METK
Maaelu
Teadmuskeskus

TERAVILJADE KORISTUSJÄRGNE ESMANE KÄITLEMINE

Maaelu Teadmuskeskus

TERAVILJADE KORISTUSJÄRGNE ESMANE KÄITLEMINE

Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond: Euroopa investeeringud maapiirkondadesse

METK Maaelu Teadmuskeskus

2023

Koostaja: Elina Karron, Põllumajandusuuringute osakond,
Agrotehnoloogia valdkond

Toimetajad: Sirje Tamm, Taavi Võsa, Jüri Kadaja
Fotod: Elina Karron, Taavi Võsa

Autoriõigus kuulub Maaelu Teadmuskeskusele, varalised õigused kuuluvad materjali tellijale. Materjal valmis Regionaal- ja Põllumajandusministeeriumi ning Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti (PRIA) tellimusel 2023. a. Kõik autoriõigused on kaitstud.

Sissejuhatus 4

Tera ehitus, sõkal- ja paljasteralised teraviljad, tera valmimise etapid 6

Teraviljade kasutamine 10

Mida tähendab teravilja kvaliteet 13

Enne koristust 19

Teraviljade koristusaegne ilmastik Eestis 23

Koristusaeg 24

Teraviljade koristusjärgse esmase töötlemise etapid 27

Kvaliteedi halvenemise põhjused ja tunnused vilja ladustamisel 35

Hallitusseened ja mükotoksiinid teraviljas 39

Enesekontroll ohutu ja kvaliteetse teravilja tootmisel põllumajandusettevõttes 43

Tänusõnad 45

Koostamisel kasutatud kirjandus 46

SISSEJUHATUS

Teraviljakasvatus on oluline majandusharu. Eesti Statistikaameti andmetel kasvatati 2022. aastal Eestis teraviljadest kõige enam nisu, 180 971 hektaril, millest talinisu 152 737 ja suvinisu 28 234 hektaril. Odra kasvupind oli 116 390 hektarit, millest suvioder kasvas 80 957 ja talioder 35 433 hektaril. Kaera kasvupind jäi 36 869, rukkil 13 318 ja tritikale 5130 hektarile. Maisi kasvatati haljasmaisina söödaks 16 191 hektaril.

Teraviljade saagi kvaliteeti mõjutavad nii kasvatustehnoloogilised võtted kui ka koristusaegne ilm, kombaini ja kuivati seadistus, kuivati valik, samuti ladustamise tingimused. Teraviljade koristusjärgse käitlemise etapid võib jaotada järgmiselt:

1. Kuivatamine. Pärast koristamist sisaldab teravili sageli liigset niiskust, mis võib põhjustada hallitust, roiskumist või idanemist. Seetõttu on oluline kuivatada teravili optimaalse niiskuse tasemeni, mis võimaldab selle ohutut säilitamist.

2. Sorteerimine. Teraviljade puhastamine hõlmab mitmesuguse prügi, nagu kivid, tolm, taimejäänused ja muud võõrkehad, eemaldamist.

3. Säilitamine. Sorteeritud ja kuivatatud teravili tuleb säilitada nii, et selle kvaliteet püsiks ja ei leviks kahjureid. Selleks kasutatakse teraviljahoidlaid, mis on ehitatud hoidmaks sobivaid temperatuuri- ja niiskustingimusi. Samuti on hoidlates oluline piisav ventilatsioon, et tagada hea õhuvahetus ja vältida niiskuse kogunemist.

4. Töötlemine. Vastavalt soovitud lõpptoote olemusele läbib teravili erinevaid töötlusprotsesse, näiteks jahvatatakse see jahuks, purustatakse helvesteks või lihvitakse kruupideks.

5. Pakendamine ja turustamine. Pärast töötlemist pakendatakse tera-

viljatooted sobivatesse pakenditesse, mis tagavad nende säilivuse ja mugava transpordi. Pärast pakendamist ja märgistamist viiakse teraviljatooted hulgimüüjatele, jaemüüjatele või otse tarbijani.

Käesolev töö on koostatud nelja eelneva Maaelu Teadmuskeskuse infopäeva "Teraviljade koristusjärgne esmane töötlemine" ettekande "Mis toimub teraviljaga peale koristamist ja kuidas hoiduda vilja riknemisest" põhjal. Töös antakse ülevaade teraviljade koristusjärgse esmase töötlemise mõnedest etappidest, et saada kvaliteetne ja ohutu kasutusotstarbeline vili. Kuna nende etappide töövõtted ja edukus sõltuvad paljuski eelnenud oludest ja koristustööde läbiviimisest ning töödeldavast viljast ja selle kasutamise eesmärkidest, on vaatluse all ka koristusele eelnevad ja koristusaegsed tingimused, koristuse ajastatus ja teravilja kasutusotstarbest tingitud erinevused.

TERA EHITUS, SÕKAL- JA PALJASTERALISED TERAVILJAD, TERA VALMIMISE ETAPID

Tera on elusorganism koosnedes peamiselt kolmest osast: kestast, idust ja endospermist.

1. Kest. Viljatera välimine kiht ehk kest koosneb peamiselt kiud- ja mineraalainetest. Kest on mitmekihiline ning see kaitseb viljatera sisemisi osi ja annab vastupidavuse välistingimuste suhtes. Terade kesti läbib hulk makro- ja mikrokapillaare, mille kaudu toimub hingamine ja niiskuse liikumine tera sisse ning sellest välja.

2. Idu. Idust kasvab uus taim. Idu sisaldab olulisi aineid, nagu E ja B vitamiinid, valk- ja mineraalained ning rasvad.

3. Endosperm. Teraviljatera suurim osa on endosperm, milles on talletatud idu algarenguks vajalikud toitained ja mis moodustab enamiku tera mahust. Endosperm koosneb peamiselt tärklisest, valkudest ja mõnedest mineraalainetest.

Sõkal- ja paljasteralised teraviljad

Tera kestade järgi liigitatakse teraviljad paljasteralisteks, nagu rukis, tali- ja suvinisu, paljasteraline kaer ja oder. Neil puuduvad teri kaitsvad sõklad. Sõkaldega kaitstud terad ehk sõkalteralised teraviljad on suvi- ja talioder, kaer, speltanisu ja üheteranisu.

Sõkalteralistel teraviljadel kaitsevad sõklad teri niiskuse kadumise eest ning samuti on nad võrreldes paljasteraliste teraviljadega (nagu nisu ja rukis) vastupidavamad kõrgete kuivatamistemperatuuridega kuivatamise suhtes. Sõkalteralised teraviljad on tavaliselt looduslikult kõrgema niiskuse sisaldusega kui paljasteralised ja see annab neile vähema tundlikkuse kuivatamistemperatuuride suhtes, sest niiskus toimib soojuse neelajana, aidates vältida tera ülekuumenemist.

Nisu

Rukis

Paljasteraline oder

Sõkalteraline oder

Paljasteraline kaer

Sõkalteraline kaer

Üheteranisu

Speltanisu

Tera valmimise etapid

Tabel 1. Terade vaha-ja täisküpsuse faasid (Ühe- ja kaheiduleheliste taimede kasvufaasid, 2001)

Täisküpsus	Tunnused
83 Varane vahaküpsus	Ohted ja teris kolletuvad, terise sisu taignjas ja muljutav, taime lehed kollased
85 Täisvahaküpsus	ohted, sõklad ja teris kollased, terise sisu pehme, lehed kuivanud, kõrresõlmed rohelised
87 Hiline vahaküpsus	teris kollane, sisu plastiline ja sõrmeküünega purustatav, taim kuivanud ja kollane
91 Täisküpsus	teris kõva ja küünega raskelt purustatav, taim üleni kuivanud, füsioloogilised protsessid soikunud
92 Füsioloogiline küpsus	teris kõva ja pole küünega purustatav, klaasisus ja jahusus on selgelt märgatavad, taim kuivanud
93	õiekatted on päeval avatud
94 Üleküpsus	õiekatted avatud, taim surnud ja kokku vajunud, viljapea murduv
95 Järelküpsemise algus	terad on täielikus idanemispuhkuses
96	idaneb 50% teradest
97 Järelküpsemise lõpp	kõik terad on läbinud idanemispuhkuse
98	(väliskeskkonna oludest sõltuv) teisene idanemispaus
99	teisene idanemispaus läbitud

TERAVILJADE KASUTAMINE

Teravilju kasvatakse seemneviljaks, toiduks ja söödaks. Vastavalt kasutusalale tuleks valida vilja kasvatusvõtted aga ka koristusjärgne esmane käitlustehnoloogia.

Toiduvili

Toiduvili peab vastama toiduohutuse nõuetele, ja ei tohi sisaldada kahjulikke aineid ega patogeene, mis võivad põhjustada terade kvaliteedi halvenemist või terviseriske tarbijatele.

1. Keemiline ohutus. Toiduviljadele on kehtestatud piirnormid, mis reguleerivad pestitsiidide, herbitsiidide, fungitsiidide ja muude taimekaitsevahendite jääkide lubatud sisaldust. Lisaks on kehtestatud piirnormid raskmetallide, mürgiste ainete ja muude keemiliste ühendite suhtes.

2. Mikrobioloogiline ohutus. Toiduviljad peavad vastama mikrobioloogilistele nõuetele, et tagada madal bakterite, hallitusseente ja teiste mikroorganismide sisaldus, mis võivad põhjustada tarbijatele tervisehäireid.

3. Ohutus säilitamisel ja pakendamisel. Toiduvili tuleb säilitada sobivates tingimustes, et tagada nende värskus, toiteväärtus ja kvaliteet. Lisaks peab pakendamine olema ohutu, hügieeniline ja vastama kohaldatavatele pakendamisstandarditele.

4. Mikrobioloogiline kvaliteet. Mõnede toodete jaoks kasvatatud teravili peab olema hea idanevusenergia ja idanevusega (mõlemal juhul üle 90%). Olulised on nimetatud näitajad idandite tootmisel, aga lisaks teravilja fermenteerimisprotsesside puhul (näiteks maltoosa või juuretise tootmisel).

Seemnevili

Seemnevilja puhul peab säilima sordile omane kvaliteet, idanevus ja sobivus paljundusmaterjalina.

1. Kvaliteet. Seemnevili peab olema puhas, liigile ja sordile iseloomuliku tera suurusega, värviga ja välimusega, ega tohi sisaldada taimejääke, prahti, kahjureid ja muid võõrkehade osakesi. Seemnevili ei tohi sisaldada võõraste sortide või liikide seemneid.

2. Idanevus. Seemnevili peab olema hea idanevusega, et ühtlaselt tärgata ja kasvama hakata. Külvisenormi arvutamiselgi kasutatakse 1000 tera massi ja terade idanevuse protsenti, sest hea kvaliteediga seemet kulub põllupinnale vähem kui madala idanevusega seemet. Kvaliteetsest seemnest kasvavad tugevad hea saagivõimega taimed.

3. Ohutus. Seemnevili peab vastama ohutuse nõuetele ja ei tohi sisaldada kahjulikke aineid, saastumist ega patogeene (näiteks lendnõgi), mis võivad mõjutada nii taimede kui ka inimeste tervist.

4. Sordile omane puhtus. Seemneviljadel peab olema geneetiline puhtus vastavalt konkreetsele sordile või liigile.

Eestis on seemnevilja tootmise ja turustamise nõuded esitatud Riigi Teataja määruses "Teraviljaseemne kategooriad ning teraviljaseemne tootmise ja turustamise nõuded" (RTL 2006, 37, 638, https://www.riigiteataja.ee/akt/129102021003.). Teravilja seemnekasvatuse soovitused on kirja pandud veel 2021. aastal välja antud Seemnekasvatuse infobrošüüri 2. osas, mis on kättesaadav MTÜ Eesti Seemneliidu kodulehel, https://seemneliit.ee/wp-content/uploads/2022/01/II-OSATRU%CC%88KIFAILSeemneliit_brosu%CC%88u%CC%88r_130921_tru%CC%88kifail.pdf.

Söödavili

Söödavili peab olema ohutu ja sobiv loomasöödaks hoidmaks loomade tervist ja tootlikkust (Ohutu sööda tootmise hea tava juhend, 2021).

1. Toitainete sisaldus. Söödaviljad peavad sisaldama vajalikke toitaineid, nagu süsivesikud, valgud, rasvad, vitamiinid ja mineraalained. Söödaviljade toitaineline koostis peaks olema tasakaalus ning vastama konkreetse loomaliigi või loomakategooria toitumisvajadustele.

2. Ohutus. Söödaviljad peavad vastama söödaohutuse standarditele, tagamaks, et need ei sisalda saastumist kahjulike ainete või patogeenidega, mis võivad kahjustada loomade tervist või ohustada inimeste tervist loomsete saaduste tarbimise kaudu.

a) Pestitsiidide jäägid. Söödaviljadele on kehtestatud piirnormid insektitsiidide, herbitsiidide, fungitsiidide või muude taimekaitsevahendite

jääkide suhtes. Pestitsiidijäägid söödaviljades peavad olema vastuvõetaval tasemel, et vältida negatiivset mõju loomadele ja tagada ohutus toiduahelas.

b) Mikrobioloogilised nõuded. Söödaviljadele kehtivad mikrobioloogilised nõuded, et vältida nakatumist patogeensete bakterite, viiruste, parasiitide ja teiste mikroorganismidega, millised võivad kahjustada loomade tervist ja tootlikkust.

MIDA TÄHENDAB TERAVILJA KVALITEET?

Koristatud teravilja saagi kvaliteet sõltub erinevatest teguritest:

1. Mitmesuguste võõrlisandite esinemine: umbrohu- ja muud seemned, orgaaniline materjal (taimejäänused, mulla orgaanika) ning liiv ja tolm.

2. Kahjustatud terade olemasolu: idanenud, mehhaaniliselt vigastatud, hallitanud ja haiged terad, idu kahjustusega ja krimpsus terad, kuuma-kahjustusega ning muud vigastatud terad.

Vilja vastuvõtmisel hinnatakse selles mitmete lisandite esinemist. Näiteks teralisandite hulka arvatakse nii peentera, teiste teraviljaliikide terad, rohelised terad, teiste taimede seemned, kahjurite poolt kahjustatud terad, plekilised või tumenenud, hallid terad, kuivatamisega ülekuumutamise tunnustega terad. Eraldi määratakse teraviljades prügilisand nagu võõrseemned, nende hulgas ka tuulekaer; riknenud teradeks määratletakse tumenenud terad, võõrkehad, seemnekestad, nõgihaigustega terad, aga ka loomset päritolu lisandid nagu karvad, väljaheited, suled, surnud putukad, ka putukate osad.

3. Saasteainete esinemine: pestitsiidide jäägid (glüfosaadi jäägid), mükotoksiinid (deoksünivalenool ehk DON, aflatoksiinid ehk AFL, ohratoksiin ehk OTA, zearalenoon ehk ZEN (kasutusel ka lühend ZON)), raskmetallid (plii, kaadmium) ja muud kahjulikud ained terades (tabel 2).

Tabel 2. Teatavate saasteainete maksimaalsed piirnormid toiduteraviljas (Euroopa Komisjoni määrus (EÜ) nr 1881/2006)

Saasteaine nimetus	Lubatud piirnorm, µg/kg
Aflatoksiinid (AFL) B1	2,0
Aflatoksiinide summa B1, B2, G1, G2	4,0
Ohratoksiin A (OTA)	5,0
Deoksünivalenool (DON) nisu, oder, rukis	1250
Deosknivalenool (DON) kõva nisu ja kaer	1750
Zearalenool(ZEN/ZON)	100
Plii	200
Kaadmium	100

4. Füüsikalised näitajad: niiskusesisaldus, 1000 tera mass, tera suurus, värvus, mahukaal, kõvadus ja teradest jahvatatud jahu omadused. 1000 tera mass iseloomustab terade toiduvaru ja suure massiga tera annab jõulise orase. Samuti on 1000 tera mass vajalik kaalulise külvisenormi arvutamisel. Mahukaal on võrdeline tera täitumisega, mida suurem on teravilja mahukaal, seda parem on selle kvaliteet. Teraviljaliikidel on erinev mahukaal, suurem on see nisul ja väiksem kaeral.

5. Keemiline koostis: proteiini-, tärklise-, gluteeni-, rasvade- ja tuhasisaldus.

Seemnevilja kvaliteedi seisukohalt on olulised veel kaks näitajat: idanevusprotsent ja idanemisenergia. Idanevusprotsent näitab kui mitu tera sajast terast idanes 7 päevasel perioodil 20 ºC temperatuuri juures. Idanemisenergia aga näitab terade idanemise protsentuaalset võimekust 3 ööpäeva jooksul. Hea idanemisenergia tähendab ka kiiret ja ühtlast tärkamist põllul.

Kokkuostetavas teraviljas lubatud maksimaalsed tera- ja prügilisandite kohta koostati töös ettevõttete Scandagra Eesti AS ja Baltic Agro AS poolt avaldatud tingimuste põhjal tabelid 3 ja 4. Tera-ja prügilisandid võivad

kokkuostutingimustes erineda, samuti võivad ilmastikust tingituna kvaliteedinõuded muutuda. Kui ka kõiki kvaliteedi näitajaid koristusjärgselt enam otseselt muuta ei saa, siis koristusjärgselt parandada saab vilja niiskusesisaldust ning eemaldada lisandid, vigastatud, kahjustunud ja saastunud terad. Nende protsessidega parandatakse vilja füüsikalist kvaliteeti, mis tagab keemilise kvaliteedi säilimise ka hilisemates hoiustamise tingimustes.

Tabel 3. Teraviljasaagis kokkuostul lubatud maksimaalsed tera- ja prügilisandid toiduviljas (Scandagra ja Baltic Agro kokku)

Lubatud niiskusesisaldus ja lisandid	Nisu	Kaer	Rukis
Niiskus, %	11–14	11–14	11–14
Teralisandid kokku, %	5		4
sealhulgas peentera, %	3	10	3
sealhulgas teiste teraviljade terad, %	1,5	1,5	1,5
Kahjulikud lisandid, %	0,05	0,05	0,05
sealhulgas fusarioossed terad, %	0,1	0,1	0,1
Katkised terad, %	3	–	–
Tumenenud terad, %	0,5	–	–
Ilma kestata terad, %	5	–	–
Toksilisus	Ei lubata	Ei lubata	Ei lubata
Tuulekaer, tk/kg terades	20	20	20
Tungaltera, %	–	–	0,05
Prügilisand, %	2	2	2
Muu teralisand, %	0	Arvestatud prügilisandi hulka	Arvestatud prügilisandi hulka
Katkised terad, %	2	3	3
Kahjurite poolt kahjustatud terad, %	0	2	2
Ülekuumutatud terad, %	2	2	2
Kasvama läinud terad, %	6	6	6
Kestatud terad,%	–	5	–

Tabel 4. Teraviljasaagis kokkuostul lubatud maksimaalsed tera- ja prügi-lisandid söödaviljas (Scandagra ja Baltic Agro kokku)

Lubatud niiskusesisaldus ja lisandid	Nisu	Kaer	Rukis	Oder ja tritikale
Maksimaalne niiskus, %	14	14	14	14
Prügilisand, %	2	2	2	2
Muu teravili, %	4	4	4	4
Katkised terad, %	Pole oluline	Pole oluline	Pole oluline	Pole oluline
Kahjurite poolt kahjustatud terad, %	Pole oluline	Pole oluline	Pole oluline	Pole oluline
Ülekuumutatud terad, %	Pole oluline	Pole oluline	Pole oluline	Pole oluline
Kasvama läinud terad, %	6	6	6	6
Fusarioossed terad, %	0,1	0,1	0,1	0,1
Kestatud terad, %	Pole oluline	Pole oluline	Pole oluline	Pole oluline
Tuulekaer, tk/kg	50	50	50	50
Tungaltera, %	0,1	0,1	0,1	0,1
Lisandid, %	17	–	12	–
Katkised terad, %	3	–	–	–
Teiste teraviljade terad, %	3	–	–	–
Kidurad terad, %	7	–	–	–
Kasvama läinud terad, %	6	–	–	–

Tabel 4 järg

Lubatud niiskusesisaldus ja lisandid	Nisu	Kaer	Rukis	Oder ja tritikale
Prügilisandid, %	3–4	–	–	–
Võõrseemned, %	3	–	–	–
Haigustunnustega võõrseemned, %	0,1	–	–	–
Mineraalsed lisandid, %	0,1	–	–	–
Orgaanilised lisandid, nagu kestad, %	3	–	–	–
Surnud putukad, putukate osad	0	–	–	–
Kahjulikud lisandid, %	0,2	–	–	–
Riknenud terad, %	0,2	–	–	–
Elus kahjurid	Ei lubata	–	–	–
Tuulekaer, tk/kg	100–250	–	–	–
Tungaltera, %	0,05	–	–	–

ENNE KORISTUST

Teravilja kvaliteedi kujundamine algab juba enne koristamist. Oluline on põllul saavutada selline taimede seisund, kus koristamise ajaks on põllul terade valmimine võimalikult ühtlane. Terade ühtlast valmimist mõjutavad nii ilmastik kui taimekasvatuslikud võtted.

Koristusaegne ilmastik on igal aastal väga erinev. Eestis on keskmine vilja niiskus koristamisel 18–23%, kuivade ilmadega 12–18% ja vihmasel 24–35%. Põllult koristatud vili on ebaühtlase kvaliteediga, sõltudes taimede seisundist ning viljaterade küpsemise astmest (tabel 1). Lisaks esineb koristatud viljas umbrohu ja põhu jäänuseid, samuti muid lisandeid.

Koristamiseelselt mõjutavad vilja kvaliteeti:

1. Vilja lamandumine. Lamandumise põhjuseid on mitmeid, nagu tugev tuul, vihm, suur õhuniiskus, rasked viljapead ja nõrgad taimed. Lamandunud vili võib potentsiaalselt olla halvema kvaliteediga võrreldes püstise viljaga. Lamandunud viljas on kõrgem terade niiskusesisaldus, esineb kasvama läinud teri, terades on alanud biokeemilised protsessid, mis vähendavad näiteks langemisarvu. Põllul kasvama läinud viljas võib terade

kuivaine sisaldus väheneda 7–25%. Lamandunud viljas on kõrgem õhuniiskus taimede vahel, mis soodustab hallitusseente kasvu. Samuti võib lamandunud vili koristamise käigus seguneda mullaga. See mõjutab omakorda halvenemise suunas teravilja füüsikalist ja keemilist kvaliteeti ning suurendab hallitusseentega saastumise riski. Lamandunud vili tuleks koristada, sorteerida ning kuivatada eraldi, et vältida segunemist kvaliteetsema viljaga. Lamandunud vili on ebaühtlasema niiskusega, lisaks võib esineda kasvama läinud teri. Sellisel juhul on ka kuivatamise tulemuseks madalama kvaliteediga vili kui lamandumata vilja puhul.

Kuigi lamandumine võib halvendada vilja kvaliteeti, on oluline märkida, et kõik lamandunud viljad ei pruugi automaatselt olla halva kvaliteediga. Kvaliteet sõltub paljudest teguritest, sealhulgas kultuurist, koristamistingimustest, kuivatamisest ja ladustamisest. Mõned teravilja liigid või sordid võivad olla vastupidavamad lamandumisele ja säilitada hea kvaliteedi isegi pärast seda.

2. Põllu suur umbrohtumus. Umbrohtunud põllult koristatud viljas esineb palju nii umbrohuseemneid kui taimetükke, mis on teradega võrreldes kõrgema niiskusesisaldusega. Rohtsed lisandid tõstavad viljas niiskust, aga ka temperatuuri. Umbrohutükkide niiskusesisaldus on koristatavas viljas kuni 50–60% ja niiskus kandub üle nendest kuivematele teradele. Selline vili võib minna kergesti riknema, kuna niiskes ja soojas keskkonnas levivad hästi hallitusseened, mis võivad põhjustada vilja saastumise ka mükotoksiinidega. Umbrohtunud põllul kasvava vilja kvaliteet võib olla oluliselt mõjutatud umbrohu konkureerimisest põllukultuuriga toitainete, vee ja päikesevalguse pärast. Seetõttu võib umbrohtunud põldudel olla teravilja kvaliteet madalam kui umbrohust puhastel põldudel. Lisaks võivad umbrohutaimed olla taimekahjurite ja -haiguste ning hallitusseente elupaigaks ja nendelt võivad kahjustajad levida ka põhikultuurile.

3. Ebaühtlaselt valminud vili. Ebaühtlaselt valminud teraviljas esineb samuti suur kvaliteedi ja niiskuse erinevus, mis on põhjustatud nii terade erinevast valmimise astmest kui ka rohelisemate ja niiskemate taimeosade sattumisest koristatud vilja.

Vilja ebaühtlast valmimist põhjustavad:

- põllu erinev mullastik: mulla tüüp, struktuur, toitainete tase ja niiskus, võivad varieeruda erinevates põllu osades. Ebaühtlased mullatingimused mõjutavad taimede juurte arengut ja toitainete omastamist, mis omakorda põhjustab terade ebaühtlast valmimist;
- taimekahjustajate levik: taimekahjurite ja -haiguste koldeline esinemine põllul võib põhjustada taimede ebaühtlast valmimist;
- liigi ja sordi valik: mõned sordid võivad valmida ühtlasemalt, samas kui teised võivad olla altimad ebaühtlasele valmimisele;
- ilmastikutingimuste mõju: ekstreemsed ilmastikutingimused, nagu põud, liigne sademete hulk või suur temperatuuri kõikumine, võivad põhjustada teraviljataimedele stressi ja mõjutada nende valmimist. Näiteks põua korral võivad mõned põllu osad olla kuivemad ja taimed valmivad varem, samal ajal kui teises kohas võib olla piisavalt niiskust ja valmimine toimub hiljem. Põuale järgnevad vihmahood põhjustavad teraviljadel järelvõrsumise. Järelvõrsete tera võib koristamise ajal olla alles õitsemise või vesiküpsuse faasis kui varem küpsenud tera on juba valminud. Selliselt põllult koristatud viljas on palju kõrge niiskusega valmimata teri.

4. Koristusaegne ilmastik ja töökultuur. Kuigi kõikide agronoomiliste võtete rakendamise tulemusena on põld saavutanud ühtlase valmimise, võib nii koristusaegne ilmastik kui ka vahetu koristusjärgne vale käitlemine põhjustada vilja riknemise.

TERAVILJADE KORISTUSAEGNE ILMASTIK EESTIS

Eestis on koristamisaegne ilmastik väga heitlik. Sageli vahelduvad kuivad perioodid vihmastega ja seetõttu võib ettevõtte ühelt ja samalt põllult koristatud vili olla väga erineva kvaliteediga. Taliviljade, aga ka varase suvivilja, koristusperioodil juuli lõpus ja augusti alguses on ilm tavaliselt kuivem ja suhteline õhuniiskus madal. Sel perioodil koristatud vili on üldiselt hea kvaliteediga. Augustikuu 10-ndast kuupäevast alates võib ilmastikust sõltuvalt teraviljade koristusperiood kesta 20–40 päeva. Selles ajavahemikus võib sademetega päevi esineda keskmiselt 60% juhtudel, sademeid olla kuni 200 mm ja suhteline õhuniiskus püsida pikalt 85–90% juures. Kuna koristamise tootlikkus ja kvaliteet on kõrged vaid lühikese ajavahemiku jooksul, 3–4 päeval, mil vili on täisküpsuses, õnnestub hilisemal koristusel harva õigeaegselt tabada terade madala niiskusesisaldusega perioodi (Möller jt, 2000).

Viimastel aastatel, näiteks 2018, 2021, 2022, on teraviljade koristamine toimunud kõrgete õhutemperatuuride ja põua tingimustes. Seetõttu võis põllult tulnud vilja niiskusesisaldus olla vaid 12–13% juures. Madala niiskusesisaldusega vili ei vajanud küll kuivatamist, aga oli oluline selline vili kasvõi eelsorteerimisega puhastada liigsest prahist ja tolmust, et eemaldada teradest niiskemad lisandid.

KORISTUSAEG

Teraviljade koristamise ajal ning esmasel töötlemisel on viljas toimuvad protsessid vastuvõtlikud erinevatele mõjutustele, nagu koristusaegne ilmastik, vilja enda ja õhu suhteline niiskus, temperatuurid, kombaini seadistus, vigastatud terade ja mitmesuguste lisandite kogus koristatud viljas, kahjurite ja hallitusseentega nakatumine.

Koristusaja ja -korra määramisel tuleks arvestada järgmist:

1. Koristamise algus. Teraviljade koristusaeg võib alata 2–12 päeva pärast vahaküpsuse saabumist ning koristamisega võiks algust teha 2–4 päeva enne terade täisküpsuse saabumist (tabel 1). Hilinenud koristamise puhul võib saagikadu olla 15–20% hektari kohta. Ettevõtte esimese põllu koristamisega tasub koristushooajal alustada "eelmisel päeval", sest töörutiinide sisseharjumine ja tehnika seadistamine võtab alati veidi aega.

2. Terade idanemisvõime halvenemine. Idanemisvõime on negatiivses korrelatsioonis koristusperioodi pikkusega. Siiski, nii hilises vahaküpsuses või ülevalminud terades võivad idanevus ja idanevusenergia jääda 18–23% madalamaks kui täisküpsuses koristatud viljas. Seega nii liiga varane kui ka koristusega hilinemine põhjustab terade halvenenud idanemisenergiat ning idanevust.

3. Terade füüsikalise kvaliteedi muudatus. Hilinenud koristamisel väheneb 1000 tera mass keskmiselt 8–10%, ligi 0,92% päevas (Karjane 1976).

4. Kombaini seadistamine. Kombaini õige seadistamine on väga oluline, et vähendada purustatud, vigastatud, muljutud, makro- ja mikrovigastustega terade osa koristatud viljas. Siinjuures tuleb arvestada terade niiskusesisaldust, sest kõrge niiskuse juures koristamisel puruneb teri vähem, aga rohkem esineb pehmema tera korral mikrovigastusi. Tekkinud mikrovigastused on seotud idu vigastamisega, kuna idu ümbritsev kest on pehme. See võib põhjustada terade madalat idanemisenergiat ja idanevust. Seadistamisel tuleb arvestada, et suured terad saavad vigastusi ja purunevad kergemini kui väikesed terad. Eelnevast lähtudes on vajalik kombaini peksuseadja puhastussüsteem (sõelad, ventilaator) õigesti seadistada, arvestades viljamassi niiskust, tera suurust ja kuju ning põllu umbrohtumust. Kõige vähem mikrovigastusi tekib teradesse 21–23% niiskuse juures.

5. Ilmastikutingimused. Õhuniiskuse ja temperatuuri kõikumine ning sademed võivad luua soodsad tingimused mikrobioloogilistele protsessidele terades, mis põhjustavad nende külvi ja kvaliteedi omaduste halvenemist, vähendavad 1000 tera massi ning valgusisaldust (toorproteiinisisaldust). Terade niiskus suureneb vaid teatud piirini, nisul 36,3, rukkil 36,5 ja kaeral 31,5%. Terad niiskuvad aeglasemalt kui kuivavad.

6. Õhuniiskuse tingimused. Õhuniiskuse muutumine ööpäeva jooksul mõjutab ka terade niiskust. Varahommikul ja hilisõhtul on õhuniiskus ja terade niiskus kõrgemad kui keskpäeval ja pärastlõunasel ajal. Päeval koristatud vili võib olla keskmiselt 6% madalama niiskusesisaldusega. Kaste loob koristamise ajal tingimused terade mikrovigastuste tekkimiseks ja ummistab sõelu. Seepärast ei soovitata päeval kuivaga koristatud vilja kokku panna õhtul koristatud niiskema viljaga. Õhtused niisked koormad võiks kuivatada enne päevaseid.

7. Põllu umbrohtumus. Umbrohtunud põldudel on teraviljal terade niiskusesisaldus ligi 7% võrra suurem kui umbrohuvabade põldude omas.

8. Koristatud vilja struktuur. Niiske koristatud vili on ebaühtlase struktuuriga ja niiskusega (18–30%). Kuna teravilja terade kestadel elavad ka mitmesugused hallitus- ja pärmseened ning bakterid, siis niisket koristatud vilja on enne kuivatamist ilma riknema minemata võimalik hoida vaid lühikese aja piires (nädal, mitte kuid!).

TERAVILJADE KORISTUSJÄRGSE ESMASE TÖÖTLEMISE ETAPID

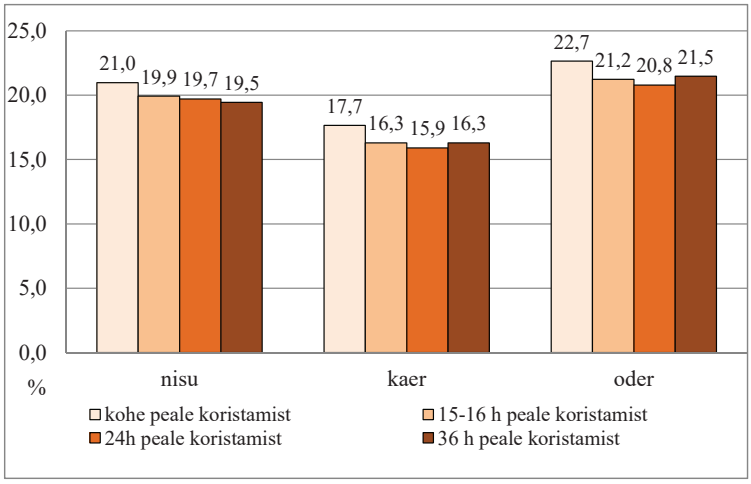
Teraviljade kvaliteetne säilimine sõltub mitme teguri koosmõjust, nagu koristusaegsest terade niiskusesisaldusest, kuivatamise protsessist ja säilitussruumi temperatuurist. Koristusjärgselt tuleb vili puhastada prahist, võõrosadest, tolmust ja hallitanud, vigastatud ning muljutud teradest. Oluline näitaja kuivatamisel, ventileerimisel ja säilitamisel on vilja poorsus. Poorsus on teradevahelise vaba ruumi ja terakoguse üldmahu suhe protsentides (Kallas, 2001). Poorsemas teraviljapartiis läbib õhk terade vahelist ruumi kiiremini ja terad kuivavad ühtlasemalt. Koristusjärgne eelsorteerimine suurendab teraviljas poorsust.

Koristusjärgselt toimub terades järelvalmimine. Seetõttu idanevad terad siis aeglaselt või on halva idanevusega. Soojade ilmadega valminud terad on lühema järelvalmimisperioodiga kui vihmase ja jaheda ilmaga valminud terad. Madalatel temperatuuridel järelvalmides (10 ºC) jääb terade idanevusenergia ühtlasem kui kõrgetel temperatuuridel (20 ºC) järelvalmides.

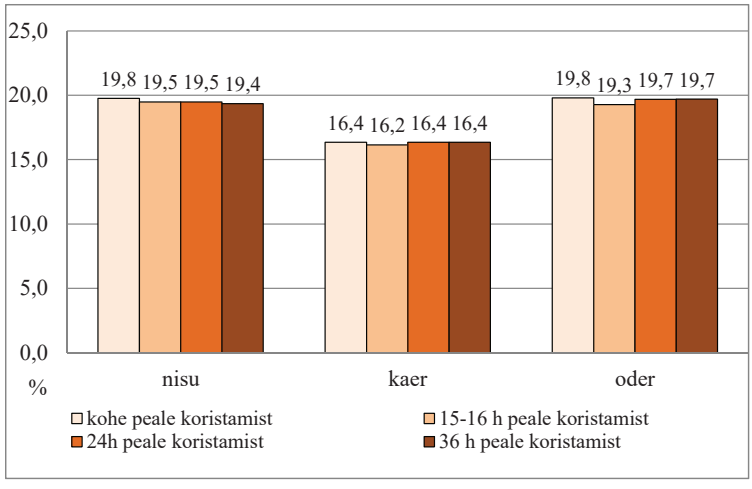
Teraviljade koristusjärgne esmane töötlemine koosneb järgmistest etappidest:

1. Vilja puhastamine/sorteerimine. Vilja kohene puhastamine on vajalik, kui põllult tuleb kuivatisse väga prahine ja lisanditerikas vili. Lisanditerikkas viljas toimub niiskuse liikumine lisanditest kuivematesse teradesse, samuti on sellises viljas soodsad tingimused mikroorganismide ja aidakahjurite paljunemiseks.

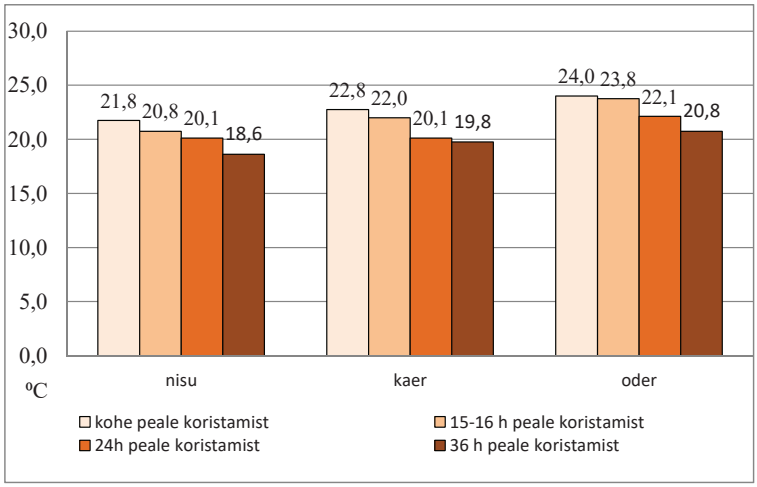
Kuivatis tehtud katse tulemused koristusjärgselt sorteerimata ja sorteeritud teraviljaga näitasid, et samal päeval koristatud teraviljaliigid olid väga erineva niiskusesisaldusega. Kõrgema koristusniiskusega tuli kuivatisse suvioder. Suviodras koristusjärgne niiskusesisaldus oli 22,7, suvinisus 21,0 ning madalama niiskusega oli kaer, 17,7%. Koristusjärgse sorteerimisega alandati suviodras niiskust 2,9, kaeras 1,3 ja suvinisus 1,2% võrra (joonis 1 ja 2). Sarnane tendets mõõdeti ka teraviljas temperatuuride puhul, kus sorteerimisega langetati koristatud odras temperatuuri 3,1 ºC võrra ning 1,3 ja 1,2 võrra nisul ja kaeral (joonis 3 ja 4). Katsest võis järeldada, et mida niiskem ja soojem on koristusjärgne vili, seda suuremat kasu



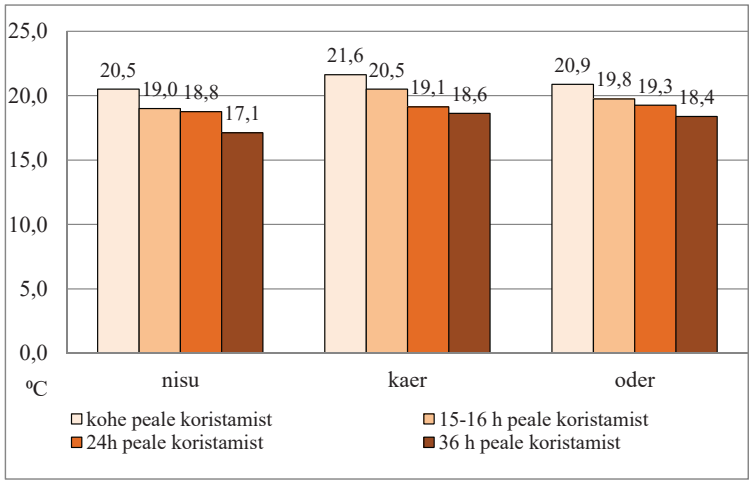
Joonis 1. Niiskusesisaldus ja selle muutused sorteerimata teraviljas



Joonis 2. Niiskusesisaldus ja selle muutused sorteeritud teraviljas

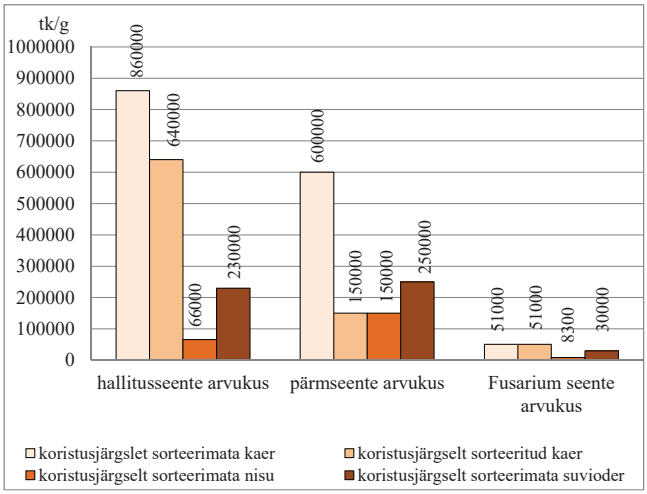


Joonis 3. Temperatuuri muutused sorteerimata teraviljas



Joonis 4. Temperatuuri muutused sorteeritud teraviljas

annab selle sorteerimine. Katses selgus veel, et sorteeritud viljas püsisid koristusjärgse 36 tunni jooksul nii niiskusesisaldus kui temperatuur stabiilsemad võrreldes sorteerimata jäänud viljaga (joonised 1, 2, 3 ja 4). Katses võeti teraproovid mikrobioloogiliseks uuringuks ja selgus, et sorteerimata teraviljas 36 tunni jooksul kasvas oluliselt kõikides teraviljaliikides pärmseente arvukus. Ilmnes ka, et teraviljadel asuv mikroseente arvukus on erinev. Hallitusseeni esines sorteerimata viljas enam kaeral ja suvinisul, pärmseeni kaera ja odra teradel, kuid *Fusarium* seeni leiti kõige vähem sorteerimata nisu teradel. Sorteerimine vähendas kaeral hallitus- ja pärmseente arvukust (joonis 5).



Joonis 5. Mikroseente arvukus koristatud teraviljas

2. Ventileerimine. Ebasoodsad tingimused, nagu liiga kõrged või madalad õhutemperatuurid, suunavad terad teise puhkeperioodi ja nende idanevus alaneb. Koristusjärgset terade järelvalmimist võimaldab ühtlustada ja kiirendada terade soojendatud õhuga ventileerimine, mille käigus paraneb seemnekesta läbilaskevõime.

3. Kuivatamine. Teraviljade kuivatamisprotsessis kasutatakse erinevaid temperatuure, sõltuvalt teravilja liigist, niiskusesisaldusest, ilmast ja kuivatusmeetodist. Teraviljade kuivatamise protsessi õhutemperatuurid võiksid olla järgnevad:

- Kuivatamise algus. Koristatud teravilja kuivatamine algab tavaliselt kõrgematel temperatuuridel, et kiiresti eemaldada liigne niiskus tera pinnalt. Kuivatamise alguses võivad kuivatusõhu temperatuurid olla vahemikus

60–80 ºC. See kiirendab niiskuse aurustumist ja pärsib mikroorganismide kasvu.

• Järgneb kuivatamine madalamatel temperatuuridel. Teravilja niiskusesisalduse langedes, vähendatakse ka kuivatamistemperatuuri. Madalamad temperatuurid, 40–50 ºC, võimaldavad aeglasemat ja ühtlasemat kuivamist ning aitavad vältida teravilja ülekuivatamist. Temperatuuri langetamine vähendab teras tekkivaid sisepingeid (niiskus liigub tera seest pinnale aeglasemalt) ja sellega kesta pragunemist.

• Lõppkuivatamine. Lõppkuivatamise etapis vähendatakse temperatuuri veelgi, et saavutada optimaalne niiskusesisaldus ja vältida teravilja kvaliteedi halvenemist ülekuivatamise tõttu. Siis võivad kuivatustemperatuurid olla vahemikus 30–40 ºC. Selles etapis tuleb jälgida terade niiskuse muutust, kuni saavutatakse soovitud niiskusesisaldus.

Teraviljade kuivatamine on delikaatne protsess ning õige temperatuuri ja niiskuse tasakaalu säilitamine on oluline, et tagada teravilja kvaliteet ja vältida kahjustusi või kadusid. Seetõttu jälgitakse kuivatamisprotsessi tavaliselt hoolikalt ning kasutatakse seadmeid ja tehnoloogiaid, et saavutada optimaalsed tulemused. Teraviljade kuivatamiseks kasutatakse sageli šahtkuivateid ehk kuivatustorne, kus kuumutatud õhk puhutakse läbi liikuva vilja. Alguses võib temperatuur olla kõrgem, et eemaldada kiiremini suurem niiskusesisaldus, ning seejärel tuleb temperatuuri järk-järgult alandada, sest teravili, sealhulgas kõik nii nisu, oder, kaer ja rukis, võivad üle kuumeneda, kui kuivatusprotsessis kasutatakse liiga kõrget temperatuuri või kui kuivatusaeg on liiga pikk. Kui vilja üle kuumendada, võib see põhjustada kvaliteedi halvenemist või isegi kahjustada terade struktuuri. Kõrgel temperatuuril ülekuumendatud viljas võivad tekkida soovimatud keemilised protsessid, mis mõjutavad teravilja maitset, värvi ja toitainete sisaldust. Ülekuumenemine võib põhjustada ka terade lagunemist või kõrvetamist ning halvendada teravilja idanemisvõimet. Seetõttu on oluline järgida soovitatud kuivatamistemperatuure ja -aegasid, mis põhinevad konkreetse teravilja omadustel ja kuivati tootja juhistel. Samuti on oluline jälgida kuivatusseadmeid tagamaks nende õige funktsioneerimine, et vältida vilja ülekuumenemist.

Nii kuivatamisel kui ka edaspidisel säilitamisel tuleks arvestada ümbritseva õhu relatiivse niiskusega. Võiks arvestada, et ühe kuupmeetri 24% niiskusega viljast 1% niiskuse eemaldamiseks on 60% õhuniiskuse juures vaja 6300 m^3 õhku (Truup, 2015). Kõrgema õhuniiskuse juures tuleb õhku kuivatamiseks soojendada. Soovitatakse arvestada, et õhu relatiivse niiskuse vähendamiseks 5% võrra tuleks õhku soojenda 1 ºC võrra (Kallas, 2001). Niiskus eemaldub teradest seni, kuni veeauru rõhk terades ja ümbritsevas õhus võrdsustub, ehk terad jõuavad tasakaaluniiskuseni (Kallas, 2001). Mida niiskem on õhk, seda kõrgem on terade tasakaaluniiskus. Näiteks õhu relatiivse niiskuse 50% juures jääb odral, rukkil ja nisul tasakaaluniiskus 13,1–13,5%, kaeral 12% juurde. Õhu relatiivse niiskuse 80% korral on aga teraviljade tasakaaluniiskus vahemikus 20–20,8%.

Kallase (1996) poolt Eesti tingimustes tehtud uuringute põhjal on soovituslikud teraviljade kuivatustemperatuurid koristatud teravilja erinevatel niiskusesisaldusel esitatud tabelis 5.

Tabel 5. Kasutusotstarbest lähtuvad erinevate koristusniiskustega teravilja kuivatustemperatuurid ºC

Vilja otstarve	Koristusniiskus, %				
	14–18%	19–22%	23–26%	27–30%	üle 31%
	kuivatustemperatuur, °C				
Seemnevili ja õlleoder	45	40	38	36	35
Toiduvili	52	50	45	40	35
Söödavili	65	60	57	54	52

4. Säilitamine. Säilitamise ajal on oluline tagada sobivad ladustamistingimused, mis hõlmavad sobivat niiskustaset, temperatuuri kontrolli, head õhuringlust ning kahjurite ennetamist ja kontrolli. Samuti on soovitatav regulaarselt kontrollida teravilja seisukorda ja vajadusel rakendada meetmeid, mis säilitavad selle kvaliteedi ja väldivad riknemist. Tuleb jälgida, et vili säiliks ümbritseva keskkonna temperatuuril, vilja kuumenemine näitab selles tekkinud ebasoovitavaid protsesse. Säilitamisel kuumenema hakanud viljapartiid tuleb uuesti töödelda (ventileerida, kuivatada, sorteerida).

Kuna tera/teris on elusorganism ja hingab, siis madal temperatuur ja niiskus alla 14% hoiab ka terade hingamise aeglase ning vili säilib hästi (Magan jt, 2014). Niiskuse ja temperatuuri tõus aktiveerib terade hingamise ja suureneb niiskuse tootmine, mis viib terade riknemiseni. Seosed mõõdetud niiskusesisalduse ja tasakaaluniiskuse vahel on varieeruvad sõltudes temperatuurist ja tera tüübist. Samaaegselt näitavad need parameetrid ka mükotoksiine tootvate hallitusseente kasvutingimuste võimalusi (Magan jt, 2014). Esimeseks kriitiliseks punktiks on teravilja koristusaegne algniiskus ja temperatuur, mis otseselt mõjutavad olukorda, mis võib tekkida säilitamise ajal ja viia isekuumenemise, riknemise ja mükotoksiinidega saastumiseni. Kui säilitustemperatuuri langetatakse, saab ohutut niiskusesisaldust veidi tõsta, nt 10 ºC juures 15% niiskusesisaldusele. Hingamine on sellistel temperatuuridel aeglane ning tingimused mükotoksigeensete seente arenguks ebasoodsad. Üldiselt, mida jahedam ja kuivem on vili, seda kauem saab seda ohutult säilitada.

Väiksemates teravilja säilitamise mahutites muutub ääre ja servade kihis temperatuur kiiremini kui teraviljapartii keskel. Saadud temperatuurigradient põhjustab niiskuse liikumise teraviljaosa soojematest osadest külmemasse. Sellistes mahutites oleks vajalik vilja aegajalt ventileerida või õhutada sorteerimisega.

KVALITEEDI HALVENEMISE PÕHJUSED JA TUNNUSED VILJA LADUSTAMISEL

Terade kvaliteedi halvenemise all mõistetakse terade füüsikaliste-, keemiliste-, mikrobioloogiliste- ja idanemisomaduste halvenemist ning terade mehhaanilisi vigastusi.

Vili rikneb säilitamise ajal mitmetel põhjustel:

- Terade vigastuste esinemine. Vigastatud tera säilib halvasti, loob head tingimused mikroorganismide, lestade ja teiste kahjurite arenemiseks. Sellises viljas algab teradest niiskuse eraldumine ja temperatuuri tõus.

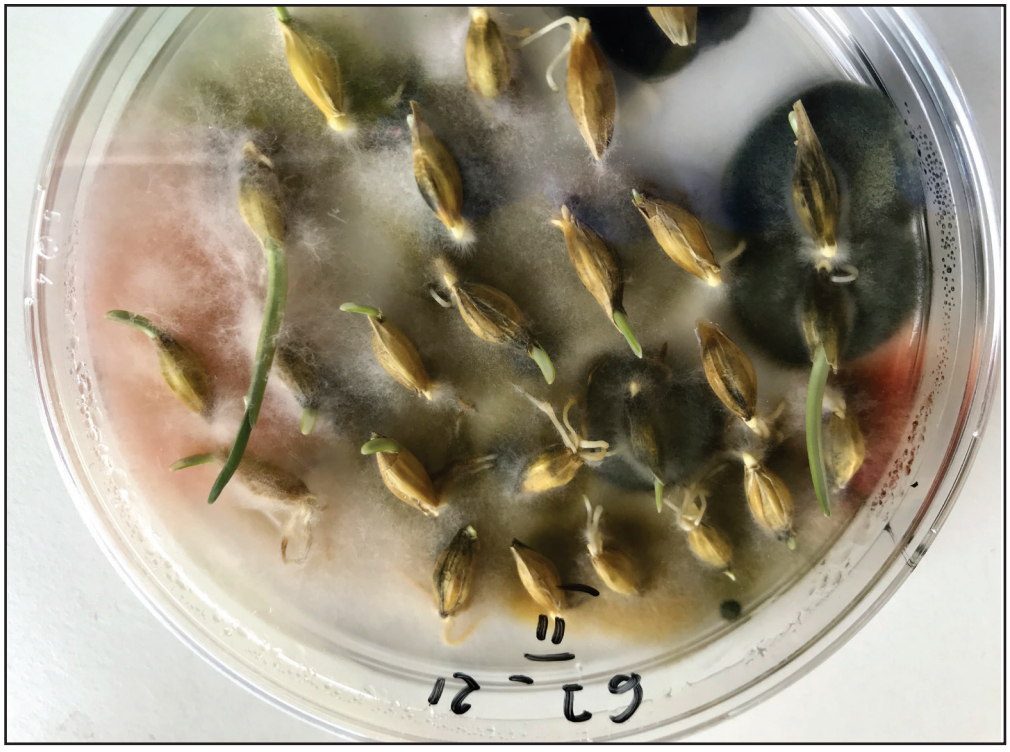
- Terade niiskusesisalduse tõus. Liigne niiskus võib soodustada hallitusseente kasvu teraviljas. Niisked tingimused võivad põhjustada ka teravilja idanemist või käärimist, mis halvendab selle kvaliteeti.

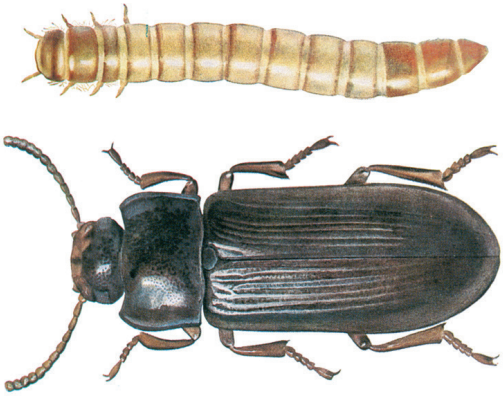
- Teravilja isekuumenemine. Kõrge vilja temperatuur võib kiirendada bioloogilisi ja keemilisi protsesse ning soodustada mikroorganismide kasvu. Isekuumenemist soodustab teramassis temperatuur 24–30 ºC. Teramassi isekuumenemine võib olla pesaline. Seda võib põhjustada olukord, kus kokku valatakse erineva niiskusesisaldusega ja prügisusega koristatud vili. Samuti võib pesaline isekuumenemine tekkida viljakuhjas kohta, kuhu tilgub kondensvesi või vesi läbi katkise katuse. Suured välis- ja siseõhutemperatuuride muudatused põhjustavad teraviljamassis kihilist kuumenemist. Sellised kuumenenud kihid võivad tekkida nii vilja ülemises 50 cm kuni 1,2 meetri sügavuses kihis, aga ka vertikaalselt või viljakihi alumises kihis. Isekuumenemine võib olla ka üldine, haarates kogu viljamassi. Kui isekuumenenud vilja maha ei jahutata, siis tõuseb temperatuur viljakihis kolme kuni seitsme päeva jooksul veelgi, temperatuur tõuseb üle 35 ºC. Kui vilja jahutamiseks midagi ette ei võeta, siis kuumeneb vili edasi, 50 ºC kuumenenud vili on juba kasutuskõlbmatu, lisaks tekib laos või elevaatoris tuleoht.

- Halb ventilatsioon. Halb õhuringlus ladustamiskohas võib tekitada niiskuse kondenseerumist ja soodustada hallitusseente kasvu ning isekuumenemist. Piisava õhuvoolu tagamine on oluline teravilja pikaajalise hea säilitamise tagamiseks.

• Laokahjurid. Putukad, närilised ja teised kahjurid võivad teravilja rikkuda, põhjustades füüsilisi kahjustusi või levitades hallitusseeni. Putukatest võivad teraviljas palju kahju teha harilik jahumardikas (*Tenebrio molitor*) ning liblikalistest lao-terakoi (*Tinea granella*). Teramassi niiskusel üle 15% ja temperatuuril alates 10 ºC, tunnevad ennast hästi ka laolestad. Lestade arenguks soodne teraviljatemperatuur on 18–32 ºC. Laokahjurite kohta on 2019. aastal Tiiu Annuki poolt koostatud *Laokahjurite tunnustamise juhend,* mis on leitav lehel https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2019/05/Laokahjurid-tunnustajatele.pdf.

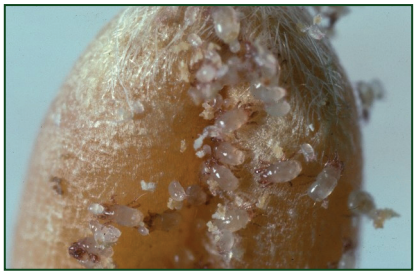
Sobimatud ladustamistingimused, nagu halb ventilatsioon, määrdunud või saastunud ladustamisruumid või ebapiisav kaitse ilmastikuolude eest, põhjustavad vilja riknemise.





Jahumardikas (*Tenebio molitor*), allikas: https://www.degeschamerica.com/mealwormbeetle-2/

Vilja mähiskoi (*Sitotroga cerealella*), allikas: https://biochemtech.eu/products/sitotroga-cerealella



Jahulest (*Tyroglyphus farinae, Acarus siro*), allikas: https://plantwisepluskнowledgebank.org/doi/10.1079/PWKB.Species.2522

Kvaliteedi languse tunnusteks on:

1. Tumenenud terad. Liigkõrgel temperatuuril kuivatamine, lestade tegevus ja vilja isekuumenemine tekitavad viljakuhilasse pruunid terad. Taoliste terade idanevus alaneb, teradele tekib kibe maitse.

2. Tera vigastused. Makrovigastused on silmaga nähtavad, nendeks on purustatud ja muljutud terad. Mikrovigastusi näeb mikroskoobis ja selleks on vigastatud tera idu, idukest, endosperm ning tera sisemised ja välimised praod. Sisemiste vigastustega teradel on madal idanemisenergia, terad on ebaühtlase või madala idanevusega.

3. Hallitus- või kopituslõhn. Teraviljamassi tekkivad hallituskolded. Need ei ole pealmises kihis, vaid asuvad teramassi sees. Terade värv muutub tuhmiks, terad kattuvad hallitusseente mütseeliga, tekib hallitus- või kopituslõhn, langeb idanemisenergia.

4. Mükotoksiinide sisaldus viljas. Mükotoksiinid on keemilised ühendid, mida toodavad erinevad hallitusseente liigid. Kui hallitusseentega saastumine on viljas näha, sest teradele tekib seente niidistik, siis mükotoksiinid on keemilised ühendid ning nendega vilja saastumist näha pole võimalik. Teravilja saastumist mükotoksiinidega saab määrata laboris.

HALLITUSSEENED JA MÜKOTOKSIINID TERAVILJAS

Teraviljade kvaliteedi tagamisel tuleb pöörata tähelepanu saagi mükotoksiinidega saastumise ärahoidmisele. Mükotoksiine toodavad paljud hallitusseened. Mükotoksiinide rühma trihhotetseene toodavad *Fusarium* mikroseente liigid. Põhiliselt jälgitakse teraviljapartiides sellesse rühma kuuluva deoksünivalenooli (lühendina DON) ehk vomitoksiini sisaldust. Lisaks teravilja saastumisele mükotoksiiniga DON tuleks kindlasti vältida mükotoksiini ohratoksiin A (lühendina OTA), zearalenooni (lühendina ZON/ZEN) ja toksiinide HT2 ja T2 tekkimist teravilja saaki. Ohratoksiini A toodab hallitusseen *Penicillum verrucosum*, mükotoksiine zearalenooni, HT2 ja T2 toodavad hallitusseened *Fusarium* perekonnast. Euroopa Liidus on teraviljade tootmisele ja käitlemisele rakendatud HACCP süsteemi, mis põhineb teraviljade tootmisahela kontrollpunktidel, nn Kriitilistel Kontrolli Punktidel (inglise keeles *Critical Control Points*, lühendina CCP). Soovitused *Fusarium'i* ja teiste hallitusseente toksiinidega saastumise ärahoidmiseks on esitatud Komisjoni Soovitustes 2006/583/EC (Commision Recommendation 2006/583/EC).

Mõnikord hoitakse enne sorteerimist ja kuivatamist teravilja lühikest aega vahehoidlas (virnas põrandalaos või umbses punkris). Selle protsessi käigus võivad tekkida soodsad tingimused hallitusseente, sealhulgas *Fusarium* seente kasvuks ja teravili võib saastuda desoksünivalenooliga. Seega võib teraviljade halb koristusjärgne majandamine põhjustada kiire kvaliteedi halvenemise ja mükotoksiinidega saastumise. See oht on tõenäolisem vihmarohkel koristusaastal. Saastumist saab oluliselt vähendada ventileeritavate vaheladude kasutamisega.

Integreeritud taimekaitse põhimõtete rakendamine võimaldab vähendada *Fusarium* seente poolt põhjustatud taimehaiguste, nagu valgepähisus, kõrreliste pruunlaiksus ja juuremädanikud, esinemist teraviljal. Kui põllul on kõrge taimehaiguste intensiivsus, tuleks nakatunud põllult tulnud vili eraldada haiguste vabade põldude terasaagist. Mõnevõrra väheneb krimpsus fusarioossete terade hulk kombainiga koristamise ajal, sest sellised terad lendavad igal juhul kombainist muude taimejäänuste hulgas tagasi põllule.

Niiskusesisalduse ja temperatuuri vahemik hallitusseente kasvamiseks teradel on soodne laiemas vahemikus kui mükotoksiinide tekkimise jaoks. Seetõttu tekib mükotoksiin DON ainult suhteliselt niisketes tingimustes, üle 15% niiskusesisaldusega viljas (Magan jt, 2014).

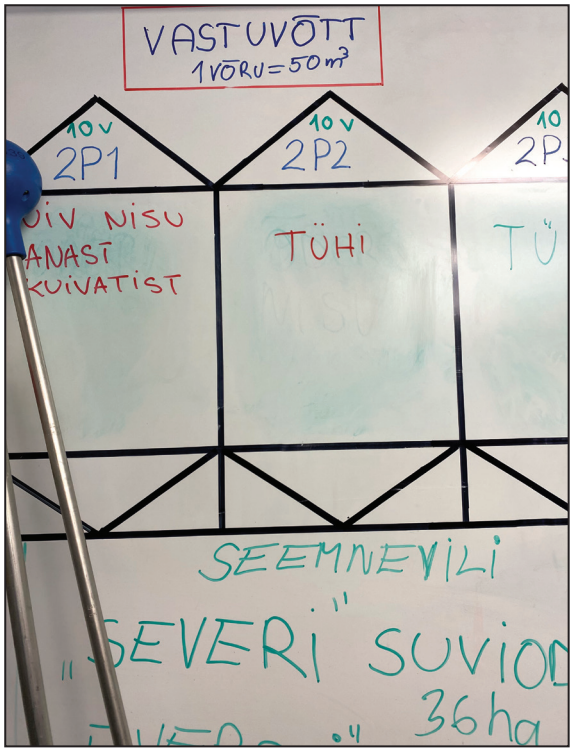
Kuivatamisprotsessi ajal võib mükotoksiinidega saastumine tekkida, kui kuivatamiseks kasutatakse soojendamata välisõhku. Sellisel juhul sõltub niiskuse liikumise protsess terades välistemperatuurist ja õhuniiskusest. Kõrge õhuniiskuse puhul võib vili muutuda hoopis niiskemaks, kui see oli põllult tulnuna. Välise õhutemperatuuri muutus võib viljas samuti niiskust juurde tekitada ja mükotoksiinide tekkimiseks on soodsad tingimused loodud.

Kuivatamisega kõrgetel temperatuuridel on võimalik vähendada hallitusseente arvukust teradel 75–100%, aga juba tekkinud mükotoksiinide sisaldust kuivatamine enam ei muuda.

Säilitamisel silindermahutites (nn tornides) tuleb vilja vajadusel segada või ventileerida. Loomuliku ventilatsiooni korral liigub õhk läbi viljakihtide aeglaselt ülespoole kandes niiskuse alumistest kihtidest ülemistesse. Seetõttu on alumised kihid kuivemad ja ülalpool tekivad niiskemad kihid. Selline niiskuse ebaühtlane jaotumine soodustab mükotoksiinidega saastumist säilitatava teravilja niiskemates kihtides.

Teraviljade koristamisjärgse esmase sorteerimisprotsessiga on võimalik eemaldada ligi 70–90% fusarioosseid teri.

Teraviljade koristamise ajal valitsevad niisked ja jahedad tingimused soodustavad saastumist hallitusseenega *Penicillium verrucosum*, kes toodab teradesse mükotoksiini ohratoksiin A (OTA). Seepärast on teraviljade koristamise ja kuivatamise vahelise viivituse minimeerimine ülioluline, sellega välditakse niiske vilja saastumist hallituseentega ja mükotoksiiniga ohratoksiin A. Hallitusseen *P. verrucosum* areneb hästi terade 16–17% niiskusesisalduse juures ning ohratoksiiniga A saastumiseks piisab 1% kõrgemast niiskusesisaldusest (Magan jt, 2014).



Olulised aspektid koristusel ja ladustamisetappidel, mida tuleks jälgida mükotoksiinide tekke vältimiseks:

• Kombaini lõikekõrguse seadistamine nii, et vähendada koristatud teravilja saastumist hallitusseene *Fusarium* poolt kahjustatud terade ja taimejäänustega.

• Vihma saanud niiskema või lamandunud ja mükotoksiinide riskiga teravilja eraldi koristamine ja ladustamine.

• Teravilja eelpuhastamine kohe pärast koristust vähendab hallitusseentega ja mükotoksiinidega saastunud terade ja taimejäänuste hulka.

• Märja teravilja kiire eelsorteerimine ning selle temperatuuri jälgimine enne kuivatamisprotsessi.

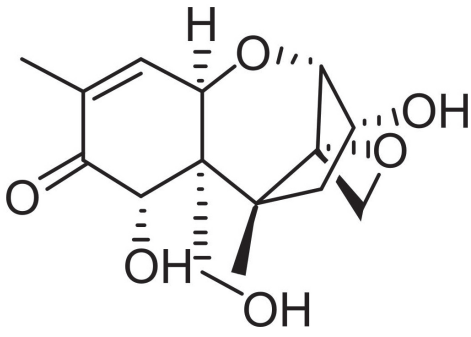
• Viljapartiis regulaarne temperatuuri ja niiskuse mõõtmine.

• Sobivad ladustamistingimused niiskuse ja temperatuuri reguleerimiseks ning ruumide nõuetekohane hooldus, et vältida kahjurite ja vee sissepääsu.

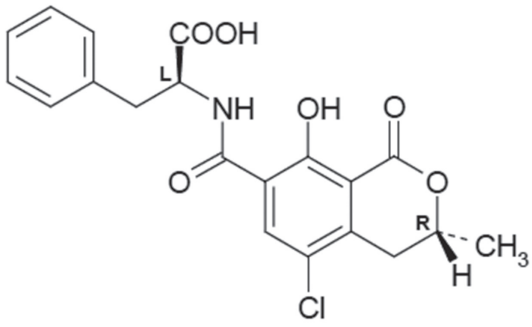
• Väljatöötatud hallitusseente ja mükotoksiinide tuvastamissüsteem ja ebasobiva viljapartii käitlemise protsessid.

• Kuivatite ja laoruumide hügieen, et vältida putukatega saastumist või nende ellujäämist laos. Putukate esinemine ladustatud teraviljas põhjustab teradele kahjustusi, mille tõttu terade hingamine intensiivistub ja vilja tekivad niisked kohad, hallitusseente ja mükotoksiinidega saastumine.

Hoidlas hallitama läinud teravili, allikas: https://agupdate.com/crops/is-grain-in-the-bin-going-out-of-condition/article_4b69e8aa-3712-11ea-a1e3-ff80d448c0fe.html



Mükotoksiin deoksünivalenooli keemiline struktuur, allikas: https://www.bioaustralis.com/product/deoxynivalenol/



Mükotoksiin ohratoksiin A keemiline struktuur, http://www.anchem.ru/base/viewarticle.asp?article_id=168

ENESEKONTROLL OHUTU JA KVALITEETSE TERAVILJA TOOTMISEL PÕLLUMAJANDUSETTEVÕTTES

HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*) on toiduohutuse juhtimissüsteem, mida kasutatakse toiduainete tootmisel, töötlemisel ja turustamisel. See keskendub ohtude hindamisele ja nende kontrollimisele kriitilistes kontrollpunktides kogu toidu-ja söödatootmisahelas.

HACCP süsteem koosneb seitsmest põhimõttest:

• Riskianalüüs. Tootmisahela analüüsimine, et tuvastada võimalikud riskitegurid, mis võivad mõjuda erinevates tootmisprotsessides.

• Kontrollväärtuste määramine. Kontrollväärtuste kindlaksmääramisel pööratakse tähelepanu sellistele ohuriski olukordadele, mida on võimalik ennetada, kõrvaldada või vähendada.

• Jälgimissüsteem. See hõlmab regulaarseid mõõtmisi, järelevalvet ja dokumenteerimist.

• Ohtlikku olukorda parandavad meetmed. Kui tuvastatakse, et kontrollväärtused on ületatud, rakendatakse korrigeerivaid meetmeid, et tagada toidu/sööda ohutus. Need meetmed hõlmavad probleemi kõrvaldamist, olukorra parandamist ja kordumise vältimist.

• Süsteemi tõhususe jälgimine. HACCP süsteemi tõhusust jälgitakse regulaarselt, et veenduda, et ohutusmeetmed on tõhusad ja toimivad. Selleks

hinnatakse ja dokumenteeritakse süsteemi toimimist ning teostatakse auditeid ja läbivaatusi.

• Dokumentatsioon ja aruandlus. HACCP süsteem hõlmab protseduuride, kontrollpunktide, mõõtmiste, järelevalve ja muude seotud tegevuste dokumenteerimist.

HACCP süsteem aitab toiduettevõtetel tuvastada ja kontrollida ohtusid toiduahelas, tagades kõrge toiduohutuse taseme ning tarbijate usalduse toidu kvaliteedi suhtes.

Süsteemi võib arendada väga keeruliseks suure ettevõtte puhul, kuid väikeettevõtte korral piisab hästikirjeldatud protsessist ja selle alusel koostatud enesekontrolli plaanist. Lähemalt on kirjeldatud Põllumajandus- ja Toiduameti kodulehel: https://pta.agri.ee/ettevotjale-tootjale-ja-turustajale/loomakasvatus/sooda-tootmine-ja-muuk#soodahugieeni-nouded.

Oluline on jõuda selleni, et iga põllumees näeks toodetud saaki kui alust kvaliteetsele söödale või toidule ja tunnetaks vastutust selle kvaliteedi eest.

TÄNUSÕNAD

Käesoleva töö koostaja tänab kõiki ettevõtteid, kelle juures toimusid infopäevad ning kes tutvustasid ettevõttes teraviljade kuivatusseadmeid ja -tingimusi. Suur tänu ettevõtetele OÜ Rannu Seeme, Viru Wili TÜ, Põhara Agro OÜ ja Alu Põllumajandus OÜ.

KOOSTAMISEL KASUTATUD KIRJANDUS

Akk, E., Lõiveke, H., Edesi, L., Tamm, Ü., Ilumäe, E. 2017. Mükotoksiini DON sisalduse dünaamika ladustatavas suviodras. Taimekasvatuse alased uuringud Eestis 2017, 152–155.

Baltic Agro viljaleping 2020, http://viljahinnad.balticagro.ee/files/Viljaleping_2020_Kvaliteet.pdf.

Komisjoni soovitus 17. august 2006, 2006/583/EC. Komisjoni soovitus *Fusarium*-toksiinide vältimise ja vähendamise kohta teraviljas ja teraviljatoodetes.

Eesti Statistikaamet, https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine.

Elias, M.C., Marini, L.J., Oliveira da C., Aosani, E., Prstes, R.B., Gutkoski, L.C. 2006. Effects of air temperature in drying on white oat grains quality. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, PS8-4–6263.

Euroopa Komisjoni määrus (EÜ) nr 1881/2006. Euroopa Liidu Teataja. Teatavate saasteainete piirnormid toiduainetes. CELEX_32006R1881_ET_TXT.pdf

EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU MÄÄRUS (EÜ) nr 852/2004, 29. aprill 2004, toiduainete hügieeni kohta, https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:199:0039:0057:ET:PDF.

Hietaniemi, V. 2016. The *Fusarium Mycotoxins* in Finnish Cereal Grains: How to Control and Manage the Risk. Doctoral Thesis in Food Sciences at the University of Turku. Food Chemistry and Food Development, Departemnt of Biochemistry, 127 lk.

Kallas, A. 2001. Seemnete koristusjärgne töötlemine. Käsiraamat seemnekasvatajale. Saku, Eesti Põllumajanduse Mehhaniseerimise Instituut, 108 lk.

Kallas, A., Kiisk, T., Lättemäe, P. 1999. Teravilja koristusjärgne töötlemine. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Koost. Older, H. Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium, Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku, lk 236–269.

Kallas, A. 1996. Soeõhkkuivatid. Eesti Põllumajanduse Mehhaniseerimise Instituut, Saku, AS Rebellis, 72 lk.

Kallas, A. 1978. Teraviljakoristusjärgne töötlemine ja säilitamine. Maaviljeluse käsiraamat. Koost. Aulas, L., lk 356–377.

Karjane, I. 1976. Teravilja koristuskadude vähendamisest. Valgus, Tallinn, 88 lk.

Koppel, R., Karron, E. 2022. Mõned aspektid teraviljade koristusjärgsel töötlemisel ja säilitamisel. Agronoomia 2022, lk 90–96.

Laokahjurite tunnustamise juhend. https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2019/05/Laokahjurid-tunnustajatele.pdf.

Lõiveke, H., Ilumäe, E., Laitamm, H. 2004. Microfungi in grain and grain feeds and their potential toxicity. Agronomy Research, 2(2), 195–205.

Maasik, E. 1999. Elevaatori-ja laomajandus. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Koost. Older, H., Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium, Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku, 297–313.

Magan, N., Aldred, D., Baxter, E. 2014. Good Postharvest Storage Practices for wheat grain. Chapter 18.

Möller, H., Asi, M., Soonets, K., Tamm, K., Vettik, R. 2000. Teravilja koristusaja piirangutest. Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised 12, 35–38.

Mükotoksiinid MeM 2016. https://toiduteave.ee/wp-content/uploads/2018/09/voldik-mukotoksiinid_MeM_2016.pdf (28.04.2023).

Ohutu sööda tootmise hea tava juhend. 2021; https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2021/11/Ohutu_sooda_tootmise_hea_tava_juhend_2021.pdf.

Põllukultuuride seemnete riikliku kontrolli, müügi, sisse- ja väljaveo korra kinnitamine Põllukultuuride seemnete riikliku kontrolli, müügi, sisse- ja väljaveo kord, https://www.riigiteataja.ee/akt/.

Scandagra vilja kvaliteeditingimused, https://scandagra.ee/viljainfo/vastuvott/vilja-kvaliteeditingimused/.

Söödamaterjali turuleviimise nõuded, https://www.riigiteataja.ee/akt/12863190.

Schrödter, R. 2004. Influence of harvest and storage conditions on *trichothecenes* levels in various cereals. Toxicology Letters 153 (2004) 47–49.

Teraviljaseemne kategooriad ning teraviljaseemne tootmise ja turustamise nõuded, https://www.riigiteataja.ee/akt/129102021003.

Teraviljaseadus, https://www.riigiteataja.ee/akt/22290.

Seemnekasvatuse infobrošüürid 2021, https://seemneliit.ee/wp-content/uploads/2022/01/II-OSA-TRU%CC%88KIFAIL-Seemneliit_brosu%CC%88u%CC%88r_130921_tru%CC%88kifail.pdf. MTÜ Eesti Seemneliit.

Truup, M. 2017. Väikeettevõtte teraviljakuivati valikukriteeriumid. Rakenduskõrghariduse lõputöö. Juhendaja dotsent Oliver Sada. Tartu Tehnikakolledz, Eesti Maaülikool, 37 lk.

Ühe- ja kaheleheliste taimede kasvufaasid; https://pta.agri.ee/integreeritud-taimekaitse, Ühe-ja kaheiduleheliste taimede kasvufaasid (BBCH kasvufaasid).pdf.

Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond: Euroopa investeeringud maapiirkondadesse