukogude Liidus on taimekasvatussaaduste kvaliteet piiratud mitmesuguste normidega, mis kujutavad endast riiklikke dokumente. Näiteks ühe või teise teravilja standard on dokument, kus on näidatud selle teravilja klassifikatsioon kvaliteedi järgi, tehnilised nõuded teraviljale, keskmiste proovide koostamise reeglid ja kvaliteedi hindamise meetodid. Standardil on seaduse jõud ja ta kehtib kogu Nõukogude Liidu territooriumil.

Toiduteravilja suhtes rakendatakse varumis- ja realiseerimisstandardeid. Teravilja varumisel on kehtivad varumisstandardid. Näiteks toidunisu varumisstandard jagab varutava nisu tüüpidesse ja alatüüpidesse. Iga alatüüp jagatakse põhikonditsioonile vastavaks või mittevastavaks nisuks. Järgnevalt kehtestab standard tehnilised tingimused nisu niiskuse- ja lisandite sisalduse suhtes - piirkonditsiooni. Vastavalt niiskusesisaldusele jagatakse nisu standardi alusel veel 4 gruppi: kuiv, keskmise kuivusega, niiske või märg nisu.

Toidunisu jaotusstandard normeerib jahuveskitele üleantava või vahetuskorras, näiteks linade vastukaubana realiseeritava nisu kvaliteeti. Standard annab toidunisu tüüpide ja alatüüpide klassifikatsiooni, kuid puhtuse suhtes rakendatavad normid on siin tunduvalt kõrgemad. Jaotusstandard jagab toidunisu mahukaalu, puhtuse ja seemnete jämeduse järgi viide klassi. Esimesse klassi kuulub toidunisu, mille mahukaal on vähemalt 785 g/l, prahisisaldus kuni 1%, kahjulike lisandite sisaldus kuni 0,7%, niiskus kuni 15,5% ja peente seemnete (läbivad sõela 1,75 x 20 mm) sisaldus kuni 5%. Viiendasse klassi kuuluva toidunisu niiskus on lubatud kuni 16%, prahisisaldus kuni 4% ja teralisandite sisaldus kuni 7%. Teravilja kvaliteedi tõstmine jaotusstandardi tasemeni toimub juba riigi kulul elevaatorites või vastuvõtupunktides

summade arvel, mis laekusid nn. refaktsioonide alusel põhikonditsioonidest madalama kvaliteediga vilja vastuvõtmisel.

Eri standardid on kehtivad sordiseemnete kohta. Sordiseemne standardid näevad ette nõuded seemnete idanevuse, sordipuhtuse jt. tunnuste suhtes.

Standardite rakendamine võimaldab süstemaatiliselt parandada taimekasvatus- ja tööstussaaduste kvaliteeti ning korraldada riigi ja majandite vahelist kaubandust. Riiklikke standardeid kontrollitakse perioodiliselt ja tehakse neis parandusi vastavalt uutele nõuetele ja taimekasvatuse arengule.

Seoses liiduvabariikide õiguste suurenemisega on kehtestatud vabariiklikud tehnilised tingimused näiteks köögiviljade jt. taimekasvatussaaduste kohta. Vabariiklikel tehnilistel tingimustel on seaduse jõud ainult neid kehtestanud vabariigi territooriumil, muus suhtes nad üleliidulistest riiklikest standarditest põhimõtteliselt ei erine.

II peatükk

TERAVILJA FÜÜSIKALISED OMADUSED

Põllumajandussaaduste tehnoloogias mõistame teravilja nimetuse all suuremat teraviljateriste kogust. Kõneldes näiteks rukki kuivatamisest mõistame selle all rukkiteriste kuivatamist. Kui põhikultuuri teriseid on kaalutises alla 85%, siis on tegemist seguga.

Teravilja esialgse töötlemise (kuivatamise, puhastamise), säilitamise ja ümbertöötamise tulemused olenevad suurel määral teravilja füüsikalistest, keemilistest ja bioloogilistest omadustest, mis on õige muutlikud ja sõltuvad teravilja koristamise ning säilitamise tingimustest.

Teravilja füüsikaliste omaduste all mõistame terade neelamisvõimet, voolavust, isesorteerumist, tihedust, termilisi omadusi. Füüsikalised omadused on väga varieeruvad, olenedes teravilja koristamise ja säilitamise tingimustest. Näiteks Nõukogude Liidu lõunarajoonides saadakse kombainiga koristamisel suhteliselt puhas, kuiv ja kõrgekvaliteediline vili, mis paljudel juhtudel vastab varumiskonditsioonidele.

Ebasoodsama ilmastikuga põhjapoolsetes rajoonides aga sisaldab teravili palju rohkem niiskust ja lisandeid ning vajab kiiresti kuivatamist ja puhastamist. Niiskuse- ja lisandite sisaldusest olenevad mitmed füüsikalised omadused, näiteks hügroskoopsus, termilised omadused, voolavus jne. Tuleb pöörata tähelepanu sellele, et teravili koosneb väga suurest hulgast seemnetest. Kui võtta ühe teraviljaseemne kaaluks 33 mg, siis koosneks 1 tonn teravilja 30 miljonist seemnest. Teraviljakogus on väga ebaühtlane, sest ta koosneb väga erineva suurusega seemnetest; siin leidub peale põhikultuuri normaalsete seemnete veel kõluseemneid, vigastatud seemneid, teiste kultuurtaimede ja umbrohtude seemneid ning mitmesuguseid muid lisandeid. Et teraviljakogus koosneb suurest hulgast seemnetest ja veel muudest komponentidest, erinevad teraviljakoguse füüsikalised omadused seetõttu tunduvalt üksiku seemne füüsikalistest omadustest.

T e r a v i l j a n e e l a m i s v õ i m e

Normaalselt on iga teraviljaseeme ümbritsetud õhuga ja kontakt teiste seemnetega leiab aset ainult üksikute seemne välispinna punktide kaudu. Seega tuleks teravilja füüsikaliste omaduste käsitlemisel vaadelda kõige enne suhteid seemnete ja neid ümbritseva õhu vahel.

Iga seeme on kindel keha. Kõigil kindlatel kehadel on pinnal teatud hulk vaba pinnaenergiat, mille tõttu nad võivad siduda ümbritsevast keskkonnast gaasilisi aineid. Seda nähtust nimetatakse neeldumiseks e. sorptsiooniks. Mida suurem on seemnete pind, seda suurem on nende neelamisvõime. Seega väiksed seemned, millel on oma massi kohta suhteliselt suurem pindala, on suurema neelamisvõimega kui suured seemned. Teraviljaseemnete pindala ühe tonni kohta moodustab umbes 2200 m^2. Eriti tähtis on asjaolu, et seeme kujutab endast kapillaarpoorset keha, mille kapillaarid ja pooorid on ühenduses seemne välispinnaga. Seetõttu on neelamisvõime ka seemne sisepinnal, mis on välispinnast palju kordi suurem. Professor I. A. Trisvjatski arvestuse järgi on ühe rukkitera kapillaaride ja pooride sisemine pindala 16 sm^2 ja

seega ühe tonni rukkiterade sisemine aktiivne pindala umbes 6,4 ha. Sellise suure aktiivse sisepinnaga ongi seletatav teravilja suur neelamisvõime.

Sorptsiooniprotsessil on järgmised seaduspärasused:

1. Gaasi sorptsiooni intensiivsus kindla keha pinnal on võrdeline gaasi kontsentratsiooniga. Mida kõrgem on gaasi kontsentratsioon, seda rohkem gaasi sorbeeritakse. Sorptsioon kestab, kuni pinnal esinevad jõud on tasakaalustatud. Gaasi kontsentratsiooni vähenemise järel sorbaat eraldub sorbendist - toimub desorptsioon.

2. Sorptsioon on eksotermiline protsess, desorptsioon aga endotermiline protsess. See iseärasus tuleb selgesti nähtavale teravilja niiskumisel ja kuivatamisel.

Üldiselt teravilja kui sorbendi omadused on vähe uuritud. Näiteks senini pole head meetodit teraviljast ebameeldivate lõhnade eraldamiseks.

Teravilja neelamisvõimet veeauru suhtes nimetatakse hügroskoopsuseks. Teravilja hügroskoopsusel on säilitamise seisukohalt väga suur tähtsus. Nagu näeme tabelist 2, on teravili väga hügroskoopne.

T a b e l 2

Teravilja veeneelamise võime
(V. S. Šmalko andmetel)

Teravilja liik	Maksimaalne seemnete niiskuse protsent vee neelamisel	
	niiskest õhust	veest
Nisu	34,6	40,8
Rukis	32,2	39,9
Oder	33,0	40,2
Kaer	30,1	40,2
Mais	29,8	39,7

Veeauru neelamine seemnete poolt on põhjustatud seemnetes leiduvatest hüdrofiilsetest ühenditest. Viimased on ebasümmeetrilise ehitusega, sisaldades suure veesidumisvõimega hüdroksüül-, aldehüüd-, karboksüül-, amiin- või sulf-

hüdrüülgruppe. Kõige rohkem hüdrofiilseid ühendeid leidub seemnete idudes, vähem endospermis.

Tasakaaluline niiskus. Kui kuivi seemneid säilitada pikemat aega niiskes õhus, siis seemned neelavad veeauru ja nende niiskus tõuseb järjekindlalt. Lõpuks saabub moment, kus veeauru neeldumine soikub. Sel juhul on seemned saavutanud tasakaalulise niiskuse. Edasine niiskuse neeldumine võib toimuda siis, kui suurendada veeauru kontsentratsiooni õhus või alandada temperatuuri. Seega igasugusele õhuniiskusele ja temperatuurile vastab iga kultuuri juures kindel niiskusesisaldus.

T a b e l 3

Teravilja tasakaaluline niiskus (leitud kuivatamise teel)

Teraviljaliik	Temperatuur (kraadi)	Tasakaalus niiskuse protsent, kui õhu relatiivne niiskus on							
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Nisu	20	7,8	9,2	10,7	11,8	13,1	14,3	16,0	19,9
Rukis	20	8,3	9,5	10,9	12,2	13,5	15,2	17,4	20,8
Oder	20	8,3	9,5	10,9	12,0	13,4	15,2	17,5	20,5
Kaer	20	6,7	8,2	9,4	10,7	12,0	14,4	16,8	19,9
Mais	20	8,2	9,4	10,7	11,9	13,2	14,9	16,9	19,2
Nisu	0	8,7	10,1	11,2	12,3	13,5	15,0	16,7	21,2
Rukis	0	8,9	10,4	11,6	12,7	13,9	15,7	18,3	21,9
Oder	0	9,2	10,6	12,1	13,1	14,4	16,4	18,3	21,1
Kaer	0	9,4	9,1	10,5	11,8	12,9	15,2	17,9	20,7
Mais	0	9,4	10,5	11,6	12,7	13,8	15,6	17,6	20,1

Tabelis 3 toodud andmetest võime järeldada:

1. Temperatuuri langemisel seemnete tasakaaluline niiskus suureneb. Suurenemine on tingitud nähtavasti sellest, et kuivaine ja vee vahel valitsevad tungid olenevad temperatuurist.

2. Mida kõrgem on õhu relatiivne niiskus, seda kõrgem on ka seemnete tasakaaluline niiskus.

3. Seemnete tasakaaluline niiskus on eri kultuuridel erinev, sõltudes seemnete ehitusest ja keemilisest koostisest.

Seemnete tasakaalulist niiskust võib kindlaks teha kuivade seemnete või niiskusega küllastunud seemnete hoidmise teel pikema aja kestel kindla veeauru kontsentratsiooniga õhus. Esimesel juhul seemned niiskuvad, teisel juhul kuivavad tasakaalulise niiskuseni. On tähele pandud, et erinevaid meetodeid kasutades saadakse erinevad tasakaalulised niiskused. Seda nähtust nimetatakse sorptsiooni hüstereesiks. Praktilist rakendamist sorptsiooni hüsterees ei ole seni leidnud.

Õlikultuuride rasvarikkad seemned on vähem hügroskoopsed kui teraviljaseemned. Näiteks on linaseemnete tasakaaluline niiskus 17-20°-ses temperatuuris, olenevalt õhu suhtelise niiskuse protsendist:

40-5,1%
60-6,8%
90-12,1%

Teades säilitustingimusi võime ette ütelda, millise niiskuse omandavad seemned seal pikemaaegsel säilitamisel.

T e r a v i l j a v o o l a v u s

Teraviljaseemnete vahel valitsevad molekulaarsed tungid, mida nimetatakse kohesiooniks. Kuiva teravilja puhul on seemneid ühendavad jõud võrdlemisi väiksed, sellepärast valgub terahunnik kergesti laiali. Seega seemnetel on voolavus nagu vedelikelgi, kuigi vähemal määral.

Kui puistata seemneid ühtlase joana horisontaalsele pinnale, siis tekib koonusekujuline hunnik (puiste). Ühe või teise teravilja voolavust iseloomustab puiste loomulik kalle, s. o. nurk horisontaaltasapinna ja koonuse moodustaja (koonuse längus külje) vahel.

Kui puiste alust kallutada, nii et puistes olevad terad täielikult aluselt ära veerevad või libisevad, siis tekib teravilja voolamine. Minimaalset nurka puiste aluse ja horisontaaltasapinna vahel, mis tingib kogu teraviljakoguse äravoolamist, nimetatakse isevoolunurgaks.

Vaatlused näitavad, et nii puiste loomulik kalle kui ka isevoolunurk olenevad teravilja liigist, niiskusest, seemnete välispinna siledusest ja puiste aluse iseloomust. Tera-

vilja puiste loomulik kaldenurk ja isevoolunurk on toodud tabelis 4.

Tabel 4

Teraviljaliikide puiste loomulik kaldenurk ja isevoolunurk 13–14% niiskuse juures (V. S. Šmalko järgi)

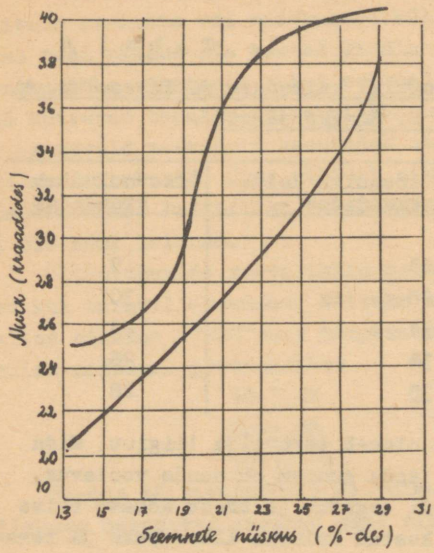
Teravilja liik	Puiste loomulik kaldenurk kraadides	Isevoolunurk kraadides
Hernes "Kapital" (võrdluseks)	13	9
Kaer "Võit"	28	30
Oder "Viner"	31	23
Nisu "Odesskaja 3"	34	26
Nisu "Melanopus 69"	35	28

Puiste loomulik kalle oleneb teravilja liigist. Mida ümarama kujuga on seemned, seda suurem on nende voolavus. Kui teravilja on palju kordi segatud ja ühest kohast teise paigutatud, siis seemnete kestad kuluvad libedamaks ja teravili omandab suurema voolavuse. Eriti libedaks võib kuluda kaer ja võib selle tõttu avaldada väga suurt survet salveseinale. Seepärast paigutati juba möödunud sajanditel kaer kõige tugevamate seintega aitadesse.

Mida suurem on teravilja niiskusesisaldus, seda väiksem on tema voolavus. Teravilja isevoolunurk suureneb paralleelselt niiskusesisalduse suurenemisega, kuid puiste loomulik kalle muutub kõige rohkem teravilja niiskuse muutudes 17–23% piires (joonis 1).

Teravilja voolavusel on praktikas suur tähtsus. Voolamisvõime tõttu saab teravilja mööda kaldtorusid ühest kohast teise paigutada ja kotti panna või kotist välja puistata.

Teravilja voolavus oleneb suurel määral tema lisanditesisaldusest. Lisandid, eriti suuremad orgaanilised lisandid (kõrretükid, aganad), vähendavad järsult teravilja voolavust ja võivad ummistusi esile kutsuda. Sellepärast tuleb teravili enne kuivatamist või elevaatorisse paigutamist tingimata puhastada.



Joonis 1.
Niiskuse mõju nisu puiste loomuliku kalde ja isevoolunurga muutumisele.

T e r a v i l j a i s e s o r t e e r u m i n e

Teravilja segamisel või ühest kohast teise paigutamisel ilmneb isesorteerumise nähtus. Isesorteerumine on teraviljakoguse üksikute komponentide selline ümberpaiknemine, mis muudab ühtlase teraviljakoguse ebaühtlaseks. Kui puistata teatud kõrgusest teravilja mingile alusele, siis kergemad terad ja lisandid langevad aeglasemalt ja kogunevad puiste välisossa, raskemad ja tuumakamad terad aga puiste keskossa. Elevaatori silode tühjendamisel väljuvad alguses tuumakamad terad, hiljem kõluterad ja kerged lisandid. Isesorteerumine on tingitud teravilja üksikute fraktsioonide erinevatest aerodünaamilistest omadustest ja erinevast voolavusest.

Isesorteerumine võib tekitada teravilja säilitamisel palju meelehärmi, sest selle tõttu võivad näiteks suhteliselt niiskemad umbrohuseemned koguneda teatud kohtadesse ja

tekitada isekuumenemist. Isesorteerumise pärast tuleb võtta teraviljapartii kvaliteedi iseloomustamiseks suur arv proovivõetisi.

Teravilja isesorteerumise nähtuse mõju saab vähendada, kui pekstud teravili kohe puhastatakse ja kuivatatakse. Elevaatorites aga kasutatakse silode täitmisel tiivikukujulisi seadmeid, mis jaotavad teravilja ühtlaselt ja vähendavad isesorteerumise mõju.

Teravilja isesorteerumist kasutatakse mitmete puhastus- ja sorteerimismasinate konstruktsioonis (sorteerimislaud, tigutriöör, kangasmasin jt.). Ka mitmesuguste terapuhurite ja teraviskurite sorteeriv võime põhineb isesorteerumisel.

T e r a v i l j a m a h u k a a l j a p u i s t e t i h e d u s

Mahukaal. Teravilja mahukaal näitab ühe liitri teravilja kaalu grammides. Ümaratel, sileda kesta ja tiheda endospermiga seemnetel on mahukaal suurem kui ebakorrapärase kujuga, kareda kesta ja koreda sisuga seemnetel. Teravilja mahukaal oleneb kultuurist, sordist, valmimise ja muudest tingimustest.

Mahukaal iseloomustab teravilja kvaliteeti. Kõlujad, niisked või lisanditerikkad seemned on väiksema mahukaaluga kui hästi täiskasvanud, puhtad ja kuivad seemned. Niiskuse suurenedes suureneb seemnete hõõrdumine ja väheneb erikaal, sest seemne kuivaine erikaal on 1,3-1,4, vee erikaal aga 1,0. Seetõttu on niiskete seemnete mahukaal väiksem kui kuivadel. Teravilja niiskuse suurenemine 17-23% piirides avaldab kõige suuremat mõju mahukaalu muutumisele, sest samas vahemikus väheneb kõige kiiremini voolavus.

Puiste tihedus. Teraviljapuiste tihedus näitab, kui suur osa teraviljakoguse ruumalast on täidetud seemnetega. Teades teravilja mahukaalu ja erikaalu, on võimalik väljendada puiste tihedust protsentides.

$$t = \frac{v}{10\,d}$$

t - teraviljapuiste tihedus (%);
v - mahukaal (g/l);
d - erikaal.

Teravilja erikaal. Erikaalu määramiseks mõõdetakse väikse teraviljakoguse ruumala mõnes teravilja mittemärgavas vedelikus (ksülool, toluool). Erikaalu leidmiseks jagame teraviljakoguse kaalu tema ruumalale.

T a b e l 5

Seemnete erikaal (N. A. Maissurjani järgi)

Pehme suvinisu	1,366	Kaer	1,130
Kõva suvinisu	1,383	Hernes	1,370
Rukis	1,260	Vikk	1,374
Oder	1,230		

Poorsus. Teravilja poorsus iseloomustab teraviljakoguses esineva seemnetevahelise ruumi suurust. Kui poorsust ja tihedust väljendada protsentides, siis nende summa võrdub sajaga.

T a b e l 6

Teravilja poorsus (V. N. Dobrohhotovi järgi)

Kaer	50-70%	Mais	35-55%
Tatar	50-60%	Rukis	35-45%
Oder	45-55%	Nisu	35-45%

Teravilja tihedus või poorsus lubab meil otsustada seemnete aeratsiooni üle säilitamise ajal.

T e r a v i l j a t e r m i l i s e d o m a d u s e d

Teravilja kuivatamisel, säilitamisel ja ümbertöötamisel on oluliseks teguriks soojus. Teravilja soojust iseloomustab tema temperatuur, viimase muutumine on põhjustatud kas välistest või sisemistest teguritest. Väljastpoolt avaldab teraviljale mõju teraviljakogust ümbritseva õhu temperatuur, seestpoolt aga seemnetes toimuvad bioloogilised protsessid. Säilitamiseks hästi ettevalmistatud teravilja (kuivatatud, puhastatud ja desinsekteeritud) temperatuur oleneb peamiselt välisõhu temperatuurist, kuna niiske teravilja temperatuur oleneb rohkem bioloogilistest protsessidest.

Tabel 7

Teravilja temperatuur elevaatori silos
(E. A. Agronomovi järgi)

Kuud	Kuu keskmine õhutemperatuur			
	silopealses ruumis	teravilja ülemises kihis	1,5 m sügavusel	3 m sügavusel
November	3	6	9	8
Detsember	-6	1	7	7
Jaanuar	-9	-2	4	5
Veebruar	-13	-4	1	2
Märts	-4	-2	0	1
Aprill	4	-2	0,5	0,5
Mai	21	14	3	2
Juuni	27	17	10	6
Juuli	27	23	19	10
August	23	22	19	14

Tabelis toodud andmed tõendavad, et teravilja temperatuur kopeerib välisõhu temperatuuri, kuid temperatuuri muutused hilinevad ja pole nii suured.

Soojusmahtuvus. Teravilja keskmine soojusmahtuvus koosneb teraviljas sisalduva vee ja teravilja kuivaine soojusmahtuvusest. Teravilja kuivaine soojusmahtuvus on jääv - 0,37 cal/g, vee soojusmahtuvus 1,0 cal/g.

Oletame, et seemned sisaldavad 13% vett. Sel juhul 100 g seemnete soojendamiseks 1° võrra kulub soojust: 13 x x 1 + 87 x 0,37 = 45,19 cal. Teravilja erisoojus on sel juhul 45,19:100 = 0,4519 cal/g.

Teravilja erisoojust on võimalik arvutada valemi järgi.

$$C_1 = 0{,}01 \left[W + (100 - W) C_{kuiv} \right] \text{ cal/g}$$

kus

C_1 - teravilja erisoojus,

W - teravilja niiskus,

C_{kuiv} - teravilja kuivaine soojusmahtuvus.

Teravilja erisoojust on võimalik katseliselt kalorimeetri abil kindlaks teha.

Mida suurem on teravilja niiskus, seda suurem on tema erisoojus. Seepärast on niiskes teraviljas rohkem soojust kui kuivas. Suhteliselt suur soojusmahtuvus takistab sügisel teravilja jahutamist ja mõjub seega negatiivselt. Kevadel on aga suurem soojusmahtuvus kasuks, sest ta hoiab ära teravilja kiire soojenemise. Teravilja kuivatamisel kulub kõrgema niiskusesisaldusega teravilja temperatuuri tõstmiseks vajalikule kõrgusele tunduvalt rohkem soojust (ja ka kütet) kui madalama niiskusesisaldusega teravilja puhul.

Üldiselt on teravilja suurendatud soojusmahtuvus negatiivseks nähtuseks ja seetõttu on vaja seda kuivatamise teel vähendada.

Soojusjuhtivus. Soojusjuhtivus on teravilja võime soojust edasi anda, kusjuures peetakse silmas soojuse üleandmist kontakti teel.

Kujutleme teraviljaga täidetud salve, mille kõrgus on 1 ja põhjapindala S, teravilja temperatuur salve ülemises kihis on T_1 ja alumises kihis T_2. Soojushulk Q, mis ajaühiku t jooksul läbib salves leiduva teraviljakoguse, on võrdne:

$$Q = \lambda \frac{T_1 - T_2}{1} \text{ St cal/sm sec kraad}$$

λ -erisoojusjuhtivuse koefitsient, mis oleneb ainest (õhul - 0,0217, teraviljal - 0,1, puidul - 0,04, veel - 0,510, vasel - 260-340).

Valemist järgneb, et suurema temperatuuride vahe puhul on teravilja soojusjuhtivus suurem. Soojusjuhtivus on võrdeline teraviljakihi paksuse ja põhjapindalaga. Järelikult, kui soovime teravilja kiiresti jahutada (näiteks sügisel), siis peame vähendama puiste paksust ja suurendama põhjapindala. Kevadel, kui on otstarbekas säilitada võimalikult pikemat aega madalat talvist temperatuuri, tuleks suurendada puiste paksust.

Teravilja kuivatamisel on tema suhteliselt madal soojusjuhtivus ebasoovitavaks nähtuseks, sest teravili ei soojene selle tõttu ühtlaselt. Näiteks plekk-kuivatites võib

plekilähedane teraviljakiht liigselt kuumeneda ja selle tagajärjel idanevuse kaotada, samal ajal aga soojenevad kaugemad kihid vähe ega kuiva nimetamisväärselt. Ebaühtlase kuivamise vältimiseks tuleb teravilja sageli segada.

Kõrgema niiskusesisalduse puhul on teraviljal ka kõrgem soojusjuhtivus, sest vee soojusjuhtivus on tunduvalt suurem kui seemnete kuivainel. Suurema soojusjuhtivuse tõttu võib niiske teravili talvel külma tõttu kannatada, kuivatamisel võib ta aga kergesti idanevuse kaotada, kui kuivatustemperatuur ületab lubatud piiri.

Niiskuse termodifusioon. A. V. Lõkov ja L. A. Trisvjatski avastasid niiskuse termodifusiooni seaduse. Selle seaduse järgi levib niiskus nagu soojuski kõrgema temperatuuriga piirkonnast madalama temperatuuriga piirkonda. Selle seaduse olemus on veel lõplikult selgitamata. Arvatakse, et siin on tegemist molekulaarse liikumisega.

Niiskuse termodifusiooni seadusel on teravilja säilitamise praktikas ülisuur tähtsus. Suuremas teraviljakoguses esineb alati mitmesuguse temperatuuriga kihte ja seetõttu on siin alati võimalik niiskuse kondensatsioon madalama temperatuuriga kihtides, mis võib isekuumenemise esile kutsuda. Erinev niiskus teraviljakoguse üksikutes osades raskendab ka teravilja kuivatamist.

Teravilja säilitamisel on vaja hoiduda temperatuurivahede tekkimisest üksikutes kihtides, teravilja kuivatamisel tuleb aga tehnoloogilist protsessi juhtida nii, et termodifusioon ei segaks, vaid soodustaks kuivamist.

III peatükk

TERAVILJA KEEMILINE KOOSTIS

Teravilja tehnoloogilised ja tarbimisomadused olenevad suurel määral tema keemilisest koostisest. Ka teravilja säilivus ja esialgse töötlemise tulemused sõltuvad teravilja keemilisest koostisest. Teravilja keemiline koostis ei ole konstantne, vaid oleneb paljudest tingimustest. Seetõttu peame silmas pidama paljude analüüside keskmisi andmeid, mis

on esitatud tabelis 8.

Tabel 8

Teravilja seemnete keemiline koostis (% terade kaalust) I. S. Popovi, M. F. Tomme jt. järgi

Teravilja liigid	Vesi	Valk-ained	Lämmastikuta ekstrakt-ained	Rasvad	Kiud-ained	Mineraal-ained
Rukis	14,9	10,4	68,4	2,0	2,4	1,9
Nisu	14,1	12,8	67,4	1,9	2,2	1,6
Oder	13,8	10,8	65,6	2,2	4,8	2,8
Kaer	13,7	10,2	58,2	4,7	9,8	3,4
Tatar	12,1	10,8	62,2	2,5	10,3	2,1
Mais	12,5	10,6	69,2	4,3	2,0	1,4

Lämmastikkusisaldavad ained

Seemnetes leiduvad lämmastikkusisaldavad ühendid on valgulise või mittevalgulise struktuuriga.

Valgud. Valgud on hiigelsuure molekulkaaluga ja keerulise ehitusega ühendid, mis koosnevad suurest hulgast amiinohapetest. Ehituselt jagunevad valgud liht- ja liitvalkudeks.

Lihtvalgud ehk proteiinid esinevad teraviljaseemnetes

1) albumiinina - lahustub vees ja sadestub soolade mõjul;
2) globuliinina - vees lahustumatu, lahustub 10%-lises NaCl-lahuses;
3) prolamiinina (nisus nimetatakse gliadiiniks) - vees ja soolade lahustes ei lahustu, küll aga lahustub piirituses;
4) gluteliinina (nisus nimetatakse gluteniiniks) - lahustub ainult leelistes.

Liitvalgud ehk proteiidid jagunevad:

1) lipoproteiidid - valgu ühendid rasvaga või rasvalähedaste ainetega;

2) glükoproteiidid - valgu ühendid nukleiinhapetega.

T. Osborne'i järgi esineb nisus 11,42%-lise valgusisalduse korral 4% prolamiini, 4,4% gluteliini, 0,62% globuliini ja 2,4% albumiini. Seega esineb üldisest valgusisaldusest 73,5% vees lahustumatute ühenditena - teraliimina. Vees lahustuvad valgud esinevad peamiselt idus.

Valgud võivad siduda suure hulga vett, nad on hüdrofiilsed. Vees valgud punduvad ja moodustavad geele. Hüdrateeritud valkude kuivatamine toatemperatuuril ei tekita neile vigastusi ja nad säilitavad kõik omadused. Hüdrateeritud valkude kuivatamine kõrgemas temperatuuris (üle 40°) kutsub esile valkude osalise lagunemise (denaturatsiooni), mille tõttu nad kaotavad paisumisvõime ega võimalda toota head jahu. Leiva küpsetamisel on denaturatsioon kasulik nähtus, sest ta soodustab valgu seeduvuse tõusu.

Valgud on seemnetes tähtsaks varuaineks, nende muundumisprotsessides vabaneb seemne eluks vajalikku energiat. Seemne idanemisel hüdrolüüsuvad valgud lihtsamateks, kasvavale idule omastatavateks ühenditeks.

Nisus leiduv teraliim on gluteliini ja gliadiini geel, mis sisaldab umbes 66% vett. Vähesel määral leidub teraliimis ka rasva, suhkrut, tärklist, kiudainet. Teraliim takistab gaaside lendumist ja sellega võimaldab taigna kerkimist käärimisel. Küpsetusomadused olenevad teraliimisisaldusest ja tema kvaliteedist.

Teraliimi kvaliteet ja hulk nisus oleneb looduslikest teguritest (kasvutingimused, sort) ja teraliimi eraldamise viisist. Putukkahjurid, külmumine ja ülekuumenemine vähendavad teraliimi hulka ja kvaliteeti. Kõige rohkem teraliimi leidub nisus, teistes teraviljades on teda suhteliselt vähe.

Mittevalgulised lämmastikuühendid teraviljas on amiidid ja üksikud lihtsamad amiinohapped. Nende hulk ei ületa harilikult 2-3%. Amiidid on valkude sünteesil algmaterjaliks.

S ü s i v e s i k u d

Süsivesikud on seemnetes kõige tähtsamaks varuaineks, nende lagunemisel vabaneb seemne eluks tarvilik energia ja tekivad idu kasvuks vajalikud ühendid. Teravilja kasutamisel

inimeste toiduks või loomasöödaks täiendame peamiselt energiavarusid. Süsivesikutest esineb teraviljaseemnetes tärklis, suhkur, kiudaine ja hemitselluloos.

Tärklist esineb teraviljades 56-80%, olenevalt liigist. Tärklise omadusi käsitleme kartuli ja köögiviljade juures.

Suhkrud teraviljas võivad olla lihtsuhkrud e. monoosid või liitsuhkrud e. polüoosid. Teraviljas on kõige suurema tähtsusega lihtsuhkrud - glükoos ja fruktoos.

Disahhariididest leidub teraviljas sahharoosi, taigna käärimisel tekib tärklisest maltoos.

Suhkrud paiknevad seemnes peamiselt idus, vähemal määral endospermis.

Kiudainest (tselluloosist) koosnevad raku- ja seemnekestad. Samuti esineb rakukestades ka hemitselluloosi.

L i p o i d i d

Lipoidide hulka kuuluvad rasvad, fosfatiidid, karotinoidid, steroolid ja vaha. Rasvad esinevad seemnetes enamasti vedelal kujul rasvhapete glütseriididena. Näiteks nisu rasvas on linool-, palmitiin- ja steariinhappe glütseriide. Rasvad on enamikus koondunud idusse.

Fosfatiidid on oma koostiselt lähedased rasvadele, kuid erinevad viimastest lämmastikusisalduse poolest. Fosfatiididest esineb teraviljas letsitiini. Fosfatiide leidub teraviljas alla 1%.

Teravilja ja jahu säilitamisel võivad fosfatiidid laguneda, andes vaba fosforhappe, mis tingib saaduse happesuse tõusu ja kibeda maitse. Vaba fosforhape võib tekkida ka kestades ja idus sisalduvast fütiinist.

Teraviljas leidub ka fosfori- ja lämmastikuvabasid fütosteriine (0,03-0,07%), näiteks ergosteriin nisus. Fütosteriinist tekib vitamiin D.

F e r m e n d i d

Fermente leidub teraviljas väga väikestes kogustes, kuid sellele vaatamata on neil täita ülisuur osa teravilja säilitamisel ja ümbertöötamisel. On teada üle 400 fermendi.

Ühed neist koosnevad valgust, teised valgulisest ja mittevalgulisest osast (milleks on sageli mõni vitamiin).

Fermentide tegevus on kahesugune, olenevalt välistingimustest: ühtedes tingimustes põhjustavad fermendid hüdrolüüsi, teistes sünteesi. Arvatakse, et protoplasmas leiduvad fermendid põhjustavad sünteesi, rakumahlas leiduvad fermendid aga hüdrolüüsi. Igale fermendile on omane teatud temperatuuri ja keskkonna reaktsiooni optimum. Ühed ained stimuleerivad fermentide tegevust (hapnik), teised aga takistavad (inhibiitorid).

Fermentidest oksüdaasid reguleerivad hingamisprotsessi, proteolüütilised fermendid tekitavad valgu hüdrolüüsi või sünteesi.

Suure tähtsusega on fermentide grupp, mis reguleerib süsivesikute muundumist. Ferment amülaas hüdrolüüsib tärklist idanevas seemnes. α-amülaasi toimel tekib tärklisest dekstriin, β-amülaasi toimel aga dekstriinist suhkur (maltoos).

Ferment lipaasi toimel lagunevad rasvad vabadeks rasvhapeteks ja glütseriiniks. Selle protsessi tõttu võib jahu säilitamisel kibedaks muutuda.

V i t a m i i n i d j a p i g m e n d i d

Teraviljas leidub paljusid vitamiine. Nende sisaldust väljendatakse milligrammprotsentides (0,001%).

Teravilja idudes leidub A-vitamiini, idus ja endospermis esineb vitamiin B_1 ehk aneuriin (nisuteras 3,7-6,1 mg%) ja B_2 ehk riboflaviin (nisus 0,6-3,7 mg%) ning vitamiin B_6.

Veidi rohkem leidub teraviljas PP-vitamiini ehk nikotiinhapet (nisus 45-63 mg%) ja E-vitamiini (idudes). Ultravioletikiirte mõjul moodustub teraviljas ka D-vitamiin.

Teraviljas esinevaid pigmente on vähe uuritud. Nisuteras esinev kollane pigment kuulub karotinoidide gruppi. Teraviljas võib esineda pigmentidest karotiin, ksantofüll ja krüptoksantiin. Pigmendid annavad terale ja jahule teatud värvuse. Leivajahuks eelistatakse vähese pigmendisisaldusega hästi valget jahu, makaroni ja manna valmistamiseks aga

peetakse sobivamaks pigmendirikast kollaka tooniga jahu.

M i n e r a a l a i n e d

Teraviljas leidub mineraalaineid 1,5-3%, olenevalt kultuurist, sordist ja kasvutingimustest. Mineraalainete hulka kuuluvad kaalium, naatrium, magneesium, fosfor, väävel, räni ja mikroelementidest tsink, nikkel, mangaan, vask, boor, alumiinium, broom, jood ja koobalt. Kogu mineraalainete sisaldusest langeb umbes pool fosforile, kolmandik kaaliumile ja seitsmendik magneesiumile, ülejäänud väike osa jaguneb paljude elementide vahel. Mineraalained on koondunud peamiselt idusse ja kesta. Näiteks nisu endospermis sisaldub kuni 0,5% mineraalaineid, kestas aga 6-12 ja idus 5%.

T e r a v i l j a h a p p e s u s

Teravilja maitse happesusest ei olene, küll aga on happesus tähtsaks jahu kvaliteedi näitajaks. Teravilja ja jahu happesus on põhjustatud seemnetes leiduvatest orgaanilistest hapetest, hapudest fosfaatidest ja valkudest, mis võivad siduda aluseid. Jahus tekivad vabad happed rasva hüdrolüüsi tagajärjel, kuid esineb ka oblik-, õun- ja viinhapet väikestes kogustes. Nisujahu happesus on 2,5-6,5 kraadi piirides.

T e r a v i l j a k e e m i l i s e k o o s t i s e m u u t l i k k u s

Teravilja keemiline koostis varieerub üsna suurtes piirides, olenevalt kasvukohast, kasvuaasta ilmastikust, sordist, väetistest ja agrotehnikast. N. N. Ivanovi järgi on odra keskmine valgusisaldus Laadoga piirkonnas 11,8% ja Poltaava oblastis 22,6%; nisu valgusisaldus Moskva oblastis 12,3% ja Saraatovi oblastis 19,2%. Teraviljade valgusisaldus Euroopas tõuseb, liikudes loodest kagu suunas. Kõige madalam valgusisaldus esineb näiteks Inglismaal, kõige kõrgem aga Volgamaadel. D. N. Prjanišnikov näitas, et põuastel aastatel on teravilja valgusisaldus kõrgem, vihmastel aastatel madalam.

Suurt mõju teravilja keemilisele koostisele avaldab sort. Jõgeva sordiaretusjaamas on kahetahulise odra valgusisaldus olnud keskmiselt 11,9%, neljatahulisel aga 12,7%. Samas on suvinisu valgusisaldus olnud 14,3% ja talinisul 12,8%. Kui valgusisaldus teraviljas tõuseb, siis tärklisesisaldus harilikult väheneb.

Kasvukoha mullastik avaldab keemilisele koostisele samuti tunduvat mõju. Üldtuntud on mineraalmullal ja soomullal kasvanud teravilja ja teiste taimede keemilise koostise erinevused.

Erinevatest kasvupiirkondadest pärineva teravilja keemilise koostise iseärasuste teadmine võimaldab teravilja ümbertöötamisel paremaid saadusi valmistada.

II o s a

TERAVILJA SÄILITAMISE ALUSED

IV peatükk

BIOKEEMILISED PROTSESSID TERAVILJA SÄILITAMISEL

T e r a v i l j a k o r i s t u s j ä r g n e j ä r e l v a l m i m i n e

Teravilja koristusjärgsel järelvalmimisel on suur tähtsus säilitamise ja kasutamise seisukohast. Järelvalmimata teravili säilib halvasti ja tema jahvatus-küpsetusomadused on halvad, sest kest eraldub endospermist raskesti. Samuti on järelvalmimata teraviljal teraliim vähese elastsusega, mille tõttu leib kerkib vähe ja on väikse poorsusega.

Koristusjärgsel järelvalmimisel jätkuvad need protsessid, mis toimusid teravilja valmimisel vahetult enne koristusmomenti. Teraviljas kestab edasi varuainete süntees sel teel, et lahustuvad ained muutuvad lahustumatuteks, lihtsa ehitusega ühendid kõrgmolekulaarseteks jne. Olenevalt sordist toimub järelvalmimine kiiremini või aeglasemalt.

Teravilja ümbertöötamise seisukohalt on pikk järelvalmimisperiood ebasoovitav, sest see nõuab tooraine pikemaaegset säilitamist. Külviks kasutatavate seemnete liiga pikk või liiga lühike järelvalmimisperiood on kahjulik. Esimesel juhul ei saavuta seemned külvi momendiks küllalt kõrget idanevust ja seetõttu on oras ebaühtlane, mis võib põhjustada madala saagi. Teisel juhul võivad seemned juba koristamise ajal peades kasvama minna, kui on vihmased ilmad.

T. D. Lõssenko ja N. N. Kulešovi järgi on järelvalmimata teraviljaseemnete madal idanevus põhjustatud idule kergestiomastatavate toitainete puudumisest seemnes, mis on tingitud sellest, et seemnete kestad ei lase õhku (mõnel juhul ka vett) läbi. Seemnekestad ei ole alati õhu suhtes kindlad, vaid õhukindlus tekib teatud arengufaasis seemnes toimuvate füsioloogiliste protsesside tagajärjel. Teravilja valmimise protsessis toimub kogu aeg vee liikumine seemnete pinnale ja aurumine seemne pinnalt. Vesi sisaldab lahustunud aineid, mis vee aurumisel ladestuvad kesta ja aleuroonkihi poorides (rakkudevahelistes ruumides). Selle protsessi teatud faasis võivad tekkida geelid, mis takistavad õhu pääsu seemne sisemistesse kihtidesse. Võimalik, et tekivad ka hüdrofoobsed kolloidid, mis isoleerivad rakkude varuained õhuhapnikust ja veest. Seemnete kuivatamisel toimuvad geelides muutused, nende ruumala väheneb ja rakkudevahelised ruumid hakkavad õhku läbi laskma. V. L. Kretovitši katsed näitasid, et seemne väliste kihtide õhukindluse tõttu koguneb seemnesse hingamisel tekkiv süsihappegaas ja selle kontsentratsiooni tõus pidurdab idanemisprotsessi. Kui seemneid soojendada, siis kiireneb gaaside difusioon ja seemned läbivad kiiremini järelvalmimisperioodi. Madal temperatuur aga pikendab järelvalmimisperioodi. Ka kõrge õhuniiskus pikendab järelvalmimisperioodi, sest niiskuse aurumine geelide kuivamisel on takistatud. Seemnete järelvalmimine kiireneb, kui seemned saavad otsest päikesevalgust, sest viimane stimuleerib hapendumisprotsesse. Seega üldiselt soe, päikesepaisteline ja kuiv ilm kiirendab järelvalmimist, niiske, külm ja pilves ilm aga aeglustab. Kuid mõnel juhul on tähele pandud, et just niiske ja jaheda ilma puhul läbivad seemned kiiresti järelvalmimisperioodi. Arvatakse, et õhuhapnik lahustub vees ja tungib koos veega seemnetesse, kiirendades nende valmimist. Selle tõttu võivad seemned juba koristamise ajal peades kasvama minna.

Teraviljadel võib järelvalmimine kesta kuni pool aastat, umbrohtudel isegi mitu aastat. Eesti NSV-s kestab suviteraviljadel järelvalmimine harilikult kuni poolteist kuud, kuid jaheda ja niiske ilmastikuga sügisel tunduvalt kauem. Suvi-

nisu "Kauka" ei suutnud mõnel aastal isegi kevadkülviks täielikult järelvalmida ja oli madala idanevusega. Taliteraviljadel on järelvalmimisperiood üldiselt lühem ja selle tõttu on võimalik külviks kasutada ka külviaasta saagist saadud seemet.

Pärast järelvalmimisperioodi läbimist on seemned harilikult kõrge idanevusega, kuid nad püsivad puhkeolekus, kuni saabuvad idanemiseks soodsad tingimused.

T. D. Lõssenko soovitas järelvalmimise kiirendamiseks kasutada seemnete soojendamist ja õhustamist. Kui seemnete idanevus kevadtalvel (veebruaris) ei ole veel saavutanud normaalset taset ja seeme on normaalse eluvõimega, siis annab seemnete soojendamine ja õhustamine enamasti häid tulemusi. ENSV tingimustes tuleks seemneid soojendada kuivatites 25-30° juures 2-3 päeva ja sagedasti segada. Soojendada võib seemnevilja ka kottides, asetades need kuivati plekkidele.

S e e m n e t e h i n g a m i n e

Puhkeolekus viibivate seemnete bioloogiliseks ülesandeks on säilitada varuaineid võimalikult väikeste muudatuste ja kadudega idanemise momendini. Puhkeolekus seemned peavad püsima elus. Eluks vajalike protsesside jaoks on vaja energiat, mida seemnel on võimalik võtta ainult temasse talletatud materjalidest nende lagundamisel.

Vaatlused näitavad, et seemned võtavad õhust hapnikku ja eraldavad sinna süsihappegaasi ja veeauru. Et siin on tegemist gaasidevahetusega, võib seda ainevahetuse nähtust nimetada hingamiseks. A. N. Bach töötas välja taime- ja loomaorganismide autooksüdatsiooni teooria. Selle teooria järgi sisaldavad idu ja endosperm halvasti- ja hästihapenduvaid ühendeid. Hästihapenduvad ühendid tingivad õhuhapniku molekuli osalist dissotsiatsiooni O = O. Tekivad R-O-O-R-tüüpi primaarsed ülihapendid, mis on keemiliselt ebastabiilsed. Et need ülihapendid sisaldavad suhteliselt palju hapnikku, siis nad hapendavad raskestihapenduvaid ühendeid, kusjuures nad ise lagunevad ja vabastavad energiat. Ebastabiilsed ülihapendid võivad vee manulusel tekitada stabiilse vesinikülihapendi. Ülihapendite kõrge kontsentratsioon on elavale

rakule väga kahjulik. Rakkudes leiduvatest fermentidest soodustab peroksüdaas ülihapendite tekkimist, katalaas aga nende lagunemist. Seetõttu ei saa tekkida rakule hädaohtlikku ülihapendite kontsentratsiooni.

Hapendumisest võtab osa ka vesi, nii et hapendumisprotsess toimub hüdrolüütiliselt.

Hingamisprotsess koosneb seega paljudest lülidest, kus suhkrute järkjärgulisel lagunemisel tekivad järjest lihtsamad ühendid ja vabaneb soojusenergiat. Soodsates tingimustes võib hingamisprotsess areneda intensiivselt, kusjuures vabaneb palju energiat ja seemned harilikult riknevad.

Kui hingamise alg- ja lõpp-produkte paigutada valemisse, siis saame

1) $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 674$ cal

2) $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 28$ cal

Esimene reaktsioon toimub aeroobses keskkonnas ja seda nimetatakse aeroobseks hingamiseks. Teine reaktsioon toimub anaeroobses keskkonnas ja tema tulemusena koguneb seemnetesse etüülalkoholi. Et süsihappegaas ja veeaur lenduvad, soojus aga kasutatakse ära seemnete temperatuuri tõstmiseks, siis hingamisreaktsioonid on pöördumatud.

Hingamisprotsessi tagajärjel seemnete kaal langeb ja tekib nn. loomulik kadu. Loomulik kadu on võrdeline hingamise intensiivsusega. Hingamise intensiivsust iseloomustab CO_2 hulk, mida 1 kg seemneid eraldab ühe ööpäeva jooksul. Näiteks 1 kg otra 14% niiskuse puhul eritab tunnis 1,4 mg CO_2.

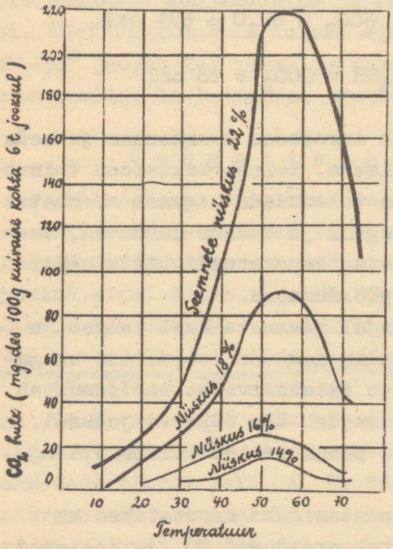
Hingamisprotsessi iseloomustamiseks kasutatakse ka hingamiskoefitsienti, mis näitab eraldunud CO_2 ja neelatud hapniku mahulist suhet. vastupidi Aeroobsel hingamisel on hingamiskoefitsient võrdne ühega, sest ühe gramm-molekuli hapendamiseks kasutatakse üks gramm-molekul hapnikku ja eraldub üks gramm-molekul süsihappegaasi. Anaeroobsel hingamisel on hingamiskoefitsient alati alla ühe, sest hingamiseks kasutatakse seemnete sees mitmesugustes ühendites leiduvat hapnikku.

Praktikas ei esine üksikult puhtaeroobset või puhtanaeroobset hingamist, vaid alati mõlemad koos, kusjuures üks

nendest tüüpidest on domineeriv.

Niiskuse mõju seemnete hingamisele. Niisked seemned hingavad intensiivsemalt kui kuivad, sest suurem veesisaldus võimaldab hingamisfermentidel paremini toimida ja soodustab ülihapendite tekkimist. Kõrgema niiskuse juures toimub kiiremini ka hingamisproduktide äravool, mis soodustab hingamise intensiivsuse tõusu. Niiskus soodustab ka varuainete hüdrolüüsi ja seetõttu nende kiiremat hapendumist.

Jooniselt 2 näeme, et koos seemnete niiskusesisalduse tõusuga suureneb ka nende hingamise intensiivsus. Hingamise intensiivsuse suurenemine ei ole proportsionaalne niiskusesisalduse suurenemisega.



Joonis 2. Niiskuse mõju seemnete hingamise intensiivsusele (V. L. Kretovitši ja E. N. Ušakova järgi).

Linaseemnete niiskusesisalduse tõus 8–10% piirides ei avalda hingamise intensiivsusele nimetamisväärset mõju, kuid alates 11–12%-st algab hingamise intensiivsuse kiire tõus (kriitiline niiskus). Nisul on kriitiliseks niiskuseks 16%, kaeral 15%. Niiskusesisalduse suurenemisega toimub muutus ka hingamise iseloomus, hapniku neelamine kasvab kiiremini kui CO_2

eraldumine. Järelikult muutub niiskusesisalduse suurenedes hingamisprotsess üha rohkem aeroobseks. Kuivades seemnetes toimub põhiliselt anaeroobne hingamine, kuid selle juures tekkivast soojusest on küllalt seemnete eluprotsesside kulgemiseks. Alkoholi seemnetesse ei kogune, sest õhu juurdepääs on küllaldane ja alkohol hapendub. Kuivaine kadu sellise hingamise juures on minimaalne.

Kõrge niiskusesisalduse puhul lahustuvad fermendid ja hakkavad lagundama tärklist suhkruteks. Fermendid hakkavad lagundama ka valke ja rasvu ning neid kasutatakse samuti hingamiseks. Intensiivse hingamise tõttu vabaneb palju soojust ja veeauru, mis omakorda stimuleerivad hingamist. Seetõttu võib tekkida võrdlemisi suur varuainete kulu, millest tingituna seemned muutuvad märgatavalt kergemaks.

Õhu juurdepääsu mõju teravilja säilivusele. Seemnete intensiivsel hingamisel tekkivat kahju ei saa vähendada nende anaeroobsetesse tingimustesse paigutamisega, sest hapnikupuudusel kogunevad seemnetesse mürgised ühendid, mis võivad seemnete idanemisvõime täielikult hävitada. Samades tingimustes võivad intensiivselt paljuneda anaeroobsed mikroorganismid.

Kui seemned on täiesti kuivad, siis võib neid pikemat aega säilitada hermeetiliselt suletud konteinerites, ilma et nende väärtus väheneks. Tingimuseks on siin muidugi madal temperatuur.

Nagu näitavad katsed, on võimalik ka üsna niisket teravilja (20-22%) säilitada anaeroobsetes tingimustes, kui temperatuur on küllalt madal. Krasnodari krai, Voroneži oblasti ja mõnede teiste oblastite sovhoosides korraldati vastavad katsed, kus niisket ja jahutatud teravilja säilitati maa sees tsementeeritud tranšeedes. Pealt kaeti teravili aganatega ja niiske mullaga ning viimane veel omakorda savi ja põhu seguga. Kui teravilja vajumisel tekkisid kattesse praod, siis määriti need värske saviga. Nii säilis kombainiga koristatud värske teravili kuni 1,5 m paksuses kihis üle 6 kuu. Avamisel esines hallitust ainult ülemises kihis.

Temperatuuri mõju seemnete säilivusele. Seemnete elutegevus kulgeb normaalselt teatud temperatuuri puhul. Liiga

kõrge ja liiga madal temperatuur mõjuvad seemnetele kahjulikult ja seemnete elutegevus võib täielikult katkeda. Rakkude vastupanuvõime liiga madalale või liiga kõrgele temperatuurile oleneb seemnete niiskusest: mida kõrgem niiskusesisaldus, seda tundlikumad on seemned. Tähtis on ka seemnete anatoomiline ehitus. Tihedad, väikeste kapillaaride ja pooridega seemned on külma suhtes vähem tundlikud kui koredad, suurte rakkudevaheliste ruumidega seemned. Kitsastes kapillaarides võib vesi olla külmumata olekus veel -10° juures.

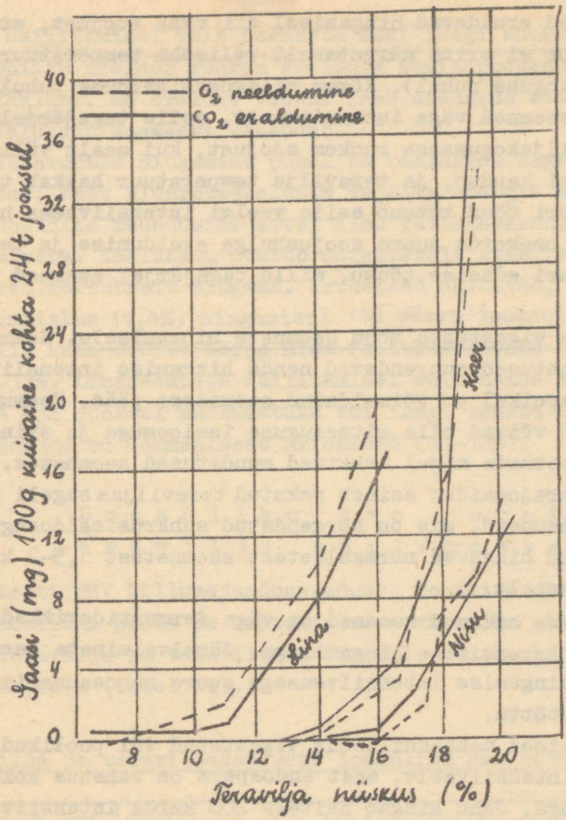
T a b e l 9

Madala temperatuuri ja niiskuse mõju maisiseemnete idanevusele (Kiesselbachi järgi)

Säilitamise temperatuur	Seemnete idanevus (%), olenevalt nende niiskusest					
	10-15%	15-20%	20-25%	15-30%	30-35%	35-40%
0-2,2	100	100	100	85	75	71
-4,4-6,7	100	100	98	77	67	13
-8,9-11,1	100	100	98	34	12	0
-13,3-15,6	100	98	47	7	0	0
-17,8-25,6	97	63	0	0	0	0

Tabelis 9 toodud andmed näitavad, et 35-40% niiskusesisaldusega maisiseemnetele on kahjulik juba kahekraadine külm, kuid kuivad seemned võivad kahjustusteta säilida veel -15°-ses temperatuuris. Teravilja säilitamisel loetakse üldiselt ohutuks -5-8°. Sel puhul on ka hingamise intensiivsus madal ja kaod väiksed. Temperatuuri tõusuga muutub seemnete hingamine järjest intensiivsemaks, sest suureneb rakumahla ja rakkudevaheliste ruumide läbitavus ning aktiviseerub fermentide tegevus. Hingamisfermentide aktiivsuse optimum on 50-55° juures, temperatuuri edasisel tõusmisel fermendid lagunevad ja hingamise intensiivsus väheneb. Temperatuuri mõju seemnete hingamise intensiivsusele selgub jooniselt 3.

Jooniselt näeme, et temperatuuri tõus mõjub seemnete hingamise intensiivsusele algul vähe, hiljem aga järjest



Joonis 3.
Temperatuuri ja niiskuse mõju teravilja-seemnete hingamise intensiivsusele

rohkem. Maksimaalne hingamise intensiivsus on 55° juures, siit algab intensiivsuse langus. Hingamise intensiivsuse tõus sõltub ka seemnete niiskusest, näiteks 22% niiskuse korral hingavad seemned 20 korda intensiivsemalt kui 14% niiskuse puhul.

Temperatuuri mõju uurimisel tuleb silmas pidada ka seda soojust, mida seemned hingamisprotsessis eraldavad. Kui-

vad seemned eraldavad hingamisel nii vähe soojust, et nende temperatuur ei erine märgatavalt välisõhu temperatuurist (väikese koguse puhul). Kõrge niiskusesisalduse puhul aga hingavad seemned väga intensiivselt, selle tagajärjel koguneb teraviljakogusesse rohkem soojust, kui sealt väliskeskkonda edasi kandub, ja teravilja temperatuur hakkab tõusma. Temperatuuri tõus kutsub esile veelgi intensiivsema hingamise, see omakorda suure soojushulga eraldumise ja teravilja temperatuuri edasise tõusu, mille tagajärjel seemned võivad rikneda.

Kesta vigastuste mõju seemnete hingamisele. Seemnete kesta vigastused suurendavad nende hingamise intensiivsust, sest õhuhapnikul on võimaldatud seemnesse pääs. Seemnete vigastused võivad olla mitmesuguse iseloomuga ja erinevad on ka vigastuste mõjul tekkivad muudatused seemnetes.

Põhjarajoonides esineb pekstud teraviljas sageli külmast rikutud seemneid, mis on kõrgendatud suhkrusisaldusega ja selle tõttu hingavad normaalsetest seemnetest 1,5-2 korda intensiivsemalt.

Idanema hakanud seemned on väga fermentiderikkad ja seepärast intensiivse hingamisega. Järelvalmimata seemned on kõrge hingamise intensiivsusega suure monosahhariidide-sisalduse tõttu.

Peksmisel mehhaaniliselt vigastatud või poolikud seemned hingavad intensiivselt, sest endosperm on vahetus kokkupuutes õhuhapnikuga. Jahu hingab näiteks 200 korda intensiivsemalt kui terved seemned.

Normaalselt järelvalminud suured ja tuumakad seemned on kõige madalama hingamise intensiivsusega, sest kõik varuained nendes on raskestilahustuval kujul, fermendid on aga puhkeseisundis. Ka on selliste seemnete kokkupuutepind õhuga suhteliselt väiksem.

V a r u a i n e t e k a o d s e e m n e t e s t n e n d e s ä i l i t a m i s e l

Teravilja säilitamisel ei toimu ainult CO_2 ja veeauru eraldumine, vaid ka õhuhapniku neelamine. Seepärast pole teravilja kaaluline kahanemine nii suur, kui esialgu näida

võib. Säilitamisel võib seemnete kaal isegi suureneda, kui õhuhapnikku neeldub rohkem eralduva süsihappegaasi ja veeauru kaalust. Ka eralduv veeaur jääb enamikus seemnetesse, mis kaalukadu enamasti vähendab.

Anaeroobse hingamise puhul on kaalukadu sageli mittemärgatav, sest eluprotsessideks vajalik energia saadakse siin ühendite muundumise arvel ilma väliskeskkonnast hapniku neelamiseta. Kaalukadu muutub märgatavalt siis, kui seemned hakkavad aeroobselt hingama. Arvutused näitavad, et kuiva nisu (niiskus 14,4%) hingamisel 118 päeva jooksul ei ületa loomulik kadu 0,05%, märja nisu (niiskus 21,2%) hingamisel aga 0,33%. Linaseemnete säilitamisel võib nende kaal jääda pikema aja jooksul muutumatuks või isegi tõusta 0,1% võrra, kui seemned on normaalsest niiskemad (11-12%).

Loomuliku kao normid teravilja säilitamisel

Eesti NSV Põllumajandussaaduste Tootmise ja Varumise Ministeeriumi poolt on kehtestatud sovhooside aitades hoitavate teravilja ja teraviljasaaduste loomuliku kao piirnormid protsentides (tabel 10).

Tabel 10

Teravilja ja teraviljasaaduste loomuliku kao normid (%)

Kultuuri või saaduse nimetus	Säilitamisel kottides		Säilitamisel lahtiselt	
	3-6 kuud	üle 6 kuu	3-6 kuud	üle 6 kuu
Nisu, rukis	0,08	0,14	0,12	0,18
Kaer, oder	0,10	0,18	0,15	0,25
Tatar	0,12	0,20	0,16	0,25
Teramais	0,18	0,22	0,26	0,30
Hernes, uba	0,14	0,25	0,18	0,23
Lina	0,14	0,22	0,15	0,22
Nisu- ja rukkikliid	0,20	0,25	0,30	0,40
Jahu	0,08	0,15	-	-
Kruubid	0,09	0,12	-	-

Normide väljatöötamisel on aluseks võetud peale loomuliku kao hingamisel veel mehhaaniline kadu teravilja õhustamisel ja ümberpaigutamisel. Teravilja nõuetekohasel säilitamisel võivad kaod olla tunduvalt väiksemad siin toodud normidest või hoopis puududa. Toodud norme rakendatakse sel juhul, kui on tekkinud märgatav kadu. Kui kadu ületab norme, siis tuleb sellest teatada juba kohtuorganeile.

Teravilja transpordil esinevad harilikult suuremad kaod. Lubatud kadu teravilja vedamisel raudteel kuni 1000 km kaugusele on 0,10%, 1000-2000 km kaugusele - 0,15% ja üle 2000 km - 0,20%. Iga teravilja ümberlaadimise kohta ühelt transpordiliigilt teisele suurendatakse toodud kaonorme 30% võrra. Autotranspordi kasutamisel on lubatud kao norm 0,07%.

Loomuliku kao normid olenevad keskmisest säilitusajast. Igas laos peetakse teravilja sissetuleku ja väljamineku kohta arvestust. Iga kuu esimeseks kuupäevaks tuuakse välja jääk kultuuride lõikes. Inventuuri tegemisel arvestatakse teravilja keskmine säilitamise aeg järgmiselt. Liidetakse iga kuu esimesel päeval olnud lao seisud ja jagatakse kõikide teravilja väljaminekute summale juurdearvatud teravilja jääk inventeerimise momendil. Näiteks 1. jaanuarist kuni 1. juunini oli jääkide summa laos 4250 ts. Väljaminek selle aja jooksul oli 960 ts ja jääk 1.juunil 120 ts. Keskmine säilitusaeg võrdub:

$$\frac{4250}{960 + 120} = 4 \text{ kuud.}$$

Teravilja kaalu muutumine säilitamise ajal võib olla tingitud ka teravilja niiskusesisalduse muutustest. Seepärast on vaja teravilja lattu panemisel ja laost väljaandmisel kontrollida ka teravilja niiskust ning teha vastavad korrektiivid kaalule. Teravilja niiskumisel tekkiv kaalu suurenemine arvestatakse valemi a järgi; kuivamisel tekkiv kaalu kahanemine aga valemi b järgi.

$$\text{a)}\quad X = \frac{100(W_2 - W_1)}{100 - W_2} \qquad \text{b)}\quad X = \frac{100\,(W_1 - W_2)}{100 - W_2}$$

X - kaalu kahanemine või suurenemine protsentides,

W_1 -teravilja algniiskus protsentides (näiteks ladustamisel),

W_2- teravilja lõppniiskus protsentides (näiteks väljasaatmisel või inventeerimisel).

V peatükk

MIKROORGANISMIDE JA LAOKAHJURITE OSA TERAVILJA SÄILITAMISEL

M i k r o o r g a n i s m i d

Teravili on alati nakatunud mikroorganismidega. Eriti palju mikroorganisme esineb vihmasel koristusperioodil või halbades säilitustingimustes, kui teravili hakkab kuumenema. Üleliidulise Teravilja Teadusliku Uurimise Instituudi andmetel on pintsetiga peast eraldatud nisuseemnetel leitud 1 g kohta 1530, kombainiga pekstud seemnetel - 63 ooo ja lehtedel - 55 800 mikroorganismi. Kõige rohkem esineb teraviljas aeroobseid pärmiseeni, hallitusseeni, bakteritest leidub kõige rohkem Bact. herbicola, vähem on piimhappebaktereid, asotobaktereid jt. Liigiline koostis oleneb koristus- ja säilitustingimustest.

Mikroobid eritavad väga aktiivseid fermente, mis tungivad läbi seemne kesta ja lagundavad endospermi ning idu varuaineid: valke, rasvu ja süsivesikuid, mida mikroorganismid kasutavad toiduks. Mikroorganismide poolt eritatavad fermendid võivad ka stimuleerida idus leiduvaid fermente, mis kutsub esile intensiivse hingamise.

Mikroobid neelavad hapnikku, eritavad CO_2 ja veeauru, kusjuures eraldub palju soojust. Eriti palju soojust eraldub aeroobsete mikroorganismide hingamisel ja selle tõttu teravilja temperatuur tõuseb.

Mikroorganismide elutegevuseks on vaja küllaldast soojust ja niiskust. Niiskusesisalduse suurenemisel hakkavad aeroobsed mikroorganismid kiiremini paljunema. Nisuseemnete temperatuuri ja niiskuse mõju mikroorganismide paljunemisele on esitatud tabelis 11.

Tabel 11

Niiskuse ja temperatuuri mõju mikroorganismide paljunemisele nisuseemnetes (L. A. Trisvjatski järgi)

Seemnete niiskus (%)	Temperatuur	Hallitusseente arv (tuhandetes 1 g seemnete kohta)		
		alguses	10 päeva pärast	40 päeva pärast
13,4	20	1,5	1,9	5,7
13,4	8	1,5	1,3	8,4
18,2	20	1,5	2,7	240
18,2	8	1,5	0,7	2,6

Temperatuuri tõus kuni optimaalseni avaldab mikroorganismide paljunemise kiirusele soodsat mõju, hiljem aga mõjub takistavalt. Kõrges temperatuuris mikroorganismid hukkuvad.

Seemnete nakkust mikroorganismidega soodustavad mehhaanilised vigastused.

E. A. Agronomovi andmetel võivad seemned kaotada mikroorganismide elutegevuse mõjul idanevuse. Katses säilitati rukist 28 ööpäeva jooksul 19° temperatuuril erineva niiskuse tingimustes. Mida suurem oli seemnete niiskus, seda rohkem leidus kontrollimisel mikroorganisme ja vähenes idanevus. 12,8% niiskusega seemnete idanevus langes säilitusaja lõpuks 98%-le, 19,3% niiskusega seemnete idanevus 75%-le ja 23,2% niiskusega seemnete idanevus 67%-le.

Laokahjurid

Suurt kahju teraviljavarudele võivad tekitada närilised, putukad ja lestad. Teadlaste arvestuste järgi hävitavad laokahjurid igal aastal maailmas 5 miljonit tonni teravilja, millest jätkuks 50 miljoni inimese toitlustamiseks.

Närilistest sööb üks rändrott aastas 18-22 kg, koduhiir aga 7-9 kg teravilja. Peale selle reostavad närilised teravilja oma väljaheidetega. Putukkahjuritest võib kõige suuremat kahju tuua harilik terakärsakas, kelle kahjustuse tagajärjel on mõnel juhul teravilja kaal vähenenud kuni 32% võrra. Terakärsaka fermentide mõjul on teraliimisisaldus langenud nisus 31,3%-lt 11,6%-le. Väiksemat kahju tekitab Eesti

NSV tingimustes riisi-terakärsakas, keda meile mõnel aastal on lõunarajoonidest sisse toodud. Suhteliselt vähe kahju tekitavad harilik leivamardikas, harilik süsiklane, terakoi. Kaunviljadele tekitab suurt kahju herneteramardikas, kellest kahjustatud seemned muutuvad külviks ja toiduks kõlbmatuks.

Jahulest vigastab seemnel idu ja sellega vähendab seemnevilja idanevust. Hulgalise esinemise puhul eritavad lestad palju niiskust ja soojust ning selle tagajärjel võib teravili rikneda. Toiduteravili muutub lestade mõjul toiduks kõlbmatuks, sest ta omandab lestalõhna ja kibeda maitse.

Laokahjurid võivad teraviljas elada ja paljuneda teatud niiskuse ja temperatuuri olemasolul. Enamik laokahjureid ei saa elada, kui teravilja niiskus langeb alla 12-13%. Kõrgema niiskusesisalduse puhul on aga nende elutegevus soodustatud. Putukkahjurid ja lestad paljunevad kiiresti 20-30°-ses temperatuuris, kuid temperatuuri langemisel 10-11°-ni lakkab paljunemine ja 5° juures kaotavad nad ka liikumis- ja toitumisvõime. Temperatuuri tõusmine üle 45-50° hävitab putukkahjurid ja lestad. Kahjurite levikut teraviljas soodustab vigastatud seemnete rohke esinemine ja mitmesugused lisandid.

Teravili võib laokahjuritega nakatuda põllul, peksmisel, transpordil või säilitamisel. Lestad näiteks elavad põllul taimedel või mullas ja kui niidetud teravili on kaua maas, siis nakatavad nad seemneid ja koos seemnetega satuvad aita. Ka närilised võivad lesti edasi kanda. Alalised peksukohad, puhastamata peksu- ja puhastusmasinad võivad muutuda laokahjurite levitajateks. Seemnete transportimisel võivad kahjurid levida kottide või veokite kaudu.

Kõige rohkem nakatub uudsevili ikkagi puudulikult puhastatud või puhastamata aidas. Lestad võivad aita sattuda ka närilistega või isegi lindudega.

Laokahjurite hävitamise viisid. Laokahjurite leviku vältimiseks kasutatakse profülaktilisi võtteid, millest tähtsamateks on teravilja kuivatamine ja puhastamine kohe pärast koristamist ja peksmist. Teraviljaait koos inventariga, transpordi- ja puhastusmasinad tuleb süstemaatiliselt desinsekteerida. Teravilja tuleb säilitada madala (13-14%) niiskuse ja temperatuuri (alla 5°) tingimustes. On laokahjurid vaatamata

profülaktikale siiski massiliselt levinud, siis tuleb nad hävitada, kasutades mehhaanilist või keemilist menetlust. Mehhaaniliseks tõrjevõtteks on kuivatamine ja puhastamine. Nii saab hävitada näiteks lesti, valides alumiseks sõelaks 1,5 mm avadega sõela. Puhastusmasin peaks olema varustatud tolmufiltriga, et tuul lesti laiali ei kannaks. Hästi mõjub puhastamine pakasese ilmaga, sest putukad kangestuvad kiiresti juba -10° juures. Kuivatada tuleb teravilja 11-12% niiskuseni (riisi-terakärsaka tõrjeks 8-10% niiskuseni).

Keemilise tõrje rakendamisel puhitakse teravilja pulbrilise DDT-ga või heksakloraaniga. Puhtida võib ainult seemnevilja, kusjuures tuleb rakendada ettevaatusabinõud mürgituse vältimiseks. Lestade hävitamiseks võetakse 1,5-2 kg, terakärsakate vastu 1 kg insektitsiidi 1 tonni teravilja kohta.

Toiduteravilja on võimalik töödelda putukkahjurite tõrjeks fumigantidega, nagu kloorpikriin ja diklooretaan. Et need gaasid on väga mürgised, siis lubatakse neid kasutada ainult spetsiaalmeeskondadel.

Näriliste hävitamiseks kasutatakse mürke või lõkse.

VI peatükk

TERAVILJA ISEKUUMENEMINE JA SELLE VÄLTIMINE

I s e k u u m e n e m i s e p õ h j u s e d

Teravilja isekuumenemine on nähtus, kus teraviljakoguse temperatuur tõuseb normaalsest tunduvalt kõrgemale, püsib teatud aja enam-vähem ühekõrgusel ja hakkab siis pikkamööda alanema normaalsele tasemele. Teravili omandab kopitanud lõhna ja idanevus ning jahvatus-küpsetusomadused vähenevad. Isekuumenemine seisneb seemnetesse akumuleerunud soojusenergia kiires vabanemises. Et teravilja soojusjuhtivus on väike, koguneb soojus teraviljasse ja põhjustab temperatuuri tõusu.

Teravilja isekuumenemise põhjuste kohta on 3 teooriat. L. A. Trisvjatski, B. L. Issatšenko jt. peavad isekuumenemi-

se põhjuseks mikroorganismide intensiivset paljunemist.

V. I. Kolõtšev jt. loevad isekuumenemise peamiseks põhjuseks teravilja intensiivset hingamist ja eriti seda põhjustavat fermentide tegevust.

Kolmanda, peamiselt välismaadel levinud teooria järgi on isekuumenemise põhjustajateks laokahjurid, kes teatud tingimustes võivad tekitada palju veeauru ja soojust. Tuuakse näiteid, kus täiesti kuiv teravili on laokahjurite mõjul kuumaks läinud.

V. S. Šmalko peab põhiliseks teguriks normaalsest kõrgemat niiskust. Kui niiskus on madal, siis pole eeldusi mikroorganismide massiliseks paljunemiseks ega ka intensiivse hingamise tekkimiseks. Teravilja temperatuur võib tõusta ka välisõhu temperatuuri tõusu mõjul. Kui teravili on aga kuiv, siis ei teki selle tagajärjel isekuumenemist.

I s e k u u m e n e m i s e t ü ü b i d j a f a a s i d

Eristatakse teravilja pealt-, põhjast-, küljelt-, pesiti- ja lauskuumenemist.

Teravilja pealtkuumenemine võib tekkida sügisel ja veel sagedamini kevadel. Sügisel on teravili enamasti välisõhust soojem. Kui nüüd välisõhuga kokkupuutuv kiht jahtub, siis tekib teraviljakoguses temperatuuride vahe. Termodifusiooni tõttu liigub soe õhk jahedamasse kihti ja õhus leiduv niiskus kondenseerub, puutudes kokku jahedate seemnetega. Niiskuse mõjul aktiveeritakse seemnetes leiduvad hingamisfermendid ning seemned hakkavad intensiivselt hingama ja soojust ning veeauru eraldama. Niiskuse mõjul hakkavad ka seemnetel leiduvad mikroorganismid paljunema. Seemnete ja mikroorganismide hingamine stimuleerivad teineteist. Tagajärjeks on teravilja temperatuuri märgatav tõus. Sügisel on vaja isekuumenemise vältimiseks teravilja kiiresti jahutada. Seda võimaldab õhuke puiste ja laineline pealispind.

Kevadel tekib kergesti pealtkuumenemine, kui avada keskpäeval aida uksed. Soe, suhteliselt niiske õhk tungib teravilja pealmisse kihti ja puutub kokku jahedate seemnete-

ga, mille mõjul õhus leiduv veeaur kondenseerub. Tekkiv vesi imendub seemnetesse ja põhjustab hingamise intensiivsuse tõusu ning loob eelduse mikroorganismide kiireks paljunemiseks. Kevadise isekuumenemise vältimiseks tuleb teravilja säilitada võimalikult kaua talvist madalat temperatuuri ja isoleerida ladu välisõhust.

Põhjastkuumenemine tekib enamasti sügisel, kui soe ja niiske teravili ei suuda õhku juhtida hingamisel ja mikroorganismide elutegevuse tagajärjel tekkivat soojust. Põhjastkuumenemine esineb ka siis, kui suhteliselt soe teravili puistatakse jahedale põrandale, näiteks betoon- või kivipõrandale. Selle tagajärjel tekib temperatuuride vahe tõttu niiskuse termodifusioon ja veeauru kondenseerumine põrandalähedases kihis. Muld- või savipõrandal säilitataval teraviljal võib põhjastkuumenemise põhjuseks olla ka terade niiskumine põranda kaudu. Põhjastkuumenemise vältimiseks tuleb teravili salvestada õhukese kihina ja anda puiste pealispinnale kiiremaks jahtumiseks lainjas kuju.

Teravilja küljeltkuumenemine võib esineda sügisel ja kevadel aitades, kus vili asetseb vahetult vastu välisseina. Sügisel jahtub välissein tunduvalt kiiremini kui teravili ja seetõttu tekib seinalähedases kihis niiskuse termodifusioon. Kevadel on teravili külm, lõunapoolne sein aga soojeneb päikesepaistel. Temperatuuride vahe võib jälle põhjustada niiskuse kondenseerumist seinalähedases kihis ja anda tõuke küljeltkuumenemiseks. On teada ka juhtumeid, kus teravilja kuumenemine ühes salves tekitas teravilja küljeltkuumenemise naabersalves. Küljeltkuumenemise põhjuseks võib olla ka teravilja isesorteerumine, mille mõjul niisked lisandid ja umbrohuseemned paiknevad salveseina ääres.

Kõige sagedamini esineb teravilja pesitikuumenemist, mida põhjustab ebaühtlase temperatuuri või niiskusega teravilja ühte salve puistamine. Teravilja koristatakse kombainiga hommikust õhtuni, seega väga erineva temperatuuri ja niiskusega teravili satub ühte salve. Peale selle on põllul alati üksikuid taimi, mis on tunduvalt suurema niiskusega, või põlluosi, kus kasvab rohkem umbrohtu. Märgatavad temperatuuride ja niiskuse vahed võivad põhjustada isekuumenemist. Pe-

sitikuumenemine võib tekkida ka, kui aida katus mõnest kohast vihma läbi laseb, salved on valmistatud toorestest või märgadest laudadest või leidub rohkesti lesti.

Kui üks või mitu isekuumenemise tüüpi levivad kogu puistes, siis on tegemist lauskuumenemisega. Lauskuumenemine võib tekkida siis, kui pealtkuumenemisega või mõne muu isekuumenemise tüübiga teravili ümber kühveldada ja siis hooldusetа jätta. Iga isekuumenemine võib üle minna lauskuumenemiseks, kui ta hooldusetа jätta. Kõige sagedamini läheb lauskuumenemiseks üle põhjastkuumenemine, sest soe õhk soojendab kõrgemal asuvaid kihte.

V. N. Dobrohhotov eristab isekuumenemises 3 faasi. Need on kokkuleppelised, sest nende vahet on raske kindlalt piiritleda.

Esimeses faasis kuumenevad seemned 24-28°-ni, kusjuures nende välisilme peaaegu ei muutu. Ainult harva tundub nõrka linnaselõhna ja üksikutel seemnetel võivad idud kattuda hallitusega. Selles, suhteliselt aeglaselt kulgevas faasis arenevad peamiselt mesofiilsed bakterid, kelle areng on soodustatud mõõduka temperatuuri ja hüdrolüütiliste fermentide aktiivse tegevuse tõttu.

Teises faasis, mis kulgeb suhteliselt kiiresti, tõuseb temperatuur 28-35°. Algab mesofiilsete mikroorganismide tormiline paljunemine ja lagundav tegevus. Üksikutes kolletes tõuseb temperatuur õige kõrgele, tekivad järsud temperatuuride vahed, mis põhjustavad veeauru kondenseerumist ühes või teises kihis. Viimane omakorda stimuleerib mikroorganismide paljunemist ja seemnete kasvama hakkamist. Teravili kaotab teises faasis täielikult idanevuse, muutub tumedaks, halvasti lõhnavaks ja enamasti kõlbab ainult piiritusetööstuses kasutamiseks.

Kolmandas faasis tõuseb teravilja temperatuur õige kiiresti 50°-ni või isegi kõrgemale. Seemned lehkavad kopituse järele, kaotavad voolavuse ja muutuvad kokkuliibunud massiks, värvus on muutunud pruuniks või isegi mustaks. Mõnel juhul võib teravilja temperatuur tõusta isegi 75-80°, mesofiilsed mikroorganismid selle tõttu hukkuvad, termofiilsed mikroorganismid elavad mõne aja ja hukkuvad samuti kõrge

temperatuuri tõttu. Et teisi soojustekketegureid enam ei ole, siis hakkab teravilja temperatuur pikkamööda langema ja saavutab välisõhu temperatuuri.

Isekuumenemise mõju teravilja kvaliteedile

Vaatlused näitavad, et juba isekuumenemise esimeses faasis langeb idanevuse energia järsult, kusjuures idanevus võib jääda endisele tasemele või isegi veidi tõusta, sest isekuumenemise mõjul tekib seemnetes kergestilahustuvaid ühendeid. Kui aga kontrollida isekuumenenud seemneid mõni aeg hiljem, siis esineb märgatav idanevuse langus. Isekuumenemise teises faasis langevad seemnete idanevus ja idanevusenergia kohe järsult.

Isekuumenemise mõju seemnete idanevusele oleneb faasi pikkusest. Faaside kestused võivad olla väga erinevad, olenevalt teravilja niiskusest ja umbrohususest. Näiteks kui teravilja iga päev ümber kühveldada, siis võib isekuumenemise esimene faas kesta mitu nädalat.

Isekuumenenud teravilja analüüs näitab tunduvalt suuremat hüdrolüüsiproduktide sisaldust ja väiksemat valgu- ja tärklisesisaldust, võrreldes normaalse isekuumenemata teraviljaga. E. A. Agronomovi järgi on isekuumenenud rukkiterades 12 korda rohkem suhkrut, suurem lahustuvate toitainete hulk ja kõrgem happesus.

Isekuumenemise vältimine ja likvideerimine

Isekuumenemise vältimiseks on vaja teravili pärast peksmist kohe kuivatada, puhastada ja jahutada. Kui teravili on säilitamiseks nõuetekohaselt ette valmistatud ja säilitamisel peetakse silmas kehtivaid nõudeid, siis on isekuumenemise oht minimaalne. On aga isekuumenemine mingil põhjusel tekkinud, tuleb ta kohe likvideerida.

Algavat isekuumenemist on raske kindlaks teha, sest esialgu ei anna ta endast millegagi märku. Iga temperatuuri tõus teraviljas ei ole veel isekuumenemise signaaliks, sest see

võib olla põhjustatud ka välisõhu soojenemisest. Halva soojusjuhtivuse tõttu levib temperatuur teraviljas lainena. Kui välisõhk soojeneb, siis teraviljapuiste pealmine kiht soojeneb välisõhu mõjul ja soojus liigub lainena edasi sügavamale. Välisõhk võib uuesti jahedaks muutuda, puiste sügavamas kihis aga muutub teravili soojemaks, sest soojuslaine jõuab sinna tunduva hilinemisega. Et kindlaks teha, kas teravilja soojenemine sügavamas kihis on tingitud isekuumenemisest või hoopis välisõhu temperatuuri tõusust, on vaja pidada süstemaatilisi teravilja ja välisõhu temperatuuri vaatlusi.

Kui oletatakse isekuumenemise tekkimist, siis tuleb kindlaks teha selle ulatus ja iseloom, kasutades selleks salvetermomeetreid.

Pealtkuumenemise puhul eraldatakse ettevaatlikult kõige ülemine normaalse temperatuuriga terakiht ja pannakse teise salve. Järgnevalt eraldatakse kuumenenud terakiht, jahutatakse ja kuivatatakse. Ülejäänud kuumenemata, kuid kuumenemiskahtlane teravili on vaja jahutada ja siis kuivatada. Kuumenenud teravilja tuleb pärast kuivatamist säilitada eraldi, sest tema omadused on halvenenud ja sageli kõlbab ta vaid piiritusetööstuse tooraineks.

Eesti NSV-s on paljudes majandites kuivatite jõudlus väike ja seetõttu tuleb pekstud viljal mõni aeg kuivatamise järjekorda oodata. Teravilja hoitakse sel puhul õhukese, kuni poole meetri paksuse kihina ja kühveldatakse iga päev jahutamise otstarbel. Selline kühveldamine ei suuda teravilja täielikult jahutada, kuid ei lase teraviljal ka kuumenemise teise faasi üle minna. Puudulik kühveldamine osalt isegi aitab kaasa isekuumenemise arenemisele, sest ta õhustab teravilja. Sellisel juhul kulgeb teraviljakoguses pikemat aega isekuumenemise esimene faas, mis vähendab järsult idanevuse energiat ja tekitab teravilja kaalulist kahenemist.

Kõige otstarbekamaks teravilja isekuumenemise likvideerimise viisiks on aktiivne ventileerimine vastavate seadmetega, sest see vajab vähem tööjõudu ja annab paremaid tulemusi. Teravilja õigeaegne jahutamine aktiivse ventileerimise teel kõrvaldab ka isekuumenemise tekkimise ohu.

Häid tulemusi annab ka teravilja mitmekordne läbilaskmi-

ne puhastusmasinatest õhustamise otstarbel, kuid see on suhteliselt kulukam viis.

VII peatükk

TERAVILJA ÕHUSTAMINE

Teravilja õhustamiseks nimetatakse teraviljakoguse üksikute seemnete vahel leiduva õhu vahetamist välisõhu vastu. Õhustamine võimaldab reguleerida seemnete ainevahetust, vähendada säilituskadusid ja tõsta seemnete kvaliteeti. Õhustamise teel on võimalik muuta seemnete temperatuuri ja niiskust ning varustada seemneid õhuhapnikuga.

Õhustamine võib toimuda loomulikult või kunstlikult. Loomuliku õhustuse puhul värskendub seemnetevaheline õhk difusiooni teel, kunstliku õhustuse puhul aga mehhaanilise jõu mõjul.

S e e m n e t e v a h e l i n e r u u m

Käsitledes teravilja poorsust nägime, et see võib eri teraviljaliikidel kõikuda 35-70% piires. Seega teraviljakoguse üldisest ruumalast on umbes pool täidetud õhuga. Seemnete kokkupuutepind teiste seemnetega on suhteliselt väike, sest seemned on ümar-elliptilise kujuga. Enamik seemne välispinda puutub otseselt kokku seemnetevahelise õhuga, mis on võrdlemisi liikuv ja omakorda ühenduses välisõhuga. Teraviljaseemned on kapillaarpoorse ehitusega ja sisaldavad teatud koguse õhku. Et kapillaarid avanevad seemne pinnale. siis on seemnetes sisalduv õhk ühenduses seemnetevahelise õhuga ja viimane omakorda välisõhuga.

Seemnetevaheline õhk on keskkonnaks, kus toimub veeauru, hapniku ja süsihappegaasi sorptsioon ja desorptsioon. Vähese poorsuse puhul on teravilja ainevahetus takistatud.

Teravilja kunstlikul õhustamisel on vaja teada seemnetevahelise ruumi suurust, mida saab arvutada järgneva valemi järgi.

$$S = \frac{1000\ d - v}{10\ d}$$

S - teravilja poorsus (%),
v - mahukaal (g/l),
d - erikaal.

Praktikas arvestatakse seemnete hulka kaalu järgi, seepärast on otstarbekas tuua valem, mille järgi saab arvutada õhu hulga kuupmeetrites, kui on teada teravilja kaal.

$$S = G \frac{d - 0{,}001\,v}{vd} \ (m^3)$$

S = teraviljapartiis leiduva õhu hulk (m^3),
G = teraviljapartii kaal (kg),

Näide. Odrapartii, mille kaal on 300 t, erikaal 1,29 ja mahukaal 675, sisaldab õhku:

$$300\,000 \frac{1{,}29 - 0{,}001 \cdot 675}{675 \cdot 1{,}29} = 211{,}9\ m^3.$$

Hingamise tõttu väheneb seemnetevahelise ruumi õhu hapnikusisaldus ja suureneb süsihappegaasi- ning veeaurusisaldus. Et seemnetevahelise ja välisõhu gaaside kontsentratsioonid on erinevad, siis tekib gaaside liikumine, et gaaside kontsentratsioonide vahesid tasakaalustada. Väikse poorsusega seemnete puhul on gaaside difusioon aeglane ja seemnetevaheline õhk värskeneb halvasti, seetõttu võib mõnel juhul seemnetel hapnikupuudust esineda. Teravilja säilitamisel tavalistes ladudes, kus puiste kõrgus küünib 2-2,5 meetrini, hapnikupuudust peaaegu kunagi ei ole, sest gaaside vahetus difusiooni teel on küllalt intensiivne.

Tuleb silmas pidada, et seemnetele on kahjulik mitte ainult hapnikupuudus, vaid ka süsihappegaasi liig, mis on tingitud halvast õhustamisest. A. G. Jakovlevi vaatlused näitasid, et kuivade seemnete säilitamisel süsihappegaasi liiga kõrget kontsentratsiooni ei esine ja seemned säilitavad pikemat aega normaalse idanevuse. Niiskete seemnete säilitamisel aga ilmnes suhteliselt kõrge CO_2 kontsentratsioon ja seemnete idanevus langes märgatavalt.

Seemned ja seemnetevaheline õhk on võrdse temperatuuriga. See nähtus võimaldab erineva temperatuuriga õhu läbipuhumise teel seemnete temperatuuri muuta soovitavas suunas. Näiteks

TRÜ Raamatukogu

isekuumenemise ärahoidmiseks on otstarbekas teraviljast puhuda läbi jahedat õhku, et sellega temperatuuri alandada. Seemnete järelvalmimise kiirendamiseks on aga soovitav seemneid soojendada sooja õhuga ventileerimise teel.

T e r a v i l j a v e n t i l e e r i m i s e k s s o b i v a õ h u v a l i k

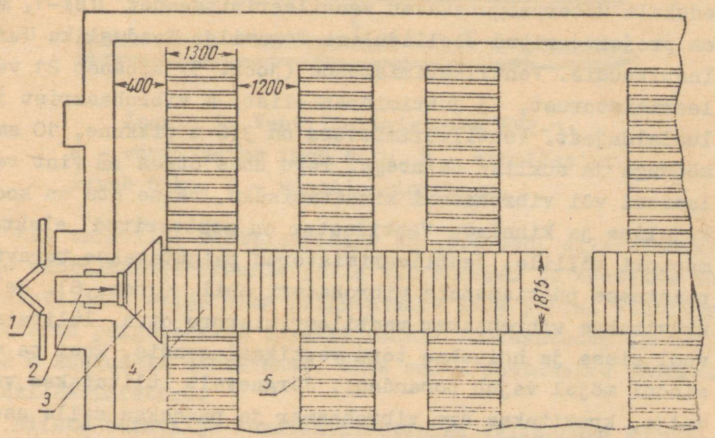
Teravilja kunstlikul õhustamisel ehk sundventileerimisel kasutatakse enamasti loomulikku, harvem soojendatud välisõhku. Et välisõhu temperatuur ja niiskus kõiguvad suurtes piirides, siis annab see võimaluse valida ventileerimiseks sellise momendi, kus välisõhu omadused on ventileerimiseks kõige kohasemad.

Sügisel pärast koristamist on teravili suhteliselt kõrge temperatuuri ja niiskusega. Isekuumenemise ärahoidmiseks on vaja teravilja niiskust ja temperatuuri kiiresti vähendada. Seda on võimalik teha ventileerimise teel, kasutades jahedat ja kuiva õhku. Peamine tingimus on, et teravili ventileerimise tagajärjel ei niiskuks. Ventileerimise otstarbekuse üle otsustamiseks on vaja teada teravilja temperatuuri ja niiskust ning välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust. Teades neid andmeid on võimalik arvutuse teel või vastavate nomogrammide ja planšettide abil leida vastus. Teravilja temperatuuri ja niiskuse andmetest saame arvutada, milline on antud juhul seemnetevahelise õhu tasakaaluline niiskus. Välisõhu kuiva ja märja termomeetri temperatuuride järgi leiame psühromeetri tabelist antud tingimustele vastava veeauru rõhu välisõhus. Kui välisõhus veeauru rõhk on kõrgem kui seemnetevahelises õhus, siis ventileerida ei või, sest seemned muutuksid niiskemaks. Kui aga välisõhu veeauru rõhk on võrdne või madalam seemnetevahelise õhu veeauru rõhust, siis on ventileerimine soovitav, sest selle tulemusel muutuvad seemned kuivemaks ja jahedamaks. Juhul kui seemned on väga jahedad ja õhk soe, tuleb arvestada ka seemnete "higistamise" võimalust. Sel juhul tuleb arvestada, millise temperatuuri omandab ventileerimiseks kasutatav õhk pärast kokkupuutumist külmade seemnetega.

Teravilja ventileerimise tehnika

Loomuliku õhustamise soodustamiseks avatakse teraviljaaida aknad ja uksed. Suuremate teraviljapartiide puhul on vaja kasutada kunstlikku õhustamist. I. J. Bahharevi uurimused näitasid, et ventileerimine annab ainult siis häid tulemusi, kui seemnetevahelist õhku vahetatakse õige palju kordi. Näiteks 16–17% niiskusega teravilja ventileerimiseks on vaja seemnetevahelist õhku vahetada 800 korda, 18–19% niiskusega teraviljal isegi 1500–2000 korda. Kui ventileerimine on liiga nõrk, siis see ainult soodustab isekuumenemise tekkimist.

Teravilja sundventileerimiseks on konstrueeritud statsionaarsed või ümberpaigutatavad ventileerimisseadmed. Praegusel ajal kasutatakse neid Nõukogude Liidus peamiselt põhilistes teraviljatootmise piirkondades. Riiklikus projekteerimisinstituudis "Promzernoprojekt" on projekteeritud ümberpaigutatavad põrandapealsed ventileerimisseadmed. Ventileerimisseade (joon. 4) koosneb suure puhumisvõimega ventilaatorist, difuusoritest, õhutorudest ja kilpidest.



Joonis 4. Ümberpaigutatava põrandapealse ventileerimisseadme skeem: 1 – uks; 2 – ümberpaigutatav ventilaator; 3 – difuusor; 4 – õhukanal; 5 – kilbid (restid).

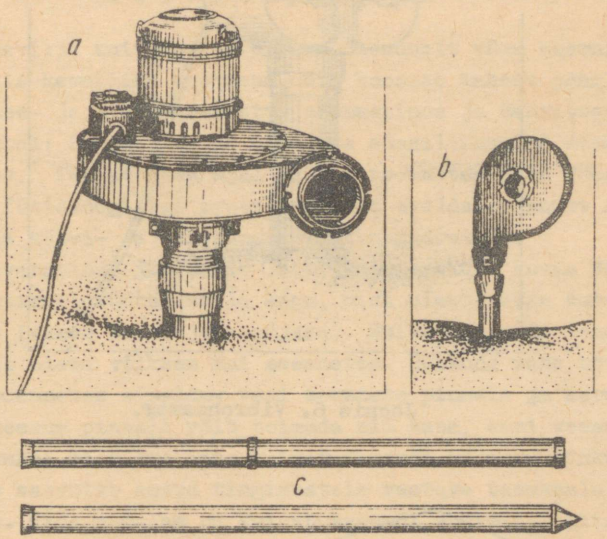
Kui asetada üksik kilp põrandale, siis jääb põranda ja kilbi vahele tühi õhuruum, sest kilpi kannavad kilbi servadele löödud lauad. Kilbi pealispind koosneb reast laudadest, mille vahele on jäetud pilud, et õhk saaks läbi kilbi tungida kilbile puistatavasse teraviljakihti. Pilude peale on asetatud kaitsed, et seemned ei variseks kilpide alla. Vahede kaitseks lüüakse kilbi servadele presentribad.

Kilbid asetatakse kindla süsteemi järgi aida põrandale ridadesse, tihedalt üksteise vastu. Järgnevalt paigutatakse teravili aita kilpidele ühtlase, vähemalt poole meetri paksuse kihina. Kui nüüd ventilaatori mootor käivitada, siis tungib õhk ventilaatori survel difuusori ja õhutorude kaudu kilpide alla ning läbi pilude teraviljasse. Siin võtab õhk vastu teraviljast soojust ja niiskust ja viib selle kaasa. Teravilja on võimalik ventileerida ka soojendatud õhuga, kui selline ventileerimisseade varustada kalorifeerahjuga. Soojendatud õhu küllastusdefitsiit on tunduvalt suurem kui jahedal õhul. Kui näiteks õhu temperatuuri tõsta ühe kraadi võrra, siis tema küllastusdefitsiit suureneb viie protsendi võrra.

Paikliku isekuumenemise likvideerimiseks kasutatakse edukalt ümberpaigutatavat ventileerimisseadet ПВУ-1, mis on projekteeritud Üleliidulise Teravilja Teadusliku Uurimise Instituudis. Ventileerimisseade (joon. 5) koosneb 21 ventileerimistorust, 3 juhtimispaneelist, 4 vibrohaamrist ja voolualaldajast. Ventileerimistoru on 3,6 m pikkune, 10 sm läbimõõduga ja auklike seintega. Toru ühes otsas on vint ventilaatori või vibrohaamri kinnitamiseks, teine ots on koonusekujuline ja kinnine. Ventilaator on monteeritud elektrimootori võllile. Ventileerimistorud paigutatakse teraviljapuistesse püstiasendis vibrohaamri abil (joon. 6). Selleks kruvitakse vibrohaamer ventileerimistoru otsa, lülitatakse vool sisse ja hoitakse toru vertikaalasendis, kuni ta vibratsiooni mõjul vajub põrandani. Järgnevalt lülitatakse vool välja, kruvitakse ära vibrohaamer ja pannakse selle asemele ventilaator ning ühendatakse juhtmetega. Elektrimootori sisselülimisel hakkab ventilaator suruma õhku ventileerimistorusse õhk tungib avade kaudu teravilja ja sealt välja.

Ventileerimistoru elektrimootori võimsus on 1 kW. Venti-

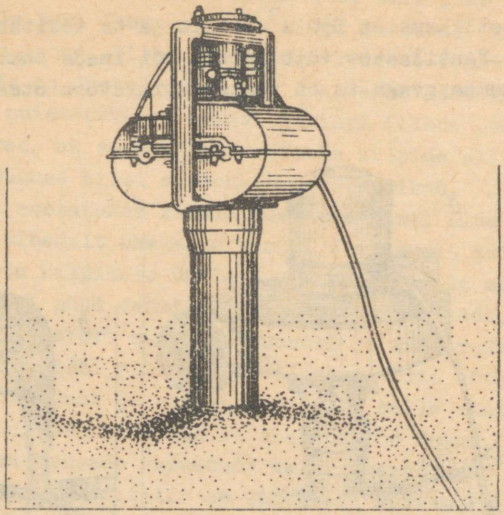
laatori tootlikkus on 550 m^3 tunnis ja ta tekitab õhusurve 160 kg/m^2. Ventilaator võib suruda või imeda õhku, olenevalt sellest, kumma avaga ta on ventileerimistoru otsa kinnitatud.



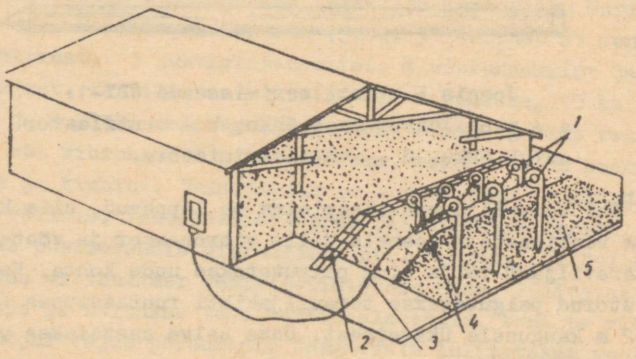
Joonis 5. Ventileerimisseade ÄBY-1:
a - ventilaator imeb õhku, b - ventilaator surub õhku, d - ventileerimistoru.

Kui teravilja ventileerimine on lõppenud, siis kinnitatakse ventilaatori asemele jälle vibrohaamer ja võetakse toru teraviljast välja ning paigutatakse uude kohta. Ventileerimistorud paigutatakse teraviljakihti ruutasetuses (joon. 7) 1,5-2 m kaugusele üksteisest. Ühte salve asetatakse vähemalt 7 ventileerimistoru.

Niiske teravilja sundventileerimine välisõnuga suudab isekuumenemist mõneks ajaks ära hoida või tõkestada, kuid mõne päeva möödumisel võib teravilja temperatuur uuesti tõusma hakata. Täielikult isekuumenemise ohtu vältida saab ainult kuivatamisega või sundventileerimise teel sooja ja kuiva õhuga.



Joonis 6. Vibrohaamer.



Joonis 7.
Ventileerimisseadme ПВУ-1 kasutamise skeem:
1 - ventileerimistorud, 2 - lauad teraviljal käimiseks, 3 - elektrijuhe, 4 - voolujagaja, 5 - teraviljakiht.

VIII peatükk

TERAVILJA KUIVATAMISE TEOORIA

K u i v a t u s a g e n t

Teravilja kuivatamine on oma olemuselt väga keeruline füüsikalis-keemiline protsess, mis koosneb kahest põhilülist: 1) soojuse- ja niiskusevahetus seemnepinna ja ümbritseva keskkonna vahel; 2) soojuse ja niiskuse edasiliikumine seemne sisemuses. Kuivatamise ajal kulgeb seemnetes rida füüsikalisi ja füsioloogilisi protsesse, mis avaldavad suurt mõju teravilja külvi- ja jahvatus-küpsetusomadustele.

Kuivatamisel juhitakse läbi teraviljakihi kuuma õhku või õhu ja kuivati küttegaaside segu, mida nimetatakse kuivatusagendiks (varem ka soojuskandjaks). Kuivatusagendi veeauru rõhk peab olema väiksem kui seemnetes. Rõhkude vahe tõttu liigub seemnetes sisalduv vesi seemnete pinnale ja aurub. Auramine seemne pinnalt võib toimuda nii kaua, kuni veeauru rõhk seemnes ei ületa enam kuivatusagendi veeauru rõhku, s. o. seeme saavutab antud tingimustele vastava tasakaalulise niiskuse. Mida madalam on kuivatusagendi suhteline niiskus, seda kiiremini seemned kuivavad.

Atmosfääriõhu kui kuivatusagendi omadusi iseloomustavad tema niiskus, termilised omadused ja keemiline koostis. Õhk peab seemnetest auruva vee vastu võtma. Veevastuvõtuvõimet iseloomustavad õhu absoluutne ja suhteline niiskus ja küllastusdefitsiit. Need mõisted on tuttavad meteoroloogiast.

Õhu termilisi omadusi iseloomustab soojusmahtuvus, s. o. soojushulk, mis kulub 1 kg õhu soojendamiseks 1° võrra. Kuiva õhu soojusmahtuvus on 0,24 kcal/kg, veeauru soojusmahtuvus aga 0,47 kcal/kg. Õhu soojusmahtuvust saame arvutada, kui teame tema absoluutset niiskust. Kui absoluutne niiskus on näiteks 15 g/kg, siis õhu soojusmahtuvus on

$$0{,}015 \cdot 0{,}47 + (1{,}000 - 0{,}015) \cdot 0{,}24 = 0{,}243 \text{ kcal/kg}.$$

Mida niiskem õhk, seda rohkem soojust kulub tema soojendamiseks.

Õhku on soojuskandjaks lihtne kasutada, sest ta soojeneb

kergesti küttepinnaga kokku puutudes või küttegaasidega segunemisel. Õhu soojusmahtuvus on suhteliselt väiksem seemnete soojusmahtuvusest. Õhku on ka väga kerge seemnetega kokkupuutesse juhtida, kasutades selleks torusid. Kuivatusõhk on soojusekandjaks ja ühtlasi ka veeauru vastuvõtjaks (siit tuleb ka nimetus "kuivatusagent").

Õhus sisalduv hapnik tungib idusse ja endospermi ning soodustab seemnete järelvalmimisprotsessi kulgu. Soodsalt mõjutab hapnik ka jahvatus-küpsetusomaduste kujunemist.

Kuivatusrežiim. Kuivatusrežiimiks nimetatakse kuivatusagendi kasutamise viisi, mida iseloomustavad temperatuur, suhteline niiskus ja liikumise kiirus.

Loomuliku kuivatusrežiimi puhul on kuivatusagendi ja seemnete temperatuurid peaaegu võrdsed, õhu küllastusdefitsiit on väike ja aurumine toimub aeglaselt. Loomulikku kuivatusrežiimi kasutatakse teravilja kuivatamisel stepirajoonides.

Kunstlikul kuivatamisel on kuivatusagendil kõrge temperatuur ja suur küllastusdefitsiit. Seemnetes leiduv vesi muutub kiiresti auruks ja liigub seemne pinnale ning sealt ümbritsevasse keskkonda. Seemnete kuivamine läheb sellistes tingimustes ruttu, eriti siis, kui kuivatusagent liigub kiiresti läbi teraviljakihi.

S e e m n e t e s l e i d u v a v e e i s e ä r a s u s e d

Seemnetes leiduv vesi on mitmesuguste tungidega seotud. Kõige tugevamini on seotud konstitutsiooniline vesi, mis kuulub keemiliste ühendite koostisse. Seda pole kuivatamise teel võimalik eraldada. Hügroskoopne vesi paikneb rakkudevahelistes ruumides ja rakkudes, täites kapillaare ja poore. Osa hügroskoopsest veest on seemne pinnal adsorbeeritud kujul. Hügroskoopset vett saab eraldada, kuivatades seemneid 105° juures. Suur osa seemnetes sisalduvast veest on seotud sorptsiooni tõttu. Et seemnetes on hästi arenenud osmoosinähtused, siis leidub neis ka osmootset vett, mida seovad osmoosijõud. Seemnete pinnal võib leiduda ka mehhaaniliselt seotud vett. Seemnete veesidumise võimet iseloomustab seemnete maksimaalne veemahtuvus ja maksimaalne sorptsiooniline veemahtuvus.

Maksimaalne veemahtuvus on vee hulk, mida seemned võivad siduda, kui neid hoida vees. Maksimaalne sorptsiooniline veemahtuvus ehk hügroskoopne niiskus on vee hulk, mille seemned võivad sorbeerida, kui neid hoida 98–100% suhtelise niiskusega õhus. Hügroskoopne niiskus on väiksem maksimaalsest veemahtuvusest peamiselt osmootse vee arvel, sest mehhaaniliselt seotud vett esineb seemnetes harva.

Kuivatamisel eraldub kõige enne mehhaaniliselt seotud vesi, sest see on seemnetega kõige nõrgemini seotud. Mehhaaniliselt seotud vesi läheb üle osmootselt seotud veeks, mis täidab kapillaare ja poore. Osmootse vee eraldamiseks on vaja teatud tunge, mis ületaksid osmootse rõhu. Osa osmootsest veest, mis on suuremates kapillaarides ja poorides, eraldub varem, teine osa, mis on peenemates kapillaarides ja tugevamini seotud, eraldub hiljem.

Hügroskoopne vesi võib esineda seemnetes auruna või vedelana, sest teatud tingimustel võib toimuda seemnetes kapillaarne kondensatsioon. Hügroskoopne vesi on tunduvalt tugevamini seotud kui osmootne vesi. Mida paksem on kolloidide vesikest, seda kergemini võib vesi vabaneda. Õhukese vesikestaga kolloidid seovad vett väga tugevasti ja see vabaneb ainult veidi kergemini kui konstitutsiooniline vesi. Muidugi oleneb vee sidumise tugevus seemnete keemilisest koostisest ja anatoomilisest ehitusest.

Mehhaaniliselt seotud ja osmootset vett võib seemnetes esineda näiteks seemnete "higistamisel" või pärast märgpuhtimist. Kuivatamisel harilikult eraldatakse osa hügroskoopset vett, mis on seemnetega nõrgemini seotud. Seda vett nimetatakse sageli ka "vabaks" ja ülejäänud, tugevamini seotud vett "seotud veeks". "Seotud" ja "vaba" vee vahel ei ole kindlat piiri.

N i i s k e d s e e m n e d k u i k u i v a t u s o b j e k t

Seemneid peab kuivatama sellistes tingimustes, kus ei teki ebasoodsaid muutusi seemnete ainevahetuses. Intensiivsema ainevahetusega seemned on kuumutamise suhtes tundlikumad, sest nende hingamisel tekib juba märgatavalt soojust ja soo-

juse lisamine väljastpoolt tekitab seemnete ülekuumenemise ja eluvõime kaotuse. Et just niisked seemned on intensiivse ainevahetusega, siis tuleb nende kuivatamisel temperatuuriga eriti ettevaatlik olla.

Niisked seemned on paisunud ja kuivatamisel väheneb nende maht sageli 40-50% võrra või rohkemgi, olenevalt seemnete keemilisest koostisest. Kiire ja ebaühtlase kuivamise puhul võivad eri koed seemnetes erinevalt kokku tõmbuda ja seejuures tekkida nii suured pinged, mis põhjustavad kudedes rebenemisi ja sellega alandavad külvi- ja tehnoloogilisi omadusi.

Kuivatamisel on suure tähtsusega seemnete niiskusejuhtivus, sest sellest oleneb vee liikumise kiirus seemnetes. Seemnete niiskusejuhtivus oleneb kultuurist, seemnete anatoomilisest ehitusest, keemilisest koostisest ja temperatuurist. Suurte pooride ja kapillaaridega ning tärkliserikkad seemned juhivad niiskust paremini kui väikeste kapillaaridega valgurikkad seemned. Niiskusejuhtivus suureneb temperatuuri tõusmisel.

Rukkiseemned sisaldavad tähelepandava hulga kolloidide ja nendest moodustunud geele, mis täidavad kõiki kesta poore ja takistavad kuivamist. Seetõttu vajab rukis kuivamiseks rohkem aega kui nisu, kuid väiksema valgusisalduse tõttu võib kuivatamiseks kasutada mõnevõrra kõrgemat temperatuuri. Teraviljadest vajab nisu kõige pehmemat kuivatusrežiimi, sest ta on valgurikas ja peenikeste kapillaaridega, mis vähendab niiskusejuhtivust.

Nisu kuivatamise režiimist veelgi pehmemat režiimi vajavad kaunviljade (herne ja oa) suured ja valgurikkad seemned. Kaunviljaseemnete kestad ja idulehed on väga väikse niiskusejuhtivusega, seetõttu võib perifeerses kihis tekkida seemne ülekuivamine, sisemises kihis on aga niiskust veel liigselt. Selle tõttu tekivad sageli nii suured pinged, et seemne kest ja ka seeme kuivatamisel lõhkevad ja kaotavad suurema osa oma väärtusest. Seda arvesse võttes tuleb kaunviljaseemneid kuivatada aeglaselt madalas temperatuuris. Kiirel kuivatamisel võivad toimuda kaunviljaseemnete valkaines ebasoovitavad muutused.

Spetsiaalset kuivatusrežiimi vajavad maisiseemned. Seemnemaisi kuivatatakse enamasti tõlvikutes. Maisi kuivatamist takistab ja raskendab asjaolu, et enamik endospermi on kaetud paksu sarvkestaga ja ainult idu on õhema kestaga. Idupoolne osa aga peitub tõlvikurootsu pesas. Tõlvikuroots on harilikult kõrgema niiskusesisaldusega kui seemned, sellepärast peab kuivatamisel kõigepealt vähendama tõlvikurootsu niiskust ja alles siis saab väheneda seemne niiskus. A. N. Repini vaatlustes oli maisiseemnete niiskusesisaldus 29% ja tõlvikurootsudes 43%. Tõlvikurootsu katvad seemned omakorda takistavad rootsu kuivamist, sest nad isoleerivad rootsu suurelt osalt soojuse juurdevoolust ja takistavad niiskuse aurumist. Seetõttu vajavad maisitõlvikud kuivatamise algul eriti madalat temperatuuri ja kui seemned ning roots on juba tunduvalt kuivanud, võib temperatuuri tõsta.

Peenikesi siledaid seemneid (näit. ristik, lutsern jt.) on tülikas kuivatada, sest nad moodustavad tiheda vähese poorsusega massi, millest kuivatusagent raskesti läbi tungib. Samal ajal ei kannata liblikõieliste valgurikkad seemned kõrget kuivatustemperatuuri. Selliste seemnete kuivatamiseks peab olema hea ventilatsioon ja kuivatis tuleb kasutada õhukest kihti.

T e m p e r a t u u r i r e ž i i m k u i v a t a m i s e l

Kuivatusagendi temperatuuri tõstmine kiirendab kuivatamist, kuid võib vähendada seemnete kvaliteeti, eriti siis, kui seemned on väga niisked. A. I. Smirnov uuris kuivatustemperatuuri ja kuivatamise kestuse mõju mitmesuguse niiskusega nisuseemnete idanevusele (tabel 12).

Tabelist näeme, et kuivatustemperatuur 40° kõlbab kuni 25% niiskusega seemnete kuivatamiseks, kuid 30% niiskusega seemnetel põhjustab ta juba idanevuse alanemist. Seega tuleks üliniiskeid seemneid vähemalt kuivatamise alguses kuumutada mitte üle 30-35°. 50° temperatuuril võib kuivatada ainult seemneid, mille niiskus ei ületa 18%, ja sedagi lühikest aega.

Tabel 12

Kuivatustemperatuuri mõju nisu idanevusele
(A. I. Smirnovi järgi)

Kuivatamise kestus minutites	Kuivatustemperatuur	Seemnete idanevus (%), olenevalt niiskusest		
		18%	25%	30%
Kontroll	-	99	100,0	100,0
30	40	99,5	98,0	99,0
60	40	98,5	100,0	91,0
90	40	98,5	100,0	86,5
10	50	99,0	97,5	47,6
20	50	99,0	95,0	13,5
30	50	99,0	90,0	10,5
60	50	99,5	80,5	0
90	50	96,0	78,0	0
5	60	-	3,5	0,5
10	60	-	0	0,5
20	60	-	0	0
30	60	27,5	0	0
60	60	32,5	0	0
90	60	19,5	0	0

Tabelist saame järeldada, et seemnete temperatuuri võib tõsta kuivatamisel, vastavalt sellele, kuidas nende niiskusesisaldus väheneb.

Seemnete temperatuur on alati tunduvalt madalam kuivatusagendi temperatuurist. A. N. Repini andmetel oli šahtkuivatis kuivatusagendi temperatuur 63° ja seemnete temperatuur tõusis 32°; teisel juhul oli kuivatusagendi temperatuur 76° ja seemnete temperatuur tõusis 40°.

Et seemnevilja kuivatamine madalas temperatuuris ei toimuks liiga aeglaselt, on vaja kiirendada kuivatusagendi liikumist.

Kuivatusagendi temperatuur 70° on teravilja kuivatamisel enamasti sobiv, sest siis ei tõuse seemnete temperatuur üle 40°. Kõrgema temperatuuri puhul esineb juba seemnete kvaliteedi langus. Tuleb silmas pidada, et sageli liiga kõr-

gete kuivatustemperatuuridega rikutud seemnete idanevus ei lange kohe pärast kuivatamist, vaid isegi tõuseb. Tunduv idanevuse langus kuivatamise tagajärjel võib ilmneda alles mitme kuu möödumisel. Mõnikord ei järgne seemnete "kõrvetamisele" üldse idanevuse langust, kuid saak langeb märgatavalt. Näiteks A. N. Repini katsetes vähendas kuivatusagendi temperatuur 120° nisu idanevust ainult 4% võrra, kuid saak vähenes üle 2 korra.

Kuivatusagendi optimaalne temperatuur sõltub seemnete ainevahetusest ja bioloogilistest iseärasustest ning kuivati konstruktsioonist. Harilikult kasutatakse seemnevilja kuivatamisel järgmist temperatuurirežiimi (tabel 13).

T a b e l 13

Temperatuurirežiim seemnete kuivatamisel

Kultuurid	Temperatuur C°	
	kuivatusagendil	seemnetel
Nisu, rukis, oder, kaer	60–70	40–42
Hernes, vikk, lääts	55–65	43–45
Tatar	45–65	38–40

Järelvalmimata seemned on tundlikud ülekuumenemise vastu, sest nende kestade läbilaskvus on eriti väike. Et nimetamisväärset auramist ei ole, siis seemned ei jahtu ja sageli kuumenevad üle lubatud piiri. Ka võib temperatuuri tõusmisel järsult suureneda hingamise intensiivsus ja selle tagajärjel vabanev soojushulk, mis seemnete temperatuuri veelgi tõstab. Tagajärjeks võib olla valkude denatueerumine, mis põhjustab külvi- ja jahvatus-küpsetusomaduste langust.

K u i v a t u s p r o t s e s s

Vee liikumine seemnetest ümbritsevasse keskkonda toimub termodünaamika seaduste järgi ja kestab niikaua, kuni veeauru rõhk seemnetes ja väliskeskkonnas muutub võrdseks, see on, seemned saavutavad antud tingimustele vastava tasakaalulise niiskuse. Tegelikult tasakaalu siiski ei saabu, sest kuivatusagent, mis moodustab seemneid ümbritseva keskkonna,

vahetub pidevalt ja pealegi kuluks tasakaalulise niiskuse saabumiseks liiga kaua aega.

Mehhaaniliselt seotud vesi eraldub seemnete pinnalt aurumise teel, sest ta on nõrgalt seotud ja otseses kontaktis seemet ümbritseva õhuga.

Osmootne ja hügroskoopne vesi eralduvad seemnest gaasside ja vedelike difusiooniseaduste põhjal, liikudes väiksema kontsentratsiooni suunas. Kui seemne pinnalt on kogu niiskus eraldunud, siis tekib uus auramistsoon seemne kestas ja kestalähedases endospermikihis. Auramistsoonis muutub vesi auruks ja eemaldub kuivatusagendiga, seemne sügavamatest kihtidest aga liigub vesi auramistsooni. Mida suurem on niiskusegradient (auramistsooni ja sügavamate kihtide niiskusesisalduse vahe), seda kiiremini toimub kuivamine. Niiskusegradienti on võimalik suurendada kuivatusagendi suhtelise niiskuse vähendamise ja liikumise kiiruse suurendamise teel.

Igal kultuuril on teatud piir, milleni on võimalik tõsta kuivatamise kiirust ilma seemet vigastamata. Piiri määrab peamiselt idu asukoht seemnes. Kui idu asetseb kesta lähedal, siis võib ta jääda väljapoole auramistsooni ja üle kuumeneda, sest puudub jahutus auramise näol.

Seemnete vastupidavus kuivatamisel oleneb ka seemnete keemilisest koostisest. Tärkliserikaste seemnete endosperm talub palju paremini auramistsooni kandumist seemne sügavusse, võrreldes valgurikaste seemnetega, sest viimastel võib esineda valkude denaturatsioon.

A. V. Lõkovi (1950) teoreetilised uurimused näitasid, et kuivatamisel eraldub vesi kõige enne jämedamatest kapillaaridest ja hiljem peenematest. Seemnete niiskusejuhtivus oleneb temperatuurist ja niiskusest. Niiskusesisalduse vähenemisel niiskusejuhtivus väheneb, seepärast kuivatamise lõpul, kui niiskusesisaldus on madal, võib kergesti tekkida seemnete ülekuumenemine, sest puudub aurumise jahutav mõju.

Termodifusiooni seaduse järgi liigub niiskus soojuse liikumise suunas. Kuivatamise algul, kui soojus liigub seemne pinnalt sügavamasse kihti, toimub niiskuse liikumine samas suunas ja seega meile ebasoovitavalt. Kõrged temperatuuri-

gradiendid võivad tekkida külmade seemnete kuivatamisel, sellepärast on soovitav seemneid kuivatada peatselt pärast koristamist, kui nad on veel suhteliselt soojad. Soojades seemnetes aurab ja liigub vesi kiiremini.

K u i v a t u s k a d u d e a r v e s t a m i n e

Kuivatamisel teravilja kaal väheneb auruna lahkunud niiskuse arvel. Sageli arvatakse, et seemnete protsentuaalne kuivatuskadu on võrdne niiskuseprotsentide vahega enne ja pärast kuivatamist. Tegelikult teravilja kuivatuskadu, kui niiskus on enne kuivatamist 20% ja pärast kuivatamist 15%, ei ole mitte 5%, vaid 5,88%. Vahe on põhjustatud sellest, et teraviljakoguste kaal, millest niiskusesisaldus enne ja pärast kuivatamist arvutati, oli erinev. Kuivatuskao õigeks arvutamiseks on valem:

$$\text{Kuivatuskadu esialgsest kaalust (\%)} = \frac{100(Na - Nl)}{100 - Nl}$$

Na - seemnete niiskus enne kuivatamist (%),
Nl - seemnete niiskus pärast kuivatamist (%).

Kui valemit muuta, siis on võimalik leida kaaluline kuivatuskadu järgmiselt:

$$\text{Kuivatuskadu (kg)} = \frac{S(Na - Nl)}{100 - Nl}$$

S - seemnete kaal enne kuivatamist (%);
Na - seemnete niiskus enne kuivatamist (%),
Nl - seemnete niiskus pärast kuivatamist (%).

Näide. Kui suur on kuivatuskadu, kui kuivatamisele antakse 4000 kg rukist, mille niiskus enne kuivatamist oli 23% ja pärast kuivatamist 13%?

$$\text{Lahendus. Kuivatuskadu} = \frac{4000(23 - 13)}{100 - 13} = 458 \text{ kg.}$$

IX peatükk

TERAVILJAKUIVATID JA NENDE KASUTAMINE

T e r a v i l j a k u i v a t a m i s e v i i s i d

Teravilja kuivatatakse looduslikult või kunstlikult. Looduslikul kuivatamisel kasutatakse kuivatamiseks välisõhu soojust ja õhu liikumist, kunstliku kuivatamise puhul aga selleks ehitatud seadeldisi - kuivateid. Kunstliku kuivatamise viiside hulka kuulub ka sorptsioonkuivatus, mis ei vaja erilisi kuivateid. Sorptsioonkuivatusel segatakse näiteks kaunviljaseemned mõne hästi niiskust sorbeeriva materjaliga, näiteks kaeraseemnete, aganate või turbapuruga. Kaunviljaseemnete niiskus liigub sorbenti, järgnevalt eraldatakse sorbent seemnetest ja kuivatatakse. Pärast kuivatamist võib sorbendi uuesti segada kuivatatavate seemnetega ja jälle kuivatada. Sellisel meetodil võib olla suuri perspektiive, kui konstrueeritakse vajalikud segajad ja eraldamismasinad.

Teravilja looduslik kuivatamine. Teravilja looduslikku kuivatamist kasutatakse peamiselt stepirajoonides, kus sügisel on vähe sademeid ja palju päikesepaistet ning tuult. Teravilja kuivatatakse selleks rajatud väljakutel sooja ja kuiva õhu käes. Väga soodsa toimega on ka otsene päikesepaiste, sest ultravioletkiired soodustavad seemnete järelvalmimist ja jahvatus-küpsetusomaduste paranemist. Ultravioletkiirte mõjul hukkuvad ka paljud kahjulikud mikroorganismid.

Paremate kuivatuskohtadel on maapind kaetud asfaldiga või isegi betoneeritud. Laialt kasutatakse ka tambitud väljakuid. Teravili puistatakse kuivatusplatsile õhukese, 5-10 sm paksuse kihina. Kuivatamise kiirendamiseks paigutatakse vilja pidevalt ühest kohast teise, kasutades selleks mitmesuguseid mehhanisme, näiteks teisaldatavaid tigutransportööre, kraaptransportööre, mehhaanilisi kühvleid ja pneumaatilisi transportööre ning mitmesuguse konstruktsiooniga viljapuhureid.

Ühe tonni nisu paigutamiseks vajatakse 13, odrale - 17 ja kaerale 22 m^2 pinda. Kuivatamise kiirus oleneb temperatuurist, õhuniiskusest ja tuulest.

T e r a v i l j a k u i v a t i t e k l a s s i f i k a t s i o o n

Liikuvuse printsiibi järgi jagunevad kuivatid statsionaarseteks ja teisaldatavateks (ümberpaigutatavateks). Kuivatusagendina kasutatakse: 1) õhku - kalorifeerkuivatid; 2) õhu ja küttegaaside segu.

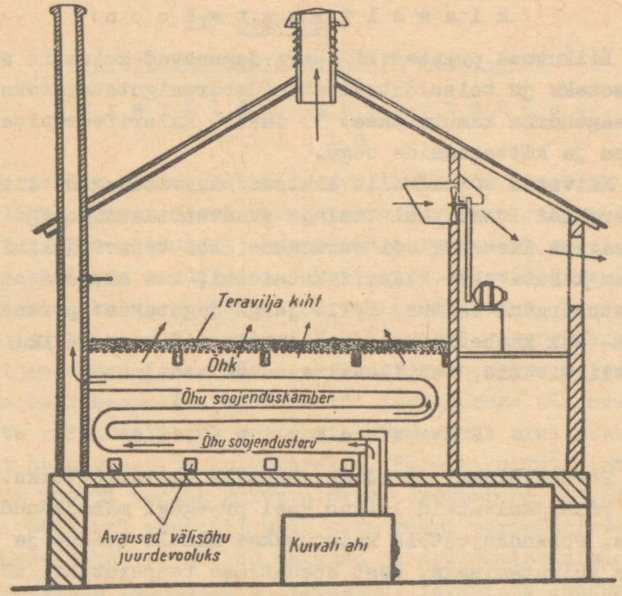
Kuivatid võivad olla lihtsad: kuivatusagent liigub läbi terakihi loomulikul teel ja sundventilatsiooniga - kuivatusagent imetakse või surutakse läbi teraviljakihi. Kõige rohkem kasutatakse klassifikatsiooni, kus aluseks on võetud kuivatusorgani ehitus. Selle järgi jagatakse: põrandkuivatid, plekk- ehk kamberkuivatid, šahtkuivatid, trummelkuivatid, žalusiikuivatid, ventileeritavad salved jne.

P õ r a n d k u i v a t i d

Põrandkuivati on kõige vanemaks kuivatitüübiks. Üksikuid põrandkuivateid leidub veel praegugi mahajäänud rajoonides. Põrandkuivateid kasutatakse ainult toidu- ja söödavilja kuivatamiseks, sest ebaühtlase temperatuuri tõttu kaotab seemnevili siin kergesti idanevuse. Põrandkuivati kujutab endast suurt madalat ahju, mille lage kasutatakse kuivatamiseks. Sellise ahju kuivatuspind (põrand) võib olla 9–20 m^2 ja seal võib kuivatada ööpäevas 1,5–3 t teravilja. Kuivatamisaeg kestab harilikult 2–3 tundi. Et selline kuivatusviis nõuab palju kütet ja käsitsitööd, siis leiab ta vähe kasutamist. Paljud põrandkuivatid on ümber tehtud plekkkuivatiteks sel teel, et asetatakse põrandast 30–40 sm kõrgemale kuivatusplekid.

P l e k k- e h k k a m b e r k u i v a t i d

Plekk- ehk kamberkuivatid on kõige rohkem levinud Eesti, Läti ja Leedu NSV-s, vähesel hulgal leidub neid ka Ukrainas jt. liiduvabariikides. Plekk-kuivati võimaldab kuivatada mitmesuguseid kultuure (tera- ja kaunvilja, heinaseemneid, linavarsi jne.) Plekk-kuivati ehitus ja kasutamine on väga lihtne (joonis 8).



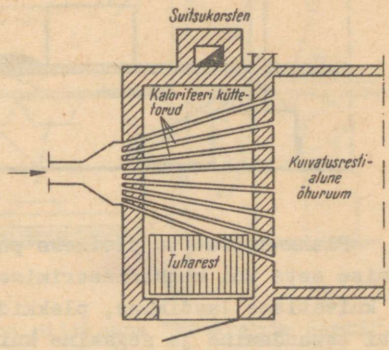
Joonis 8. Plekk-kuivati skeem.

Lihtsate mehhaniseerimata truubiküttega plekk-kuivatite puuduseks on madal tootlikkus. Korraga mahub kuivatisse umbes 50 kg teravilja 1 m^2 plekipinna kohta, seega on 50 m^2 suuruse põrandaga kuivati tootlikkus ööpäevas 25–30 ts. Pealegi on need kuivatid väga tuleohtlikud ja neis töötamine on kurnav. Seepärast praegu enam mehhaniseerimata truubiküttega plekk-kuivateid ei ehitata. Suuremaid plekk-kuivateid on otstarbekohane ümber ehitada, sest see ei võta eriti palju kulu.

Plekk-kuivati tootlikkust on võimalik tõsta 2–3 korda, kui rakendada sundventilatsiooni ja varustada kuivati truubikütte asemel kalorifeerahjuga. Sundventilatsiooni saavutamiseks tuleb kuivatuskambri lakke teha toru ning sellesse paigutada elektrimootor ja ventilaator (joonis 8). Väiksema kuivati puhul võib ventilaatoril olla 4-tiivaline tiivik läbimõõduga 400–450 mm, suurema kuivati puhul võiks läbimõõt

olla 600 mm. Soovitav pöörete arv oleks 2500-3000 pööret minutis. Sellise kiiruse saavutamiseks peab mootori võimsus olema 1,5-3 kW. Töötamise ajal imeb ventilaator kuivatuskambrist välja niiske jahtunud õhu ja tekitab sellega sooja õhu kiirema liikumise läbi teraviljakihi. Ventilaator tekitab hea tõmbuse siis, kui kuivatuskambri seinad on õhukindlaks tehtud.

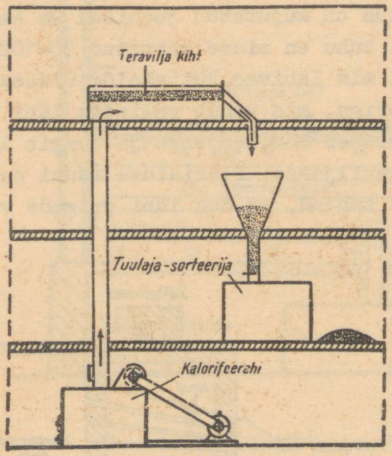
Kalorifeerahju ehitus on kujutatud joonisel 9. Kalorifeerahjul on küttekolle, kuhu on sisse ehitatud 50-100 5-sm-se läbimõõduga õhutoru, mis läbivad küttekolde ülaosa. Ahi on varustatud ventilaatoriga, mis puhub välisõhu läbi torude kuivatuspleki all. Torudes õhk soojeneb ja tungib läbi plekis olevate avade teraviljasse. Plekialuse ruumi seinad peavad olema õhukindlaks tehtud, et õhk läbi pragude välja ei tungiks.



Joonis 9.
Kalorifeerahju skeem pealtvaates.

Plekk-kuivati üheks variandiks on nn. kastkuivati (joon. 10). Teravilja kuivatamiseks on siin 2-3 kuivatuskasti, mille põhjad on perforeeritud plekist. Kasti küljed on 25-35 sm kõrgused ja õhukindluse saavutamiseks plekiga üle löödud. Kuivatuskasti puistatakse teravili 15-20 sm paksuse kihina ja tasandatakse. Kuivati küttekoldeks on kalorifeerahi, kus välisõhk soojeneb 60-70° ja tungib siis ventilaatori survel kuivatuskastide alla suunduvasse torustikku. Torud on varustatud siibritega, mis võimaldavad juhtida sooja õhku ühe või

mitme kasti põhja alla. Kui kuivatuskasti parajasti tühjendatakse või täidetakse, siis selle kasti alla sooja õhku ei juhita. Selline moodus võimaldab sooja õhku ja kütet kokku hoida. Vaatlused näitavad, et kastkuivatid võimaldavad kuivatada ööpäevas 100–200 kg teravilja kuivatuskasti põhjapinna ühe ruutmeetri kohta.



Joonis 10.
Kastkuivati skeem.

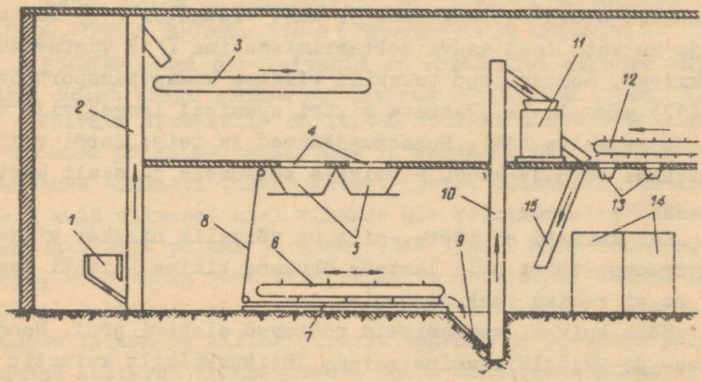
Plekk-kuivatite üldiseks puuduseks on madal mehhaniseerimise aste või mehhaniseerimise täielik puudumine. Teravilja kuivatisse laadimine, plekkidele laialipuistamine, terakihi tasandamine ja segamine kuivatamise ajal ja kuivati tühjaks laadimine on täielikult mehhaniseerimata. Samuti on mehhaniseerimata kütmine ja tuha eraldamine.

Suuremad kasutuskõlblikud kuivatid tuleks mehhaniseerida, kui seda on võimalik teha ilma eriti suurte ümberehitusteta. Kõige parem on muidugi ehitada täielikult mehhaniseeritud aitkuivatid.

Ümberehitatud kuivatites on rakendatud teravilja kuivatisse laadimiseks elektrivintse või plokke, mis tõstavad koti üles vertikaalselt või erilise käruga mööda kaldsuunalist teed. Kottide laialikandmist kuivatis ja kottide kuivatist väljavedu on võimalik mehhaniseerida ripptee ehitamise-

ga. Kui kuivati on aidaga ühe katuse all (ait-kuivati), siis saab kuivatist teravilja otse salvedesse juhtida, kasutades selleks kaldtorusid või transportööre.

Mitmetes Eesti NSV eesrindlikes majandites on ehitatud suure läbilaskevõimega ja hästi mehhaniseeritud kuivatid. Toome siin Pärnu linna piirkonna "Nõukogude Eesti" kolhoosi plekk-kuivati kirjelduse. Kuivati paikneb omaette hoones viljaaitade kõrval. Kuivatihoone otsmises ruumis (joon. 11) on teravilja vastuvõtu punker, kuhu isekallutajatest puistatakse teravili. Harilikke veoautosid tühjendatakse külje-luukide avamisega.



Joonis 11. Pärnu linna piirkonna "Nõukogude Eesti" kolhoosi teraviljakuivati tehnoloogiline skeem:
1 - vastuvõtupunker, 2 - koppelevaator, 3 - linttransportöör, 4 - avad vilja läbilaskmiseks, 5 - punker, 6 - kettliisttransportöör, 7 - kuivatusplekid, 8 - tross, 9 - punker, 10 - elevaator, 11 - sorteerimismasin, 12 - kraaptransportöör, 13 - avad vilja läbilaskmiseks, 14 - salved, 15 - juhttoru (jagaja kaldtoru).

Elevaator (2) tõstab teravilja kuivati laele linttransportöörile 3. Sealt langeb teravili läbi kuivati lakke tehtud avade (4) nelja punkrisse (5), mis asuvad kuivatusplek-

kide kohal. Kuivatusplekid on jagatud kahte sektsiooni, mille mõõdud on 3 x 5 m. Kui kuivati laes asuvate punkrite siibrid avada, siis variseb vili kuivatusplekkidele (7). Vilja ühtlaseks jaotamiseks ja segamiseks kuivatamise ajal on valmistatud spetsiaalsed segistid (6). Segisti võib töötada kahes suunas, et vältida teravilja kandmist sektsiooni ühte ossa.

Kuivatusplekkide all on 10 sm sügavune vaba ruum, kuhu kalorifeerahju ventilaator surub kuuma õhu. Kuum õhk tungib läbi kuivatuspleki avade, teraviljakihi ja väljub siis jahtunult ja niiskunult kuivati laes olevate avade kaudu. Kuivati läbilaskevõime on 1,5-2 t tunnis.

Tühjendamiseks tõstetakse sektsiooni tagumine serv elektrivintsi abil trossiga üles ja vili variseb kuivatusplekkide kõrval olevasse punkrisse 9, kust elevaator (10) tõstab vilja kuivati lael asuva sorteerimismasina (11) vastuvõtupunkrisse. Sorteeritud teravili viiakse kraaptransportööriga (12) aida laele. Vastava siibri avamisel langeb vili ühte või teise salve (14). Puhastusjäätmed ja teise sordi vili juhitakse toru 15 kaudu alumisele korrusele ja sealt kotti või salve.

Kui kuivati ei tööta, siis on võimalik niisket vilja linttransportööri abil laotada õhukese kihina kuivati laele, et ei tekiks isekuumenemist.

Kõik kuivati mehhanismid töötavad elektri jõul. Nende sisse- ja väljalülitamine toimub lülituskilbilt kuivatit teenindava töölise poolt.

Kuivati käitamiseks vajalik elektrimootorite koguvõimsus on 10,4 kW.

Hästi mehhaniseeritud plekk-kuivatid on ehitatud ka Alavere ja Mõniste sovhoosis ja mujal.

Š a h t k u i v a t i d

Šahtkuivatid on suure võimsusega ja võimaldavad tööprotsessi hästi mehhaniseerida, seepärast on nad laialt levinud. Et kuivatamine toimub kiiresti, siis nimetatakse meil šahtkuivateid sageli "kiirkuivatiteks". Mõned agronoomid arvavad, et šahtkuivatid ei sobi seemnevilja kuivatamiseks. See arvamus on väär. Kui teravili on eelnevalt puhastatud ja kuiva-

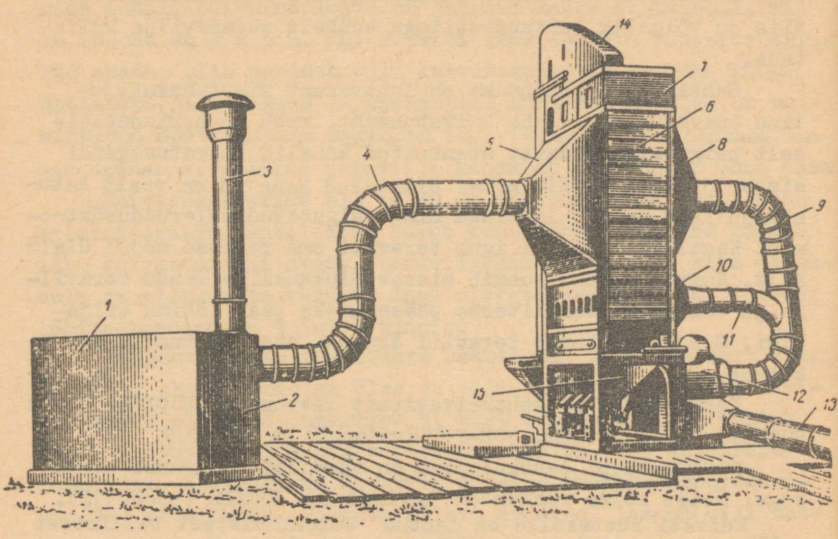
taja küllalt hoolas kuivatustemperatuuri kontrollimisel, siis on võimalik šahtkuivatitega edukalt seemnevilja kuivatada.

Šahtkuivati põhiosaks on lehtrauast risttahukakujuline kuivatuskamber ehk kuivatusšaht, kuhu on horisontaalselt paigutatud plekist stantsitud kanalid kuivatusagendi sisse- ja väljajuhtimiseks. Nimetatud kanalid on pealt katusekujulised ja alt lahtised ning paigutatud maleruudusüsteemis. Kanalite vahel liigub teravili oma raskuse mõjul ülalt alla. Kuivatusagent tungib sissevoolukanalite kaudu teravilja ja väljavoolukanalitesse pääsemiseks peab läbima viljakihi. Seejuures annab teravili ära osa oma niiskusest ja kuivab.

Eesti NSV-s on šahtkuivatitest levinud 3C BUCXOM, C3C-2 BUCXOM, C3C-8 BUCXOM, 3СП-2 ("Кузбасс") ja СПК-0,7.

BUCXOM-tüüpi šahtkuivatid on võrdlemisi sarnase ehitusega. Neist kõige rohkem on levinud 3C BUCXOM (joon. 12).

Kuivati küttekolle on laotud tulekindlatest tellistest ja koosneb põlemis-, sadestus- ja segukambrist. Kütmiseks kasutatakse enamasti tahket kütust (puit, põlevkivi, kivisüsi jne.), kuid viimasel ajal viiakse üle vedelküttele. Kütus peab ühtlaselt põlema ja andma vähe tahma. Mida vähem suitsu tekib, seda vähem jääb teraviljale suitsulõhna. Kütuse põlemisel tekkinud suits suundub sadestuskambrisse, kus suitsugaaside liikumise kiirus järsult väheneb ja seetõttu põlevad sädemed kustuvad (sadestuvad). Suits imetakse segukambrisse, kus on hulk malmvardaid, mille vastu põrgates sädemed kustuvad. Segukambri peal on siibriga varustatud korsten ja külma õhu klapp. Kuivati soojendamisel on korstna siiber avatud ja suits läheb korstna kaudu välja. Kuivati töötamisel on aga korstna siiber suletud ja ventilaator imeb suitsu toru kaudu kuivatusšahti ning sealt välja. Et küttekoldes on suitsul liiga kõrge temperatuur, siis selle alandamiseks avatakse külma õhu klapp ja juhitakse segukambrisse välisõhku. Kui klapp on liig palju avatud, siis langeb õhu ja suitsugaaside segu (kuivatusagendi) temperatuur liiga madalale ja kuivatamine jääb selle tagajärjel õige aeglaseks. Kuivatusagendi õige temperatuuri reguleerimiseks on ühendustorusse paigutatud termomeeter.



Joonis 12. Šahtkuivati 3C BUCXOM üldvaade:
1 - küttekolle, 2 - segukamber, 3 - korsten, 4 - kuivatusagendi voolutoru, 5 - sisselaskedifuusor, 6 - kuivatusšaht, 7 - ülemine punker, 8 - väljalaskedifuusor, 9 - imemistoru, 10 - jaheda õhu difuusor, 11 - imemistoru, 12 - ventilaator, 13 - äravoolutoru, 14 - elevaator, 15 - väljalaskemehhanism.

Elevaator tõstab vastuvõtupunkrisse puistatud teravilja kuivatusšahti peal asuvasse punkrisse. Ülemisest punkrist langeb teravili oma raskuse mõjul kuivatusšahti kanalite vahele ja sealt väljalaskemehhanismi avade kaudu välja. Teravilja liikumise kiirust šahtis reguleerib väljalaskemehhanism. Selle aeglase töötamise korral liigub vili šahtis aeglaselt ja kuivab rohkem, kiirema liikumise korral aga kuivab vähem. Kuivatusšahti külgedel on kuivatusagendi jaotuskambrid - di-

fuusorid. Kuivatusšahti ülemises osas on kuivatus- ja alumises osas jahutustsoon, kus läbi teravilja imetakse jahedat välisõhku. Kuivatusšahti all on alumine punker, kuhu valgub kuivanud teravili. Punker on varustatud avadega ja kotihoidjatega vilja väljalaskmiseks. Kuivati 3C BUCXOM võimsuseks on arvestatud 1 t teravilja tunnis niiskuse alandamisega kuni 6%.

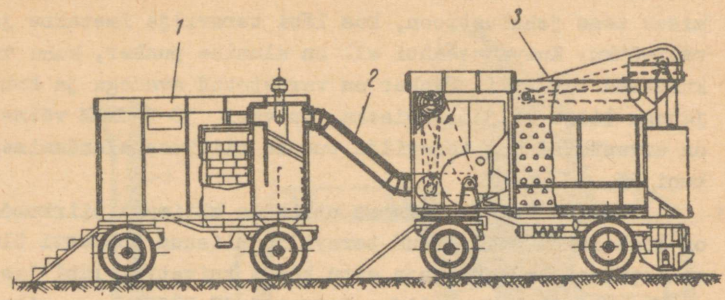
Eesti NSV-s ja teistes niiskema kliimaga piirkondades on kombainiga koristatud teravilja niiskus enamasti üle 20%, sellepärast on teda vaja mitu korda kuivatist läbi lasta, et saada küllalt kuiva vilja. Kuivatil 3C BUCXOM aga mitmekordse läbilaskmise võimalus puudub. Mitmekordse läbilaskmise võimaldamiseks on mitmetes majandites kuivatid varustatud lisatransportööridega.

Moderniseeritud šahtkuivati C3C-2 BUCXOM konstrueerimisel on silmas peetud eelmise tüübi puudusi ja need kõrvaldatud. Kuivati C3C-2 BUCXOM tootlikkus on kuni 2 t tunnis niiskuse vähendamisega kuni 6-7%. Ummistuste ja süttimiste vältimiseks on kuivati varustatud kahe BCM-2-tüüpi tuulamis-sorteerimismasinaga, millest üks rakendatakse enne ja teine pärast teravilja kuivatamist. Puhastusmasinad käitatakse elevaatori võllilt. Kuivatil on täiustatud küttekolle, korstna ja õhutoru siibrid on ühendatud, mis võimaldab paremini reguleerida kuivatusagendi temperatuuri. Lisatransportööri olemasolu võimaldab teravilja 2-3 korda kuivatist läbi lasta, kuni on saavutatud vajalik kuivusaste. Lisamehhanismide tõttu vajab kuivati käitamiseks 10 kW võimsust.

Suitsulõhna kaotamiseks ja süttimisohu vältimiseks on Võru rajooni Mõniste sovhoosis šahtkuivati küttekolle asendatud kalorifeerahjuga.

Viimasel ajal on konstrueeritud ka veelgi suurema läbilaskevõimega sahtkuivatid C3C-4 (3 t tunnis) ja C3C-8 BUCXOM (4 t tunnis). Eriti suure võimsusega teraviljakuivateid kasutatakse teravilja vastuvõtu punktides ja elevaatorites.

Šahtkuivati ЗСП-2 ("Кузбасс") on ette nähtud tarbevilja kuivatamiseks. Kuivati on liikuv, ta on monteeritud kahele autojärelvankrile (joon. 13). Ühel järelvankril paikneb küttekolle, teisel aga kuivatusšaht sisse- ja väljalaadi-



Joonis 13. Liikuva šahtkuivati ЗСП-2 skeem: 1 - küttekolle, 2 - õhutoru, 3 - kuivatusšaht.

mismehhanismidega, 2 ventilaatorit ja elevaator. Kuivati mehhanismid pannakse käima 7,2 kW võimsusega elektri- või plahvatusmootoriga. Kuum õhk juhitakse küttekoldest kuivatusšahti isoleeritud ühendustoru kaudu. Kuivati transportimisel võetakse ühendustoru ajutiselt maha. Kuivatusšaht on valmistatud lehtrauast. Ühel pool šahti asub kuuma õhu jaotuskamber (difuusor), teisel pool aga jahtunud õhukogumise difuusor. Kuivatusšahti peal on punker, kuhu koppelevaator tõstab teravilja, šahti peal aga töötab kraaptransportöör, mis viib teravilja kuivatusšahti piludesse. Teravili liigub oma raskuse mõjul läbi šahti ja kuivab läbipuhutavate suitsugaaside mõjul. Šahti all on väljalaskemehhanism, mille tigutransportöör viib vilja vertikaaltransportööri koppadele ja viimane omakorda väljalaskepunkrisse.

Küttekoldes põleb tahke kütus. Selle põlemisel tekkiva suitsu imeb ventilaator segukambrisse, kuhu voolab ka jahedat välisõhku. Segukambrist imetakse kuivatusagent ühendustoru kaudu difuusorisse.

Kuivati projekteeritud võimsus on 1,2 t tunnis niiskuse alandamisega kuni 6%. Tegelik võimsus on 2-3 korda väiksem, sest enamasti tuleb teravilja mitu korda läbi lasta.

Šahtkuivatite kasutamine. Šahtkuivati töölerakendamisel on vaja kontrollida, kas kuivati üksikud sõlmed ja liikuvad osad on korras ja liiguvad vabalt. Siis tehakse kol-

desse tuli ja täidetakse viljaga kuivatusšaht ja ülemine punker. Kui koldes on poole tunni pärast tekkinud normaalne põlemine, siis käivitatakse tühjendusmehhanism ja ventilaator ning avatakse jaheda õhu klapp. Seejärel avatakse ühendustoru siiber ja suletakse korstna siiber ning ventilaatori tõmbel voolab kuivatusagent kuivatusšahti. Esimesed 5 ts teravilja ei kuiva ühtlaselt ja nad lastakse kohe kuivatisse tagasi. Kui väljuv teravili on juba ühtlaselt kuiv, võib teda lattu saata.

Teravilja kuivatamisel tuleb reguleerida temperatuuri instruktsioonis ettenähtud piires (tabel 14).

T a b e l 14

Šahtkuivatitega kuivatamisel lubatud maksimaalsed temperatuurid

Kultuurid	Niiskus (%)	BUCXOM-tüüpi kuivatid				ЗСП-2 ("Кузбасс") ja СПК-0,7			
		kuivatusagendi temperatuur		seemnete temperatuur		kuivatusagendi temperatuur		seemnete temperatuur	
		seemnevili	tarbevili	seemnevili	tarbevili	seemnevili	tarbevili	seemnevili	tarbevili
Nisu	kuni 18	80	120	48	52	80	140	48	52
	18–22	70	110	45	50	70	130	45	50
	üle 22	70	100	42	48	70	120	42	45
Rukis,	kuni 18	80	130	52	62	80	160	52	62
oder	18–22	70	120	50	60	70	160	50	60
	üle 22	70	110	45	55	70	160	45	50
Kaer	kuni 18	80	100	42	52	80	140	42	52
	18–22	70	100	40	50	70	140	40	50
	üle 22	70	100	38	45	70	140	38	45
Tatar	kuni 18	80	120	43	48	80	110	42	48
	18–22	75	110	40	45	80	110	40	45
	üle 22	70	100	38	42	70	110	35	42
Hernes	kuni 18	70	80	32	38	70	80	33	38
	18–22	65	70	30	35	60	70	30	35
	üle 22	60	70	25	30	60	70	28	32

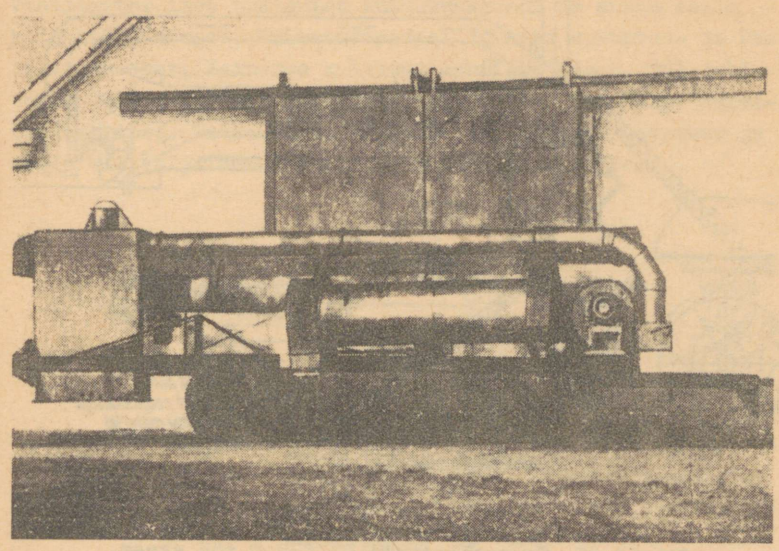
Temperatuuri tõstmiseks pannakse ahju rohkem kütet ja lastakse segukambrisse vähem jahedat õhku. Temperatuuri alandamiseks aga lastakse segukambrisse rohkem külma õhku ja suletakse kolde restialune uks. Kuivatusagendi temperatuuri mõõdetakse termomeetriga ühendustorus, seemnete temperatuuri aga kuivatusšahtis. Seemnete temperatuuri mõõtmise ajaks tuleb ventilaator seisma jätta. Šahti luuk avatakse, võetakse alumistest kanalitest seemneid, pannakse spetsiaalsesse kasti, mille kaanes on ava termomeetri jaoks. Kui on olemas psühromeetrid, siis kasutatakse neid kuivati töö kontrollimiseks. Normaalselt peaks šahtist väljuva kuivatusagendi niiskus olema 70–80% ja temperatuur 40–45°. Kui väljuv kuivatusagent on liiga kuiv, siis tuleb alandada temperatuuri või kiirendada teravilja liikumist šahtis. Liiga kõrge niiskusesisalduse korral tuleb temperatuuri tõsta või seemnete liikumise kiirust vähendada. Enne kuivatamist on vaja teravili suuremast prahist puhastada.

Kuivati ülemine punker peab olema alati viljaga täidetud, et teravilja põlemasüttimise puhul ei saaks leeki tekkida. Kui vili on põlema süttinud, tuleb kohe ventilaator seisma jätta ja kuum õhk korstnasse juhtida. Tühjendusmehhanism ja elevaator peavad edasi töötama, et niiske vili tuleks šahti ja süttinud vili väljuks. Hõõguv vili kustutatakse veega, kui see on vajalik. Kuivatusšahti ei tohi külma vett lasta, sest kuumad metallosad võivad järsu jahutuse puhul deformeeruda.

T r u m m e l t ü ü p i k u i v a t i d

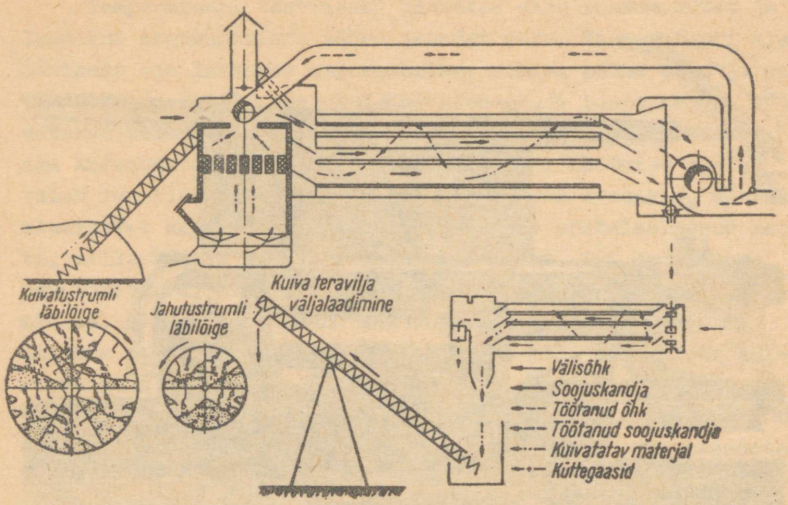
Trummelkuivatitest leidub Eesti NSV majandites СЗПБ-2,0. Trummelkuivati võimaldab kuivatada teravilja, kaunvilja jm. seemneid, samuti hekseldatud vitamiinheina. Teravilja kuivatamisel on kuivati tootlikkus 1,5–2 t tunnis, olenevalt algniiskusest. Ühekordsel läbilaskmisel saab alandada seemnevilja niiskust kuni 4% ja tarbevilja niiskust kuni 9%. Teravili kuivab ühtlaselt, ei kuumene liigselt ja seetõttu säilitab kõrge idanevuse.

Trummelkuivati (joon. 14) koosneb küttekoldest, kuiva-



Joonis 14. Trummelkuivati СЗПБ-2,0 üldvaade.

tus- ja jahutustrumlist. Küttekolle on metallist ja seestpoolt vooderdatud tulekindlate tellistega. Kütuseks võib kasutada kivisütt, turvast või puid. Põlemisel tekkinud suitsule lisatakse segukambris jahedat välisõhku. Kuivatusagent suundub (joon. 15) pöörlevasse kuivatustrumlisse, mis on jagatud piki trumlit paigutatud labadega kuueks sektsiooniks. Trumli pöörlemine paneb teravilja alalisse liikumisse, mis soodustab ühtlast kuivamist. Kuivatustrumli taga asub kamber, milles paiknev ventilaator imeb kuivatusagendi läbi kuivatustrumli. Kuivatusagent kuivatab teravilja ja puhub teda ka edasi trumli teise otsa, kus tigu suunab vilja jahutustrumlisse. Töötanud kuivatusagent suunatakse toru kaudu uuesti tagasi segukambrisse. Jahutustrummel on väiksem kui kuivatustrummel ja tal on neli sektsiooni. Ta on varustatud ventilaatoriga, mis imeb trumlisse värsket õhku. Õhk jahutab teravilja ja soojeneb selle arvel. Töötanud õhu



Joonis 15. Trummelkuivati СЗПВ-2,0 töö skeem.

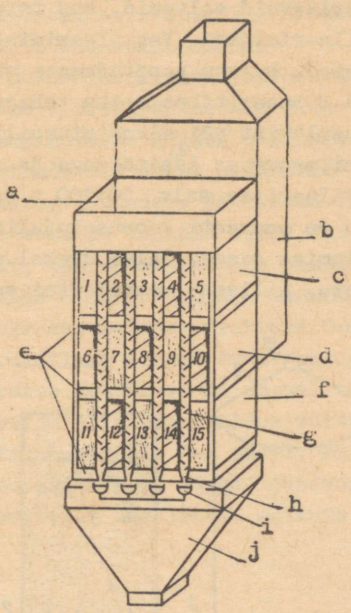
puhub ventilaator toru kaudu tagasi segukambrisse. Jahtunud teravilja laadib välja tigutransportöör. Kuivati täitmiseks ja tühjendamiseks kasutatakse tigutransportööre, mille jõudlus on 3 t tunnis. Vajalik elektrimootorite võimsus kuivati käitamiseks on 7 kW. Trummelkuivati on varustatud telje ja ühe paari kummiratastega. Kuivatit võib transportida traktori või auto järel kiirusega kuni 25 km tunnis.

Ž a l u s i i k u i v a t i d

Žalusiikuivatid ei ole Eesti NSV-s levinud. Teistes vennasvabariikides on levinud statsionaarsed žalusiikuivatid ВИМЭ-1258, mille tootlikkus on kuni 3 t tunnis niiskuse alandamisel 6% võrra. Kuivati omapäraks on see, et terakihi kuivatamine toimub kahelt küljelt vaheldumisi, mis tagab ühtlasema kuivamise.

Kuivatil on ahi , mis on ühenduses tsükloniga. Tsüklonis sadestuvad pooleldi põlenud kütuseosad ja kustuvad sädemed.

Ventilaator imeb tüklonist kuivatusagendi ja surub selle kuivatusseadmesse. Kuivatusseadmel on kaks kuivatus- ja üks jahutuskamber. Esimesse kuivatuskambrisse (joon. 16) juhitakse 70-80% kuivatusagendist ja ülejäänud osa teise kuivatuskambrisse. Teise kuivatuskambri all on jahutuskamber ja selle all väljalaskeseade ning kuiva vilja punker.



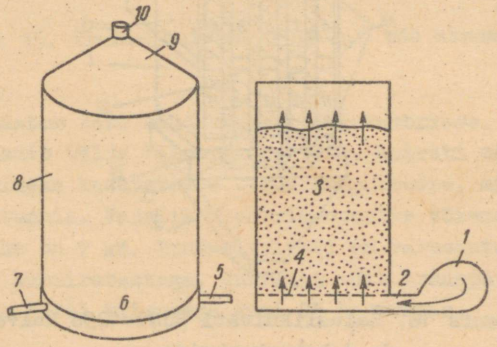
Joonis 16. Žalusiikuivati BUM9-1258 kuivatus- ja jahutuskambrid:
a - niiske vilja punker; b - niiske õhu kogumiskamber; c - esimene kuivatuskamber; d - teine kuivatuskamber; e - vaheseinad; f - jahutuskamber; g - kuivatusriiulid; h - väljalaskeavaus; i - väljalaskekolu; j - väljalaskepunker.

Kuivatuskambris on neli žalusiiriiulit. Riiulite ja seinte vahel on avad sooja õhu sissepääsuks. Seemned langevad oma raskuse mõjul ülalt alla ühelt riiulilt teisele. Seejuures puhutakse kuivatuskambris horisontaalsuunas seemnete

vahelt läbi kuuma õhku, jahutuskambris aga jahedat õhku.

V e n t i l e e r i t a v a d s a l v e d

Lääne-Euroopa maades ja Ameerika Ühendriikides kasutatakse tera ja kaunvilja kuivatamiseks ning osalt ka säilitamiseks ventileeritavaid salvesid, kus teravilja kuivatatakse aktiivse ventileerimisega. Ventileerimiseks kasutatakse enamasti soojendatud, harvem soojendamata välisõhku. Ventileeritavad salved monteeritakse kokku tehastes toodetavast roostevabast teraplekist või alumiiniumsilindritest. Silindreid toodetakse mitmesuguse läbimõõduga ja vastavalt läbimõõdule mahutab ventileeritav salv 10-100 t teravilja. Ventileeritavad salved on enamasti koonusekujulise katuse ja silindrikujulise alumise osaga. Salve keskel või küljel paikneb vertikaalne õhutoru, millesse ventilaator surub õhku (joon. 17).



Joonis 17. Ventileeritava salve skeem: 1 - ventilaator, 2 - õhutoru, 3 - teravili, 4 - auklik põrand, 5 - õhutoru, 6 - põhi, 7 - toru teravilja väljajuhtimiseks, 8 - salvesein, 9 - katus, 10 - luuk salve täitmiseks.

Õhu soojendamiseks kasutatakse mitmesuguseid küttesead eldisi, mis töötavad vedelküttel, elektri või tahke kütusega. Et kuivatustemperatuur on siin suhteliselt madal, kulub

ventileerimiseks palju õhku. Ühe tonni suurusest teravilja-kogusest tuleb läbi puhuda umbes 200-300 m^3 õhku tunnis ja kuivatamine kestab 3-4 päeva. Loomuliku välisõhu kasutamisel tuleb õhku läbi teravilja puhuda veelgi rohkem ja kuivatamine kestab 8-10 päeva või kauemgi. Et kuivatamine toimub aeglaselt, siis on saadud kuivadel seemnetel idanevus harilikult väga kõrge. Ventileeritavates salvedes säilitatakse teravilja ka pärast kuivatamist. Teravilja sisse- ja väljalaadimine on siin täielikult mehhaniseeritud.

Eestis on mehhaniseeritava salve tüüpi nn. punkerkuivatid ehitatud Jõgeva näidissovhoosis ja selle eeskujul ka mõnedes teistes majandites. Jõgeva näidissovhoosi kuivati koosneb kuuest punkrist, mis kokku mahutavad 90 t teravilja. Punkrid on ehitatud laudadest ja kaetud seestpoolt õhukese plekiga. Punkri sees on kanalid sooja õhu suunamiseks. Punker täidetakse pealt, tühjendatakse aga põhjaluugi kaudu. Täitmine ja tühjendamine toimuvad koppelevaatoritega. Kuivatusagendi eelsoojendamiseks kasutatakse traktori C-80 radiaatoreid, mida köetakse aurukatlast saadud kuuma auruga. Õhk soojeneb 40-50° ja juhitakse ventilaatori survel torustiku kaudu punkritesse. Teravilja niiskusesisaldus vähenes ööpäevas 4-5% võrra ja kuivatamine kestis 2-4 päeva. Nii teravilja kui ka kaunviljaseemned säilitasid kõrge idanevuse. Punkerkuivatid on väga perspektiivsed oma lihtsa ehituse ja soodsa kuivatusrežiimi tõttu.

U u e d k u i v a t u s v i i s i d

Mitmetes riikides (USA, Poola, Itaalia) on ehitatud eksperimentaalseid kuivateid seemnete kuivatamiseks infrapunaste kiirtega. Seemned liiguvad õhukese kihina transportöörilindil, mille kohale on paigutatud infrapunase kiirguse allikad. Seemned soojenevad ja niiskus aurub õige kiiresti ning idanevus ei lange. Kaunviljaseemnetel on infrapunaste kiirte mõjul vähenenud suuresti kõvade seemnete protsent. Niisugune kuivatamine vajab palju elektrienergiat ja on seetõttu kallim teistest kasutusel olevatest kuivatusviisidest.

Nõukogude Liidus ja Saksa DV-s on ehitatud eksperimentaalseid kuivateid teravilja kuivatamiseks kõrgsagedusvoolu abil.

See moodus on võimaldanud kiiret kuivatamist ja jahvatus-küpsetusomaduste paranemist.

Hollandis toodetakse vaakuumkuivateid, kus niiskuse aurumine seemnetest toimub hõrendatud õhuga ruumis. Hõrendus saavutatakse vaakuumpumba abil. Kuivatamine kestab ainult mõne minuti.

X peatükk

TERAVILJAHOIDLAD

Kaasaegsed teraviljahoidlad jagunevad aitadeks ja elevaatoriteks. Aitades hoitakse teravilja suhteliselt õhukese kihina (1–4 m), elevaatorites aga 20–25 m paksuse kihina spetsiaalsetes salvedes (silodes). Elevaatorid on riiklikud teraviljahoidlad, aidad aga kuuluvad enamasti kolhoosidele või sovhoosidele. Aidad võivad olla lihtsad või mehhaniseeritud.

E l e v a a t o r i d

Elevaatorid võivad oma ehituselt olla isevooluga või horisontaaltransportööridega. Isevooluga elevaatorites voolab teravili torude kaudu oma raskuse mõjul tornist silodesse, transportööridega elevaatorites aga kasutatakse teravilja silodesse toimetamiseks horisontaaltransportööre.

Elevaatorid võivad täita mitmesuguseid operatsioone, jagunedes vastavalt varumis-, realiseerimis- ja tootmiselevaatoriteks. Varumiselevaatorite ülesandeks on teravilja varumine, kuivatamine ja puhastamine. Konditsionaalne teravili saadetakse edasi suuremate keskuste juurde realiseerimiselevaatoritesse, mis jagavad teravilja tarbivate või ümbertöötavate asutuste vahel. Tootmiselevaatorid valmistavad teravilja ette jahu- või tangutööstuse jaoks.

Elevaatorite ehitamine Nõukogude Liidus on läbinud pika arenemistee. Pärast nõukogude võimu kehtimapanekut hakati ehitama isevooluga 800–1650 t mahtuvusega elevaatoreid, mis olid arvestatud vilja vastuvõtuks peamiselt autodelt. Elevaatori kesktornis oli 2 vertikaaltransportööri võimsusega 32–45 t tunnis.

Alates 1939. a. hakati ehitama peamiselt horisontaal-transportööridega puitkonstruktsiooniga elevaatoreid D/1 -5500 (mahtuvus 5500 t). Selle elevaatori tornis on kaks 100 t võimsusega vertikaaltransportööri, kaalud, puhastusmasin (kuni 32 t tunnis) ja kuivati (võimsus kuni 8 t tunnis). Selline elavaator võis päevas vastu võtta kuni 1000 t ja rongi laadida kuni 842 t teravilja.

Esimesteks raudbetoonelevaatoriteks olid 1949. a. projekteeritud elevaatorid, mille mahtuvus ulatus 22 000 tonnini. Need elevaatorid on juba varustatud aktiivse ventileerimise seadmetega ja võimsate kuivatus-puhastusmasinatega.

Kõige uuemaks elevaatoriks on 1959 a. tüüp, mis on ette nähtud uudismaarajoonide teenindamiseks. Elevaatori mahtuvus on 37 000 t, kuid teda võib suurendada kuni 100 000 tonnini. Selline elevaator võib ööpäevas autodelt vastu võtta, kuivatada ja puhastada ning raudteerongi laadida 3340 t teravilja. Elevaatoril on torn ja kaks silode korpust. Tornis on vertikaaltransportöörid, mis võimaldavad transportida 175 t tunnis, ja 2 kuivatit, mille läbilaskevõime on kummalgi 38 t tunnis. Elevaatoril on suured ja väiksed silod. Suurte silode mahtuvus on 1960 t teravilja ning nad on varustatud sundventilatsiooniseadmetega, võimaldavad teravilja kuivatada ka ventilatsiooni teel. Säilitussilod on 300 t mahtuvusega. Silode temperatuuri kontrollitakse distantstermomeetriga. Kõiki tööprotsesse reguleerib dispetšer oma puldi tagant.

K o l h o o s i d e j a s o v h o o s i d e a i d a d

Kolhooside ja sovhooside aidad on harilikult ühe- või kahekorruselised puit- või kivihooned. Aita on sisse ehitatud laudadest salved ja nende vahele on jäetud laiem tee.

Aidas peavad seemned olema kaitstud sademete, välisõhu niiskuse, põhjavee sissetungi ja järskude temperatuuri kõikumiste eest. Aitade aknad olgu võrguga kaitstud, et akende avamisel linnud aita ei pääseks. Akende ja põrandapinna suhe

võiks olla 1:20–25. Ait peab olema varustatud ka elektrivalgustusega. Elektripirnid peavad olema kaitstud klaaskupli ja traatvõrguga. Aidal olgu välised ja sisemised uksed. Sisemised uksed on traatvõrgust ja avanevad sissepoole. Nende ülesandeks on ära hoida lindude ja loomade sissetungi aida õhustamise ajal.

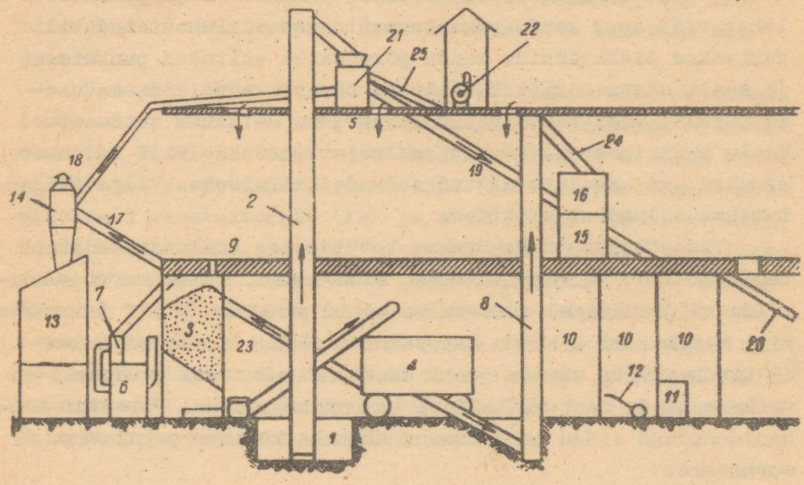
Salvede kõrguseks on tarbevilja puhul 3 m ja seemnevilja puhul 2,5 m, sobiv maht 5–20 t. Peale salvede peaks aidas olema ka vaba ruumi seemnete säilitamiseks kottides ja ruum laoinventari hoidmiseks ning seemnete puhastamiseks. Aidaga ühe katuse all või selle vahetus läheduses peaks olema kuivati.

Majandites, kus on palju aitu, tuleks seemnevilja säilitamiseks reserveerida paremad aidad. Seemneviljaaitades peab kogu tähelepanu olema pööratud sellele, et ära hoida seemnevilja segunemist ja külviväärtuste vähenemist. Seemnete sattumist ühest salvest teise hoiavad ära kahekordsed vaheseinad (15 sm laiuse vahega). Välisseina ja salve vahel peaks olema 0,7–0,8 m laiune vahe. Salve põrand peaks olema laopõrandast 15–20 sm kõrgemal.

Eesti NSV majandites säilitatakse seemneid enamasti väikestes mehhaniseerimata aitades, mis ei vasta suurmajandite vajadustele. Nõuetele vastavaid aitu on ainult 1% aitade üldarvust. Väikeste kuivatite ja aitade tõttu moodustavad teravilja puhastamise, kuivatamise ja säilitamise tööd 15% teravilja tootmiseks tehtavatest töödest. Käsitsitöö ja omahinna vähendamiseks tuleb ehitada kõikides majandites hästimehhaniseeritud ait-kuivatid, mis suudaksid mahutada majandi osakonna või kompleksbrigaadi kogu tera- ja kaunviljakoguse (orienteeruvalt 500–600 t).

Rahuldavalt mehhaniseeritud ait-kuivati projekt on koostatud "Eesti Põllumajandusprojekti" poolt (tüüpprojekt nr. 81). See kujutab kuivatit tootlikkusega 20 t ööpäevas ja aita, mis mahutab 200 t teravilja.

Seemnete kuivatamine ja puhastamine toimub järgmise skeemi kohaselt (joon. 18). Pekstud seemned veetakse kuivatisse isekallutajatega ja puistatakse vastuvõtupunkrisse 1, kust vili langeb elevaatorile 2.



Joonis 18. Ait-kuivati (tüüpprojekt 81) tehnoloogiline skeem:
1 - vastuvõtupunker, 2 - elevaator, 3 - kuiva vilja punker, 4 - puhastusmasin, 5 - eelkuivatusruumi põrand, 6 - kalorifeerahi, 7 - ventilaator, 8 - elevaator, 9 - kuivati põrand, 10 - salv, 11 - kaal, 12 - käsikäru, 13 - puhastusjääkide punker, 14 - punkri lehter, 15 - automaatkaal, 16 - punker, 17 ja 19 - juhttorud, 20 - liugpind, 21 - puhastusmasin, 22 - ventilaator, 23 - kraaptransportöör, 24 ja 25 - juhttorud.

Elevaator tõstab vilja üles katusekorrusele tuuliksorteerijasse 21 või juhttoru 25 kaudu katusekorrusele eelkuivatamiseks. Juhttorud 24 ja 25 on pööratavad. Puhastusmasinast tulnud vili laotatakse põrandale eelkuivatamiseks või lastakse põranda avade kaudu kuivatusplekkidele. Vili aetakse plekkidele laiali käsitsi. Kuivatusplekkide pind on jagatud kaheks sektsiooniks (kumbki 27 m^2). Õhku soojendatakse kalorifeerahjus 6 ja puhutakse kuivatusplekkide alla. Seemnekihti läbinud õhk väljub ventilatsioonikorstna kaudu, mis on varustatud ventilaatoriga.

Kuivatatud vili lükatakse roopidega kuivatuspleki avadesse, kust ta langeb punkritesse 3. Kuiva vilja punkrist läheb vili toru kaudu puhastusmasinasse 4. Puhastatud vili juhitakse plekkrennide kaudu põrandasse ehitatud punkrisse ja sealt elevaatorile 8. Viimane tõstab vilja aida katusekorrusele, kust ta suunatakse juhttoru 24 kaudu automaatkaalu punkrisse 16. Pärast kaalumist lastakse vili viljaveokärusse, mis on ette nähtud salvede täitmiseks. Vilja väljastatakse salvedest kottides.

Puhastusjäägid kogutakse kottidesse, kaalutakse detsimaalkaalul 11 ja väljastatakse söödalattu. Puhastamata söödavilja väljaandmisel täidetakse kotid punkrist 3 või juhitakse vili elevaatori 2 kaudu katusekorrusele ja sealt juhttoru 25 kaudu väljas seisva veoki kasti. Ait-kuivati puuduseks on väike maht ja mitteküllaldane mehhaniseerimine. Paremini mehhaniseeritud aidad on ehitatud näiteks Mõniste ja Alavere sovhoosis.

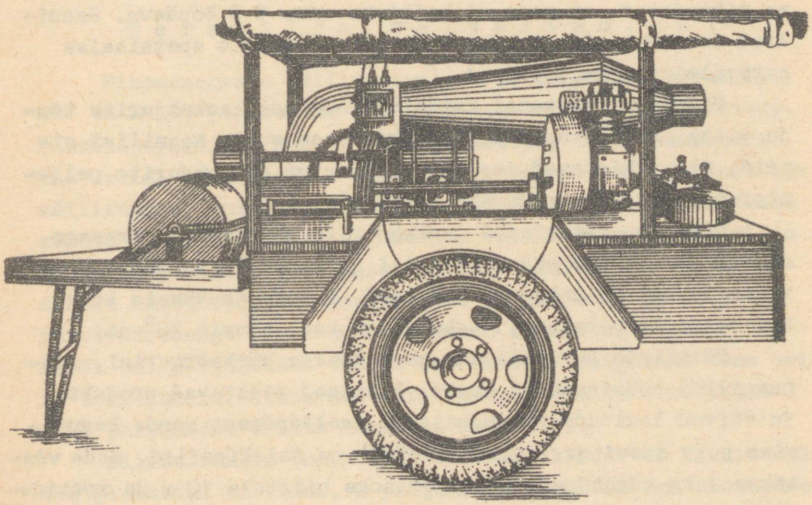
A i t a d e s a n i t a a r t e h n i l i n e h o o l d a m i n e

Aitade jooksev hooldamine (puhastamine, tolmu pühkimine) toimub kogu säilitusperioodil, põhjalik puhastus ja remont aga üks kord aastas (suvel, kui vilja on kõige vähem). Suvise suurpuhastuse ajal parandatakse katus, seinad ja põrandad ning muud osad. Kõik augud ja praod suletakse tsemendiga või liistudega. Ait puhastatakse käsitsi või tolmuimejaga tolmust ja ämblikuvõrkudest, eriti hoolsat puhastust vajavad salved. Pärast mõnepäevast tuulutamist asutakse aida desinsekteerimisele.

Kõige lihtsam on desinsekteerimine lubjapiima või petrooleumi-lubjaemulsiooniga. Emulsiooni valmistamiseks võetakse 10 l vee kohta 2 kg värskeltkustutatud lupja ja segatakse. Kogu aeg segades lisatakse lahusele vähehaaval 1 l petrooleumi. Saadud emulsiooni on vaja sagedasti segada. Lubjavee või emulsiooniga pritsitakse või määritakse üle kogu ait, eriti aga nurgad ja praod. Laoinventar tuleb üle pühkida petrooleumisse kastetud lapiga. Kotid tuleb aidast kaugemal pahupidi pöörata ja hästi läbi kloppida ning päikesepaistel kuivatada.

Lubja-petrooleumiemulsioonist paremaid tulemusi annab aitade desinsekteerimine rohelise seebi lahusega või DDT mineraalõli emulsiooniga. Pritsimiseks võib kasutada aiapritse.

Perspektiivne viis on aitade töötlemine aerosoolidega. Aerosool on kunstlik udu, mille ülipeened osakesed hõljuvad õhus 1-2 tundi ja tungivad kõikidesse pragudesse ning surmavad lestad ja putukad. Aerosoolide tekitamiseks kasutatakse vastavaid generaatoreid (ААГ- ja АГ-Л6). ААГ- tüüpi generaatoris kasutatakse vedeliku pihustamiseks veoauto väljalaskegaaside energiat. Generaator muudab aerosooliks ühe minuti jooksul 1 l mürklahust ja täidab 50 m^3 suuruse ruumi. Võimsamad АГ-Л6-tüüpi generaatorid (joon. 19) on võimelised muutma aerosooliks minutis 8-10 l mürklahust ja täitma 300 m^3 suuruse aida. Generaatoreid võib kasutada ka loomakasvatushoonete puhastamiseks, aedades ja mujal.



Joonis 19. Aerosoolgeneraatori АГ-Л6 üldvaade.

Putukamürgina kasutatakse 8-protsendilist tehnilise DDT lahust diisliküttes, solaar- või rohelises õlis. Ühe m^3 aida ruumala kohta kulub 15-20 ml lahust. Kui aidas esineb ka lesti, siis on otstarbekam kasutada DDT asemel tehnilist heksakloraani, kusjuures 1 m^3 aida ruumala kohta kulub 20 ml lahust.

Aitade keemiliseks puhastamiseks kasutatakse ka heksakloraani või DDT suitsuküünlaid. Levinud on suitsuküünlad Г-17, mis koosnevad heksakloraanist ja põlevainest. Kaks kilogrammi kaaluv küünal täidab 500 m^3 suuruse aida 20 minuti jooksul suitsuga. Lestade ja putukkahjurite hävitamiseks teraviljas kasutatakse ka mürkgaase. Seemnevilja gaasitamiseks kasutatakse diklooretaani, tarbeviljale aga kloorpikriini. Gaasiliseks desinsektsiooniks kasutatakse generaatorit 2 АГ või harilikke viljakotte, mis niisutatakse vedela mürgiga. Vedel gaas aurustub ja tungib teravilja sisse, surmates kahjurid. Gaasidega saab kahjureid hävitada kuni 4 m paksuses teraviljakihis. Teravili peab olema kuiv ja temperatuur mitte alla 12°. Enne gaasitamist peavad lao seinad ja laed olema tihendatud, et gaas ei haihtuks enne 3-5 ööpäeva. Gaasilist desinsektsiooni läbi viia võivad ainult spetsiaalse ettevalmistusega töölised.

Viimastel aastatel katsetatakse uusi laokahjurite tõrje viise. Salvestamisel lisatakse seemnetele keemilisi aineid, mis takistavad seemnete riknemist ja kahjurite paljunemist (näit. naatriumpürosulfitit).

USA-s on katsetatud laokahjurite hävitamist kõrgsagedusvooluga. Voolu mõjul teravili ja kahjurid soojenevad kiiresti 54°-ni ja kahjurid hukkuvad. Putukad hukkusid kõik, kui nende temperatuur 1 sekundi jooksul tõusis 38°-ni.

Näriliste hävitamiseks kasutatakse mürkhõrgutisi, mehhaanilisi püüniseid ja kasse. Viimased reostavad produkte ja võivad levitada nakkushaigusi, sellepärast nende kasutamine pole soovitav. Paremaid mürke on tsinkfosfiid. Seda võetakse 1 kg mürkhõrgutise tegemiseks hiirtele 10 g ja rottidele 30 g. Mürkhõrgutise valmistamiseks võetakse leivakoorukesi, päevalillekooke või teraviljaseemneid ja puistatakse neile tsinkfosfiidi ja valatakse veidi päevalilleõli. Hõrgutised

pannakse näriliste käikudesse (igasse 0,5-1 g). Tsinkfosfiid laguneb näriliste kehas kiiresti ja laibad ei muutu ohtlikeks koduloomadele ega -lindudele.

Peale tsinkfosfiidi võib kasutada ka teisi mürke: krõssiidi, naatriumfluoriidi jne., mis kõik on ohtlikud inimestele ja koduloomadele. Sellepärast võivad neid kasutada ainult teadlikud inimesed. Mürkhõrgutised pannakse välja vaid 2-3 päevaks, seejärel kogutakse nad kokku ja põletatakse ära.

Näriliste vastu võitlemisel on suure tähtsusega profülaktilised abinõud näriliste sissetungi vältimiseks. Laod ja nende ümbrus olgu puhtad ja valgustatud, uksed kinni ja põrandad kindlustatud.

XI peatükk

TERAVILJA SALVESTAMINE, KONTROLLIMINE JA HOOLDAMINE

T e r a v i l j a s a l v e s t a m i n e

Pikemaaegsele säilitamisele võib paigutada teravilja, mis on kuiv, puhastatud ega pole nakatatud laokahjuritega. Teraviljapartiid, mis ei vasta nõuetele, tuleb säilitada lao eraldi osas ja viia vajalikku konditsiooni. Seemnevilja säilitamisel tuleb eriti silmas pidada ettevaatusabinõusid sortide ja paljunduste segunemise vältimiseks. Seemnevilja tuleb säilitada tarbeviljast eraldi, eraldi tuleb paigutada eri kultuurid, eri sordid, eri paljundused ja erineva külviväärtusega seemned. Ühesuguste seemnete, näiteks ühe sordi eri paljunduste vahele on soovitav paigutada mõne teise kergestieraldatava kultuuri seemned (näiteks suvinisu I ja V paljunduse vahele kaer või kaunvili).

Eliitseemneid tuleb säilitada kahekordsetes kinniõmmeldud plommitud kottides, I paljunduse seemneid aga ühekordsetes kinniõmmeldud kottides. Kotte ei laota kunagi otseselt põrandale, vaid restidele. Kotiriitadel peavad olema vahed proovide võtmiseks ja seemnete seisukorra kontrollimiseks.

Seemnete puistekõrgus ei tohiks ületada järgmisi norme (tabel 15).

T a b e l 15

Lubatud puistekõrgus tera- ja kaunvilja säilitamisel (kui niiskus ei ületa tera- ja kaunviljadel 14%, linal 13%)

Kultuurid	Aastaaeg			
	külm		soe	
	riida kõrgus (kottides)	kihi paksus (m)	riida kõrgus (kottides)	kihi paksus (m)
Rukis, nisu, oder, kaer, tatar	8	3,0	8	2,5
Kaunviljad	8	2,5	6	2,0
Mais teradena	8	-	6	-
Mais tõlvikutena	10	3,0	4	1,5
Lina	12	2,0	6	1,5
Heinaseemned	5	-	4	-

Nii seemne- ja tarbevilja salved kui ka kottide virnad peavad olema varustatud numbrite ja etikettidega, kuhu kirjutatakse kultuur, sort, kogus ja salve number.

Igas aidas peaks olema tühjaks jäetud 1-2 salve või 10% ulatuses põrandapinda. Reserv on vajalik seemnete hooldamistööde tegemiseks.

T e r a v i l j a h o o l d a m i n e j a k o n t r o l l i m i n e s ä i l i t a m i s e a j a l

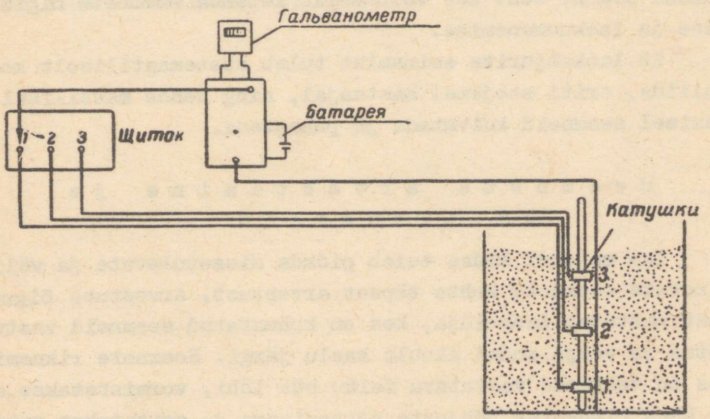
Seemnete seisukorda tuleb süstemaatiliselt kontrollida, et õigeaegselt kindlaks teha ebasoovitavad muutused. Säilitamisel tuleb jälgida seemnete temperatuuri, niiskust ja laokahjurite esinemist. Sügisel on vaja temperatuuri jälgida iga päev, talvel harvem (tabel 16).

Kui välistemperatuur ühtlaselt langeb, seemnete temperatuur aga tõuseb, siis on nähtavasti tekkinud seemnete isekuumenemine ja tuleb tarvitusele võtta abinõud selle likvideerimiseks.

Tabel 16

Seemnevilja temperatuuri kontrollimise sagedus
(L. A. Trisvjatski järgi)

Teramassi niiskus (%)	Suvel ja sügisel		Talvel		Kevadel		
	värskelt koristatud seemned	järelvalminud seemned	üle 0°	alla 0°	alla 5°	5–10°	üle 10°
Alla 15%	Iga päev	2 korda nädalas	1 kord nädalas	2 korda kuus	1 kord 7–10 päeva jooksul	1 kord 5 päeva jooksul	1 kord 3 päeva jooksul
Üle 15%	Iga päev	Iga päev	2 korda nädalas	1 kord nädalas	1 kord 5 päeva jooksul	1 kord 3 päeva jooksul	Iga päev



Joonis 20. Elektrilise distantstermomeetri skeem.

Seemnete temperatuuri salvedes mõõdetakse mitmesuguste termomeetritega. Kõige rohkem kasutatakse salvetermomeetreid, harvem spetsiaalseid distantstermomeetreid (joon. 20). Spetsiaalsete salvetermomeetrite puudumisel võib temperatuuri mõõta ka harilike termomeetritega, mis purunemise vältimiseks on paigutatud puust ümbrisesse. Termomeetrite puudumisel võib seemnete kuumenemise algust umbkaudu kindlaks määrata ka raudvarrastega, mis pistetakse salve püsti. Vardad omandavad seemnete temperatuuri ja teatava kogemuse omamisel saab käega katsudes kindlaks teha seemnete temperatuuri sügavamas kihis. Niiskema vilja puhul koguneb varrastele niiskust ja lestadega nakatumise korral omandavad vardad spetsiifilise meelõhna.

Salvedes tuleks seemnete temperatuuri mõõta kolmes kihis: pinna lähedal, keskmises kihis ja põhja lähedal. Vaatluste tulemused märgitakse vastavasse vaatlusvihikusse.

Algavat isekuumenemist on võimalik likvideerida aktiivse ventileerimisega. Ventileerimisseadmete puudumisel tuleb seemneid kuivatada. Kuivade ilmadega hoitagu aidauksed lahti, (eriti sügisel), et seemned kuivaksid ja jahtuksid. Kevadel, kui seemned on külmad, välisõhk aga soe, ei ole soovitav aidauksi avada, sest see võib esile kutsuda seemnete higistamise ja isekuumenemise.

Ka laokahjurite esinemist tuleb süstemaatiliselt kontrollida, eriti soojemal aastaajal, ning nende massilisel esinemisel seemneid kuivatada ja puhastada.

Seemnete arvestamine ja säilituskaod

Iga majandi aidas tuleb pidada sissetulevate ja väljaminevate seemnete kohta täpset arvestust. Arvestuse õigsuse eest vastutab laohoidja, kes on kohustatud seemneid vastu võtma ja välja andma ainult kaalu järgi. Seemnete riknemine, mis on tekkinud vastutava isiku süü läbi, vormistatakse aktiga ühes riknemise põhjuste näitamisega ja esitatakse materjalid prokuratuurile. Kui majandi juhtkond ei võta tarvitusele abinõusid riknemise või puudujäägi tekkimise takistamiseks või rikub süüdlaste vastutusele võtmise korda, siis

kuulub ta ise kohtulikule vastutusele võtmisele.

Kõikides aitades tehakse igal aastal inventuur. Inventuuriaktis näidatakse ülejääk või puudujääk, seemnete tegelik kogus ja kvaliteet. Kui esineb puudujääk, siis võetakse arvesse loomuliku kao piirnormid, mis Eesti NSV sovhoosidele on kindlaks määratud järgmiselt (tabel 17).

T a b e l 17

Sovhooside ladudes säilitatavate seemnete loomuliku kao piirnormid (protsentides)

Kultuur	Kottides		Lahtiselt	
	3–6 kuud	üle 6 kuu	3–6 kuud	üle 6 kuu
Nisu, rukis	0,08	0,14	0,12	0,18
Oder, kaer	0,10	0,18	0,15	0,25
Tatar	0,12	0,20	0,16	0,25
Mais teradena	0,18	0,22	0,26	0,30
Hernes, uba	0,14	0,18	0,18	0,23
Lina	0,14	0,22	0,15	0,22

Kolhoosides kinnitab inventuuri aktid üldkoosolek, kes loeb kaod normaalseks või mitte.

III o s a

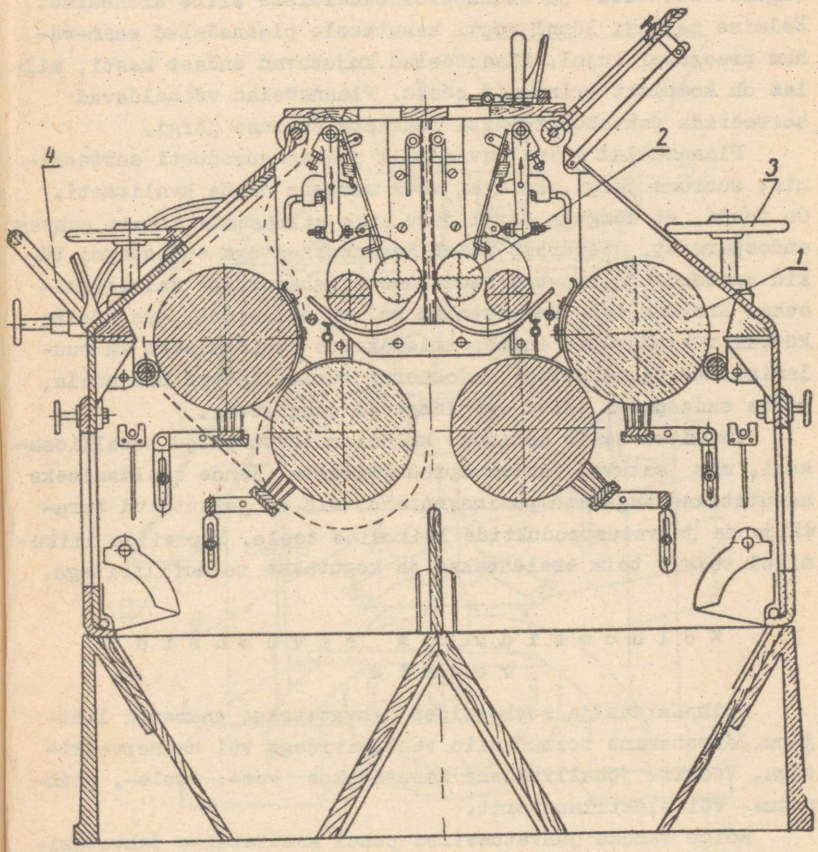
TERAVILJA ÜMBERTÖÖTAMISE ALUSED

XII peatükk

TERAVILJA JAHVATAMINE

Jahvatamine on kõige vanem teravilja ümbertöötamise viis. Käsiveskid võeti tarvitusele juba ürgkogukondliku korra ajal 2000-3000 aastat e. m. a. Orjandusliku korra ajal kasutati juba hobujõudu veskikivide käitamiseks, kuid feodalismi perioodil hakkasid levima vesi- ja tuuleveskid. Samal ajal ilmusid veskikividele ka sooned ja hakati jahu sõeluma. XVIII sajandil võeti tarvitusele korduva jahvatuse meetod, mis võimaldas saada kvaliteetsemat jahu valitsevate klasside tarbeks. Kapitalismiajastul hakati kasutama veskimasinate käitamiseks aurumasinaid, mis võimaldas jahvatamist ja abitöid ulatuslikult mehhaniseerida.

XIX sajandi algul võeti Poolas kasutusele valtspingid, millega saadi tunduvalt valgemat jahu kui veskikividega jahvatamisel. Valtspingi tööorganiks on 1-2 paari terassilindreid (valtse), mis pöörlevad vastasuundades ja erinevate kiirustega (joon. 20). Valtsid on soonilise või sileda pinnaga. Nende vahele sattunud teri ei hõõruta peeneks nagu veskikivide vahel, vaid tükeldatakse. Mida sügavamad on sooned ja laiem valtside vahe, seda suuremateks tükkideks lõigatakse terad. Valtspingil on söötemehhanism, mis kindlustab ühtlase terade etteandmise, ja reguleerimismehhanism, millega saab reguleerida valtsidevahelist pilu. Valtsid on varustatud amortisaatoritega, mis väldivad valtside purunemist võõrkeha sattumisel koos teradega valtside vahele.



Joonis 21.
Valtspingi skeem: 1 - valts, 2 - sööte-
mehhanism, 3 - reguleerimisratas,
4 - väljalülimiskang.

Jahvatusvaltside tarvitusele võtmine tingis ka mitmesuguste sõelumis- ja transpordiseadeldiste kiire arenemise. Eelmise sajandi lõpul võeti kasutusele plaansõelad enam-vähem praegusel kujul. Plaansõelad kujutavad endast kasti, milles on komplekt erinevaid sõelu. Plaansõelad võimaldavad sorteerida jahvatusprodukti osakeste suuruse järgi.

Plaansõelad võimaldavad küll jahvatusprodukti sorteerimist suuruse järgi, kuid ei võta arvesse nende kvaliteeti. On teada, et kõrgema sordi jahu saab valmistada ainult puhtast endospermist, seepärast tuleb kestaosakestega endospermi tükid eraldada ja kasutada madalamate jahusortide valmistamiseks. Eraldamiseks kasutatakse nn. mannamasinat, kus sõelte kõrval rakendatakse endospermiosakeste eraldamiseks ka tuulamist. Kestaosakestega endospermi tükid lähevad üle sõela, puhta endospermi tükid aga langevad läbi sõela.

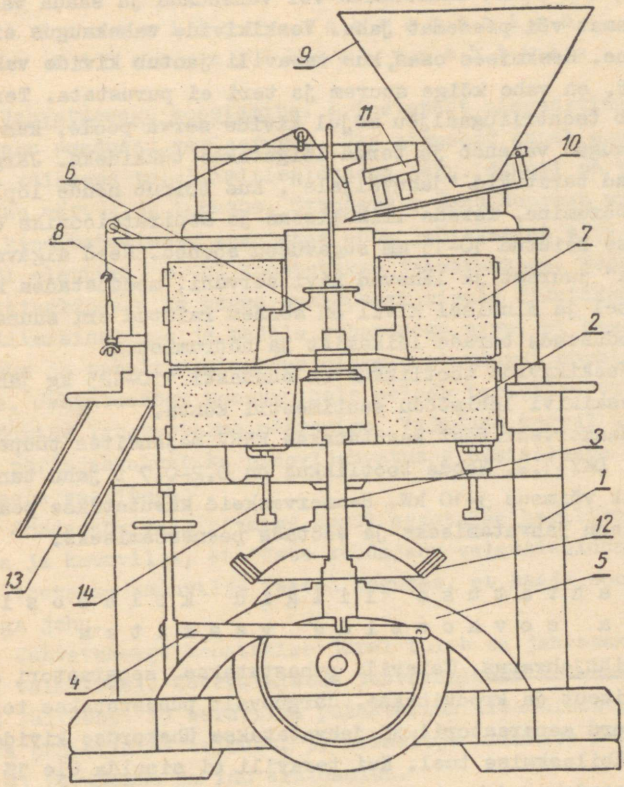
Veskites tekib masinate kulumise tõttu palju metalliosakesi, mis satuvad jahvatusproduktidesse. Nende eraldamiseks kasutatakse tugevaid püsimagneteid, mis on paigutatud teravilja ja jahvatusproduktide liikumise teele. Teravilja liikumisel tekkiv tolm eraldatakse ja kogutakse tolmufiltritega.

K o l h o o s i d e j a s o v h o o s i d e v e s k i d

Kolhoosides ja sovhoosides jahvatatakse enamasti lihtjahu. Jahvatamine toimub siin veskikividega või haamerveskitega. Veskite jõuallikatena kasutatakse vee-, tuule-, plahvatus- või elektrimootorit.

Kõige vanema jahvatusviisi puhul kasutatakse jahvatamiseks veskikive. Need on laiad silindrikujulised looduslikud või kunstlikud (valatud) kivid, mille läbimõõt on varieeruv (enamasti 550-1200 mm). Veskikivide juurde kuulub raam, jõuülekanne ja söötemehhanism (joon. 22).

Veskikivi pöörlemise kiirus on 120-250 pööret minutis, olenevalt läbimõõdust. Suuremad kivid pöörlevad aeglasemalt, väiksemad kiiremalt, kuid veskikivi serva joonkiirus peab olema 10-12 m/sek. Teravili satub söötekolust ülemise kivi "silma" ja sealt kivide vahele, kus ta hõõrutakse peeneks



Joonis 22.

Veskikivid: 1 - alus, 2 - liikumatu kivi, 3 - võll, 4 - reguleerimismehhanism, 5 - tugikaar, 6 - koonus, 7 - "jooksev" kivi, 8 - ümbris, 9 - söötekolu, 10- silmaraud, 11 - magnet, 12 - hammasratas, 13 - jahutoru, 14 - kinnituskruvi.

jahuks. Jahu langeb kivide ja ümbrise vahele ning sealt toru kaudu välja. Kividel on reguleerimismehhanism, mis võimaldab kivide vahet suurendada või vähendada ja saada vastavalt jämedamat või peenemat jahu. Veskikivide vahekaugus ei ole ühtlane. Keskmises osas, kus teravili jaotub kivide vahel ühtlaselt, on vahe kõige suurem ja teri ei purustata. Teravili liigub tsentrifugaaljõu mõjul kivide serva poole, kus kivide vahekaugus väheneb ja terad lõigatakse tükkideks. Järgnevalt satuvad teratükid "jahuväljale", kus toimub nende lõplik peenekshõõrumine. Terade liikumiseks ja aspiratsiooniks on kividesse raiutud 10-15 mm sügavused sooned. Need algavad kivi "silma" juurest ja lähevad kivi servani, moodustades kaare. Ülemisel ja alumisel kivil on sooned raiutud eri suundades, et soodustada terade lõikamist ja hõõrumist.

Veskikivide tootlikkus on enamasti 110-125 kg jahu päevas veskikivi läbimõõdu sentimeetri kohta.

Haamerveskitest kasutatakse ENSV majandites tüüpe DMM-0,3, MDY-4, DKY-1,2. Nende tootlikkus on 0,2-0,7 t jahu tunnis ja vajalik võimsus 3-10 kW. Haamerveskeid kasutatakse peamiselt söödajahu jahvatamiseks ja söötade peenestamiseks.

Jahvatuse liigid kolhoosides ja sovhoosides veskites

Lihtjahvatus. Teravili puhastatakse separaatori abil lisanditest ja kroovitakse. Järgnevalt puhastatakse teravili veel kord separaatoril ja jahvatatakse ühekordse kivide vahelt läbilaskmise teel. Kui teravili ei sisalda üle 1% lisandeid, saadakse jahvatamisel 98,5% jahu teravilja kaalust. Lihtjahu on tumeda varjundiga, sest ta sisaldab peale endospermi peenekshõõrutud kesta- ja iduosakesi.

Ülesõelajahvatus. Ülesõelajahvatus on juba primitiivne sordijahvatus. Puhastatud ja kroovitud teravili suunatakse esimese kivipaari vahele, mis purustab terad, kuid ei jahvata neid veel peeneks jahuks. Saadud produkt sõelutakse. Sõela läbinud jahuosakesed lähevad kotti, kuid sõelale jäänud teratükid suunatakse teise paari kivide vahele, kus nad peeneks jahvatatakse. Saadud jahu suunatakse teisele sõelale. Sõela läbinud jahu läheb kotti, sõelale jäävad peamiselt kes-

taosakesed (kliid). Saadud ülesõelajahu on ühtlasema jämedusega ja väiksema kestasisaldusega kui harilik lihtjahu.

T e r a v i l j a j a h v a t a m i n e t ö ö s t u s l i k e s v e s k i t e s

Jahvatussegu koostamine. Erinevatest nisusortidest saadud jahu omadused varieeruvad. Üks nisusort annab suurema, teine väiksema teraliimisisaldusega jahu. Samuti on kõikuvad ka jahu värvus ja tuhasus. Standardse jahu suurema väljatuleku kindlustamiseks segatakse enne jahvatamist mitu nisu tüüpi või alatüüpi, s. o. koostatakse jahvatussegu. Madala teraliimisisaldusega ja kõrge tuhasusega nisule lisatakse kõrge teraliimisisalduse ja madala tuhasusega nisu, et saadava jahu tuhasus ja teraliimisisaldus oleksid standardi normide piirides. Jahvatussegu koostamisele eelneb teravilja tüüpide ja alatüüpide laboratoorne määramine. Vajaduse korral tehakse enne pärisjahvatust ka proovijahvatus spetsiaalsete laboratoorsete veskitega.

Söödajahu valmistamise puhul segatakse harilikult teravilja ja kaunvilja, et tõsta söödajahu valgusisaldust. Ka siin võetakse kaunvilja teatud koguses, et saada soodsa koostisega jahu.

Jahvatussegu koostamise järel tuleb ta jahvatamiseks ette valmistada. Ettevalmistus jahvatamiseks koosneb järgmistest lülidest: 1) teravilja puhastamine lisanditest, 2) terakesta puhastamine tolmust, 3) teravilja niiskuse reguleerimine, 4) terakesta ja idu eraldamine.

Teravilja puhastamine lisanditest. Veskites kasutatakse teravilja lisanditest puhastamiseks peamiselt spetsiaalseid puhastusmasinaid - separaatoreid ja aspiraatoreid, harvem triööre jm. puhastusmasinaid. Separaatori puhastusorganiteks on kaks ventilaatorit ja sõelakast kolme sõelaga. Separaatorite võimsus võib olla 4-100 t tunnis.

Kerged lisandid ja tolm eraldatakse teraviljast aspiraatoritega.

Metalliosakeste eraldamiseks kasutatakse püsimagneteid, mis asetatakse teravilja või jahu liikumise torudesse. Nad

vajavad regulaarset puhastamist metalliosakestest, mis on nende külge kinni jäänud.

Pärast separeerimist ja aspireerimist juhitakse teravili vajaduse korral läbi viki- ja kaeratriööri. Vikitriöör eraldab põhikultuuri teradest lühemad, kaeratriöör aga pikemad lisandid.

Terakesta puhastamine. Puhastamisel eraldatakse kestale liibunud tolm ja seemnel kasvavad karvakesed. Terakesta puhastamine võib toimuda kuivalt või märjalt. Kuival puhastamisel lastakse terad läbi kroovimis- ja harjamasinate ning aspiraatorite tekkiva tolmu kogumiseks. Kroovimismasin koosneb silindrist ja selles pöörlevast hammastega võllist. Teravili satub ühest otsast silindrisse, võlli liikumise tagajärjel liigub silindri ühest otsast teise ning väljub avausest. Kroovimismasinas tekib seemnete vahel tugev hõõrdumine. Kroovimisel tekkiv tolm imetakse aspiraatorisse. Tera kest ja idu jäävad sellise kroovimise puhul terveks, sellepärast nimetatakse niisugust kroovimist ka "pehmeks" kroovimiseks. "Kõva" kroovimise masinas on silinder seestpoolt karedaks tehtud ja seetõttu on seemnete hõõrdumine tunduvalt intensiivsem. Kõval kroovimisel eraldub osa kesta ja idu.

Kroovimise järel juhitakse teravili harjamasinasse, mis eraldab kestadele peatuma jäänud tolmu.

Stepirajoonidest saabuvat teravilja puhastatakse pesemismasinates pesemisega. Pesemisel eraldub ka tolm, mis peitub teravaos ega eraldu kuival puhastamisel. Pesemine ühtlasi tõstab terade niiskusesisaldust ja seega aktiviseerib terades toimuvaid biokeemilisi protsesse. Pesemismasinal on vann, milles pöörleb tigu. Teravili juhitakse vanni ja teo pöörlemisel segatakse veega. Rasked lisandid (kivikesed) langevad vanni põhja ja kogutakse kokku. Tigu viib teravilja järgmisse sektsiooni, kus kiire pöörlemise tõttu eraldub vesi tsentrifugaaljõu mõjul. Järgnevalt juhitakse teravili konditsionääri, kus toimub teravilja niiskuse reguleerimine. Kuivpuhastusest tulnud teravilja niisutatakse, pesumasinast tulnud teravilja aga kuivatatakse. Teravilja konditsioneerimine võib toimuda külmalt või kuumalt. Külma konditsioneerimise puhul niisutatakse teravilja 15-16% niiskuseni ja jäetakse siis 16-24 tunniks salvedesse seisma. Kuumal konditsi-

oneerimisel niisutatakse teravili 17-18,5% niiskuseni ning järgnevalt puhutakse temast läbi sooja ja kuiva õhku kuivatamise otstarbel. Kuumaks konditsioneerimiseks ei kulu aega üle 2 tunni. Niisutamise mõjul muutub terakest elastseks ja eraldub kergemini endospermist.

Sordijahvatus. Nisu endosperm moodustab tera kaalust 80-85%, seega teoreetiliselt võib saada niisama palju ka kõrgemate sortide jahu. Praktiliselt saadakse aga kõrgemate sortide jahu palju vähem (umbes 35%), sest kasutatavad meetodid ei võimalda eraldada endospermist kogu kesta ja idu. Kõrgema sordi jahu peab olema sõre, ta ei tohi sisaldada purustatud rakke või suuremaid rakkudekogumikke. Esimestes on teraliimi omadused rikutud rakkude ja tärkliseterade purustamise tõttu, teised aga paisuvad liiga aeglaselt, sest osal süsivesikutel ja valkudel ei ole võimalust käärimisest osa võtta. Et saada nõuetele vastavate omadustega jahuteri, selleks on töötatud välja keerulised sordijahvatuse skeemid.

Sordijahu jahvatamisel on peamisteks masinateks valtspingid ja plaansõelad. Jahvatamiseks ettevalmistatud nisu läbib algul lõikesüsteemi ja siis jahvatussüsteemi. Lõikesüsteem koosneb harilikult 5-7 valtspingist, kus igal järgneval valtspingil on valtside vahe väiksem ja valtside soo-ned madalamad. Iga valtspink on torustiku (pneumaatiline transportöör) kaudu ühenduses plaansõeltega, kus toimub lõigatud osakeste sorteerimine. Esimeses valtspingis lõigatakse terad suurematekstükkideks ja juhitakse siis plaansõeltele, kus nad sorteeritakse. Kõige jämedamad tükid juhitakse teise valtspinki, keskmised kolmandasse ja peenemad neljandasse valtspinki. Sorteerimisel eraldatakse teratükid suuruse ja kestasisalduse järgi. Puhta endospermi tükikesed lähevad kõrgema ja esimese, terakesta sisaldavad tükid aga teise sordi jahu valmistamiseks. Teisest valtspingist saadud produktist saadakse pärast sorteerimist ja tuulamist mannatangu.

Lõikesüsteemile järgneb peeneksjahvatamise süsteem. Selle süsteemi esimeses valtspingis toimub teratükkide "lihvimine", mille ülesandeks on viimaste kestaosakeste eraldamine. Lihvitud osakesed sõelutakse ja puhastatakse ning suunatakse madalate soontega valtsidesse, kus toimub järeljahvatus. Ka

järeljahvatusel kasutatakse mitut valtspinki, milledes valtside vahed ja soonte sügavus järjest vähenevad. Iga valtsidest läbilaskmise järel produkt sorteeritakse, paraja suurusega jahu suunatakse väljalaskepunkrisse, jämedamad osakesed aga uuesti jahvatamisele. Enne väljalaskepunkrit on paigutatud kontrollsõelad, mis eraldavad jämedad osakesed ja suunavad need tagasi järeljahvatamisele. Väljalaskepunkri juures võib olla taarastamisautomaat, mis kaalub jahu kottidesse ja õmbleb kotid kinni.

Jahu väljatulek. Jahvatamisel saadud jahu ja jäätmete kaal peab võrduma jahvatatud teravilja kaaluga, välja arvatud väike mehhaaniline kadu. Tuleb silmas pidada, et pestud teravilja jahvatamisel võib niiskumise tõttu jahu kaal suureneda, enamasti aga jahvatamisel jahu soojeneb ja kuivab ning seetõttu ta kaal väheneb. Kui nisu vastab põhikonditsioonile, siis kolmesordilise jahvatuse puhul saadakse näiteks 10% kõrgema, 35% esimese ja 33% teise sordi jahu. Peale selle saadakse 18,5% kliisid, 2,6% söötjäätmeid ja 0,9% kasutuid jäätmeid ning mehhaanilist kadu.

Veski laboratooriumis tehakse jahvatusele suunatud partiide kvaliteedi analüüsid ja arvutatakse teoreetiline jahu väljatulek. Praktilisel jahvatusel võib esineda enamjahvatus, kui jahu väljatulek on suurem ettenähtust, või vähemjahvatus, kui jahu väljatulek on väiksem. Enamjahvatuse eest makstakse premiaaltasu, kui toodang vastab kvaliteedi nõuetele.

J a h u s ä i l i t a m i n e

Mõne aja pärast jahvatust püsivad rakud elusana ja hingavad intensiivselt. Jahu hingab palju kordi intensiivsemalt kui teravili, sest rakkudel on vahetu kontakt õhuga. Intensiivse hingamise tõttu võib jahu temperatuur kiiresti tõusta, sest ta soojusejuhtivus on väike. Seepärast tuleb äsjajahvatatud jahu kiiresti jahutada ja säilitada õhukese kihina.

Jahuladu peab olema kuiv ja hästi õhustatud. Jahu säilitatakse kottides, kotid pannakse virna ja virnad tähistatakse etikettidega, kuhu on märgitud sort, kvaliteet ja kogus. Säilitatava jahu niiskus ei tohiks ületada 14-15%. Et

jahu on väga hügroskoopne, siis on vaja niiskete ilmade puhul ladu hästi sulgeda.

Äsjajahvatatud nisujahu vajab teatud aja valmimiseks. Valmimata jahust tehtud leib on väikse poorsusega ja kerkib vähe. Parema nisujahu valmimine kestab 1,5-2 kuud, lihtjahu valmib tunduvalt kiiremini. Jahu valmimisel toimuvad biokeemilised protsessid. A. I. Ostrovski ja L. J. Auermanni järgi on valmimise ajal jahus tekkivad muudatused seotud hapendumisega. Hapendumisel suureneb jahu happesus, sest jahus sisalduvad orgaanilised fosforiühendid lagunevad vabadeks hapudeks fosfaatideks. Rasvade lagunemise tagajärjel tekivad ka vabad rasvhapped. Teraliimi hulk väheneb veidi, kuid tema kvaliteet paraneb tunduvalt. Suureneb valkude veesidumise võime. Jahu valmimise ajal vähenab fermentide aktiivsus. Jahu muutub värvuselt heledamaks.

Jahu valmimist saab kiirendada, kui teda säilitada soojemates ruumides või osoneerida.

Rukkijahu ei vaja järelvalmimist, seismisel tema küpsetusomadused halvenevad ja jahu muutub kibedaks.

Jahu kibedaks muutumine on põhjustatud rasvade hapendumisest õhu käes, mil rasvadest tekivad kibedamaitselised oksühapped. Rasvarikkad jahud lähevad kiiremini kibedaks. Kõrgendatud niiskuse tõttu võib jahu kergesti ka kopitama minna. Kopitamine on tingitud hallitusseentest, mis annavad jahule iseloomuliku lõhna. Valminud jahu tuleb säilitada võimalikult madalas temperatuuris, et vältida maitse kibedaks muutumist ja jahu riknemist.

Jahu võib kergesti nakatuda laokahjuritest, nagu jahuleedik, harilik leivamardikas, terakärsakas ja lestad. Kahjurite tõrjeks tuleb ladu hoida alati puhas ja süstemaatiliselt desinsekteerida. Kui kahjurid on jahusse ilmunud, siis tuleb see sõeluda ja kiiresti ära tarvitada.

Loomuliku kao piirnorm jahu säilitamisel on 3-6 kuu jooksul 0,08% ja üle 6 kuu säilitamisel 0,15%.

XIII peatükk

LEIVATEGEMINE

L e i v a t e g e m i s e t o o r a i n e d

Jahus sisalduvad peaaegu kõik inimorganismile vajalikud toitained, kuid kahjuks halvastiseeduval kujul. Nende seeduvuse suurendamiseks küpsetatakse leiba. Jahu sordid ei vasta täielikult toodetavate leivasaaduste sortidele, sellepärast on vaja enne leivategemist jahu analüüsida niiskuse ja teraliimi sisalduse määramiseks. Järgnevalt tehakse jahusegu, kasutades mitut jahusorti ja spetsiaalseid segisteid. Jahusegu sõelutakse juhuslike lisandite eraldamiseks ja õhustamiseks, mis soodustab paremat käärimist.

Sageli ei ole jahu normaalsete omadustega, sest ta on jahvatatud rikutud (defektsest) teraviljast (näiteks idanenud, külmast, kilplutikast või isekuumenemisest rikutud). Rikutud teraviljast jahvatatud jahust ei saa valmistada nõuetele vastavat leiba, kuid teda võib teatud hulgal segada normaalse jahuga, ilma et leiva kvaliteet eriti palju langeks.

Idanenud teraviljast jahvatatud jahu on väga kõrge fermentide aktiivsusega ja sisaldab palju endospermi varuainete hüdrolüüsi produkte. Saadud leib on tume ja nätske sisuga. Jahu omadusi saab parandada, kui jahvatamise eel eraldada koorimisega võimalikult rohkem idu ja endospermi välist kihti. Sellisest jahust tehakse leivategemisel hapum taigen, kasutades pärmi asemel juuretist või piimhapet.

Külmast rikutud teravili on kõrge fermentide aktiivsusega, vähe veniva ja aeglaselt paisuva teraliimiga. Sellisest teraviljast valmistatud leib on magusa või kibeda maitsega ja vähe elastse sisuga. Normaalsete omadustega leiva saamiseks on vaja lisada vähemalt 40% normaalset jahu.

Isekuumenemisel või kuivatamisel rikutud teravili on vähese teraliimisisaldusega ja sageli hallituse lõhnaga. Kui jahul on hallituse lõhn või on tekkinud valkude denaturatsioon, siis ta leivategemiseks ei kõlba. Vähem rikutud jahu saab kasutada parema jahu juurdesegamise teel.

Leivategemiseks kasutatav vesi peab olema puhas ja joo-

miseks kõlblik. Vee hulk oleneb leiva sordist ja teraliimi omadustest. Näiteks suuremate leibade tegemisel võetakse 100 kg jahu kohta 55-56 l vett, väiksemate saiade tegemisel aga umbes 40 l. Rukkijahu vajab rohkem vett, nisu- ja maisijahu vähem. Vee mõjul muutuvad lahustumatud valgud teraliimiks, vees lahustuvad aga varuained ja fermendid.

Käärimise tekitamiseks taignas kasutatakse pärmi või juuretisi. Pärmiseened tekitavad alkohoolse, juuretised aga piimhappelise käärimise. Käärimiseks soodus temperatuur on umbes 35°. Pärmiseente toiduks on glükoos, maltoos ja lihtsamad lämmastikuühendid. Toitekeskkond peab sisaldama ka fosforit, kaaliumi, kaltsiumi, magneesiumi ja rauda. Pärmiseened tekitavad alkohoolse käärimise, mille tulemusena tekib etüülalkohol ja süsihappegaas. Käärimisel tekib hulk mitmesuguseid vaheprodukte, mis annavad leivale meeldiva maitse. Leivategemisel kasutatakse vedelat või presspärmi. Nisuleiva tegemisel võetakse 0,7% presspärmi või 15-25% vedelat pärmi jahu kaalust.

Rukkileivataigen sisaldab vähe teraliimi ja selle gaasisidumisvõime on väike. Taigna kergitamiseks kasutatakse siin piimhappebakterite elutegevust, mille tulemusena tekib piimhape ja süsihappegaas. Piimhappebakterite taignasse viimiseks on juuretis (osa eelmisest käärinud taignast).

Pärmiseente või piimhappebakterite mõjul tekkiv süsihappegaas annab taignale poorsuse bioloogilisel teel. Piimhape annab taignale hapuka maitse.

Taigna keemiliseks kobestamiseks kasutatakse keemilisi aineid, nagu söögisooda, viinakivi jm. küpsetuspulbrid, mis lagunemisel tekitavad süsihappegaasi. Küpsetuspulbreid kasutatakse suhkru- ja rasvarikaste taignate kergitamiseks, sest pärmiseente tegevus nendes on takistatud.

On tuntud ka füüsikalise kobestamise meetod, mis seisneb selles, et taignasse puhutakse süsihappegaasi ja tükeldatud taigen pannakse kiiresti küpsema.

Soola lisamine taignale parandab leiva maitset, soodustab käärimist ja parandab taigna füüsikalisi omadusi. Sordijahule lisatakse soola 1-1,5%, lihtjahule 2,5% jahu kaalust.

L e i v a t e g e m i s e v i i s i d

Nisuleiba tehakse eeltaigna meetodil või ilma eeltaignata.

Eeltaigna meetod. Algul tehakse eeltaigen. Selleks võetakse 100 osa jahu kohta 70-90 osa vett ja segatakse. Pärm (0,5-1% jahu kaalust) lahustatakse soojas vees ja lisatakse eeltaignale. Eeltaigen segatakse ja jäetakse sooja ruumi (umbes 30°) 3-4,5 tunniks seisma. Selle aja jooksul paljunevad pärmiseened ja kogunevad fermendid. Siis võetakse sooja vett, lahustatakse selles sool ja lisatakse eeltaignale, seejärel lisatakse veel ülejäänud jahu ja segatakse hästi läbi. Taigen käärib 1-2 tundi 28-30°-ses temperatuuris. Käärimise ajal on vaja taignat mõned korrad segada. Eeltaigna meetodil saadakse rahuldav leib ka rikutud jahust, seepärast on see meetod kõige rohkem praktikas levinud.

Eeltaignata meetod. Võetakse sooja vett, lisatakse sool, pärm ja jahu ning segatakse taigen. Järgnevalt lastakse taignal 2-4 tundi käärida ja segatakse mõned korrad. Kui pärmi rohkem lisada, saab käärimise aega lühendada. Liigne taigna segamine, eriti halvema kvaliteediga jahu puhul, halvendab leiva kvaliteeti. Eeltaignata meetod on kiirem, kuid nõuab rohkem pärmi ja paremat jahu.

Keeduleib. Keeduleiva valmistamiseks võetakse 5-10% jahu, valatakse peale algul kuum vesi, segatakse läbi ja lisatakse siis keeva vett, et temperatuur tõuseks 70°-ni. Kõrgel temperatuuril muutub tärklis algul kliistriks ja seismisel amülaasi mõjul suhkruks. Mõnikord lisatakse suhkrustumise kiirendamiseks ka linnaseid. Magusast keedust valmistatakse taigen eeltaigna või eeltaignata meetodil. Keeduleib on omapärase magusa maitsega ja püsib kauem pehme.

Rukkileiva valmistamine. Rukkileiba valmistatakse juuretise abil. Kõrgema sordi rukkijahust leiva valmistamiseks kasutatakse ka pärmi. Juuretis, milleks on umbes 0,5% eelmisest taignast, lahustatakse soojas vees ja jäetakse 4-5 tunniks sooja ruumi käärima. Siis võetakse sooja vett, lahustatakse juuretis ja sool ning lisatakse jahu ja tehakse taigen valmis. Taigen jäetakse 1,5 tunniks käärima, siis tükeldatakse ja pannakse küpsema.

T ö ö s t u s l i k l e i v a t e g e m i n e

Taigna valmistamiseks kasutatakse taignasegamise masinaid või katlaid. Jahu, pärmi, soola ja vee lisamiseks kasutatakse vastavaid dosaatoreid, mis mõõdavad tooraine katlasse ettenähtud koguses. Taigna segamiseks on taignasegamiskatel varustatud vastavate segamishoobadega.

Taigna käärimise temperatuuri reguleeritakse taigna tegemisel kasutatava vee temperatuuri ja käärimisruumi temperatuuri reguleerimise teel.

Taigna käärimisel punduvad valgud ja süsivesikud ning vedel taigen muutub paksemaks. Süsihappegaasi eraldumise tagajärjel tekkinud mullid muutuvad järjest suuremaks ja taigen hakkab kerkima. Kvaliteetsem teraliim soodustab suuremat kerkimist, sest mullide seinad on suurema venivusega ega lõhke nii ruttu kui vähese venivusega teraliimi puhul. Kerkimine jääb järjest aeglasemaks, sest pärmiseened tarvitavad ära kogu kättesaadava toidu ega saa enam süsihappegaasi eraldada. Lõpuks hakkab taigen langema.

Gaaside maksimaalseks tekitamiseks ja kinnipidamiseks segatakse taignat. Hea kerkimisvõimega jahu vajab mitu korda segamist, selle tagajärjel kerkimine paraneb. Halva kerkimisvõimega jahust valmistatud taigen aga kaotab mitmekordsel segamisel gaaside kinnipidamise võime.

Järgmiseks tööks on taigna tükeldamine, mis toimub tükeldamismasinates. Taigen suunatakse tükeldamismasina koluse, kust ta satub vastavale matriitsile ja lõigatakse noaga soovitava suurusega tükkideks. Järgnevalt lähevad taignatükid transportööril taignavormijasse, mis annab pätsile sobiva kuju. Pärast vormimist jäetakse taigen veel mõneks ajaks kerkima ja maksimaalse mahu saabumisel pannakse küpsema.

Leivaküpsetamisel kasutatakse kõige rohkem spetsiaalseid kiikahjusid. Kiikahjul on konveier, mis viib leivad ahju ja toob nad teatud aja möödumisel ahjust välja. Konveierile on kinnitatud kiiged, mis mahutavad igaüks ühe suure leiva või mitu väiksemat saiatoodet. Konveieri liikumise kiirust reguleerib ajarelee. Ahju köetakse küttekoldest ülekuumendatud veeauruga. Küpsetustemperatuur on 230-280°.

Küpsetamise algul paisub leib tugevasti ja tema pealispind kattub kilega, mis varsti muutub koorikuks. Umbes 70° juures muutub tärklis α-amülaasi toimel dekstriiniks, valgud aga koaguleeruvad, andes osa vett paisuvatele tärkliseteradele. Dekstriin on inimorganismis hästi seeduv. Edasi tõuseb sisu temperatuur 90°-ni ning selle tagajärjel muutub sisu kuivaks ja elastseks. Leivakooriku temperatuur tõuseb kuni 120-140°-ni ja temas leiduvad suhkrud muutuvad karamelliks, mis annab koorikule meeldiva pruunika jume. Suhkruvaesest jahust valmistatud leib on kahvatu koorikuga. Kooriku välimuse (värvuse ja sileduse) parandamiseks piserdatakse ahju vett. Kui taigen pannakse ahju liiga vara või hilja, saadakse riketega leib. Liiga vara ahju pandud leiva koorik lõhkeb ahjus kergesti, hilja ahju pandud leiva taigen aga hakkab kohe langema ja koorik lööb sisu küljest lahti.

Juurdeküps. Küpsetamisel saadud leiva kaal on alati suurem tarvitatud jahu kaalust, sest leib sisaldab jahuga võrreldes palju rohkem vett. Näiteks nisuleiba saadakse 100 kg jahu kohta 140-170 kg, olenevalt leiva sordist ja jahu omadustest. L. J. Auermanni järgi võrdub küpsetamisel saadava leiva kaal 100 kg jahu kohta:

$$x = (100 + A + B) - (C + D + E + F)$$

x = leiva väljatulek (kg) 100 kg jahu kohta,
A - pärmi ja maitseainete kaal (kg),
B - vee kaal (kg),
C - jahu kaaluline kadu tolmuna ja jäätmetena (kg),
D - taigna kadu (kg),
E - taigna kaalu vähenemine ahjus (kg),
F - jahu kaalu kahanemine kuivamisel (kg).

L e i v a j a h u t a m i n e j a s ä i l i t a m i n e

Ahjust võetud leib viiakse leivahoidlasse, kus temperatuur on 18-25°. Jahtumise ajal leib kuivab ja toimub niiskuse ümberpaiknemine pätsis. Koorik, mis küpsemise ajal ei sisalda peaaegu üldse vett, imeb seda endasse pätsi sisust. Mida

suurem leib, seda aeglasemalt ta jahtub. Kiirel jahtumisel võib koorik sisust lahti lüüa. Pärast jahtumist säilitatakse leiba puhtas kuivas ruumis, mille temperatuur on üle 6°. Leib säilib värskena ainult 10-12 tundi, siis algab kõvenemine ja sisu muutub pudedaks. Kui leiba soojendada, siis värske leiva omadused mõneks ajaks taastuvad, kuid varsti kaovad uuesti.

Leiva kõvenemine on tingitud sellest, et osa tärklise poolt seotud veest ühineb uuesti valkudega ja selle tagajärjel tärkliseterade maht väheneb. Tärkliseterade kokkutõmbumisel tekivad nende ümber tühjad ruumid ja leib hakkab kergesti pudenema.

Leib säilib kauem värskena, kui taigna valmistamisel kasutada presspärmi asemel vedelat pärmi või lisada taignale želatiini, piima, sojajahu või siirupit.

Säilitamisel laotakse vormi- või põrandaleib riiulitele külili või põhjale 1-2 rida üksteise peale. Saiad tuleb laduda korvidesse või kastidesse püstiasendis, et kooriku muljumist ära hoida. Leib tuleb transportida spetsiaalsetes kinnistes autodes.

XIV peatükk

TANGUTEGEMINE

N õ u d e d t o o r a i n e l e

Tangud on väga tähtsaks elanikkonna toitlustamise artikliks, sest nad sisaldavad rikkalikult süsivesikuid, valke, rasva jm. aineid. Tangu tehakse kõikidest teraviljadest, välja arvatud sorgo. Tangutegemine võib olla otseseks eesmärgiks, kuid võib olla ka tööstuses kõrvalharuks, näiteks jahu- või tärklisetööstuses.

Tangu suur väljatulek on tagatud siis, kui terad on hästi suured, tuumakad ja vähese kestasisaldusega. Kahetahulised odrad on suurema teraga ja väiksema kestasisaldusega kui neljatahulised ja seetõttu sobivad paremini tangutegemi-

seks. Väiksed terad vähendavad tangu väljatulekut, seepärast ei luba standard neid mitte üle 5%. Väikesteks odrateradeks loetakse sellised, mis läbivad 2,2 x 20 mm sõela. Väga tähtis on ka terade ühtlus. Ebaühtlase tooraine puhul purunevad suured terad liigselt, väiksed aga läbivad tangumasina vigastustota. Selle tulemusel tangu väljatulek väheneb ning saadakse mittestandardne toodang.

Tangu väljatulek oleneb terade tuumakusest. Tuumakust iseloomustab endospermi kaaluline protsent kogu tera kaalust. Tuumakuse protsent saadakse ka, kui sajast lahutada sõklasuse, lisandite, poolikute terade ja võõrseemnete protsendid. Kaera tuumakus peaks olema vähemalt 60%, tatral 71% jne. Maksimaalne lisanditesisaldus on ette nähtud riiklikes standardites. Näiteks tanguodras ei tohi olla teralisandeid üle 3% ja prahti üle 2%. Tanguodra niiskus ei tohi ületada 15,5%. Ka liiga kuiv oder ei lase end kergesti tanguks töödelda, sest ta puruneb kergesti.

Enne tangumasinasse laskmist peab tooraine olema lisanditest puhastatud. Orgaanilised lisandid eraldatakse separeerimisega, tolm aspireerimisega. Sorteerimismasinate abil jagatakse terad suuruse järgi gruppidesse ja töödeldakse tanguks iga grupp eraldi.

O d r a t a n g u t e g e m i n e

Odratangu tegemiseks sobib kõige paremini helekollane valgurikas oder. Tärkliserikkad odrad sobivad paremini õlletööstuse tarbeks.

Odrast tehakse odratangu või odrakruupe. Odrakruubid on kestata lihvitud odraterad või nende tükid. Odratangud on kooritud odraterade purustamisel saadud tükid, mis pole lihvitud ja on osaliselt kaetud õiesõkaldega.

Tanguotra separeeritakse vähemalt kolm korda ja eraldatakse sõelumise teel peened ning kõluterad. Puhastatud oder kroovitakse mitu korda ning järgnevalt puhastatakse tolmust. Selliselt ettevalmistatud terad lastakse tangumasinasse. Tangumasinal on liikumatu ja liikuv ketas, mis on varustatud väljaulatuvate hammastega. Ketaste vahekaugus on reguleeritav.

Kruupide tegemisel on kettad üksteisest kaugel ja teri purustatakse vähe, tangude tegemisel aga tunduvalt rohkem. Purustatud terad lastakse läbi harjamasina ja aspiraatori ning üle sõelte jahu eraldamiseks. Tangud, mis lähevad üle 0,56-mm-ste avadega sõelte, jagatakse suuruse järgi kolme numbri tangudeks.

Nr. 1 - tangud läbivad sõela avadega 2,5 mm ega läbi sõela avadega 2. Nr. 2 - tangud läbivad sõela avadega 2,0 mm ega läbi sõela avadega 1,5. Nr. 3 - tangud läbivad sõela avadega 1,5 mm ega läbi sõela avadega 0,56.

Põhikonditsioonile vastavast odrast tuleb saada tangu nr. 1 - 15%, nr. 2 - 42%, nr. 3 - 5%, kokku 62%. Peale selle saadakse järeljahu 19,5%, odrakliisid (odrakee) - 10,0%, peenotra - 5%, söötjäätmeid - 2,5%, kasutuid jäätmeid ja mehhaanilist kadu - 0,7% ning kuivet (kuivamiskadu) - 0,3%.

Kruupide tegemisel saadud teratükid või terad lastakse samuti läbi harjamasina ja sõelutakse jahu eraldamiseks. Järgnevalt töödeldakse kruupe spetsiaalses masinas - hollendris -, kus eraldatakse kruupide külge jäänud õiesõklad ja lihvitakse ning poleeritakse kruupide nurgad ümmargusteks.

Hollendril on kaks silindrit, väiksem on asetatud suurema sisse, ning nad pöörlevad erineva kiirusega ja erinevates suundades. Sisemine silinder teeb minutis kuni 300, väline kuni 15 pööret. Kruupide hõõrumine toimub kahe silindri vahel, mis intensiivsema hõõrdumise saavutamiseks on vastavalt töödeldud. Ventilaator imeb ära hõõrdumisel tekkiva tolmu. Ühe portsjoni kruupide töötlemine kestab 10-12 minutit. Kruupide väljalaskmine ja uue portsjoni sisselaskmine toimub automaatselt. Pärast kesta eraldamist esimeses hollendris lastakse kruubid teise hollendrisse, kus hõõrdumine ei ole enam nii intensiivne. Siin kruubid lihvitakse. Järgmises hollendris on hõõrdumine veelgi väiksem ja toimub nn. poleerimine.

Poleeritud kruubid sõelutakse suuruse järgi gruppidesse.

Nr.1	kruubid läbivad sõela avadega	3,5 mm,	ei läbi avasid	3,0 mm,
Nr.2	- " -	3,0	- " -	2,5
Nr.3	- " -	2,5	- " -	2,0
Nr.4	- " -	2,0	- " -	1,5
Nr.5	- " -	1,5	- " -	0,56

Kruupide väljatulek on ette nähtud 40% odra kaalust, kusjuures saadakse nr. 1-2 - 25%, nr. 3-4 - 13% ja nr. 5 - 2%. Peale selle saadakse järeljahu 39,8%, kliisid (odrakeed) - 10%, peenotra - 5%, söötjäätmeid - 2,5%, kasutuid jäätmeid ja mehhaanilist kadu - 0,7% ning kuivet 2%.

Peale tangumasinate võib odratangu valmistamiseks kasutada ka veskikive või valtsveski lõikesüsteemi esimest valtspinki.

Võrreldes tervete odrateradega on odrakruupides kaks korda vähem tuhka ja rasva, 3 korda vähem valku ja 5 korda vähem kiudainet. Odratangudes on tervete odrateradega võrreldes poole vähem tuhka, veidi vähem rasva ja valku ning 2,5 korda vähem kiudainet.

T a t r a t a n g u t e g e m i n e

Tatar puhastatakse lisanditest, kalibreeritakse 6-7 fraktsiooniks ning suunatakse siis tatratangumasinasse, mis koosneb trumlist ja peksukorvist. Peksukorvi kaugus trumlist on reguleeritav. Trumli pöörlemise kiirus on 300 pööret minutis. Purustatud tatraterad suunatakse sorteerimisele ja tuulamisele. Sõelumisega jagatakse tatratangud neljaks sordiks. Tatratangu võib teha ka harilike veskikividega. Põhikonditsioonile vastavast tatrast peab saama toodangut järgmiselt:

Tatrakruubid, I sort	52,0%
Tatrakruubid, II sort	4,0%
Tatratangud	10,0%
Järeljahu	7,0%
Söötjäätmed	6,0%
Kliid (keed), kasutud jäätmed ja mehhaaniline kadu	20,7%
Lubatud kuive	0,3%
Kokku	100,0%

K a e r a t a n g u t e g e m i n e

Kaer separeeritakse korduvalt puhastamise otstarbel ja eraldatakse peened terad. Seejärel suunatakse kaer haamerkroovimismasinasse ja puhastatakse kest. Puhastatud kaera

niiskus tõstetakse 20-22%-ni ja järgnevalt kuumutatakse 110-120°-ses temperatuuris mõned minutid. Aurutamise mõjul kaob kaerale omane kibe maitse. Siis kaer kuivatatakse 11,5-12%-ni ja sorteeritakse suuruse järgi kolme fraktsiooni. Puhastatud ja kalibreeritud kaer kooritakse veskikivide vahel 2-3-kordse läbilaskmise teel. Saadud produkt on kaerakruubid või kaeratangud, olenevalt veskikivide vahelisest pilust.

Kaerakruupidest tehakse ka kaerahelbeid. Kruubid aurutatakse kõrge rõhu all 4-6 minuti jooksul, lastakse siis pool tundi jahtuda ja pressitakse vastavate valtside vahel helvesteks. Kaerahelbed kuivatatakse 12-13% niiskuseni ja pakitakse.

N i s u-, m a i s i- j a m u u d e t a n g u d e t e g e m i n e

Nisu- ehk mannatangu saadakse nisu jahvatamisel lõikesüsteemi valtspinkides. Pehmest nisust valmistatud manna märgitakse tähega M, kõvanisust saadud manna aga tähega T. Nende segust saadakse manna MT.

Seoses maisikasvatuse laienemisega kasvab aasta-aastalt maisitangude valmistamine. Maisitangude tegemisel eraldatakse idu ja kest endospermist.

Maisitangud jagatakse suuruse järgi kolmeks numbriks.

Nr.1 - läbib sõela 2,5 mm ja ületab sõela avadega 2 mm,
Nr.2 - - " - 2 - " - 1,5 mm,
Nr.3 - " - 1,5 - " - 0,8 mm.

Valmistatakse ka hernetangu. Hernetangudeks võivad olla terved kooritud herned, tükeldatud ja purustatud herned.

S i s u k o r d

Sissejuhatus 3

I o s a

PÕLLUMAJANDUSSAADUSTE RIIKLIK VARUMINE
TERAVILJA TEHNOLOOGILISED JA TARBIMISOMADUSED

I peatükk. Põllumajandussaaduste riikliku varumise organisatsioon 8
Varumissüsteem 8
Teravilja riiklikul varumisel kehtivad kvaliteedinõuded 9
Taimekasvatussaaduste standardid ja tehnilised tingimused 11
II peatükk. Teravilja füüsikalised omadused 12
Teravilja neelamisvõime 13
Teravilja voolavus 16
Teravilja isesorteerumine 18
Teravilja mahukaal ja puiste tihedus 19
Teravilja termilised omadused 20
III peatükk. Teravilja keemiline koostis 23
Lämmastikkusisaldavad ained 24
Süsivesikud 25
Lipoidid 26
Fermendid 26
Vitamiinid ja pigmendid 27
Mineraalained 28
Teravilja happesus 28
Teravilja keemilise koostise muutlikkus.. 28

II o s a

TERAVILJA SÄILITAMISE ALUSED

IV peatükk. Biokeemilised protsessid teravilja säilitamisel 30
Teravilja koristusjärgne järelvalmimine.. 30
Seemnete hingamine 32
Varuainete kaod seemnetest nende säilitamisel 38
Loomuliku kao normid teravilja säilitamisel 39
V peatükk. Mikroorganismide ja laokahjurite kahjustav tegevus teravilja säilitamisel 41
Mikroorganismid 41
Laokahjurid 42
VI peatükk. Teravilja isekuumenemine ja selle vältimine 44
Isekuumenemise põhjused 44
Isekuumenemise tüübid ja faasid 45
Isekuumenemise mõju teravilja kvaliteedile 48
Isekuumenemise vältimine ja likvideerimine 48
VII peatükk. Teravilja õhustamine 50
Seemnetevaheline ruum 50
Teravilja ventileerimiseks sobiva õhu valik 52
Teravilja ventileerimise tehnika 53
VIII peatükk. Teravilja kuivatamise teooria 57
Kuivatusagent 57
Seemnetes leiduva vee iseärasused 58
Niisked seemned kui kuivatusobjekt 59
Temperatuurirežiim kuivatamisel 61
Kuivatusprotsess 63
Kuivatuskadude arvestamine 65
IX peatükk. Teraviljakuivatid ja nende kasutamine ... 66
Teravilja kuivatamise viisid 66
Teraviljakuivatite klassifikatsioon 67

Põrandkuivatid 67
Plekk- ehk kamberkuivatid 67
Šahtkuivatid 72
Trummeltüüpi kuivatid 78
Žalusiikuivatid 80
Ventileeritavad salved 82
Uued kuivatusviisid 83
X peatükk. Teraviljahoidlad 84
Elevaatorid 84
Kolhooside ja sovhooside aidad 85
Aitade sanitaartehniline hooldamine 88
XI peatükk. Teravilja salvestamine, kontrollimine ja hooldamine 91
Teravilja salvestamine 91
Teravilja hooldamine ja kontrollimine säilitamise ajal 92
Seemnete arvestamine ja säilituskaod 94

III o s a

TERAVILJA ÜMBERTÖÖTAMISE ALUSED

XII peatükk. Teravilja jahvatamine 96
Kolhooside ja sovhooside veskid 98
Jahvatuse liigid kolhooside ja sovhooside veskites 100
Teravilja jahvatamine tööstuslikes veskites 101
Jahu säilitamine 104
XIII peatükk. Leivategemine 106
Leivategemise toorained 106
Leivategemise viisid 108
Tööstuslik leivategemine 109
Leiva jahutamine ja säilitamine 110
XIV peatükk. Tangutegemine 111
Nõuded tooreinele 111
Odratangu tegemine 112
Tatratangu tegemine 114
Kaeratangu tegemine 114
Nisu-, maisi- ja muude tangude tegemine.. 115

Toimetaja: M. Karmin
Korrektor: V. Kajara

EPA rotaprint 1964. a. Trükipoognaid 7,5.
Tiraaž 500 eks. MB 00265. Tellimise nr. 11.
Hind 19 kop.

Hind 19 kop.

A-25686
A

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00445440 3