



INNOVATSIOONIKLASTRI TOETUSE INNOVATSIOONITEGEVUSE LÕPPARUANNE

1. Elluviidud innovatsioonitegevuse kirjeldus¹

Innovatsioonitegevus „Kastmisvajaduse hindamine ning kastmise optimeerimine avamaa köögiviljadel ja aedmaasikal.“

Innovatsioonitegevus viidi läbi 01.01.2019- 31.08.2023

Aruande koostajad: Priit Põldma, Ulvi Moor

Innovatsioonitegevuse eesmärgid

Innovatsioonitegevuse eesmärgid on järgmised: 1) välja selgitada Geisenheim'i kastmismudeli sobivus Eesti kliimatingimustes kastmise optimeerimiseks köögiviljade kasvatamisel avamaal ning vajadusel mudeli parameetrite muutmisega parandada selle efektiivsust; 2) selgitada avamaa köögiviljade ja aedmaasika kastmise optimeerimise majanduslik efektiivsus; 3) leida mullaniiskuse seireks sobivaim ja kuluefektiivseim mullaniiskuse sensoritüüp ning andmeedastusplatvorm.

Katsed aedmaasikaga

Katsete meetodika

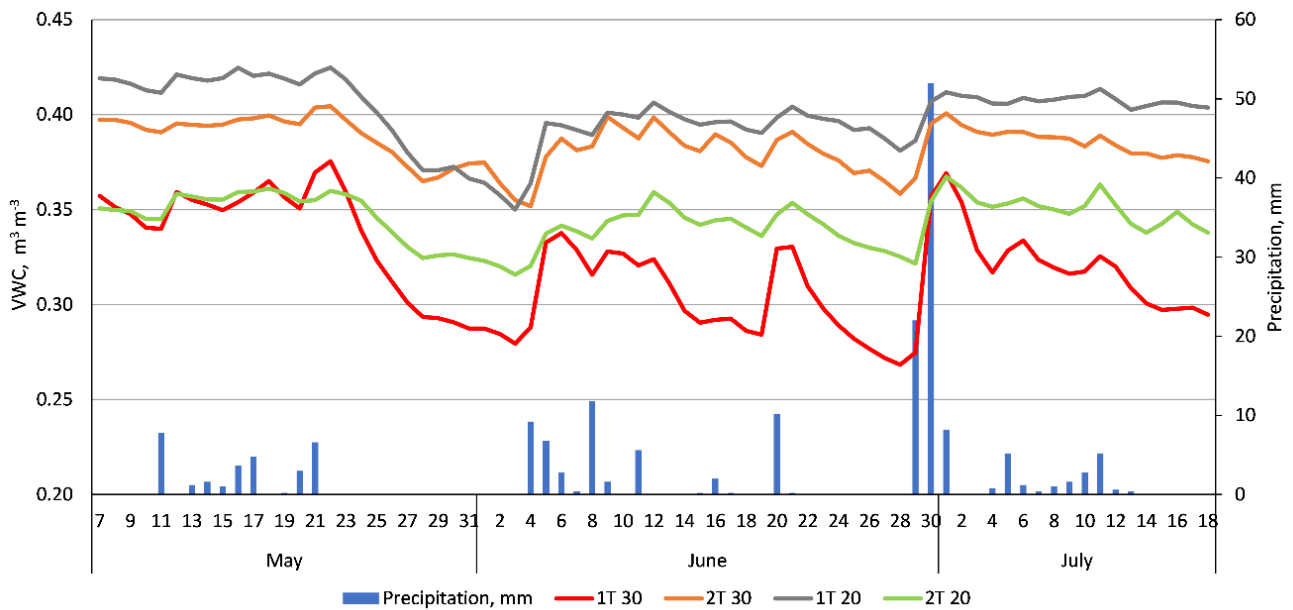
2019. aastal rajati EMÜ Rõhu katsekeskusesse kilemultšiga kaherealine maasikaistandik, kus kasutati nelja erinevat kastmisvarianti. Igasse varianti istutati 120 taime sordist 'Sonsation'. Kontrollvariandis oli üks tilkkastmistoru 30-cm tilgutite vahega (1T30), mis on enamlevinud variant Eesti maasikaistandikes. Järgmise variandina kasutati üht tilkkastmistoru, kus tilgutite vahe oli 20 cm (1T20) ning kahes variandis paigaldati peenrale kaks tilkkastmistoru, millel oli samuti kaks erinevat tilgutite vahet (2T30 ja 2T20). Tilgutite vee läbilaskevõime oli 1,05 l/h. Kõik variandid said igal kastmiskorral sama koguse vett, kuid kastmise aeg oli erinev: varianti 1T30 kasteti 50 minutit, 2T30 25 min, 1T20 34 min ja 2T20 17 min. Kuna maasikaistandikus on maapind taimede vahel kaetud kilemultšiga, siis ei ole selle kultuuri puhul Geisenheim'i kastmismudeli kasutamine otstarbekas. Mullaniiskuse jälgimiseks paigaldati iga variandi peenraste 20 cm sügavusele Decagon GS3 niiskusesensordid. Katse kestis kaks aastat. Mõlemal aastal tehti taimede täisõitsemise ajal leheanalüüsid, et jälgida taimede toiteelementidega varustatust ning teostati saagiarvestus. Korjatud viljad sorteeriti kolme fraktsiooni: turustatavad viljad (kahjustusteta üle 2 cm diameetriga viljad), ripslase kahjustusega viljad (esimesel aastal), jahukaste kahjustusega viljad (teisel aastal) ja muu praak (väikesed, seemnenäki või tigude kahjustusega ja hahkhallitusega viljad). Teisel aastal lõigati katse lõpus igast variandist 10 taime kuni maapinnani, kuivatati ja määrati taimede maapealse osa kuivmass.

Tulemused

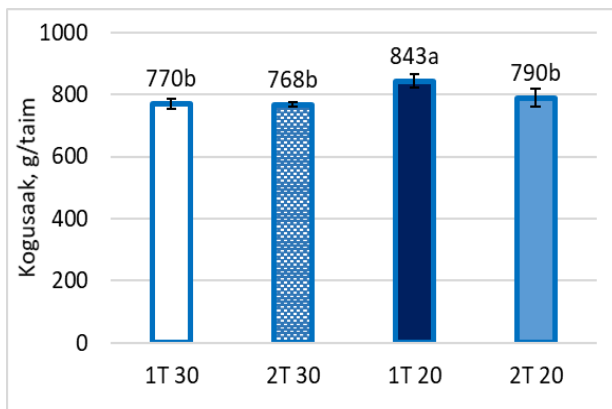
Maasikate kastmiskatse tulemused

Mullaniiskus oli kõige madalam ja kõikus kõige enam kontrollvariandis 1T30 ja oli kõige kõrgem ja stabiilsem 1T20 variandis (joonis 1).

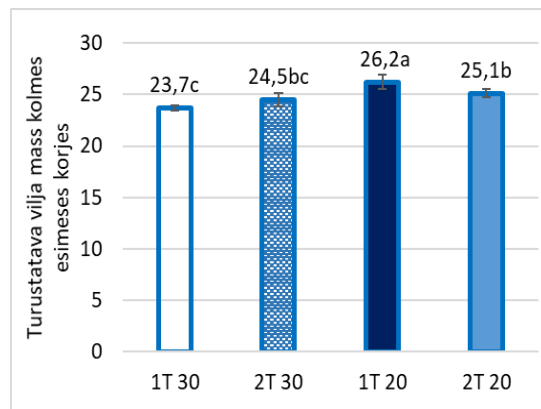
Kastmissüsteemi mõju saagile avaldus teisel aastal. Kogusaak taime kohta varieerus vahemikus 768...843 g (joonis 2). Kõige kõrgem saagikus oli taimedel 1T20 variandis, kus mullaniiskuse kõikumised olid kõige väiksemad. Teiste kastmisvariantide maasikate kogusaak statistiliselt oluliselt ei erinenud. Arvestades, et enamikul tootjatel on ühel hektaril 33000 taime, siis saadi võrreldes kontrollvariandiga 1T20 variandist enamsaaki 2,4 t/ha. Turustatava vilja massile oli kõige suurem mõju kolmes esimeses korjes: 1T20 variandi vilja mass oli kõikide teiste variantidega võrreldes oluliselt suurem (joonis 3).



Joonis 1. Sademete hulk (mm), mulla veesisaldus ($m^3 m^{-3}$) sõltuvalt kastmisvariandist (1T30 – üks tilkkastmistoru 30-cm tilgutite vahega; 2T30 – kaks tilkkastmistoru 30-cm tilgutite vahega; 1T20 - üks tilkkastmistoru 20-cm tilgutite vahega;– 2T20 -kaks tilkkastmistoru 20-cm tilgutite vahega).



Joonis 2. Aedmaasika 'Sonsation' kogusaak teise aasta istandikus sõltuvalt kastmisvariandist 2020. a



Joonis 3. Aedmaasika 'Sonsation' turustatava vilja keskmine mass kolmes esimeses korjes teise aasta istandikus sõltuvalt kastmisvariandist 2020.a

Võrreldes kontrollvariandiga oli taime kuivmass kõigis teistes variantides suurem. Võimsama puhmiku sees on aga õhuvahetus kehvem ning kõrgem õhuniiskus soosib nii jahukaste kui hahkhallituse levikut. Seetõttu oli 1T20 variandis võrreldes kontrollvariandiga ka rohkem jahukaste kahjustusega vilju (vastavalt 8,3 ja 6,7%). Arvestades aga enamsaagi suurust, ei ole mõnevõrra kõrgem jahukaste kahjustus määrav ning tootjatele võib soovitada ühe tilkkastmistoru kasutamist tilgutite vahega 20 cm.









Katsed köögiviljadega

Katse metoodika









Saksamaal Geisenheim'i ülikoolis on välja töötatud arvestusmudel, mis kasutab kastmisvajaduse arvutamiseks kohalikku sademete hulka, evapotranspiratsiooni (ET_o) ning taimekoefitsienti (kc). Evapotranspiratsiooni arvutatakse FAO56 Penman-Monteith (edaspidi tähistatud FAO) või Penman (edaspidi tähistatud PEN) võrrandi alusel ning nende arvutamiseks on kasutatud kohaliku ilmajaama andmeid: õhutemperatuur, õhuniiskus, kiirgushulk ja tuule kiirus. Taimekoefitsient on kalkuleeritud eraldi igale aiakultuurile ja on erinev sõltuvalt taime kasvufaasist.

Geisenheim'i kastmismudeli sobivuse testimiseks Eesti kliimatingimustes viidi erinevatel aastatel läbi põldkatsed EMÜ Rõhu katsejaamas söögisibula, küüslaugu, valge peakapsa, lillkapsa, spargelkapsa, porgandi ja söögipeediga.









Eestis kasvatatakse söögisibulat valdavalt tippisibulast, kuid Saksamaal peamiselt seemnest otse avamaale külvates ja seetõttu on sealsed sibula kastmise soovitused ja kc arvestatud seemnest külvatud sibula jaoks. Geisenheim'i ülikoolis ei ole koostatud kastmismudelit ka küüslaugu kasvatamiseks. Mõlema kultuuri katsete planeerimisel konsulteeriti eelnevalt Geisenheim'i kastmismudelid koostanud prof. Jana Zinkernagel'ga. Tema soovitusel kasutati ka Eestis sama seemnest kasvatatava söögisibula kastmismudelit ning küüslaugu puhul kasutati porrulaugu mudeleid (sarnase juurestikuga taimed). Katsetes kasutatud kc- väärtused on toodud joonistel 4 -10.

A				
onion ¹⁾	after emergence BBCH 09 0-30 cm	≥ 5 leaves BBCH 15 0-30 cm	≥ 8 leaves BBCH 18 0-60 cm	bending leaves BBCH 47 0-60 cm
	0.7	1.3	1.6	0
B				
onion ¹⁾	after emergence BBCH 09 0-30 cm	≥ 5 leaves BBCH 15 0-30 cm	≥ 8 leaves BBCH 18 0-60 cm	bending leaves BBCH 47 0-60 cm
	0.5	1.0	1.2	0







Joonis 4. Söögisibula taimekoefitsiendid (kc) vastavalt kasvufaasile FAO (A) ja PEN (B) võrrandi järgelt.

A				
leek ¹⁾	after transplanting BBCH 12 bis 13 0-30 cm	diameter ≥ 13 mm BBCH 42 0-30 cm	diameter ≥ 16 mm BBCH 44 0-60 cm	diameter ≥ 20 mm BBCH 46 0-60 cm
	0.7	1.1	1.6	1.8
B				
leek ¹⁾	after transplanting BBCH 12 bis 13 0-30 cm	diameter ≥ 13 mm BBCH 42 0-30 cm	diameter ≥ 16 mm BBCH 44 0-60 cm	diameter ≥ 20 mm BBCH 46 0-60 cm
	0.5	0.8	1.2	1.4







Joonis 5. Taliküüslaugu taimekoefitsiendid (kc) vastavalt kasvufaasile FAO (A) ja PEN (B) võrrandi järgelt.

A	 after transplanting BBCH 12 bis 13 0-30 cm	 ≥ 8 leaves BBCH 18 0-30 cm	 ≥ 11 leaves BBCH 111 0-60 cm	 developing heads BBCH 41 0-60 cm	0.7	0.8	1.0	1.1
B	 after transplanting BBCH 12 bis 13 0-30 cm	 ≥ 8 leaves BBCH 18 0-30 cm	 ≥ 11 leaves BBCH 111 0-60 cm	 developing heads BBCH 41 0-60 cm	0.5	0.6	0.7	0.8







Joonis 6. Peakapsa taimekoefitsiendid (kc) vastavalt kasvufaasile FAO (A) ja PEN (B) võrrandi järgselt.

A	 after transplanting BBCH 12 bis 13 0-30 cm	 ≥ 8 leaves BBCH 18 0-30 cm	 plant length ≥ 70% BBCH 37 0-60 cm	0.7	1.1	1.6
B	 after transplanting BBCH 12 bis 13 0-30 cm	 ≥ 8 leaves BBCH 18 0-30 cm	 plant length ≥ 70% BBCH 37 0-60 cm	0.5	0.8	1.2



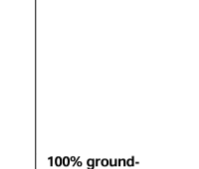
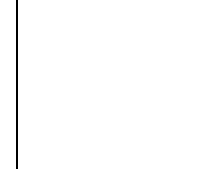


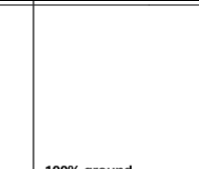
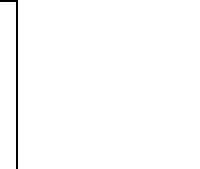
Joonis 7. Lillkapsa taimekoefitsiendid (kc) vastavalt kasvufaasile FAO (A) ja PEN (B) võrrandi järgselt.

A	 after transplanting BBCH 12 bis 13 0-30 cm	 ≥ 8 leaves BBCH 18 0-30 cm	 ≥ 14 leaves BBCH 114 0-60 cm	0.7	1.1	1.8
B	 after transplanting BBCH 12 bis 13 0-30 cm	 ≥ 8 leaves BBCH 18 0-30 cm	 ≥ 14 leaves BBCH 114 0-60 cm	0.5	0.8	1.4

Joonis 8. Spargelkapsa taimekoefitsiendid (kc) vastavalt kasvufaasile FAO (A) ja PEN (B) võrrandi järgselt.

A			
carrot 1)	after emergence BBCH 09 0-30 cm	0.4 ≥ 5 leaves BBCH 15 0-30 cm	0.8 1.1 100% ground-cover BBCH 43 0-60 cm
B			
carrot 1)	after emergence BBCH 09 0-30 cm	0.3 ≥ 5 leaves BBCH 15 0-30 cm	0.6 0.8 100% ground-cover BBCH 43 0-60 cm

Joonis 9. Porgandi taimekoefitsiendid (kc) vastavalt kasvufaasile FAO (A) ja PEN (B) võrrandi järgselt.

A				
beetroot	after emergence BBCH 09 0-30 cm	0.5 ≥ 4 leaves BBCH 14 0-30 cm	1.1 ≥ 8 leaves BBCH 18 0-60 cm	1.6 1.8 100% ground-cover BBCH 39 0-60 cm
B				
beetroot	after emergence BBCH 09 0-30 cm	0.4 ≥ 4 leaves BBCH 14 0-30 cm	0.8 ≥ 8 leaves BBCH 18 0-60 cm	1.2 1.4 100% ground-cover BBCH 39 0-60 cm

Joonis 10. Söögipeedi taimekoefitsiendid (kc) vastavalt kasvufaasile FAO (A) ja PEN (B) võrrandi järgselt.

Kastmisvajaduse hindamiseks arvutatakse iga kultuuri kohta päevane veebilanss (vee defitsiit) valemiga: ET_0 (mm) x kc-väärtus — sademed (mm) (joonis 11).

Vastavalt taimede kasvufaasile tuleb valemis muuta kc-väärtust. Kui antud päeval sajab vihma, siis sademetega antud vee kogus (mm) lahutatakse päevasest veebilansist maha. Seejärel summeeritakse päevabilansid kuni on saavutatud kastmise otsustuseks vajalik veebilanss (Tabel 1). Ühe kastmiskorraga antakse vihmutitega sõltuvalt kasvukoha mullalõimisest 12–25 mm vett. Kergetel liiv- ja saviliivmuldadel peaks see olema ühe kastmisega 12–15 mm ning raskematel muldadel 22–25 mm. Rõhu katsejaama kerge kuni keskmise liivsavimullal anti ühe kastmiskorraga 17–20 mm vett.

$$FAO56-Penman-Montheith \times kc \text{ vaale} - precipitation = \text{daily deficit}$$

$$6.0 \text{ mm} \quad \times 0.7 \quad - 2 \text{ mm} \quad = 2.2 \text{ mm}$$

Joonis 11. Päevase veevajaduse (vee defitsiidi) arvutamise valem

Tabel 1. Kastmisvee vajaduse arvutamise näidis

Date	FAO56-Penman-Monteith [mm]	kc	Precipitation [mm]	Daily deficit [mm]	Amount of water applied [mm]	Total deficit [mm]
7/20	initial deficit:					0
7/21	6.0	x 0.7	- 2	= 2.2		0+2.2 = 2.2
7/22	4.6	0.7		3.2		2.2+3.2 = 5.4
7/23	5.6	0.7		3.9		9.3
7/24	4.0	0.7		2.8		12.1
7/25	3.6	0.7		2.5		14.6
7/26	3.6	0.7		2.5		17.1
7/27	2.4	0.7		1.7	12	17.1+1.7-12 = 6.8
7/28	5.8	0.7		4.1		10.9
7/29	4.3	0.7	35	-32.0		0.0
7/30	5.2	0.7		3.6		0.0
7/31	4.5	1.1		5.0		0.0
8/01	5.2	1.1		5.7		5.7

Katsed köögiviljade kastmisega vihmutamise teel viidi läbi Rõhu katsejaamas aastatel 2020 – 2023.

Katsevariandid:

- 1) kontroll, ilma lisakastmiseta;
- 2) Geisenheim'i kastmismudel 1 (Penman)
- 3) Geisenheim'i kastmismudel 2 (FAO).

Kastmismudeleid eristab teineteisest erinevate evapotranspiratsiooni arvutusmodelite FAO56 Penman-Monteith või Penman kasutamine ning lähtuvalt sellest ka erinev taimekoefitsient.

Kasvatati järgmisi avamaa köögivilju:

- söögisibul 'Hercules' (2020 – 2023),
- taliküüslauk 'Liubasha' (2021 – 2022),
- valge peakapsas keskvalmiv sort 'Krautman' ja hiline sort 'Lennox' (2020),
- lillkapsas 'Thalassa' F1 (2021),
- spargelkapsas 'Marathon' F1(2021),
- porgand 'Narbonne' (2022),
- söögipeet 'Bresko' (2022 – 2023).

Katseandmeid töödeldi ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga (ANOVA), kasutades programmi Dell Statistica v.13. Katsevariantide omavaheliste erinevuste hindamiseks töödeldi andmeid post-hoc Tukey testiga, piirdiferentsi (PD) 95% tõenäosuse juures.

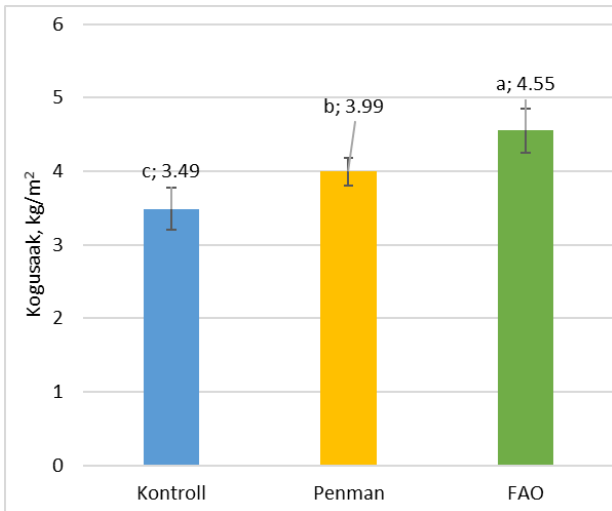
Tulemused

Söögisibul

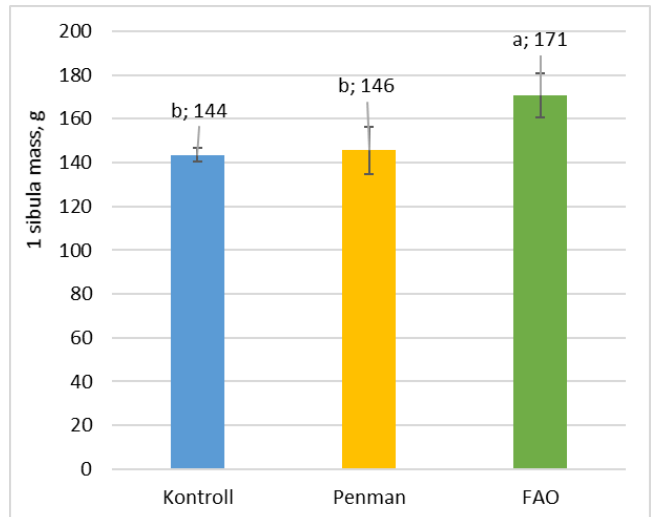
2020

Sibula 'Hercules' tippisibulad pandi maha 11.05.2020 ja saagikoristus toimus 17.08.2020. Koristusjärgselt kuivatati sibulaid Rõhu katsejaama kasvuhoones4-nädalat ja seejärel kaaluti. Katseperioodil oli sademeid 253 mm, kusjuures 29 ja 30.juunil sadas kahe päevaga peaaegu kuu normi (vastavalt 22 mm ja 52 mm). Lisakastmisega alustati FAO kastmismudeli järgi 31.05.2020 ja kasteti 120 mm lisaks, Penmani kastmismudeli

järgi kasteti esimest korda 02.06.2020. ja kokku kasteti lisaks 70 mm.



Joonis 12. Söögisibula 'Hercules' kogusaak (kg/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2020. katseaastal.

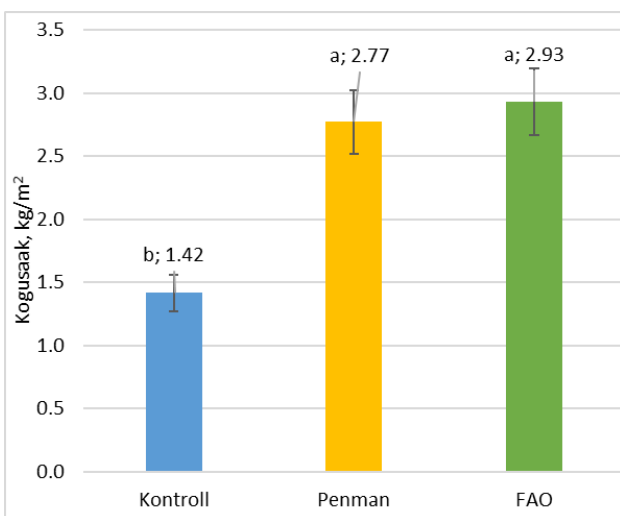


Joonis 13. Söögisibula 'Hercules' 1 sibula keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2020. katseaastal.

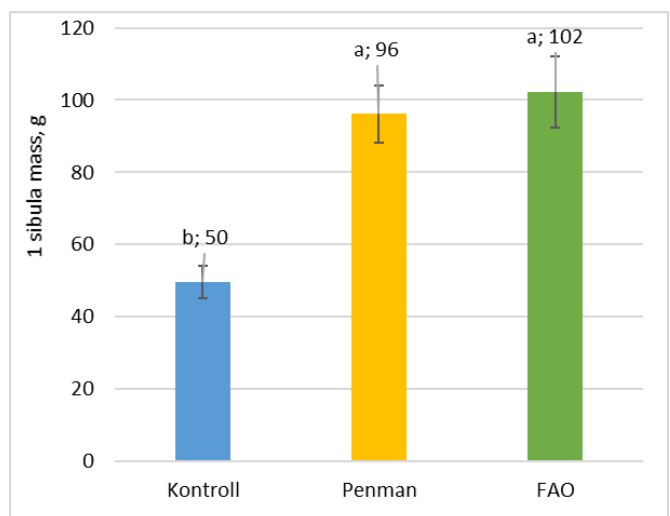
Kastmise katsetulemustest 2020 aastal selgus, et söögisibula puhul andis kastmine olulise enamsaagi võrreldes kastmata variandiga. Katse kogusaak varieerus 3,49...4,55 kg-ni ruutmeetri kohta (Joonis 12). Väikseima kogusaagiga oli kontrollvariant, mida ei kastetud. Kastmisvariandi Penman saagikus oli 3,99 kg/m² ja FAO saagikus 4,55 kg/m². Sibulate keskmine mass varieerus 144...171 g-ni (Joonis 13). Kõige väiksem ühe söögisibula mass oli kontrollvariandis. Kaubandusliku saagi osatähtsust sibula kogusaagist kasvuaegne kastmine ei mõjutanud ja see varieerus 98 – 99% piires.

2021

Sibulad külvati 14.05.2021 ja saagikoristus toimus 10.08.2021 ning kuivatati 4-nädalat Rõhu katsejaama kasvuhoones. Perioodil 14.05.2021 – 10.08.2021 tuli sademeid 140 mm, lisa kastmisega alustati 8.06.2021 FAO kastmismudeli järgi kasteti 192 mm lisaks, Penmani kastmismudeli järgi kasteti 152 mm lisaks.



Joonis 14. Söögisibula 'Hercules' kogusaak (kg/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2021. katseaastal.



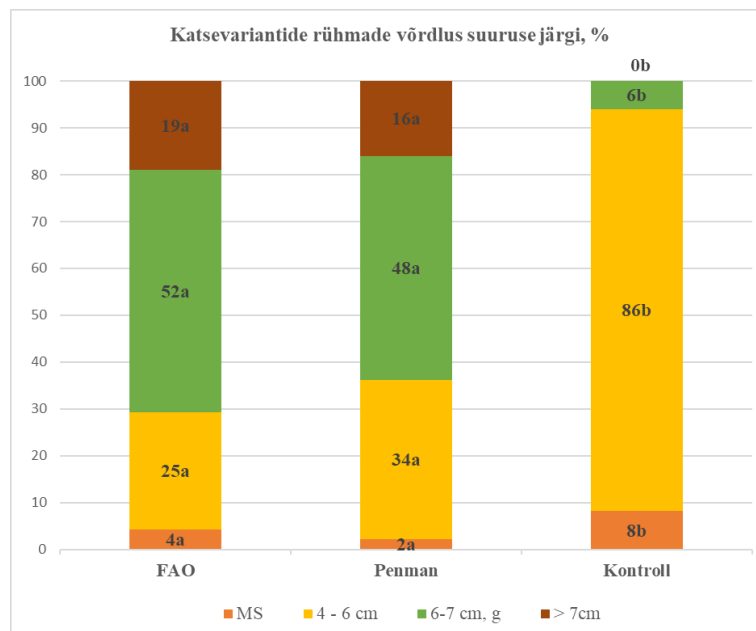
Joonis 15. Söögisibula 'Hercules' 1 sibula keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2021. katseaastal.

Kastmise katsetulemustest 2021 aastal selgus, et söögisibula puhul andis kastmine olulise enamsaagi võrreldes kastmata variandiga. Katse kogusaak varieerus 1,42...2,93 kg-ni ruutmeetri kohta (Joonis 14). Väikseima kogusaagiga oli kontrollvariant, mida ei kastetud. Kastmisvariandid Penman ja FAO omavahel statistiliselt ei erinenud. Sibulate keskmine mass varieerus 50...102 g-ni (Joonis 15). Kõige väiksem ühe söögisibula mass oli kontrollvariandis. Kaubandusliku saagi osatähtsus oli sibula saagis suur, vastavalt kontroll 92%, Penman 98% ja FAO variandis 96%.

Söögisibula kogusaagi protsentuaalset jaotumist erinevate suurusrühmade kaupa iseloomustab joonis 16. Kastmata variandis oli kõige rohkem 4-6 cm läbimõõduga sibulaid ja mitte ühtegi sibulat ei ületanud 7 cm. Mõlema kastmisvariandi puhul suurenes 6-7 cm ning üle 7 cm läbimõõduga sibulate osatähtsus.



Sibula katseala 2021.aastal



Joonis 16. Katsevariantide rühmade võrdlus suuruse järgi (%) 2021. katseaastal. MS – mittestandardne (kahjustunud sibulad); sibula läbimõõd 4-6 cm, 6-7 cm ja üle 7 cm.

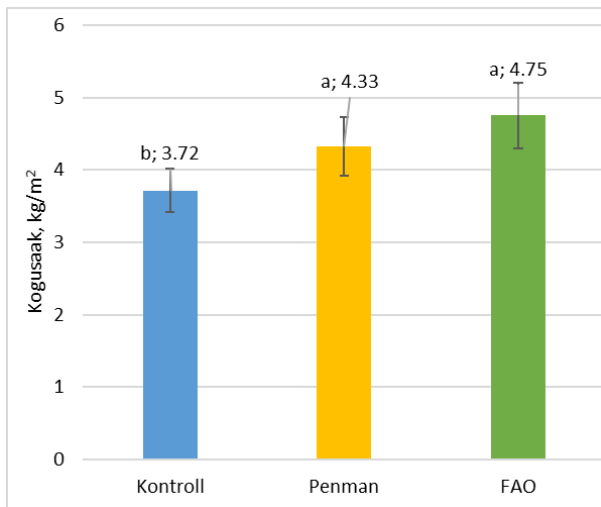
Kastmise mõju hindamiseks söögisibula säilivusele viidi läbi säilituskatse aianduse õppetooli jahehoidlas septembri lõpust kuni aprilli lõpuni. Hoidla temperatuur hoiti kogu säilitusperioodi vältel 0 °C (± 1 °C) ning õhuniiskus 65 -75%. Kastmisel ei olnud olulist mõju sibula säilivusele. Kontrollvariandi säilituskadu (mädanenud ja hingamisest tingitud) oli 6,7%, Penman variandis 7,8% ning FAO variandis 8,2%, siiski need erinevused ei olnud statistiliselt usutavad.

2022

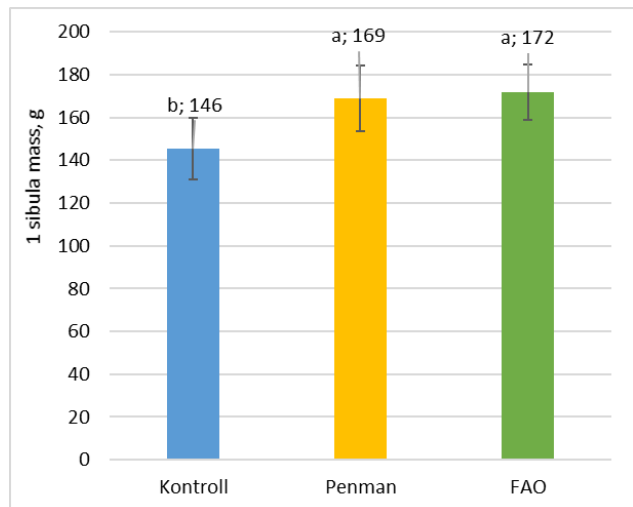
Sibulad külvati 11.05.2022 ja saagikoristus toimus 09.08.2022 ning kuivatati 4-nädalat Rõhu katsejaama kasvuhoones. Sibulate kasvuperioodi vältel tuli sademeid 205 mm, lisakastmisega alustati 24.06.2020 FAO kastmismudeli järgi kasteti 90 mm lisaks, Penmani kastmismudeli järgi kasteti 60 mm lisaks.

Kastmise katsetulemustest 2022 aastal selgus, et söögisibula puhul andis kastmine olulise enamsaagi võrreldes kastmata variandiga. Katse kogusaak varieerus 3,72...4,75 kg-ni ruutmeetri kohta (Joonis 16). Väikseima

kogusaagiga oli kontrollvariant, mida ei kastetud. Kastmisvariandid Penman ja FAO omavahel statistiliselt ei erinevad. Sibulate keskmine mass varieerus 146...172 g-ni (Joonis 17). Kõige väiksem ühe söögisibula mass oli kontrollvariandis. Kaubandusliku saagi osatähtsus oli sibula saagis suur, vastavalt kontroll 96%, Penman 94% ja FAO variandis 94%. Statistiliselt usutavat erinevust kaubandusliku sibula osatähtsuses ei olnud, kuid oli märgata veidi rohkem mädanemistunnustega sibulate esinemist.



Joonis 17. Söögisibula 'Hercules' kogusaak (kg/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2022. katseaastal.

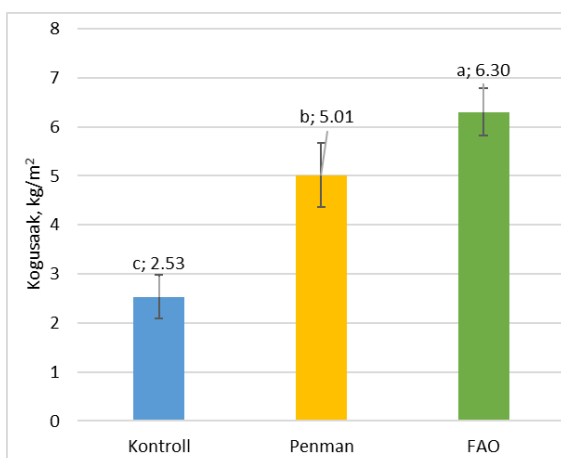


Joonis 18. Söögisibula 'Hercules' 1 sibula keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2022. katseaastal.

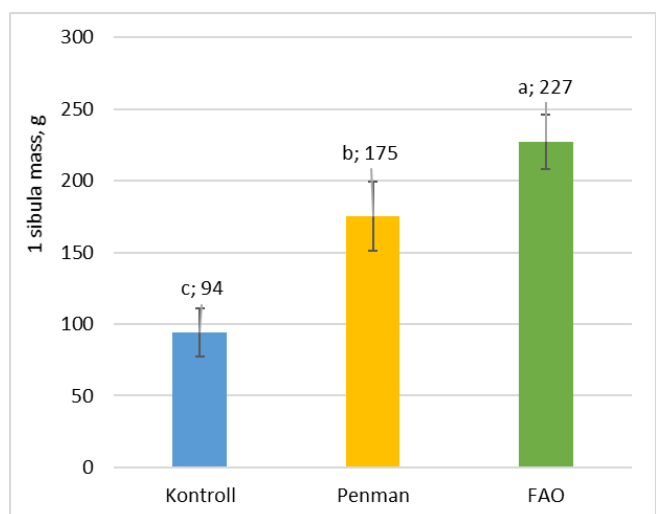
Kastmise mõju hindamiseks söögisibula säilivusele korraldati sibulate säilituskatset EMÜ aianduse õppetooli jahehoidlas septembri lõpust kuni aprilli lõpuni. Hoidla temperatuur hoiti kogu säilitusperioodi vältel 0 °C (± 1 °C) ning õhuniiskus 65 -75%. Kastmisel ei olnud olulist mõju sibula säilivusele. Kontrollvariandi säilituskadu (mädanenud ja hingamisest tingitud) oli 8,9%, Penman variandis 9,8% ning FAO variandis 9,9%.

2023

Tippisibul 'Hercules' pandi maha 08.05.2023. ja saagikoristus toimus 18.08.2023., misjärel sibulad kuivatati 4 nädala vältel enne kaalumist kasvuhoones. Kasvuperioodi vältel tuli sademeid 192 mm, lisa kastmisega alustati 24.05.2023 FAO kastmismudeli järgi kasteti 200 mm lisaks, Penmani kastmismudeli järgi kasteti 130 mm lisaks.



Joonis 19. Söögisibula 'Hercules' kogusaak (kg/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2023.



Joonis 20. Söögisibula 'Hercules' 1 sibula keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2023.

katseaastal.

katseaastal.

2023. katseaastal varieerus sibula kogusaak 2,53 – 6,30 kg/m² ning 1 sibula keskmine mass oli 94 – 227 g (joonis 19 ja 20). Kaubandusliku saagi osatähtsus kogusaagist oli kontroll variandis 94%, Penman variandis 97% ja FAO kastmisvariandis 99%. Penman kastmisvariant andis sellel katseaastal peaaegu 2 kordse kaubandusliku saagi ning FAO puhul oli see isegi üle 2,6 korra suurem kui kontrolli puhul.

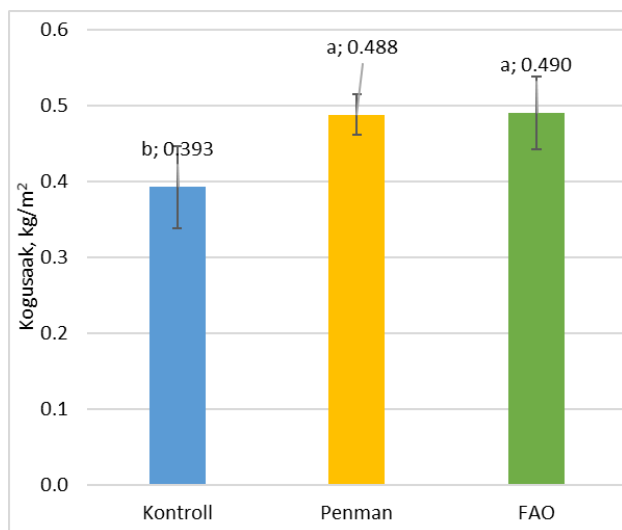
Talikäüslauk

2021

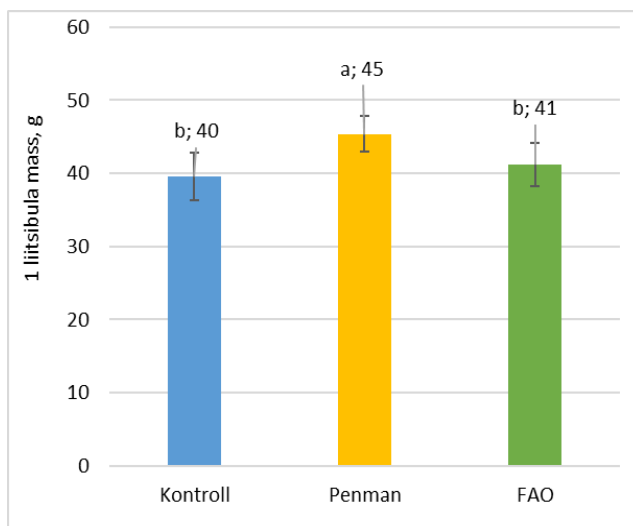
Talikäüslauk 'Liubasha' pandi maha 13.10.2020 ja saagikoristus toimus 10.08.2021. Perioodil 1.05.2021 – 10.08.2021 tuli sademeid 169 mm, lisa kastmisega alustati 5.06.2021 FAO kastmismudeli järgi kasteti 220 mm ja Penmani kastmismudeli järgi 148 mm.

Talikäüslaugu saagikus jäi katseaastal üsna tagasihoidlikuks. Üks põhjustest oli üsna suured talvituskaod, kus hukkus kuni 30% taimedest. Keskmine taimede arv varieerus katsealal 10 -12 tk ruutmeetri kohta, aga oleks pidanud olema 14. Talikäüslaugu kogusaak varieerus 0,39 – 0,49 kg/m² ning 1 liitsibula mass varieerus vahemikus 40 – 45 grammi (joonised 21 ja 22). Tagasihoidliku saagi põhjuseks võis olla ka väga kuiv aprilli kuu, kus öiste külmade tõttu ei olnud võimalik kastmisega alustada, kuid taimede areng oli siiski alanud.

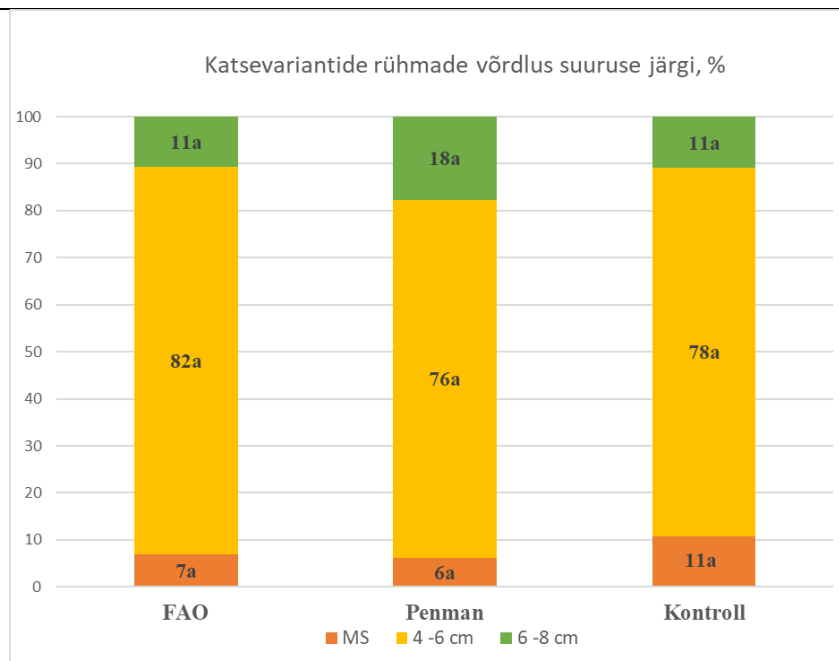
Kastmine ei mõjutanud talikäüslaugu kogusaagi protsentuaalset jaotumist erinevate suurusrühmade vahel (joonis 23). Küüslaugu kaubanduslik saak oli alates 4 cm läbimõõduga liitsibulatest. 4-6 cm läbimõõduga küüslaukude saak jääb 76...82% vahele. 6 – 8 cm läbimõõduga küüslaukude saak jääb 11...18% vahele.



Joonis 21. Talikäüslauk 'Liubasha' keskmine saagikus (kg/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2021 katseaastal.



Joonis 22. Talikäüslauk 'Liubasha' 1 liitsibula keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2021 katseaastal.



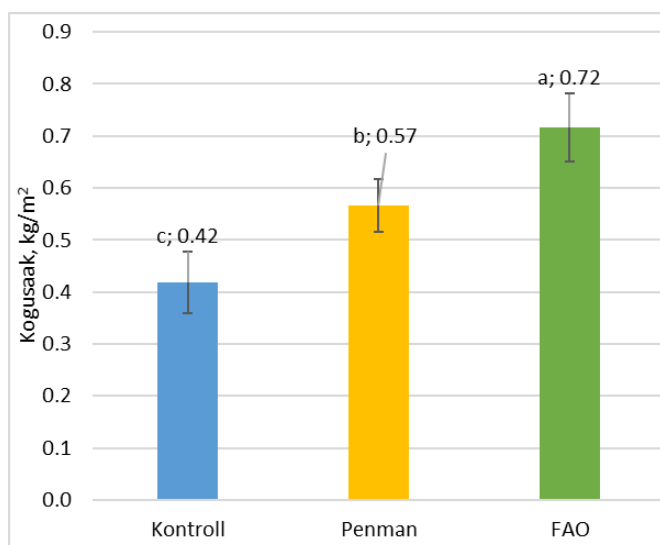
Joonis 23. Katsevariantide rühmade võrdlus suuruse järgi (%) 2021. katseaastal.

2022

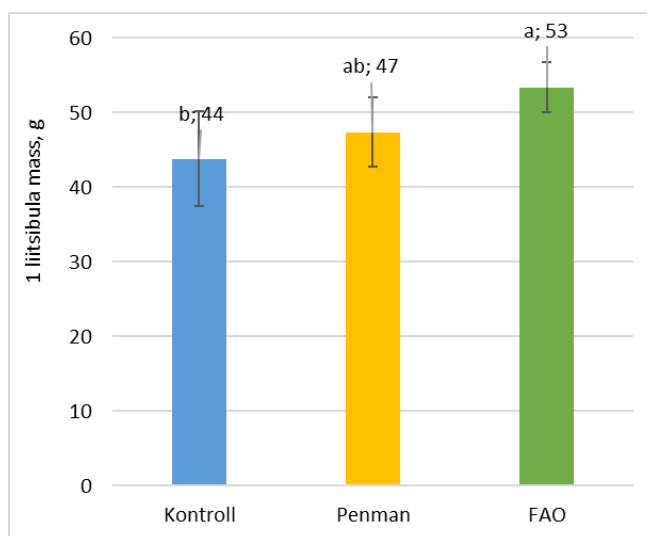
Talikäüslauk 'Liubasha' pandi maha 11.10.2021 ja saagikoristus toimus 29.07.2022. Perioodil 10.04.2022 – 29.07.2022 tuli sademeid 198 mm, kusjuures aprill – mai olid väga kuivad, sademeid tuli kokku 83 mm. Lisakastmisega alustati FAO kastmismudeli järgi 09.05.2022 ja kasteti kokku 180 mm ning Penmani kastmismudeli järgi 14.05.2022 ja kokku kasteti 120 mm.

Talikäüslaugu saagikus oli katseaastal keskpärane. Keskmine taimede arv varieerus katsealal 9,6 -13,4 tk ruutmeetri kohta (joonis 27). Talikäüslaugu kogusaak varieerus 0,42 – 0,72 kg/m² ning 1 liitsibula mass varieerus vahemikus 44 – 53 grammi (joonised 24 ja 25).

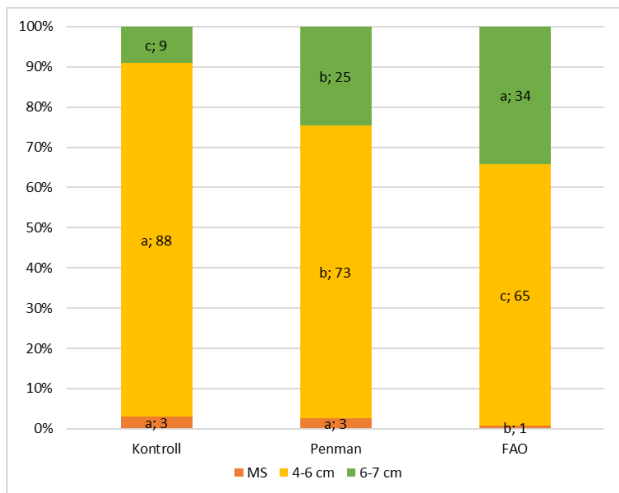
2022. katseaastal suurendas kasvuäegne kastmine üle 6 cm läbimõõduga küüslaukude osatähtsust kogusaagis, kui kontrollvariandis oli suuremaid liitsibulaid 9%, siis FAO kastmisvariandis 34% (joonis 26). 4-6 cm läbimõõduga küüslaukude saak jääb 65...88% vahele.



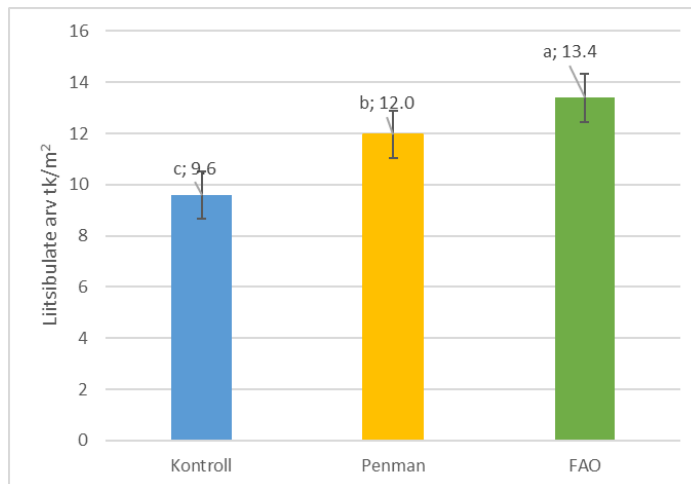
Joonis 24. Talikäüslauk 'Liubasha' keskmine saagikus (kg/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2022 katseaastal.



Joonis 25. Talikäüslauk 'Liubasha' 1 liitsibula keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2022 katseaastal.



Joonis 26. Katsevariantide rühmade võrdlus suuruse järgi, % 2022. katseaastal.



Joonis 27. Taliküüslauk 'Liubasha' liitsibulate arv (tk/m²) saagikoristuse ajal sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2022 katseaastal.

Valge peakapsas

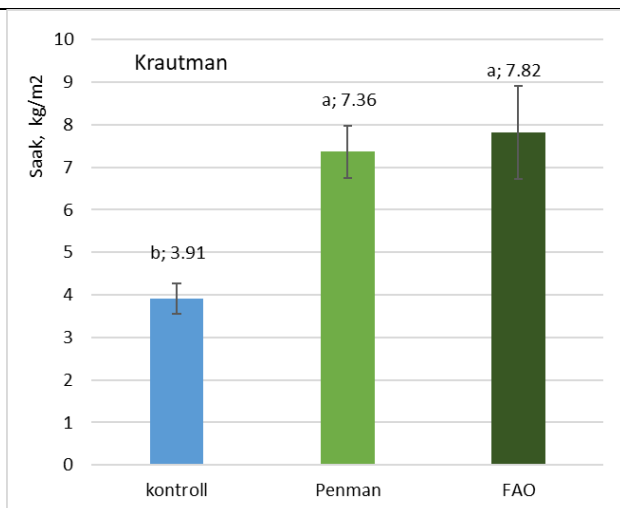
2020

Valge peakapsa katses oli kaks sorti: keskvalmiv 'Krautman' ja hilisepoolne 'Lennox'. Kapsad istutati 27.05.2020. Rõhu katsejaama põllule istutuskeemiga 70 x 60 cm. Sordi 'Krautman' saagikoristus toimus 02.09.2020. ning 'Lennox' 26.10.2020. Sordi 'Krautman' kasvuperioodi vältel tuli sademeid 320 mm ning sordi 'Lennox' kasvuperioodil 408 mm (Tabel 2). Lisakastmisega alustati FAO kastmismudeli järgi 23.06.20 ja Penmani kastmismudeli järgi 27.06.20.

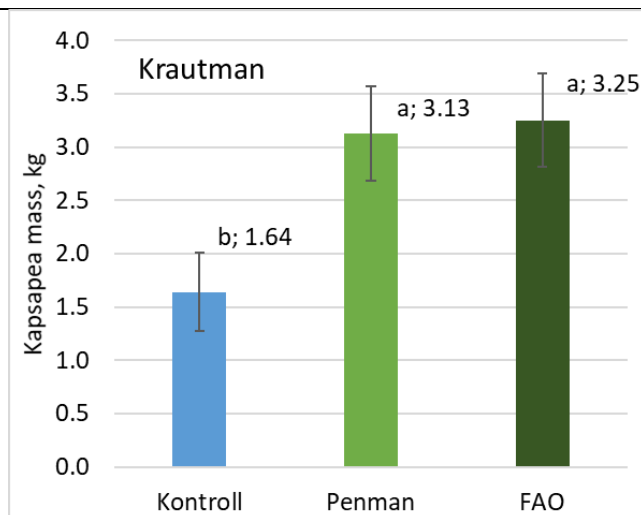
Tabel 2. Sademete hulk (mm) ja kastmisega antud vee hulk valge peakapsa sortide kasvatamisel Rõhu katsejaamas 2020. aastal.

	'Krautman'	'Lennox'
Sademed, mm	320	408
Kastmine Penman, mm	55	85
Kastmine FAO, mm	80	100

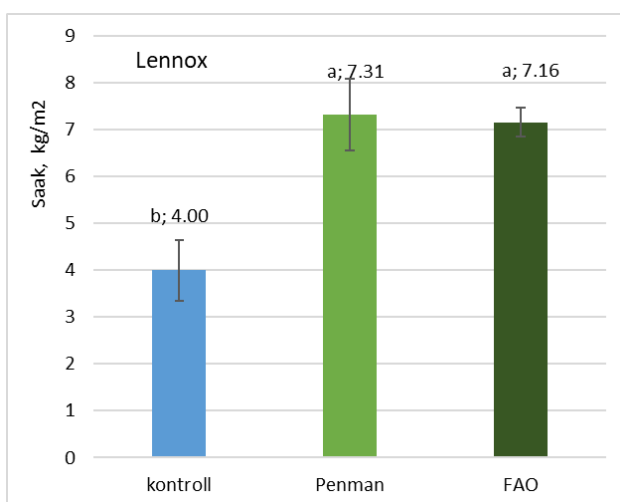
Valge peakapsa katsetulemustest selgus, et kastmine mõjutas oluliselt saagikust, kuid kastmisrežiimid ei erinevad omavahel saagikuse ning kapsapea massi poolest (joonised 28 – 31). Lisakastmine suurendas saagikust mõlemal sordil vähemal 1,8 korda. Keskvalmiva peakapsa 'Krautman' kontrollvariandi saagikus oli 3,91 kg/m², samas kui lisakastmisega saadi 7,36 ja 7,82 kg/m² saagikuseks. Ühe kapsapea mass oli kontrollvariandis (1,64 kg) ja suurenes Penman kastmismudelit järgides 3,13 kg ja FAO mudeli järgi kastes 3,25 kg-ni. Sarnase tendentsiga oli saagikuse tõus ka hilise peakapsa 'Lennox' kasvatamisel (joonis 30 ja 31).



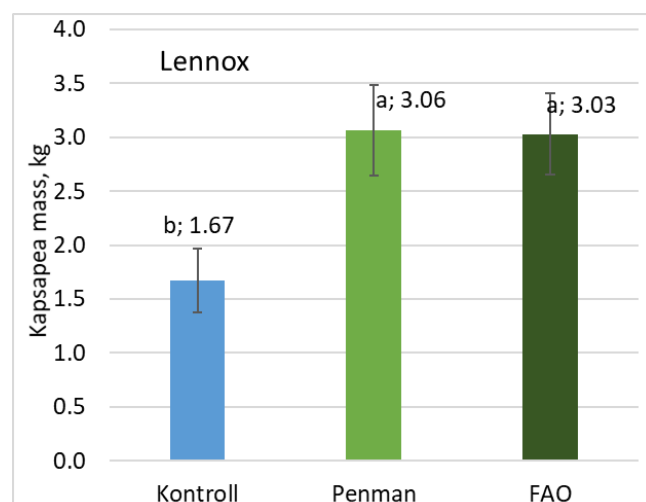
Joonis 28. Keskvalmiva valge peakapsa 'Krautman' saagikus (kg/m^2) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2020 katseaastal.



Joonis 29. Keskvalmiva valge peakapsa 'Krautman' 1 kapsapea keskmine mass (kg) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2020 katseaastal.



Joonis 30. Hilise valge peakapsa 'Lennox' saagikus (kg/m^2) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2020 katseaastal.



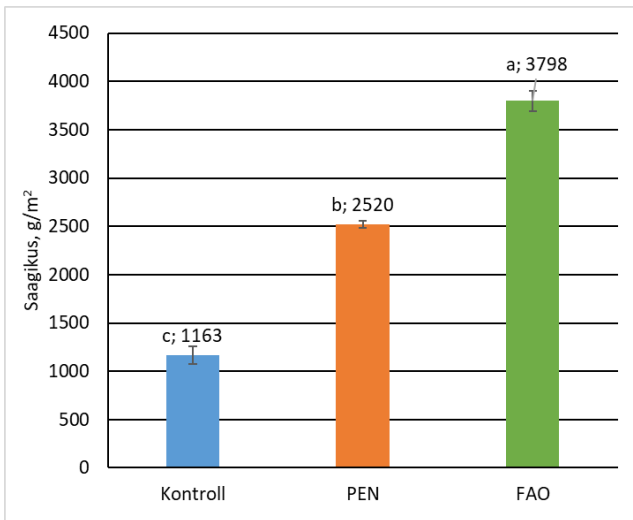
Joonis 31. Hilise valge peakapsa 'Lennox' 1 kapsapea keskmine mass (kg) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2020 katseaastal.

Lillkapsas

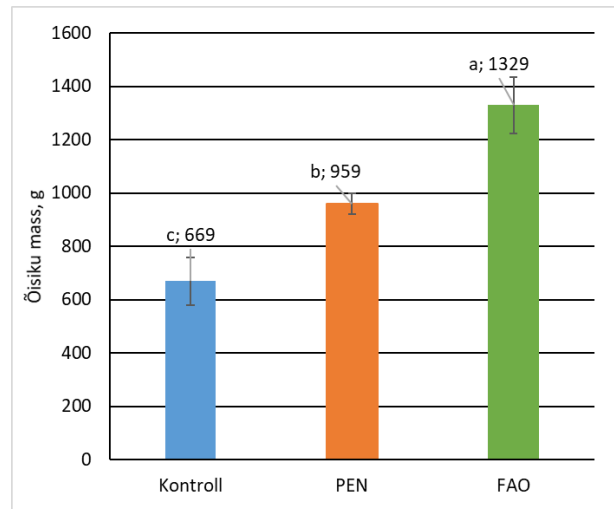
Pikema kasvuperioodiga sügiseseks saagiks mõeldud lillkapsa sort 'Thalassa' F1 seeme külvati 12.05.2021 ja taimed istutati kasvukohale 16.06.2021 istutuskeemiga 70 x 50 cm. Saagikoristus toimus seitsmel korral ajavahemikul 17.09.21 - 18.10.21. Kasvuperioodi vältel (16.06.21 – 18.10.21) tuli sademeid kokku 315 mm, esimese saagikoristuseni tuli 280 mm sademeid. Lisakastmisega alustati 16.06.21 FAO kastmismudeli järgi kasteti 159 mm ja Penmani kastmismudeli järgi 99 mm lisaks.

Lillkapsa katsetulemustest selgus, et kastmine mõjutas oluliselt lillkapsa saagikust. Lillkapsa kastmisel andis suurima saagikuse FAO kastmismudeli järgimine (joonis 32) kaubandusliku saagikusega 3798 g/m^2 , mis hektari arvestuses annab saagikuseks 37 T/ha. PEN katsevariant andis 2520 g/m^2 ning kastmata kontrollvariant 1163 g/m^2 . Nii suure saagierinevuse tingis asjaolu, et kastmata variandis osa taimi ei suutnud põuase juuli kuu jooksul

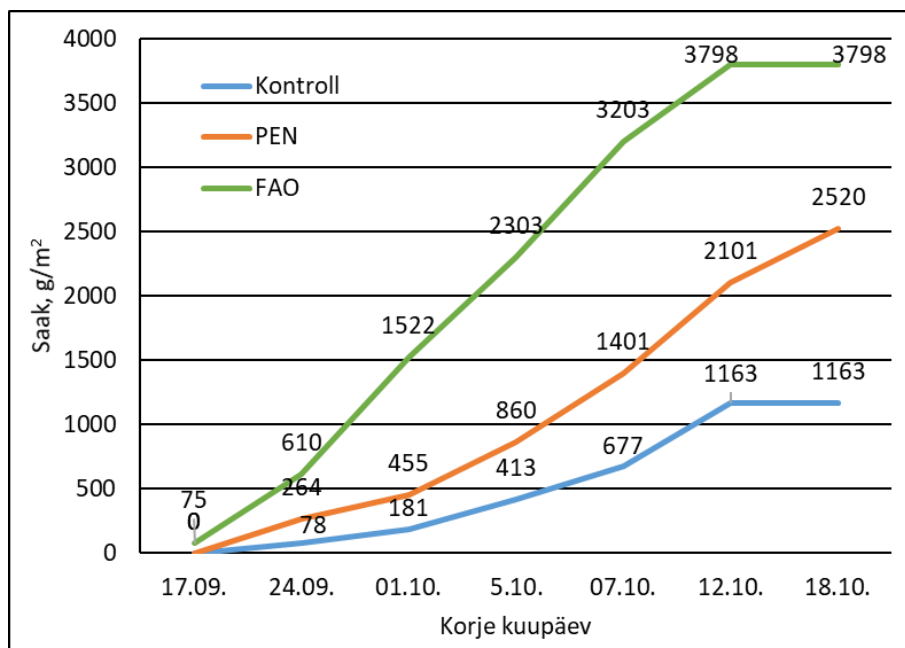
kasvatada piisavat lehemassi ning ei moodustanud müügikõlblikku õisikut. Kui FAO katsevariandis saadi müügikõlblikku saaki kõigilt taimedelt (2,9 taime/m², siis kontrollvariandis oli keskmiselt ainult 1,7 taime/m²). Samuti kasvasid kastetud variantide õisikud oluliselt suuremaks (joonis 33). Lillkapsa õisiku keskmine mass varieerus 669...1329 g-ni. Kõige suuremad lillkapsad (1329 g) saadi FAO kastmismudelit kasutades. Kõige väiksem lillkapsa mass oli 669 g ja seda kontroll variandis. Penmani kastmismudeli järgi oli ühe lillkapsa keskmine mass 959 g. Lillkapsa saagikuse (g/m²) kumulatiivne arvestus näitab, et FAO katsevariant andis juba esimestest korjetest alates suuremat saaki (joonis 34).



Joonis 32. Lillkapsa 'Thalassa' F1 keskmine saagikus (g/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist.



Joonis 33. Ühe lillkapsa õisiku keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist.

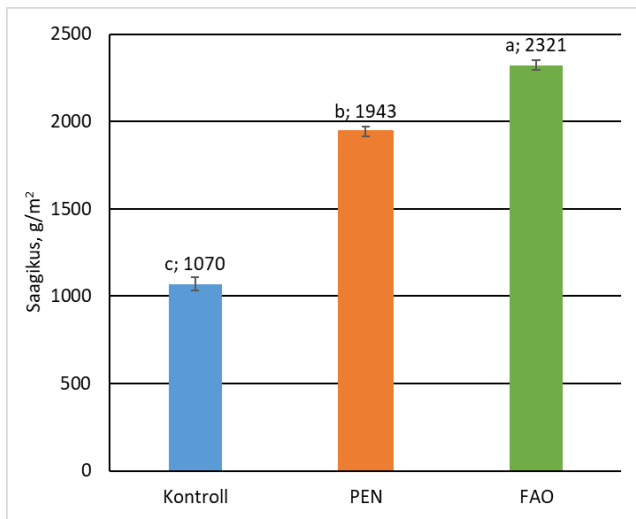


Joonis 34. Lillkapsa kumulatiivne saagikus (g/m²) sõltuvalt kastmisest FAO või Penman kastmismudeli järgi.

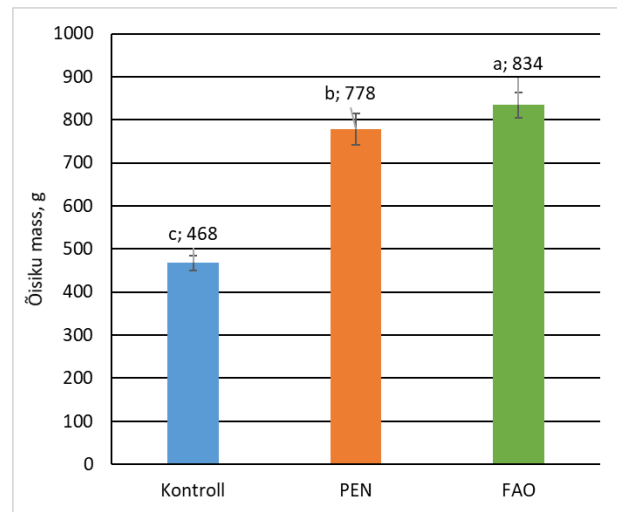
Spargelkapsas

Keskvalmiv spargelkapsa sort 'Marathon' F1 külvati 12.05.2021 ja taimed istutati kasvukohale 16.06.2021 istutuskeemiga 70 x 50 cm. Saagikoristus toimus seitsmel korral ajavahemikul 18.08.21 – 17.09.21. Kasvuperioodi vältel (16.06.21 – 17.09.21) tuli sademeid kokku 280 mm, esimese saagikoristuseni tuli 193 mm sademeid. Lisakastmisega alustati 16.06.21 FAO kastmismudeli järgi kasteti 159 mm ja Penmani kastmismudeli järgi 119 mm lisaks.

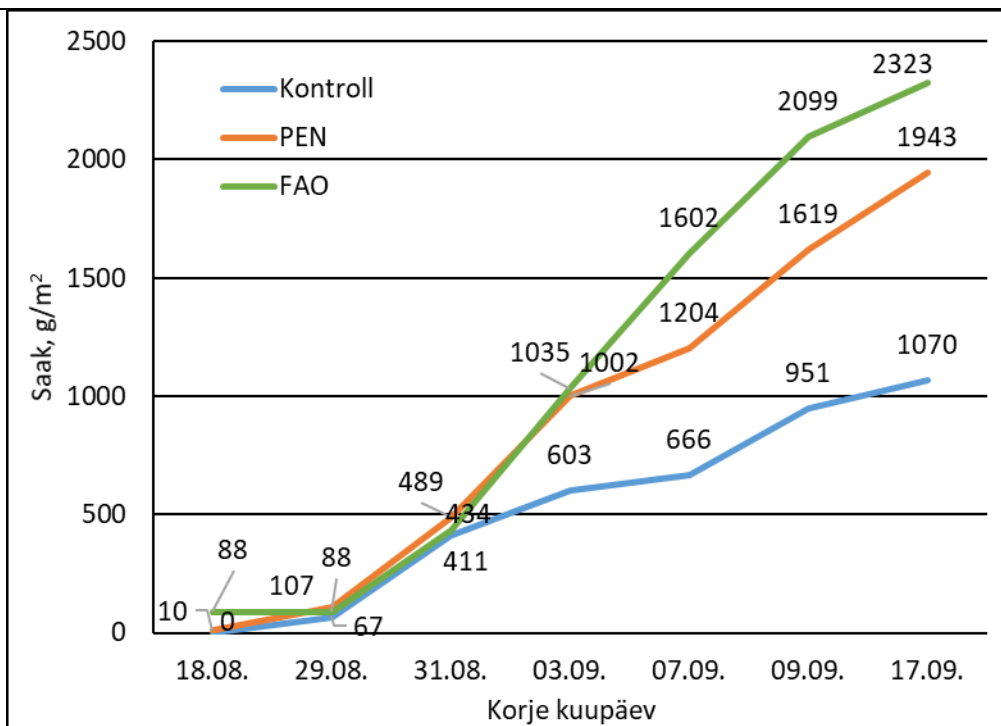
Spargelkapsa katsetulemustest selgus, et kastmine andis oluliselt suurema enamsaagi võrreldes kastmata variandiga. Suurim saagikus saadi spargelkapsa kastmisel FAO kastmismudeli järgi (joonis 35), kus kaubanduslik saagikus oli 2321 g/m², mis hektari arvestuses annab saagikuseks 23 T/ha. PEN katsevariant andis 1943 g/m² ning kastmata kontrollvariant 1070 g/m². Spargelkapsa taimed pidasid juulikuissele põuaperioodile võrreldes lillkapsaga veidi paremini vastu ning saagikoristusel oli kontrollvariandis keskmiselt 2,3 PEN variandis 2,5 ja FAO variandis 2,8 taime/m². Samas olid aga spargelkapsa õisikud oluliselt väiksemad võrreldes lillkapsaga, varieerudes 468...834 g-ni (joonis 36). Kõige suuremad spargelkapsa õisikud saadi FAO kastmismudelit kasutades (834 g). Kõige väiksem õisiku mass oli 468 g ja seda kontroll variandis. Penmani kastmismudeli järgi oli ühe õisiku keskmine mass 778 g. Spargelkapsa saagikuse (g/m²) kumulatiivne arvestus näitab, et kuni 3-nda saagikorjени ei erinenud ühegi katsevariandi saagikus ja 4-nda saagikorjени olid sarnased ka FAO ja PEN katsevariantide saagikused. Saagikoristusperioodi lõpu poole oli siiski rohkema kastmisega FAO katsevariandil mõningane saagieelis (joonis 37).



Joonis 35. Spargelkapsa 'Marathon' F1 keskmine saagikus (g/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist.



Joonis 36. Ühe spargelkapsa õisiku keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist.



Joonis 37. Spargelkapsa kumulatiivne saagikus (g/m²) sõltuvalt kastmisest FAO või Penman kastmismudeli järgi.

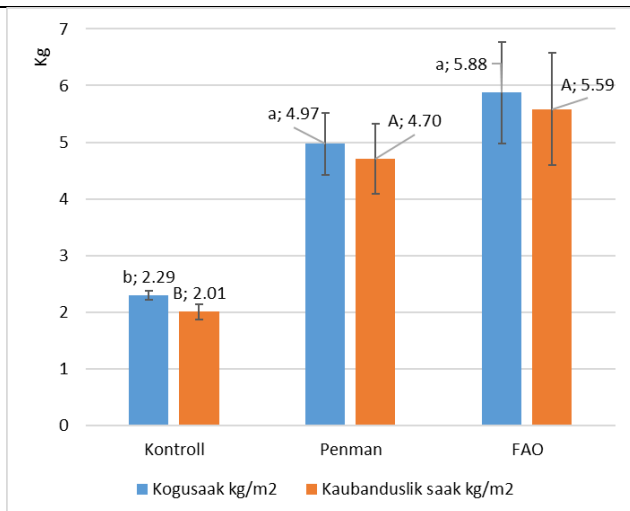
Porgand

2022

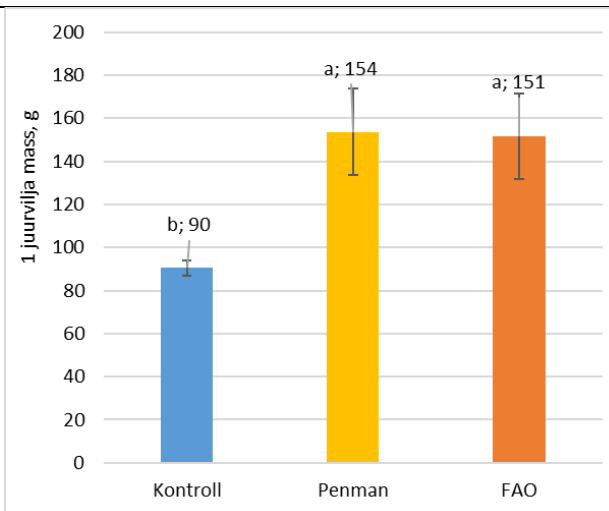
Keskvalmiv porgand 'Narbonne' külvati 23.05.2022. Saagikoristus toimus 07.10.2022. Kasvuperioodi vältel tuli sademeid kokku 282 mm. Lisakastmisega alustati FAO kastmismudeli järgi 03.07.22, kasteti kokku 70 mm ja Penmani kastmismudeli järgi 05.07.22. ning kasteti kokku 40 mm.

Kastmise katsetulemustest 2022 aastal selgus, et söögiporgandi kastmine andis olulise enamsaagi võrreldes kastmata variandiga. Katse kogusaak varieerus 2,29...5,88 kg-ni ruutmeetri kohta (Joonis 38). Väikseima kogusaagiga oli kontrollvariant, mida ei kastetud. Kaubandusliku saagi arvestamiseks eraldati kogusaagist väga väikesed, lõhenenud või muul moel kahjustatud juurviljad. Kastmisvariandid Penman ja FAO omavahel statistiliselt ei erinenud. Porgandite keskmine mass varieerus 90...154 g-ni (Joonis 39). Kõige väiksem ühe juurvilja mass oli kontrollvariandis.

Kaubandusliku saagi osatähtsus oli porgandi saagis suur, kuid siiski oli kontrollvariandis oluliselt väiksem (87%), nii Penman kui FAO variandis oli kaubandusliku saagi osatähtsus 95%.



Joonis 38. Söögiporgandi 'Narbonne' kogusaak ja kaubanduslik saak (kg/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2022 katseaastal.



Joonis 39. Ühe porgandi juurvilja keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2022 katseaastal.

Kastmise mõju hindamiseks porgandi säilivusele viidi läbi säilituskatse 2022/2023 aastal Rõhu katsejaama hoidlas saagikoristusest kuni 27. aprillini. Hoidla temperatuur hoiti +3 °C (± 1 °C), õhuniiskuse reguleerimine ei olnud võimalik ning see varieerus 75-95%. Kastmisel ei olnud olulist mõju porgandi säilivusele. Kontrollvariandi säilituskadu (mädanenud ja hingamisest tingitud) oli 12,3%, Penman variandis 14,2% ning FAO variandis 13,8%, kuid need erinevused ei olnud statistiliselt usutavad.

Söögipeet

2022

Söögipeet 'Bresko' külvati 23.05.2022. Saagikoristus toimus 09.09.2022.

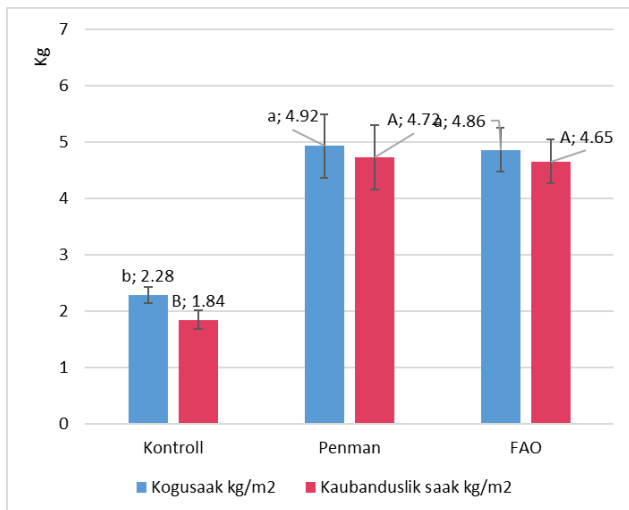
Kasvuperioodi vältel tuli sademeid kokku 236 mm. Lisakastmisega alustati FAO kastmismudeli järgi 29.06.22, kasteti kokku 130 mm ja Penmani kastmismudeli järgi 30.06.22. ning kasteti kokku 90 mm.

Sarnaselt söögiporgandile andis ka söögipeedi puhul kastmine 2022. katseaastal olulise enamsaagi võrreldes kastmata variandiga. Kastmise tulemusena suurenes söögipeedi kogusaak 2,1 korda ning kaubanduslik saak isegi 2,5 korda. Mittekaubanduslikuks saagiks arvestati juurviljad alla 5 cm läbimõõduga. Katse kogusaak varieerus 2,28...4,86 kg-ni ruutmeetri kohta (Joonis 40). Väikseima kogusaagiga oli kontrollvariant, mida ei kastetud. Kastmisvariandid Penman ja FAO omavahel statistiliselt ei erinenud. Söögipeedi juurvilja keskmine mass varieerus 101...203 g-ni (Joonis 41). Kõige väiksem ühe juurvilja mass oli kontrollvariandis.

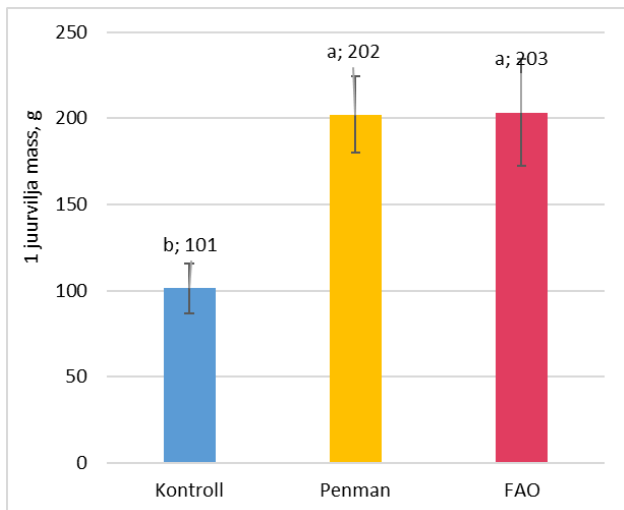
Kaubandusliku saagi osatähtsus oli söögipeedi kontrollvariandis 81% ning Penman ja FAO variandis 96%.

Suurusrühmadesse jagatud saagiarvestuse järgi oli kontrollvariandis 19% alla 5 cm läbimõõduga juurvilju ja nii väikeseid juurvilju loetakse kaubandusele mitesobivaks (Joonis 42). FAO ja Penman kastmisvariantides oli kummaski alla 5 cm läbimõõduga juurvilju 4% ja valdav osa oli 5 – 10 cm läbimõõduga.

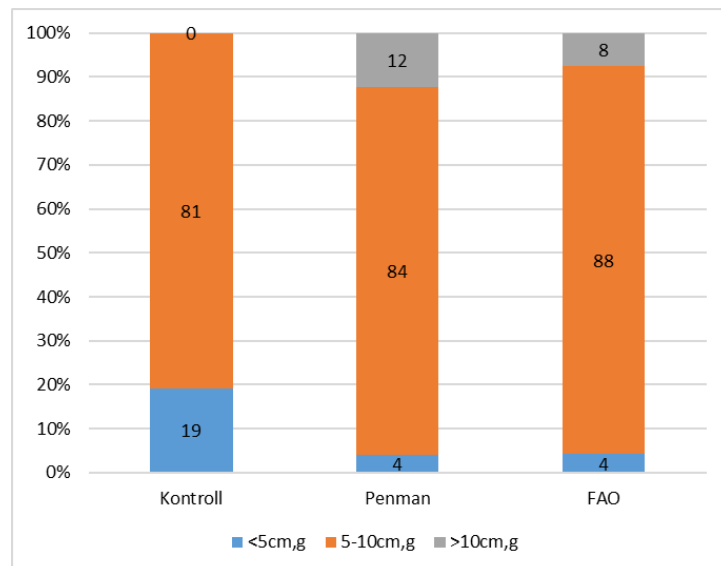
Kastmise mõju hindamiseks söögipeedi säilivusele viidi läbi säilituskatse 2022/2023 aastal Rõhu katsejaama hoidlas saagikoristusest kuni 27. aprillini. Hoidla temperatuur hoiti +3 °C (± 1 °C), õhuniiskuse reguleerimine ei olnud võimalik ning see varieerus 75-95%. Kastmisel ei olnud olulist mõju söögipeedi säilivusele. Söögipeedi suurem säilituskadu oli tingitud liiga madalast õhuniiskusest hoiuruumis. Kontrollvariandi säilituskadu (närtsinud, hingamisest tingitud) oli 20,1%, Penman variandis 22,4% ning FAO variandis 21,6%, kuid need erinevused ei olnud statistiliselt usutavad.



Joonis 40. Söögipeedi 'Bresko' kogusaak ja kaubanduslik saak (kg/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2022 katseaastal.



Joonis 41. Ühe söögipeedi juurvilja keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2022 katseaastal.



Joonis 42. Katsevariantide rühmade võrdlus suuruse järgi, % 2022. katseaastal

2023

Söögipeet 'Bresko' külvati 19.05.2023. Saagikoristus toimus 15.09.2023.

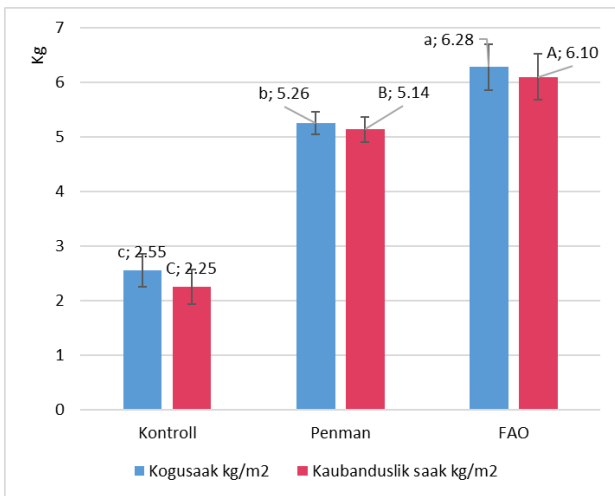
Kasvuperioodi vältel tuli sademeid kokku 275 mm. Lisakastmisega alustati FAO kastmismudeli järgi 16.06.23., kasteti kokku 120 mm ja Penmani kastmismudeli järgi 19.06.23. ning kasteti kokku 80 mm.

Sarnaselt eelneval aastal tehtud katsele andis ka kastmine 2023. katseaastal olulise enamsaagi võrreldes kastmata variandiga. Sellel katseaastal varieerus söögipeedi kogusaak 2,55...6,28 kg/m² (Joonis43). Kastmise tulemusena suurenes söögipeedi kogusaak Penman variandis 206% ja FAO variandis 246%.

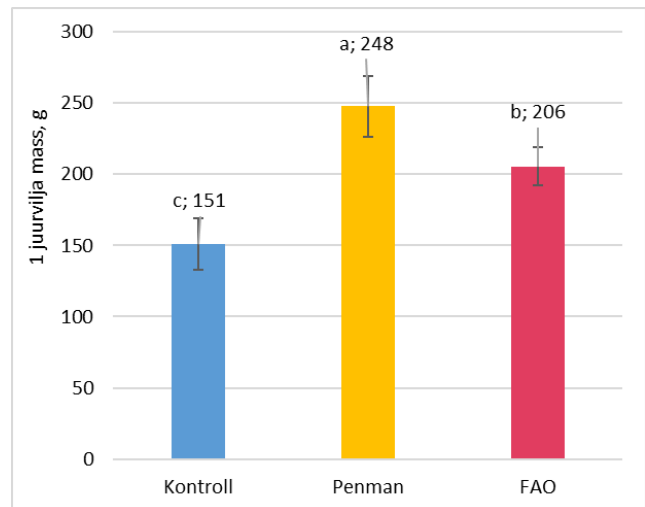
Söögipeedi juurvilja keskmine mass varieerus 151...248 g-ni (Joonis 44). Penman katsevariandis oli keskmine juurvilja suurus 248 g. Kõige väiksem ühe juurvilja mass oli kontrollvariandis, kuid sellegipoolest oli seal palju ka suuremaid juurvilju. Saagikoristuse ajal arvestati ka juurviljade kogust/m² kohta ning kontrollvariandis oli keskmiselt 17 juurvilja/m², Penman variandis 21 ja FAO variandis 31. Kuna peedi külvi järgselt oli väga kuiv ja kuni esimese kastmiseni sadas vihma ainult 14 mm, siis oli kontrollvariandi taimede tärkamine väga ebaühtlane ning taimik jäi hõredaks. Seetõttu kasvasid ka hõredamalt asetsenud taimed suuremaks.

Kaubandusliku saagi osatähtsus oli söögipeedi kontrollvariandis 88%, millest 48% oli üle 10 cm läbimõõduga

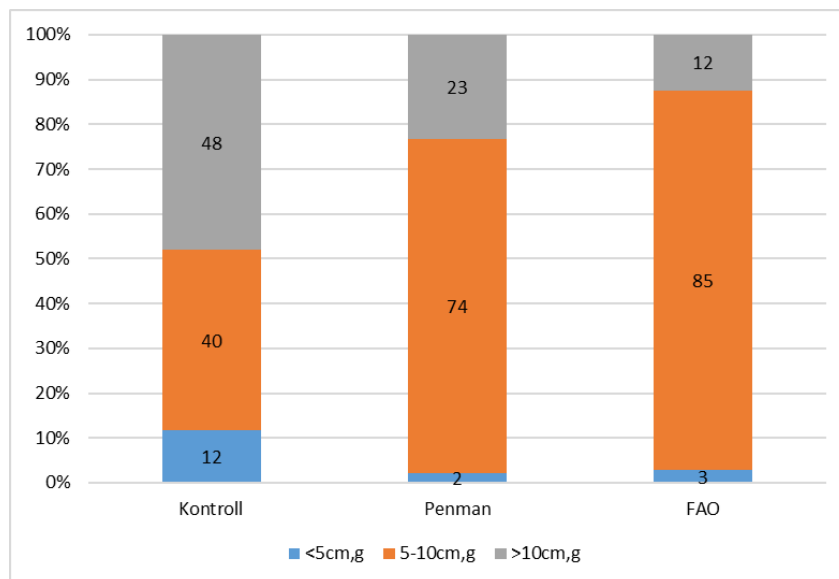
juurviljad (Joonis 45). Penman katsevariandis oli 74% 5-10 cm läbimõõduga ning 23% üle 10 cm juurvilju. FAO variandis oli 85% keskmisi ning 12% suuri juurvilju.



Joonis 43. Söögipeedi 'Bresko' kogusaak ja kaubanduslik saak (kg/m²) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2023 katseaastal.



Joonis 44. Ühe söögipeedi juurvilja keskmine mass (g) sõltuvalt erinevast kastmismudelist 2023 katseaastal.



Joonis 45. Katsevariantide rühmade võrdlus suuruse järgi, % 2023. katseaastal

Veekasutuse efektiivsus köögiviljade kastmisel

Veekasutuse efektiivsus näitab kui efektiivselt kasutavad taimed sademete ja/või kastmisega antud vett saagi moodustamiseks. Taimede poolt veekasutuse efektiivsust võib arvutada erineval moel, kuid agronoomiliselt kasutatakse enamasti valemit:

$$\text{VKE kg/m}^3 = \text{kultuuri saak, (kg/ha)} / \text{veekulu (m}^3\text{/ha)}$$

Selle tulemusena saadakse väärtus, mis näitab mitu kg konkreetset köögivilja saab kasvatada 1 m³ veega. Kõige madalam efektiivsus oli küüslaugul, kus VKE oli 2,2 kg/m³ (tabel 3). Lisakastmine suurendas küll küüslaugu

saagikust, aga VKE siiski vähenes. Sarnaselt küüslaugule vähenes lisakastmisega ka söögisibula veekasutuse efektiivsus.

Kõige efektiivsem veekasutus oli valgel peakapsal, suhteliselt sarnased olid ka porgandi ja söögipeedi veekasutuse efektiivsused. Kõigi nende kultuuride puhul paranes ka lisakastmisel kultuuri veekasutuse efektiivsus, näiteks porgandi puhul kontrolli 8,1 kg Penman kastmisvariandi 15,4 kg ja FAO kastmise puhul 16,7 kg/m³ vee kohta.

Kuigi kastmisega on võimalik suurendada kultuuride saagikust oluliselt, siis veekasutuse efektiivsus sõltub suuresti ka konkreetse taime juurestikust, nii on pinnapealse juurestikuga söögisibul ja küüslauk (juurte põhimass kuni 25-30 cm sügavusel) oluliselt halvema veekasutuse efektiivsusega kui sügavajurelised juurviljad ja kapsad.

Tabel 3. Veekasutuse efektiivsus (VKE) köögiviljadel sõltuvalt erinevast kastmismudelitest.

Köögivili	Variant	Kogusaak, kg/ha	Veekulu, m ³ /ha	VKE, kg/m ³
Söögisibul	kontroll	27895	1975	13.8
	Penman	40261	3005	13.4
	FAO	46328	3480	13.3
	<i>keskm.</i>	<i>38161</i>	<i>2820</i>	<i>13.5</i>
Küüslauk	kontroll	4065	1835	2.2
	Penman	5290	3475	1.5
	FAO	6050	3535	1.8
	<i>keskm.</i>	<i>5135</i>	<i>2948</i>	<i>1.8</i>
Valge peakapsas	kontroll	39568	3640	11.0
	Penman	73379	4340	17.2
	FAO	74881	4540	16.8
	<i>keskm.</i>	<i>62609</i>	<i>4173</i>	<i>15.0</i>
Lillkapsas	kontroll	11630	3150	3.7
	Penman	25200	4140	6.1
	FAO	37980	4740	8.0
	<i>keskm.</i>	<i>24937</i>	<i>4010</i>	<i>5.9</i>
Spargelkapsas	kontroll	10700	2800	3.8
	Penman	19430	3990	4.9
	FAO	23210	4390	5.3
	<i>keskm.</i>	<i>17780</i>	<i>3727</i>	<i>4.7</i>
Porgand	kontroll	22900	2820	8.1
	Penman	49700	3220	15.4
	FAO	58800	3520	16.7
	<i>keskm.</i>	<i>43800</i>	<i>3187</i>	<i>13.4</i>
Söögipeet	kontroll	24150	2555	9.5
	Penman	50900	3405	15.0
	FAO	55700	3805	14.6
	<i>keskm.</i>	<i>43583</i>	<i>3255</i>	<i>13.0</i>

Innovatsiooniprojekti raames katsetati erinevate kultuuride kastmiskatsetes mitmeid erineva hinnaklassi mullaniiskuse sensoreid (Tabel 4).

Tabel 4. Mulla niiskusemõõtjate valik ja hind

Sensor	tööpõhimõte	Sensori/seadme hind
Watermark	takistustüüp	50 – 60.-€ + mõõteseade 290.-
Tensiometer Blumat	Veepotentsiaali mõõtmine	45 – 60.-€ sõltuvalt toru pikkusest
Fieldscout 150	TDR, mulla veemahutavuse %	950.- - 1500.-€
TEROS 12	TDR, mulla veemahutavuse %	Sensor 250 – 300.-€ + käsimõõteseade 500.-€
Paul-Tech mullajaam	Mulla veemahutavus	2 sensoriga seadme rendihind ca 100.-€/kuus.

Watermark mullaniiskuse andur

Watermark andurid on passiivsed, takistus-tüüpi niiskuseandurid, mis töötavad kapillaarsete omaduste põhimõttel. Need koosnevad kahest elektroodist, mis on ümbritsetud spetsiaalse materjaliga, mis neelab vett. Andurid reageerivad mulla niiskuse muutustele, muutes elektritakistust vastavalt niiskuse tasemele. Mida niiskem on muld, seda madalam on elektritakistus ja vastupidi. Need andurid on suhteliselt vastupidavad ja sobivad erinevatesse muldadesse ning neid on varasemalt laialdaselt kasutatud põllumajanduses ja maastikuhoolduses (golfiväljakud). Watermark sensorid on usaldusväärsed, odavad, aga vajavad käsimõõteseadet. Neid on võimalik ühendada ka digitaalse muunduri ja andmeedastussaatjaga.



Watermark sensor ja käsimõõteseade



Mõõtmine küüslaugupõllul (eraldi mullatemperatuuri mõõteseade)

Tensiomeeter

Tensiomeeter on aktiivne mullaniiskuse andur, mis mõõdab mulla veepotentsiaali (tension). See näitab, kui palju jõudu on vaja mullast vee väljatõmbamiseks taimede juuresüsteemi poolt. Tensiomeeter koosneb keraamilisest või plastikust torust, mis on täidetud veega ja suletud. Toru ühes otsas on poorne osa, mis on maasse maetud ja lubab mullal veega küllastuda. Teine ots jääb mulla pinnale ning seal asub manomeeter või digiandur, mis mõõdab mulla veepotentsiaali. Kui muld kuivab, hakkab vesi tensiomeetri poorse otsa kaudu mullast väljuma, luues negatiivse rõhu torus. Selle negatiivse rõhu suurus näitab, kui palju vett taimedele kättesaadav on ja kui tõhusalt see juuresüsteemiga varustatakse.

Tensiomeetrit on varasemalt palju kasutatud aiandustootmises kastmisvajaduse hindamiseks. Tensiomeetri paigaldustäpsus on ülioluline õige tulemuse saavutamiseks. Samuti on oluline, et torus oleks piisavalt vett. Tegemist on analoogseadmega, mida on siiski võimalik ühendada ka digiseadmete ning andmeedastusseadmetega.



Blumat tensiomeeter

FieldScout TDR 150

FieldScout TDR 150 on mullaniiskuse mõõtja, mis kasutab TDR (Time Domain Reflectometry) tehnoloogiat. TDR põhineb elektromagnetiliste lainete kasutamisel mulla niiskusesisalduse mõõtmiseks. See saadab lühikesi elektromagnetilisi impulsse mullasse ja mõõdab nende peegeldust. Mullas olev vesi mõjutab impulsside edastamise aega ja tugevust ning seeläbi saab hinnata mulla niiskusesisaldust. FieldScout TDR 150 sobib erinevate muldade niiskustaseme mõõtmiseks. Seda saab kasutada nii põllumajanduses kui ka aianduses. FieldScout TDR 150 võimaldab määrata lisaks mulla veemahutavusele ka mulla temperatuuri ning elektrijuhtivust. Seade võimaldab ka mõõtmiste salvestamist ja analüüsi hilisemaks kasutamiseks. Eestis on see seade kasutusel mitmel aiandustootjal.



Fieldscout TDR 150 mullaniiskuse mõõtja

TEROS 12 kasutab dielektrilist mõõtmismeetodit mulla niiskusesisalduse hindamiseks. Teros 12 kasutatakse põllumajanduses, maastikuhoolduses, aga üsna palju ka teadusuuringutes ja keskkonnaseiretes. Teros 12 sensoreid saab ühendada erinevate andmekogumise platvormidega ning lisaks mullaniiskusele on võimalik mõõta ka temperatuuri ning elektrijuhtivust.



TEROS12 niiskussensori paigaldus katsealale



TEROS 12 sensorid koos andmelogeriga Em50.

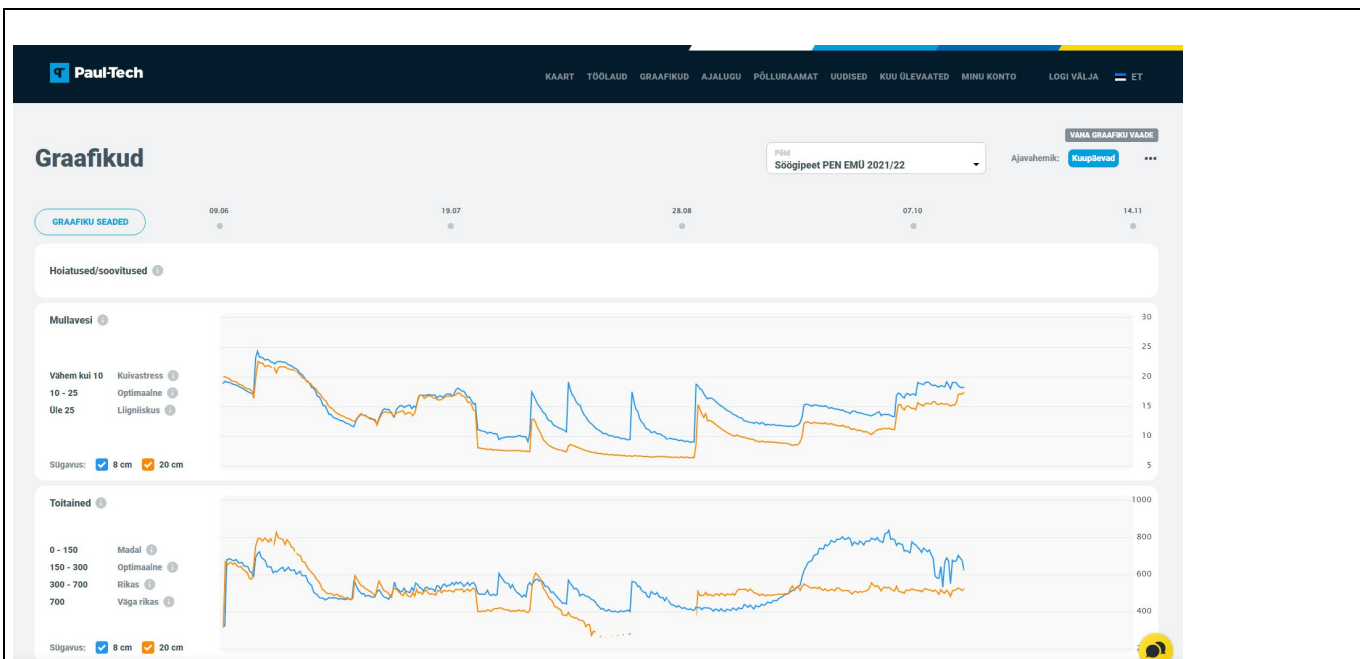
Paul-Tech ja Tamiatics mullajaamad

2021 aastal oli katses Tamiatics firma mullajaam, mis põhines TEROS 12 sensoril. Mullajaama eesmärk oli saata andmed nn „pilve“ ja oli veebiliidese kaudu vaadeldav. Kuna Tamiatics on spetsialiseerunud rohkem katmikaiandusele sobivate lahenduste arendamisele, siis otsustati selle mullajaama katsetamine avamaal lõpetada.

Edaspidi kasutati Eesti firma Paul-Tech mullajaam, mis mõõdab lisaks mullaniiskusele ka mullatemperatuuri ja toitainete saadavust. Andmeedastusmoodul registreerib lisaks veel õhutemperatuuri ja -niiskuse.



Eesti firmade Tamiatics ja Paul-Tech mullaniiskuse mõõtjad koos andmeedastusseadmetega



Paul-Tech mullajaama veebiliides andmete jälgimiseks.

Kokkuvõte

Innovatsioonitegevuse eesmärgiks oli välja selgitada, kas aedmaasika kasvatamisel on otstarbekam kasutada 1- või 2-imbtoruga kastmissüsteemi ning kas Geisenheim'i kastmismudel sobib kastmise optimeerimiseks köögiviljade kasvatamisel avamaal Eesti kliimatingimustes.

1. Ühtlase mullaniiskuse tagamiseks võib maasikakasvatajatele, kelle maadel on domineerivaks liivsavimullad, soovitada praeguse enamlevinud variandi asemel (üks tilkkastmistoru 30-cm tilgutite vahega) kasutada üht toru tilgutite vahega 20 cm. Kergematel muldadel võib eeldada, et parem on kasutada kahte tilkkastmistoru 20-cm tilgutite vahega, et hoida kastmistsükkel võimalikult lühike ja vältida sel viisil toitainete leostumist.
2. Geisenheim'i kastmismudel sobib ka Eesti ilmastiku tingimustes köögiviljade kastmise optimeerimiseks. Penman ja FAO kastmismudelite järgimine suurendas kõikides katses olnud kultuuride saagikust. Suurema veekuluga FAO kastmismudel tagas kõigi kultuuride puhul katseaastate keskmisena suurema enamsaagi, kuid kastmismudelite vahed ei olnud väga suured.
3. Taimede veekasutuse efektiivsus sõltub väga palju kasvatatavast kultuurist, näiteks küüslaugu puhul saadi 1,5 – 2,2 kg toodangut /m³ kasutatud vee kohta ning valge peakapsa puhul vastavalt 11 – 17 kg/m³ vee kohta. Osadel kultuuridel (peakapsas, sibul, sõgipeet) oli väiksema veekuluga Penman kastmismudeli veekasutuse efektiivsus suurem kui FAO mudelil.
4. Kastmise majanduslik efektiivsus sõltub kasvatatavast kultuurist ning kindlasti ka sademete jaotumise ühtlikkusest kasvuperioodil. Üks oluline aspekt on kohaliku ilmajaama evapotranspiratsiooni koefitsiendi ning sademete hulga andmete kättesaadavus. Ettevõtjal peaks olema nn põllupõhised ilmajaamad, mis on võimelised koguma vajalikke andmeid.
5. Kindlat mullaniiskuse määramise sensori tüüpi üldise soovitusena anda ei saa. Mullaniiskuse andurite valik on mitmekesine nii tööpõhimõtte, täpsuse, reageerimiskiiruse, kasutajamugavuse kui ka hinnavaheemiku poolest. Hinnavaheemik on väga erinev.

2. Hinnang innovatsioonitegevuse lõppeesmärgi saavutamisele²

Tegevused on ellu viidud plaanipäraselt.

Aedmaasika kastmiskatse eesmärk on saavutatud. Tootjatele võib soovitada ühe tilkkastmistoru kasutamist tilgutite vahega 20 cm. Katse tulemuse puhul peab arvestama, et katseala muld oli liivsavi ja kergematel muldadel võib eeldada, et parem on kasutada kahte tilkkastmistoru 20-cm tilgutite vahega, et hoida kastmistsükkel võimalikult lühike ja vältida sel viisil toitainete leostumist.

Geisenheimi kastmismudelite rakendamine Eesti kliimatingimustes on võimalik ning seda võib ettevõtjatele

soovitada. Geisenheimi kastmismudelite kasutamise eelduseks on kohaliku (põllu)ilmajaama andmete kättesaadavus ning see vajab eraldi investeeringuid.

Mullaniiskuse sensorite valiku mitmekesisus ning igal aastal ka uute seadmete/pakkujate ilmumine ei võimalda kindlat soovituslikku valiku osas anda. Kõik kasutatud sensorid toimisid ning nende abil on võimalik hinnata konkreetse kasvukoha mullaniiskust. Probleemiks on see, et meie põllumassiivide mullalõimis on tihti väga varieeruv ning 1-2 sensoriga ei ole võimalik tegelikult kogu põllu kastmisvajadust hinnata. Suuremate põldude jaoks on vaja kümneid sensoreid, mille manuaalne kontroll on ajamahukas. Alternatiivsed digitaalsed veebipõhise andmeedastusega sensorid on aga hetkel veel suhteliselt kallid.

Koostöö klaster liikmete Kindel Käsi OÜ, Aran PM OÜ, Nordgarlic OÜ, Verevi Aed OÜ ja Anneli OÜ sujus lodusalt. Väga hea koostöö oli ka klaster partneriga Saksamaalt. Geisenheim'i ülikooli köögiviljanduse instituudi professor Jana Zinkernagel konsulteeris katsete meetodika osas ja tema kolleegidelt saadi detailset nõu niiskussensorite paigaldamise vigade vältimiseks.

3. Erinevused kavandatud ja tegelike tulemuste vahel³

Innovatsioonitegevuse läbiviimisel ei esinenud ületamatuid probleeme. Kastmiskatsed viidi läbi plaanipäraselt ja need õnnestusid. Suureks abiks olid katsete planeerimisel Geisenheimi ülikooli eksperdid. Algselt andis nõusoleku innovatsioonitegevustes osaleda ka Šveitsi põllumajandusuurimise keskkuse Agroscope teadlane André Ançay, kuid kahjuks kadus see kontakt covid-19 pandeemia ajal. Covid-19 pandeemia tõttu oli 2020. aastal probleeme ka mullaniiskuse sensorite tarnetega katseteks.

4. Innovatsioonitegevuse tulemuste levitamine ja avalikkuse teavitamine⁴

Innovatsioonitegevuse tulemusi on levitatud nii suuliselt kui kirjalikult.

Aiandustootjatele on projekti tulemusi tutvustatud järgmistel esitlus- ja infopäevadel:

- Keskkonnasõbralik maasika- ja köögiviljakasvatuse efektiivne ja loodusohuline kastmine ja väetamine“. 5.03.2020. Saaremaa Suure-Tõllu Puhkeküla, 6.03.2020. Hiiumaa, Hiiumaa Ametikool; ja veebis 11.04.2022. korraldaja Tartu Põllumeeste Liit (<https://www.pikk.ee/sundmus/infopaeveskeskkonnasobralik-maasika-ja-koogiviljakasvatuse-efektiivne-ja-loodushoidlik-kastmine-ja-vaetamine/>)
- Esitluspäev: Sibulköögiviljade kasvatustehnoloogiad. 19.08.2020. EMÜ Rõhu katsejaam. Korraldaja: Eesti Maaülikool (<https://www.pikk.ee/sundmus/esitluspaev-sibulkogiviljade-kasvatustehnoloogiad/>)
- Esitluspäev: Maasika-jahukaste tõrjevõimalused. 18.08.2020. EMÜ Rõhu katsejaam. Korraldaja: Eesti Maaülikool. Esitlus toimus aianduse teadmussirde pikaajalise programmi raames. Kastmiskatsete tulemustest tegi ettekande Piit Põldma.
- Köögiviljakasvatuse infopäev: kastmine. 16.11.2020. Häädemeeste Seltsimaja Pärnumaa. Aianduse PIP raames. Korraldaja: Eesti Maaülikool (<https://www.pikk.ee/sundmus/koogiviljakasvatuse-infopaev-kastmine/>)
- Infopäev: mahepõllumajanduslik köögiviljakasvatuse tehnoloogiate tutvustamine, sh kastmine.
- Sibulköögiviljade esitluspäev. 11.08.2021. EMÜ Rõhu katsejaam. Korraldaja: Eesti Maaülikool
- Keskkonnasõbraliku aianduse koolitus. 09.11.2022. Veebis, korraldaja MES.
- Keskkonnasõbralik köögiviljakasvatuse efektiivne ja loodusohuline kastmine ja väetamine. 29.03.2023., 31.03.2023. ja 20.04.2023. veebis. Korraldaja: korraldaja Tartu Põllumeeste Liit (<https://www.pikk.ee/sundmus/infopaev-keskkonnasobralik-koogiviljakasvatuse-efektiivne-ja-loodushoidlik-kastmine-ja-vaetamine-2/>)
- Innovatsiooniklaster infopäev: Köögiviljade ja maasika kastmine. 15.06.2023. veebis. Korraldaja: Aiandusklastri MTÜ
- Infopäev: Kastmissüsteemid avamaa- ja katmiskultuuride kasvatamisel. 08.12.2023. EMÜ Metsamaja ja veebis. Korraldaja: Eesti Maaülikool (<https://www.pikk.ee/sundmus/infopaev-kastmissusteemid-avamaa-ja-katmiskultuuride-kasvatamisel/>)

Projekti tulemusi on tutvustatud ka EMÜ PKI aianduse ja põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise üliõpilastele õppeainete „Aianduse tehnoloogiad“, „Köögiviljandus“ ja „Eriköögiviljandus“ raames.

Projekti tulemusi on tutvustatud ka erinevatel rahvusvahelistel konverentsidel ja seminaridel

- P.Põldma, L.Mainla, K. Karp, M. Maante-Kuljus, A. Koort, U. Moor. 2021. Effect of irrigation regime on yield and plant growth of 'Sonsation' strawberry grown in an open field in Estonia. Acta Horticulturae 1309. ISHS 2021. DOI 10.17660/ActaHortic.2021.1309.97 (https://www.actahort.org/books/1309/1309_97.htm)
- 13-15 Sept 2022. EUVRIN 4th Annual WG meeting in Ghent, Belgium. Suuline ettekanne: Irrigation of vegetable crops in Estonia.
- 12-14 Sept 2023: EUVRIN 5th annual WG meeting in Ljubljana, Slovenia. Suuline ettekanne: Irrigation of onion according to Geisenheim Irrigation Scheduling.

2024 a septembris (10 – 12.09.) korraldab EMÜ aianduse õppetool EUVRIN (European Vegetable Research Institutes Network) WG Fertilization and Irrigation seminari Tartus.

EMÜ digiarhiivis on kõikidele huvilistele kättesaadavad innovatsioonitegevuse põhjal valminud EMÜ tudengite lõputööd:

- Kaisa Muutra magistritöö „Sibula, küüslaugu, spargel- ja lillkapsa kastmisvajaduse optimeerimine.“ 2022. Juhendaja: Priit Põldma.

Lisaks on hetkel koostamisel üks magistritöö (K.Matiisen, 'Söögisibula kastmisvajaduse hindamine'). Lõputöö peaks kaitsmisele tulema 2024 a. kevadel.

Klatri esindaja nimi ja allkiri:	Triin Luksepp, digiallkiri
Kuupäev:	03.10.2024

¹ Esitatakse innovatsioonitegevuse vältel elluviidud tegevuste detailsed kirjeldused ja meetodika. Kirjeldatakse, kuidas on innovatsioonitegevus ellu viidud ning millised on saadud tulemused. Aruandes kirjeldatu peab olema piisav, et hindajal oleks võimalik hinnata innovatsioonitegevuses seatud eesmärgi saavutamist.

² Kirjeldatakse, millised on klatri liikmete ja partnerite panused innovatsioonitegevuse vältel (kuidas on klattris osalejad täitnud oma ülesandeid ja panustanud innovatsioonitegevuse eesmärgi elluviimisesse). Lisaks tuuakse välja, kas tegevuskavas ettenähtud tegevused on ellu viidud plaanipäraselt või on tegevuskava realiseerimisel tekkinud probleeme. Probleemide puhul tuuakse välja, kuidas need on lahendatud ja kas innovatsioonitegevuse eesmärk on kokkuvõttes täidetud.

³ Kui klatri püstitatud eesmärgid ei ole realiseerunud, siis kirjeldatakse detailselt, mis põhjustel on tekkinud erinevused tegevuskavas kavandatud ja tegelike tulemuste vahel.

⁴ Kirjeldatakse, kuidas on innovatsioonitegevuse lõppemisel tulemusi levitatud.

Innovatsioonitegevuste tulemuste levitamine on klattrile kohustuslik. Innovatsioonitegevuse lõppemise korral tuleb selle tulemustest laiemat avalikkust teavitada **esimesel võimalusel**. Tulemusi tuleb levitada nii Eestis kui ka ELis erinevate võrgustike kaudu. Eestis on selleks Maamajanduse Infokeskus ning ELis EIP AGRI Service Point, lisaks on muud tulemuste levitamiste üritused.

Innovatsioonitegevuse kohta peab olema avaldatud vähemalt järgmine teave: 1) innovatsioonitegevuse nimetus; 2) klatri andmed; 3) innovatsioonitegevuse elluvijad ja nende kontaktandmed; 4) lühikokkuvõte, sh eesmärk, eesmärgi saavutamine või mitte saavutamine, tulemus; 5) innovatsioonitegevuse periood; 6) rahastamisallikas; 7) innovatsioonitegevuse kogueelarve.