



INNOVATSIOONIKLASTRI TOETUSE INNOVATSIOONITEGEVUSE LÕPPARUANNE

1. Elluviidud innovatsioonitegevuse kirjeldus¹

Innovatsioonitegevuse „Kliimamuutustest tulenevate riskide maandamine mahemustika tootmisel“ lõpparuanne

Innovatsioonitegevus viidi läbi 01.04.2019 – 31.08.2023

Aruande koostaja: Leila Mainla, fotode autorid Angela Koort, Marge Starast, Kadri Karp ja Leila Mainla

Innovatsioonitegevuse eesmärgid

Innovatsioonitegevuse eesmärkideks oli välja selgitada: 1) tunnelkasvuhoone kasutamise efektiivsus, soodustamaks mustikataimede arengut ning suuremat talvekindlust; 2) sümbiontsete mikrosete aktiveerimise tõhusus mustikataime toitumise parandamiseks tunnelkasvuhoones maheviljeluse tingimustes. Mustikakatse puhul loetakse eesmärk saavutatuks, kui on selgunud, kas tunnelkasvuhoone kasutamine soodustab mustikataimede arengut ja talvekindlust ning kas loodusliku mikrosete puhaskultuuri rakendamine parandab mustikataimede toitumist maheviljeluse tingimustes. Selleks rajatakse mustikate katseistandik tunnelkasvuhoonesse tootmistingimustes. Istandikus jälgitakse taimede füsioloogilist seisukorda ja keskkonnanäitajaid. Taimede toitumise, viljade keemilise koostise ning külmakahjustuste hindamiseks viiakse läbi laborianalüüsid. Mustikakatses on planeeritud lisada mullale loodusliku mikrosete puhaskultuuri, et luua eeldus aktiivsemaks mükoriisa moodustumiseks.

Katsemetoodika

2019.a. aprillis rajati Aran PM OÜ (Tartu maakond, Kastre vald, Roiu alevik) kütteta kõrgesse kiletunnelkasvuhoonesse katse 2 mustika sordiga: poolkõrge mustikas (*Vaccinium × atlanticum*) 'Northblue' ja kännasmustikas (*Vaccinium corymbosum*) 'Duke' (joonis 1). Tunnel oli 65 m pikk, 3,6 m kõrge ja 7,5 m lai ning kaetud kilega, mis talveks eemaldati ja kevadel uuesti peale pandi. Suvekuudel tõsteti tunneli kileservad külgedelt üles ja otsad olid ka avatud. Enne rajamist tehtud mullaanalüüsi tulemused (mg/kg): pH_{KCl} 5,2, P 82, K 122, Ca 750, Mg 83, Cu 0,7, Mn 111, B 0,45. Mullaks oli kahkjast leetunud muld, mille lõimiseks liivsavi/saviiliiv. Katse rajati mineraalmullale ja orgaanilistest mullaparandusainetest kasutati istutuseelselt turvast (mustikale sobiv madal pH, kõrge orgaanilise aine sisaldus) ja sõnnikut (kõrge taimetele vajalike toiteainete potentsiaaliga). Taimi istutati 2 rida: rea pikkus 60m, taimede vahe reas 1,5m ja ridade vahe 3,5m. Istikud olid 3-aastased. Taimeread multšiti koorepuruga ja paigaldati automaatne kastmissüsteem läbi mille taimi kasteti ja väetati maist juulini maheviljeluses lubatud väetistega. Taimed said kasvuperioodil kokku hektari kohta 10kg N, 1,3kg P ja 15kg K. Reavahedesse paigaldati geotekstiil. Katses oli 4 varianti: 1. 'Northblue' ilma lisatud mükoriisata ehk kontroll; 2. 'Northblue' + mükoriisa; 3. 'Duke' ilma lisatud mükoriisata ehk kontroll; 4. 'Duke' + mükoriisa. Mükoriisaga katsevariantidele lisati erikoidset mükoriisaseene puhaskultuuri Rhodovit®. Taimetuuri töödeldi preparaadiga enne istutust (juured kasteti lahusesse) ja seenpreparaati lisati ka järgnevatel aastatel kasvuperioodi algul lähtuvalt preparaadi tootja (Symbiom, Tšehhi) soovituslikest normidest. Mükoriisa preparaati lisati mai lõpus 10ml taimete kohta ja 6 nädala pärast korrati protseduuri lisades poole vähem ehk 5ml taimete kohta. Mükoriisa preparaati lisati taimede juurte piirkonda käsitsi (eemaldati multš ja segati mulda). 26.06.2019 paigaldati temperatuurilogerid. Temperatuuri mõõdeti nii õhus (tunnelis sees ja selle lähiümbruses) kui mullas (5cm sügavuselt). Umbrohutõrje teostati käsitsi rohides. Taimekaitsevahendeid ei kasutatud. Teostatud vaatlused ja mõõtmised: kasvuperioodi lõpus taimede kõrgus ja laius; kevadel õitsemise ja talvekahjustuste hindamine pallides; sügisel hiliskasv ja pungade puhkemine; vegetatsiooniperioodil kasvu jälgimine (lehtede SPAD näit); saagiaastatel saagiarvestus põõsa kohta ja biokeemilised analüüsid (mahla kuivaine, orgaanilised happed, antotsüaanid, fenoolid, antioksidatiivne aktiivsus). Talvekahjustuste ja õitsemise

hindamiseks kasutati hindepalle 1-9, kus 1=ilma külmakahjustuseta oksad/õisi pole või ainult ühel oksal ja 9=täielikult talvekahjustunud oksad/kõik oksad õisi täis. Oks loeti külmakahjustuseks ka siis kui ainult tipp kuivanud ja oksa alumine osa elus. Teostatud mulla- ja leheanalüüsid peale saaki. Samuti võetud 2020.a. ja 2022.a. kasvuperioodi lõpus juurte mükoriisa proovid hindamiseks mükoriisa kolonisatsiooni ulatust juurtel. 2022.a. võetud mullaproov mükoriisa geneetiliseks analüüsiks.

Katseandmeid töödeldi kahefaktorilise dispersioonanalüüsiga (ANOVA), kasutades programmi Excel. Katsevariantide omavaheliste erinevuste hindamiseks töödeldi andmeid post-hoc Fisher LSD testiga, piirdiferentsi (PD) 95% tõenäosuse juures. Erinevad tähed joonistel näitavad statistiliselt usutavat erinevust.

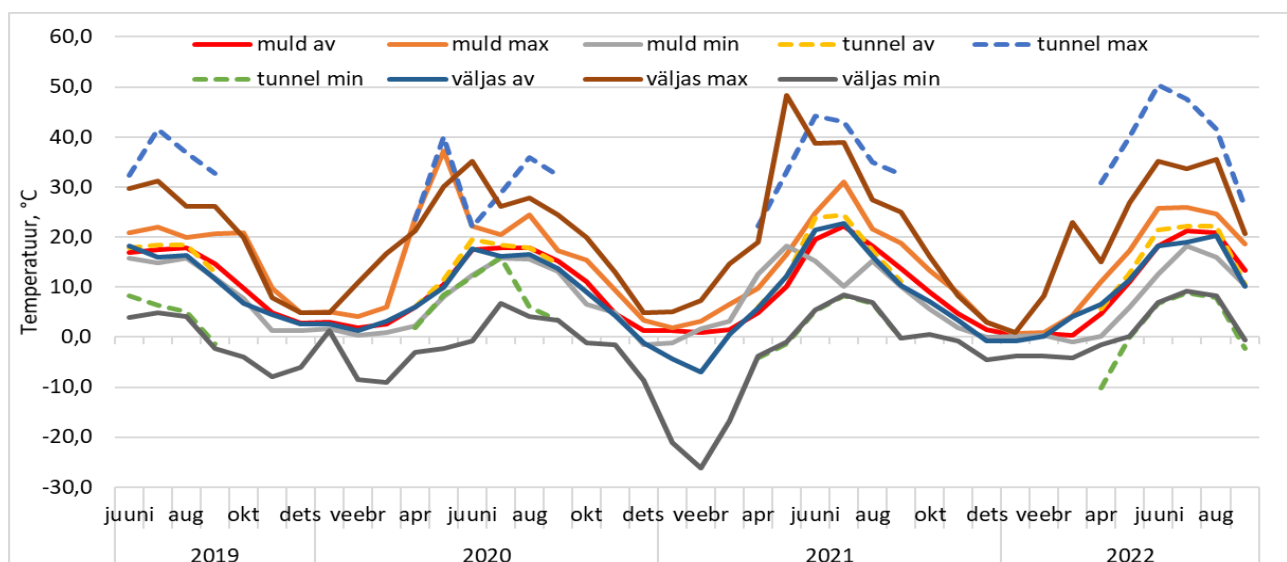


Joonis 1. Katse rajamine ja taimede töötlus enne istutatust (vasakul) ning tunnel peale rajamist 2019.a. aprillis (keskel) ja 2022.a. mais (paremal).

Tulemused

Meteoroloogilised tingimused juuni 2019-sept.2022.a.

2019.a. jäi mulla keskmine temperatuur vahemikku 2,9-17,8°C (joonis 2). Maksimaalne mulla temperatuur oli 21,9°C (juuli) ja miinimum 1,3°C (november, detsember). Keskmine õhutemperatuur tunnelis kilega kaetud perioodil (juuni-september) jäi vahemikku 12,9-18,4°C. Maksimaalne õhutemperatuur tunnelis oli pidevalt üle 30°C ja juulis isegi 41,5°C. Minimaalne temperatuur tunnelis öisel perioodil langes alla 10°C ja oli kõige madalam septembris (-1,3°C). Keskmine õhutemperatuur tunnelist väljas perioodil juuni-detsember oli vahemikus 2,7-18,3°C. Maksimaalne õhutemperatuur väljaspool tunnelit vahemikus juuni-september oli kõrgeim juulis (31,2°C), kuid jäi muul ajal valdavalt all 30°C. Minimaalne õhutemperatuur väljas oli perioodil juuni-september öisel ajal alla 5°C ning jäi vahemikku -2,2-4,9°C.



Joonis 2. Maapinna- ja õhutemperatuur (keskmine- av, miinimum- min ja maksimum- max) temperatuurilogerite (LogTag Trix-8) ja Tõravere ilmajaama andmetel Aran PM OÜ kõrges kiletunnelis 2019. a. juuni-2022.a. sept. Õhutemperatuur tunnelis on antud ajavahemikul aprill-september, mil tunnel oli kaetud kilega.

2020.a. jäi mulla keskmine temperatuur vahemikku 1,9-17,9°C. Maksimaalne mulla temperatuur oli 37,2°C (mai)

ja miinimum 0,4°C (veebruar). Keskmine õhutemperatuur tunnelis kilega kaetud perioodil (aprill-september) jäi vahemikku 5,9-19,5°C. Maksimaalne õhutemperatuur tunnelis oli 40°C (mai), kuid jäi aprillis, juunis ja juulis alla 30°C. Minimaalne temperatuur tunnelis oli 1,9°C (aprill). Juunis ja juulis oli minimaalne temperatuur vastavalt 12,1°C ja 16°C. Keskmine õhutemperatuur tunnelist väljas perioodil jaanuar-detsember oli vahemikus -1,1-16,5°C, maksimaalne 35,1 °C (juuni) ja minimaalne -9,1°C (märts). Vahemikus aprill-september oli keskmine õhutemperatuur väljaspool tunnelit 5,9-17,7°C. Hiliseid öökülmi esines mais (-2,2°C) ja juunis (-0,8°C).

2021.a. jäi mulla keskmine temperatuur vahemikku 0,9-22,1°C. Maksimaalne mulla temperatuur oli 31°C (juuli) ja miinimum -1,1°C (jaanuar). Keskmine õhutemperatuur tunnelis kilega kaetud perioodil (aprill-september) jäi vahemikku 6,0-24,4°C. Maksimaalne õhutemperatuur tunnelis oli juunis ja juulis üle 40°C (vastavalt 44,2°C ja 43,0°C) ning muul ajal üle 30°C. Minimaalne temperatuur tunnelis oli -4,2°C (aprill). Juunis ja juulis oli minimaalne temperatuur vastavalt 12,1°C ja 16°C. Keskmine õhutemperatuur tunnelist väljas perioodil jaanuar-detsember oli vahemikus -7,0-22,8°C, maksimaalne 48,3°C (mai) ja minimaalne -26,1°C (veebruar). Perioodil jaanuar-märts, mil tunnelil polnud kile peal, esines korralikke külmakraade (vastavalt -21,1°C, -26,1°C ja -16,8°C).

2022.a. jaanuar-september jäi mulla keskmine temperatuur vahemikku 0,4-21,3°C. Maksimaalne mulla temperatuur oli 25,9°C (juuli) ja miinimum -0,9°C (märts). Keskmine õhutemperatuur tunnelis kilega kaetud perioodil (aprill-september) jäi vahemikku 5,7-22,2°C. Maksimaalne õhutemperatuur tunnelis oli juunis 50,3°C. Mais, juulis ja augustis aga üle 40°C (vastavalt 40,1°C, 47,5°C ja 41,6°C). Minimaalne temperatuur tunnelis oli -10,1°C (aprill). Juunis ja juulis oli minimaalne temperatuur vastavalt 5,2°C ja 8,3°C. Keskmine õhutemperatuur tunnelist väljas perioodil jaanuar-september oli vahemikus -0,9-20,3°C, maksimaalne 35,5°C (august) ja minimaalne -3,8°C (jaanuar,veebruar).

Mullatingimused ja taimede toiteelementide omastamine

Enne rajamist tehtud mullaanalüüsi tulemused (mg/kg): pH_{KCl} 5,2, P 82, K 122, Ca 750, Mg 83, Cu 0,7, Mn 111, B 0,45. Selle järgi oli mullas kõrge P sisaldus, keskmine Mg ja Mn sisaldus ning madal K, Ca, Cu ja B sisaldus. Kasvukoha mulla pH oli mustika jaoks sobiv. Sõnniku analüüsi tulemused (kg/t): N 15,3, P 2,6, K25,2, Ca 8,4, Mg 2,8, Cu 0,0092, Mn 0,0867. Rajamisel kasutatud turba pH_{KCl} oli 3,6. Rajamisel oli mulla pH 5,2, mis on mustikataimedele sobiv, aga kastmisvee pH oli 8, mis mõjutas mulla pH-d ja seega ka taimede poolt toiteelementide omastamist.

Katseperioodil püsis mineraalelementide sisaldus mullas võrdlemisi samal tasemel, eriti mikroelementide puhul (tabel 1). Väheliikva elemendina suurenes katse lõpuks Ca sisaldus mullas. Ca omastamine oli parem kontrollvariandi taimedel. P sisaldus oli mükoriisaga töödeldud mullaproovides suurem kuna mükoriisa aitab muuta mullas leiduva P taimedele omastatavaks. Seda on näha ka leheanalüüsides, et mükoriisaga töödeldud variandi lehtede P sisaldus on suurem (tabel 2). Võib järeldada, et mükoriisa aitab taimedel mullast P omastada. Siiski kõrgete temperatuuride ja kõrgema pH tõttu, oli P omastamine osadel taimedel häiritud, eriti katse alguses. K sisaldus mullas oli katseperioodi algul suurem kui lõpus, sest noored taimed ei kasutanud nii palju K. Leheanalüüsides on näha, et mükoriisa soodustas K omastamist. Mg ja Ca omastamine oli kontrollvariandi taimedel parem.

Tabel 1. Katsevariantide mulla mineraalelementide sisaldused sõltuvalt mükoriisaga töötlustest 2019. ja 2022.a.

	Variant*	pH_{KCl}	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	B (mg/kg)	N (%)
2019	NB tava	4,9	91	659	1059	177	0,5	104	0,63	-
	NB müko	5,6	147	664	1212	225	0,6	84	0,68	-
	Duke tava	4,9	92	371	912	149	0,6	124	0,53	-
	Duke müko	5,1	116	372	1223	210	0,5	93	0,60	-
2022	NB tava	5,6	99	206	1997	348	0,7	94	1,07	0,24
	NB müko	5,9	134	162	2427	418	0,9	105	1,17	0,24
	Duke tava	6,3	108	216	2011	359	0,8	118	1,27	0,19
	Duke	4,9	114	175	1621	264	0,7	94	0,90	0,19

müko

*NB tava= `Northblue` kontroll; NB müko= `Northblue` mükoriisaga; Duke tava= `Duke` kontroll; Duke müko= `Duke` mükoriisaga.

Tabel 2. Sortide `Northblue` ja `Duke` lehtede keskmised mineraalelementide sisaldused sõltuvalt mükoriisaga töötluusest ja sordist

Variant*	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	B (mg/kg)	Fe (mg/kg)
NB tava	1,2	0,08	0,67	0,24	0,11	1,19	18,0	32,2	48,4
NB müko	1,24	0,09	0,78	0,20	0,09	1,27	17,8	28,5	48,1
Duke tava	1,09	0,06	0,53	0,29	0,12	1,44	30,0	56,2	55,9
Duke müko	1,07	0,07	0,57	0,22	0,09	1,06	21,4	39,5	52,3

Toitainete puudused avaldusid lehtedel kloroosina ja punase värvusena (joonis 3 fotod vasakul ja keskel). Kloroos noortel lehtedel näitab raua (Fe) puudust. Fe puudus on tingitud kõrge mulla pH-st, mistõttu taimed ei saa mullast rauda omastatud. Samuti esines taimedel 2021.a. kuumastressi, mis väljendus lehtede punakas toonis. Samad tunnused on ka P-puudusel, mis on mustikal samuti põhjustatud kõrge mulla pH-st. 2021. ja 2022.a. ilmnes taimedel kõige vähem toitumishäireid (joonis 4). Pigem oli näha väga head N omastamist (joonis 3 foto paremal). Rohkem oli toitainete omastamisega seotud häireid märgata sordil `Duke`.



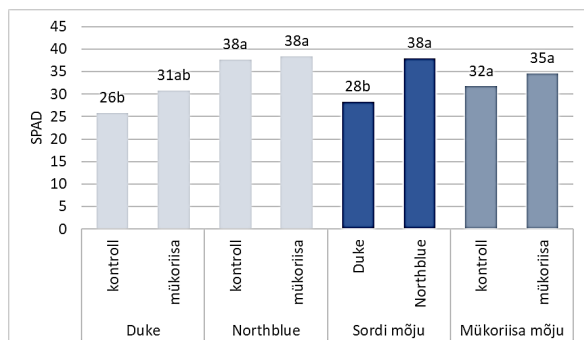
Joonis 3. P-puudus noorel mustikataimel juulis 2019.a. (vasakul) ja 2021.a. (keskel). Paremal N liig 2022.a. juulis.



Joonis 4. Katses olnud sortide `Duke` (vasakul) ja `Northblue` (paremal) mustikataimed kõrges kiletunnelis 2022.a.juulis.

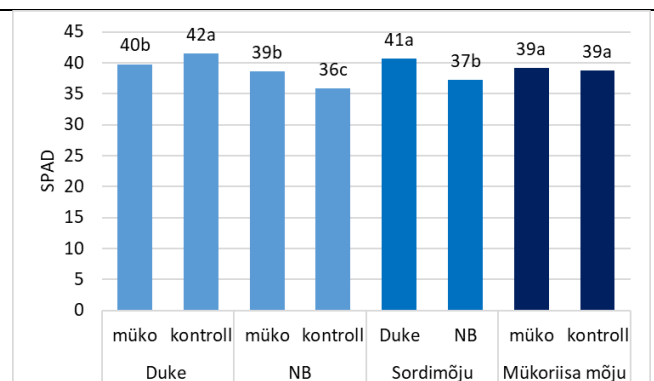
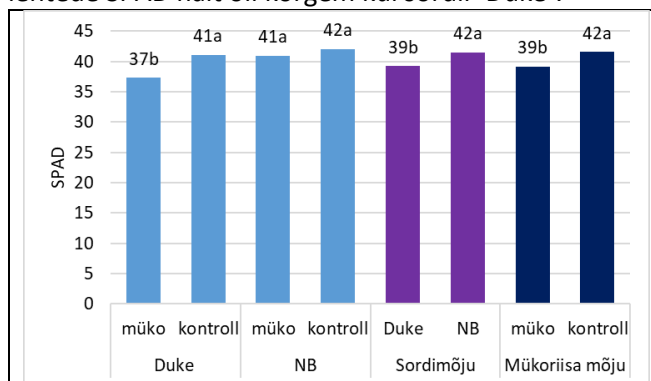
2019.a. lehtede SPAD näit (näitab taimede N omastamist) varieerus vahemikus 32 – 45. Sordi `Duke` lehtede keskmine SPAD näit oli nii kontrollvariandil kui mükoriisaga töödeldud variandil 32. Sordi `Northblue` lehtede SPAD näit varieerus 42-45. Katse keskmisena mükoriisal mõju ei olnud. Oluline mõju oli sordil: `Northblue` lehtede SPAD näit oli oluliselt kõrgem kui sordil `Duke`.

2020.a. varieerus lehtede SPAD näit vahemikus 26 – 38 (joonis 5). Sordi 'Duke' lehtede SPAD varieerus 26-31, mükoriisa mõju ei olnud. Sordi 'Northblue' SPAD oli 38, mükoriisa mõju ei olnud. Mükoriisa mõju ei olnud oluline ka katse keskmisena. Olulist mõju avaldasid lehtede SPAD näidule sordi omadused, kus sordi 'Northblue' lehtede SPAD näit oli oluliselt kõrgem kui sordil 'Duke'.



Joonis 5. Sortide 'Duke' ja 'Northblue' lehtede SPAD 2020.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist. Fotol mustikataimede toitainete puuduse tunnused 2020. aastal.

2021.a. varieerus mustika taimede lehtede SPAD näit vahemikus 37-42 (joonis 6). Sordi 'Duke' lehtede SPAD näit oli 37-41, mükoriisa vähendas lehtede SPAD näitu. Sordi 'Northblue' lehtede SPAD näit oli 41-42 ja mükoriisal mõju ei olnud. Katse keskmisena jäi mükoriisa mõju negatiivseks. Oluline mõju oli sordil: 'Northblue' lehtede SPAD näit oli kõrgem kui sordil 'Duke'.



Joonis 6. Sortide 'Duke' ja 'Northblue' (NB) lehtede SPAD 2021.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

Joonis 7. Sortide 'Duke' ja 'Northblue' (NB) lehtede SPAD 2022.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

2022.a. varieerus mustika taimede lehtede SPAD näit vahemikus 36-42 (joonis 7). Sordi 'Duke' lehtede SPAD näit oli 40-42, mükoriisa vähendas lehtede SPAD näitu. Sordi 'Northblue' lehtede SPAD näit oli 36-39 ja mükoriisa suurendas lehtede SPAD näitu. Katse keskmisena mükoriisal mõju ei olnud. Oluline mõju oli sordil: 'Duke' lehtede SPAD näit oli kõrgem kui sordil 'Northblue'.

Kokkuvõte

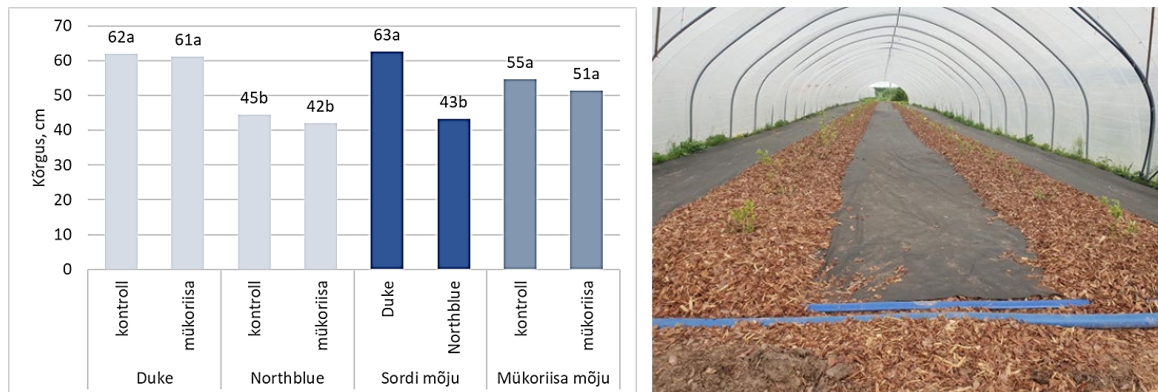
Rajamisel oli mulla pH 5,2, mis on mustikataimedele sobiv, aga kastmisvee pH oli 8, mis mõjutas mulla pH-d ja seega ka taimede poolt toiteelementide omastamist. Võrreldes varasemate mustikakatsetega, kus saagiaegne SPAD näit on olnud vahemikus 31,9–34,2, oli tunnelis kasvanud mustikataimede SPAD näit samas vahemikus või kõrgem. Taimedel esines toitumishäireid, mida võis näha lehtede värvuse muutumises. Taimede toitumishäired noores eas (2019 ja 2020.a.) mõjutasid oluliselt hilisemat saaki ja taimede kasvu. Taimede kasv variandi piires oli väga varieeruv ning ei sõltunud mükoriisaga töötlustest kuna mükoriisa ei mõjuta mulla pH-d. Need taimed, mis jäid kiratsema katse alguses, ei taastunud ka katse lõpuks.

Sõnniku kasutamise miinuspooleks oli taimeridade umbrohtumus, mis aastatega järjest suurenes. Multši kasutamine umbrohtumust ei takistanud kuna seemned tulid koos sõnnikuga, mis sai maasse küntud. Samuti on sõnnik kõrge N sisaldusega, mis ei ole hea mustika taimedele. Sõnniku kasutamise eesmärk oli parandada mulla õhustatust, rikastada mulda orgaanilise ainega ja ka väetada kuna tegu oli mahekatsega ning istutuseelselt

mineraalväetisi ei kasutatud. Samuti ei soovitud kasutada nii palju turvast ja seetõttu valiti alternatiiviks sõnnik. Kuigi sõnnikut kasutati vähe, avaldas see siiski olulist mõju taimede kasvule ja toitumisele. Sõnniku laotamisel peab see jaotuma väga ühtlaselt ja hästi segunema pinnasega.

Talvekahjustused, õitsemine, vegetatiivne kasv

2020. a. varieerus taimede kõrgus vahemikus 42 kuni 62 cm (joonis 8). Sordi 'Northblue' kõrgus oli 42-45 cm ja mükoriisa mõju ei olnud. Sordi 'Duke' kõrgus oli 61-62 cm ja mükoriisal oluline mõju puudus. Mükoriisa mõju ei olnud oluline ka katse keskmisena. Oluliselt mõjutasid katsetulemusi aga sordiomadused, kus sordi 'Duke' põõsad olid kasvanud oluliselt kõrgemaks. Esimestel istutusjärgsetel aastatel mustikas suunab energia juurte moodustamisele, sealjuures mükoriisa preparaadi seemed koloniseerivad ja inokuleeruvad alles mustika juuri. Seetõttu ei olnud ka mükoriisa preparaadi mõju ka esimestel aastatel vegetatiivsele kasvule (joonis 9).

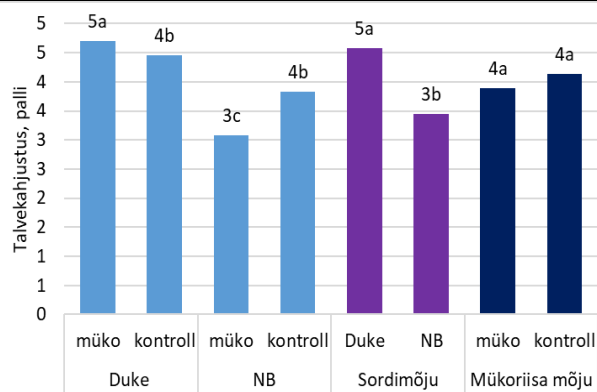


Joonis 8. Sortide 'Duke' ja 'Northblue' kõrgus 2020.a. sõltuvalt mükoriisaga tötlusest ja sordist. Fotol mustikataimed 2019. aastal.

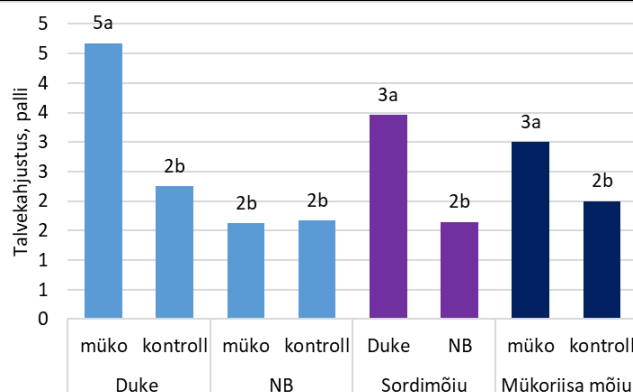


Joonis 9. Fotodel 2020. aasta juuli lõpus viljakandvad taimed ja sügisel punastes sügisvärvides lehed.

2021.a. kevadel varieerus talvekahjustuse ulatus sordil 'Duke' 4-5 palli ja sordil 'Northblue' 3-4 palli (joonis 10). Talvekahjustusi esines mõlemal sordil, kuid oluliselt rohkem sordil 'Duke'. Katse keskmisena mükoriisal oluline mõju puudus talvekahjustustele. Samas katsevariantide omavahelisel võrdlusel on näha, et 'Northblue' mükoriisaga töödeldud variandis oli talvekahjustusi oluliselt vähem. Oluline mõju talvekahjustustele oli sordil: kannasmustika sordil 'Duke' esines rohkem külmakahjustust kui poolkõrgel sordil 'Northblue'. Õitsemine varieerus sordil 'Duke' 4-5 palli ja sordil 'Northblue' oli see 6 palli (joonis 12). Katse keskmisena mükoriisal õitsemisele oluline mõju puudus. Oluline mõju oli sordil: 'Northblue' õitsemine oli suurem kui sordil 'Duke'.



Joonis 10. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) talvekahjustuste hindepallid 1-9 2021.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

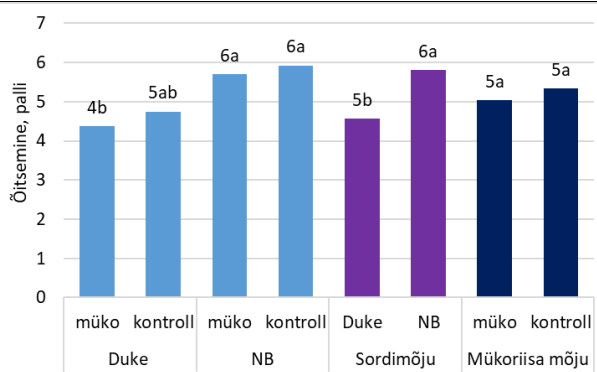


Joonis 11. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) talvekahjustuste hindepallid 1-9 2022.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

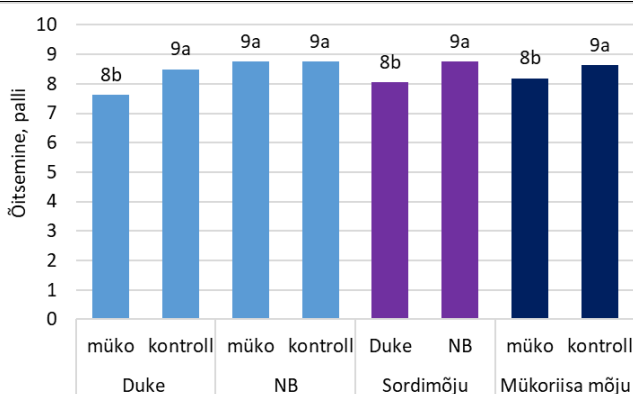
Kuna 2021.a. esines taimedel tugev talvekahjustus, siis vähendas see ka taimede kõrgust, mistõttu selle kohta andmeid statistiliselt ei töödeldud.

2022.a. kevadel varieerus talvekahjustuse ulatus sordil `Duke` 2-5 palli ja sordil `Northblue` oli see 2 palli (joonis 11). Katse keskmisena oli mükoriisal talvekahjustustele oluline negatiivne mõju, mis oli näha sordil `Duke`. Sordil `Northblue` mükoriisaga töötlemisel mõju ei olnud. Oluline mõju oli ka sordil: kannasmustika sordil `Duke` esines rohkem külmakehjustust kui poolkõrgel sordil `Northblue`.

Õitsemine varieerus sordil `Duke` 8-9 palli ja oli sordil `Northblue` 9 palli (joonis 13). Variantidest oli mükoriisal sordi `Duke` õitsemisele vähendav mõju. Sordi `Northblue` õitsemisele mükoriisaga töötlemisel mõju puudus. Katse keskmisena mõjus mükoriisa taimede õitsemisele negatiivselt. Oluline mõju oli ka sordil: `Northblue` õitsemine oli rohkematel okstel kui sordil `Duke`.



Joonis 12. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) õitsemise hindepallid 1-9 2021.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.



Joonis 13. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) õitsemise hindepallid 1-9 2022.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

2022.a. sügiseks varieerus taimede keskmine kõrgus sordil `Duke` 76-112 cm ja `Northblue` 58-62 cm. `Duke` puhul olid mükoriisaga töödeldud taimed oluliselt madalamad (keskmiselt 76cm). `Northblue` puhul oluline erinevus mükoriisaga töödeldud ja töötlemata variandi vahel puudus. Katse keskmisena oli mükoriisa oluline kõrgust vähendav mõju. Samuti oli oluline mõju sordil: sordi `Duke` taimed olid oluliselt kõrgemad.

2022.a. sügiseks varieerus taimede laius sordil `Duke` 99-119 cm ja `Northblue` 88-98 cm. Katse keskmisena oli mükoriisaga töötlustel taimede laiuslele vähendav mõju. Samuti oli oluline mõju sordiomadustel ja sordi `Duke` taimed olid oluliselt laiemad kui sordil `Northblue`.

Kokkuvõte

Katsetaimedel ilmnis rohkem külmakehjustusi 2021.a. kevadel peale külma talve, mil 2021.a. veebruaris langesid külmakehjustused lausa -26°C -ni. Ka märtsis esines veel tugevaid külmakehjustusi ($-16,8^{\circ}\text{C}$). Samas 2021.a. talvel jäi maksimaalseks külmakehjustuseks kõigest $-4,5^{\circ}\text{C}$. Seetõttu oli 2022.a. kevadel ka oluliselt vähem

külmakahjustusi. Oluline mõju külmakahjustuste esinemisel oli ka sordiomadustel. Poolkõrge mustikas `Northblue` on oma olemuselt külma- ja talvekindlam kui kännasmustika sort `Duke`.

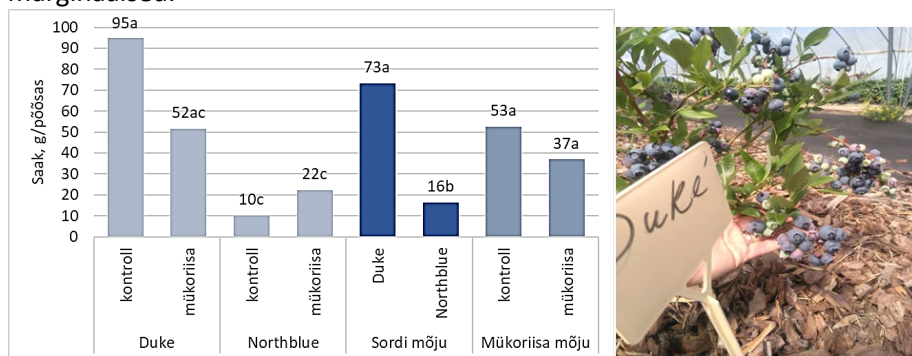
Õitsemine on tugevalt mõjutatud külmakahjustustest. Kuna 2021.a. kevadel oli rohkem külmakahjustusi, siis oli ka õitsemine tagasihoidlikum. Sort `Northblue` oli mai lõpuks täisõitsemise faasis st. kõik õied olid avanenud samas kui sordil `Duke` olid selleks ajaks vaid mõned üksikud õied avanenud ja enamus veel pungades. See on seotud sordiomadustega: `Northblue` on varasema õitsemisega kui `Duke`. `Duke` täisõitsemine saabus *kuski* 2 nädalat hiljem. Oma mõju õitsemisele oli ka 2021.a. jahedal kevadel. 2022.a. oli vähem külmakahjustusi ja ka õitsemine maksimaalne ehk 9 palli. Ainult `Duke` mükoriisaga variandis jäi õitsemine tagasihoidlikumaks, mis sai ka 2022.a. rohkem külmakahjustusi. Ka 2022.a. mai lõpus oli `Northblue` täisõitsemises ja lehtinud samas kui `Duke` alles alustas kasvu. Juuni alguses oli `Duke` kenasti lehtinud ja täisõitsemises. `Duke` hilisem kasvu algus on tingitud sordiomadustest ja tunnelil sellele mõju ei tundunud olevat.

Kuna talvel tunnelil kilet peal ei olnud, siis avaldas mükoriisast taimede talvekindlusele olulisemat mõju sort ja koha mikrokliima. Kännasmustikas `Duke` on külmaõrnem kui `Northblue`. Samuti on `Duke` oluliselt kõrgema kasvuga kui `Northblue`, mistõttu jäävad taimede okste tipud lume alt välja ja on seetõttu rohkem ohustatud talvistest miinuskraadidest.

Saagikus

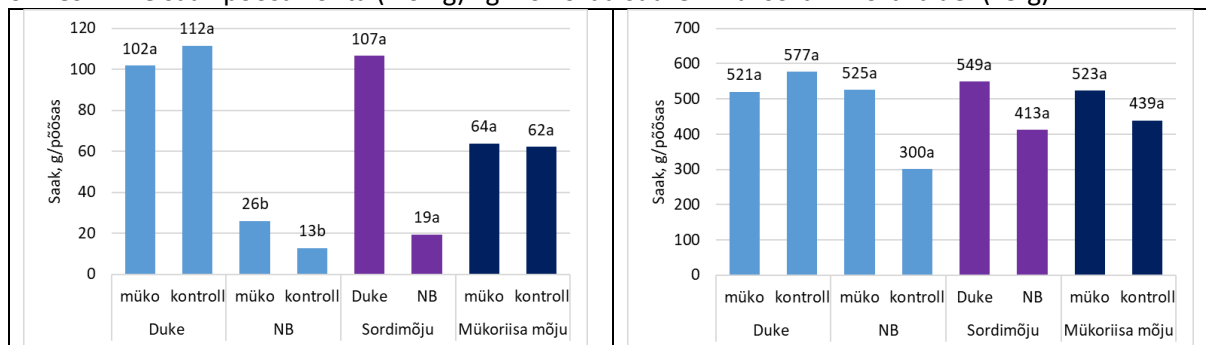
2019.a. oli istutusaasta ja saagiarvestust ei toimunud, sest taimed olid veel noored. Istutuse ajal lõigati õied ja mõned oksad ja võrsed ära, et soodustada juurdumist, mistõttu ei moodustunud esimesel aastal ka saaki.

2020. aastal varieerus mustika saak 10-95 g/põõsas (joonis 14). Sordi piires statistiliselt olulist erinevust ei olnud ja oluline mõju puudus ka mükoriisal. Põõsasaagile avaldasid olulist mõju sordi omadused, kus sort `Duke` andis rohkem saaki kui sort `Northblue`, kuid kuna tegu oli esimese istutusjärgse aastaga, siis olid saagi tulemused marginaalsed.



Joonis 14. Sortide `Duke` ja `Northblue` keskmine saak (g) põõsa kohta 2020.a. sõltuvalt mükoriisaga tötlusest ja sordist. Fotol sort `Duke` 2020. aastal.

2021.a. varieerus keskmine saak põõsa kohta sordil `Duke` 102-112 g ja sordil `Northblue` 13-26 g (joonis 15). Kuigi mükoriisaga töötlemisel oluline mõju puudus katse keskmisena, siis oli märgata tendentsi, et sordil `Northblue` puhul oli mükoriisaga töödeldud variandis põõsa kohta saak 2 korda suurem kui töötlemata variandil. Sordiomadustel samuti statistiliselt oluline mõju puudus, kuid oli märgata tendentsi, et sordil `Duke` oli keskmine saak põõsa kohta (107 g) ligi 10 korda suurem kui sordil `Northblue` (19 g).



Joonis 15. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) keskmine saak (g) põõsa kohta 2021.a. sõltuvalt mükoriisaga tötlusest ja sordist.

Joonis 16. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) keskmine saak (g) põõsa kohta 2022.a. sõltuvalt mükoriisaga tötlusest ja sordist.

2022.a. varieerus keskmine saak põõsa kohta sordil `Duke` vahemikus 521-577 g ja sordil `Northblue` 300-525 g (joonis 16). Sarnaselt eelmise aastaga puudus ka seekord mükoriisaga töötlemisel oluline mõju, kuid oli märgata tendentsi, et sordi `Northblue` puhul oli mükoriisaga töödeldud variandis põõsa kohta saak 1,75 korda suurem kui töötlemata variandil. Katse keskmisena mükoriisaga töötlusel mõju puudus, kuid tendentsina oli märgata, et mükoriisa kasutamine tõstis põõsa saagikust. Sordiomadustel samuti statistiliselt oluline mõju puudus, kuid oli märgata tendentsi, et sordil `Duke` oli keskmine saak põõsa kohta (549 g) ligi 136 g võrra suurem kui sordil `Northblue` (413 g).

Kokkuvõte

2021.a. ja 2022.a. tagasihoidlik saagikus sordil `Northblue` oli tingitud sordiomadustest ja tunneli kõrgest temperatuurist. 2021.a. oli soe kevad ja äärmiselt kuum suvi, mil kuumalaine kestis juunist- augustini ja tunnelis püsis päevane maksimaalne temperatuur juunis ning juulis üle 40°C päevasel ajal. Samuti oli kõrge mulla temperatuur: juunis keskmine 22,1°C ja maksimum 31,0°C. `Northblue` on aretatud põhjamaisesse jahedamasse kliimasse ja sellised kuumatemperatuurid ei sobinud taimele. Hoolimata kastmissüsteemist, jäid marjad väikeseks ja kuivasid põõsale (joonis 17 foto vasakul). 2022.a. oli samuti soe ja maksimumid tunnelis üle 40°C päevasel ajal, kuid kuumalaine oli lühemate perioodidena ja ööd jahedamad, mistõttu keskmine õhutemperatuur ning mulla temperatuur tunnelis oli madalam kui 2021.a. Mükoriisaga töödeldud `Northblue` taimed said kuumastressiga paremini hakkama. Sordile `Duke` soojemad temperatuurid sobisid ja madala 2021.a. saagikuse põhjuseks olid pigem külmakahjustused. Kuna taimedel ei olnud stressi, siis ei olnud ka mükoriisal olulist mõju saagikusele.

2021.a. oli esimene korje 13.07 ja 2022.a. 18.07, mis oli varem kui avamaal. Kuna tunnelis alustasid taimed kasvu varem, siis põhjustas see ka varasema saagikorje.



`Northblue`

`Northblue`

`Duke`

Joonis 17. Sordi `Northblue` marjad oksal (vasakul) ning sortide `Northblue` ja Duke I korje marjad 2021.a. juulis.

Fenoolid, antotsüaanid ja antioksidatiivne aktiivsus

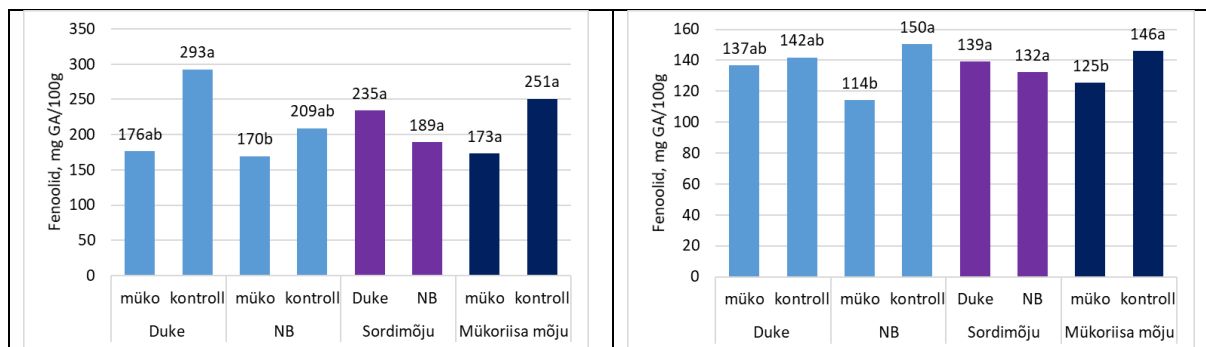
2019.a. oli istutusaasta ja saaki ei olnud ning marjadest biokeemilisi analüüse ei tehtud.

2020.a. varieerus sordi `Duke` marjade keskmine fenoolide sisaldus 165-193 mg GA/100g ja sordil `Northblue` 186-212 mg GA/100g. Katse keskmisena sordil marjade fenoolide sisaldusele mõju ei olnud. Mükoriisal oluline fenoolide sisaldust vähendav mõju.

2021.a. varieerus sordi `Duke` marjade keskmine fenoolide sisaldus 176-293 mg GA/100g ja sordil `Northblue` 170-209 mg GA/100g (joonis 9). Variantide vahel oli oluline erinevus `Duke` kontroll ja `Northblue` müko vahel, kus esimesel oli sisaldus oluliselt kõrgem. Katse keskmisena sordil ega mükoriisal marjade fenoolide sisaldusele mõju ei olnud.

2022.a. varieerus sordi `Duke` marjade keskmine fenoolide sisaldus 137-142 mg GA/100g ja sordil `Northblue` 114-150 mg GA/100g (joonis 10). Variantide puhul oli näha, et sordil `Northblue` oli mükoriisaga töödeldud variandis fenoolide sisaldus väiksem kui töötlemata kontroll variandis. Sordiomadustel katse keskmisena marjade fenoolide sisaldusele olulist mõju ei olnud. Mükoriisaga töötlemisel oli marjade fenoolide sisaldusele

katse keskmisena negatiivne mõju.



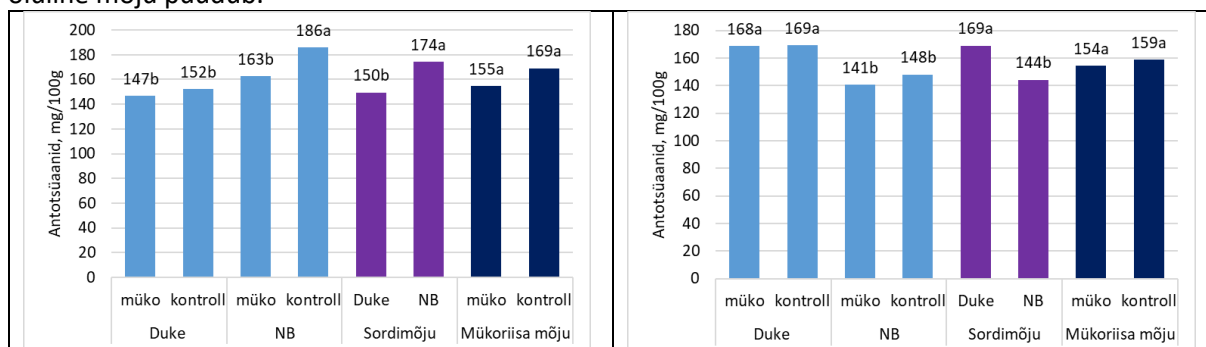
Joonis 18. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) marjade keskmine fenoolide sisaldus (mg GA/100g) 2021.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

Joonis 19. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) marjade keskmine fenoolide sisaldus (mg GA/100g) 2022.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

2020.a. varieerus antotsüaanide sisaldus sordi `Duke` antotsüaanide sisaldus vahemikus 283-326 mg/100g ja sordil `Northblue` oli vahemikus 308 - 349 mg/100g. Katse keskmisena antotsüaanide sisaldusele sort mõju ei avaldanud, kuid ilmnis oluline antotsüaanide sisaldust vähendav mükoriisa mõju.

2021.a. varieerus sordi `Duke` marjade keskmine antotsüaanide sisaldus 147-152 mg/100g ja sordil `Northblue` 163-186 mg/100g (joonis 20). Variantide vahel on näha, et sordil `Northblue` kontroll on oluliselt suurem marjade antotsüaanide sisaldus kui teiste variantide marjades. Katse keskmisena oli oluline mõju sordiomadustel: sordi `Northblue` marjade antotsüaanide sisaldus on suurem kui sordil `Duke`. Mükoriisaga töötlusel marjade antotsüaanide sisaldusele mõju puudus.

2022.a. varieerus sordi `Duke` marjade keskmine antotsüaanide sisaldus 168-169 mg/100g ja sordil `Northblue` 148-169 mg/100g (joonis 21). Variantide vahel on näha, et sordi `Duke` variantide kontroll ja mükoriisa on marjade antotsüaanide sisaldus suurem kui sordi `Northblue` variantide marjades. Katse keskmisena on sordiomadustel marjade antotsüaanide sisaldusele oluline mõju: sordi `Duke` marjades on antotsüaanide sisaldus suurem kui sordi `Northblue` marjades. Mükoriisaga töötlemisel marjade antotsüaanide sisaldusele oluline mõju puudub.



Joonis 20. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) marjade keskmine antotsüaanide sisaldus (mg/100g) 2021.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

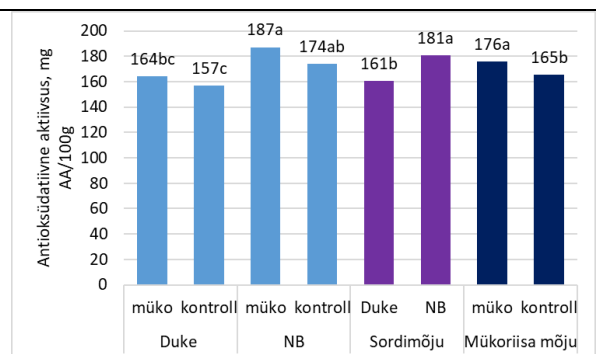
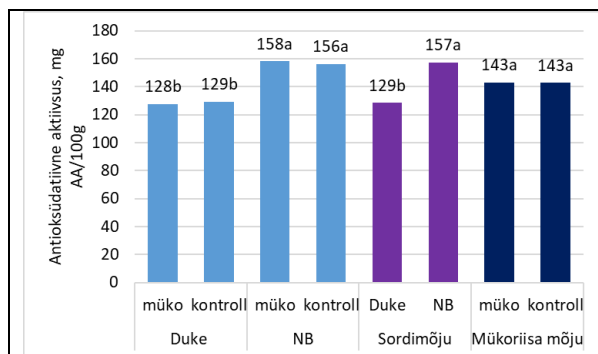
Joonis 21. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) marjade keskmine antotsüaanide sisaldus (mg/100g) 2022.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

2020.a. saagist antioksidatiivset aktiivsust ei mõõdetud.

2021.a. varieerus sordi `Duke` marjade keskmine antioksidatiivne aktiivsus 128-129 mg AA/100g ja sordil `Northblue` 156-158 mg AA/100g (joonis 22). Variantidevahelisel võrdlusel on näha, et `Northblue` kontroll ja mükoriisaga variantide marjades on oluliselt suurem antioksidatiivne aktiivsus. Katse keskmisena ilmnis ka sordil oluline mõju marjade antioksidatiivsele aktiivsusele: sordi `Northblue` marjades oli see suurem kui sordil `Duke`. Mükoriisal oluline mõju marjade antioksidatiivsele aktiivsusele puudus.

2022.a. varieerus sordi `Duke` marjade keskmine antioksidatiivne aktiivsus 157-164 mg AA/100g ja sordil

`Northblue` 174-187 mg/100g (joonis 23). Variantidevahelisel võrdlusel on näha, et variandi `Northblue` müko marjade antioksidatiivne aktiivsus on oluliselt suurem kui `Duke` müko ja kontroll variantide marjadel. Katse keskmisena on sordil oluline mõju: sordi `Northblue` marjad on suurema antioksidatiivse aktiivsusega kui sordi `Duke` marjad. Samuti on oluline antioksidatiivset aktiivsust suurendav mõju mükoriisaga töötlemisel.



Joonis 22. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) marjade keskmine antioksidatiivne aktiivsus (mg AA/100g) 2021.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

Joonis 23. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) marjade keskmine antioksidatiivne aktiivsus (mg AA/100g) 2022.a. sõltuvalt mükoriisaga töötlustest ja sordist.

Kokkuvõte

Esimesel kahel istutusjärgsel aastal suunab taim eelkõige energia juurte ja vegetatiivorganite moodustamisele, generatiivorganeid nagu õied ja viljad, ei ole juveniilses kasvueas primaarsed, seega ei ole mükoriisapreparaadil esimesel aastal ka olulist mõju saagile. Kasutatud mükoriisa preparaadi toime ilmneb hilisema intervalliga, sest mulda lisatud mükoriisa seemned esialgu hakkavad paljunema ja alles hiljem mustika juuri nakatama. Piisavalt nakatunud mustika juurtes hakkab toimuma efektiivne sümbioos, kus taimed varustavad mükoriisa seeni süsivesikutega ja seemned taimi toitainete ning veega. Lisaks fosfori omastamisele, aitavad mükoriisaseened taime lämmastiku omastamisel. Sümbioosi moodustamine muudab taime jaoks kergemaks ka erinevate mikroelementide kättesaadavuse, näiteks väheliikuvate ühendite omastamist nagu tsink. Seenhüüfid aitavad paremini juurtel kinnituda pinnasesse, seejuures suurendavad vastupanu taimpatogeenidele ja aitavad omastada mõningal määral ka vett ning ka võimaldavad üle elada kergemini veepuudust.

Mahla kuivaine, orgaanilised happed ja nende suhtarv

2020.a. varieerus marjade keskmine mahla kuivaine sisaldus sordil `Duke` vahemikus 10,6-11,0 Brix° ja sordil `Northblue` 11,8-11,9 Brix°. Katse keskmisena oli sordil oluline mõju: sordi `Northblue` marjade mahla kuivaine sisaldus oli kõrgem kui sordi `Duke` marjades. Katse keskmisena suurendas oluliselt mükoriisaga töötlemine marjade mahla kuivaine sisaldust.

Keskmine orgaaniliste hapete sisaldus varieerus sortide `Duke` ja `Northblue` marjades vahemikus 0,54-0,58 mg/100g. Nii variantide vahel kui sordil ja mükoriisal oluline mõju marjade orgaaniliste hapete sisaldusele puudus.

Mahla kuivaine ja hapete suhtarv varieerus vahemikus 18-22. Kännasmustika sordil `Duke` oli madalam kuivaine ja hapete suhtarv võrreldes poolkõrge mustika sordiga `Northblue`, mükoriisa preparaadil aga mõju puudus. Sort `Northblue` suhtarv oli 21-22, mükoriisa mõju ei olnud. Sordi `Duke` suhtarv oli 18-20 ja mükoriisa kasutamine suurendas `Duke` mahla kuivaine ja hapete suhtarvu.

2021.a. varieerus marjade keskmine mahla kuivaine sisaldus sordil `Duke` vahemikus 13,4-13,5 Brix° ja sordil `Northblue` 13,3-13,5 Brix°. Variantide puhul oli nii sordi `Duke` kui ka `Northblue` kontrollvariantide marjades kõrgem mahla kuivaine sisaldus. Katse keskmisena oli sordil oluline mõju: sordi `Northblue` marjade mahla kuivaine sisaldus oli kõrgem kui sordi `Duke` marjades. Katse keskmisena vähendas oluliselt mükoriisaga töötlemine marjade mahla kuivaine sisaldust.

Keskmine orgaaniliste hapete sisaldus varieerus sordi `Duke` marjades vahemikus 0,20-0,21 mg/100g ja sordi `Northblue` marjades 0,21-0,25 mg/100g. Nii variantide vahel kui sordil ja mükoriisal oluline mõju marjade orgaaniliste hapete sisaldusele puudus.

Mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarv varieerus sordi `Duke` marjades vahemikus 67-70 ja sordi

`Northblue` marjades 57-66. Nii variantide vahel kui sordil ja mükoriisal oluline mõju suhtarvule puudus. **2022.a.** varieerus marjade keskmine mahla kuivaine sisaldus sordil `Duke` vahemikus 11,8-13,3 Brix° ja sordil `Northblue` 9,6-13,2 Brix°. Variantide puhul oli nii sordi `Duke` kui ka `Northblue` kontrollvariantide marjades kõrgem mahla kuivaine sisaldus võrreldes teiste variantidega. Katse keskmisena oli sordil oluline mõju: sordi `Duke` marjade mahla kuivaine sisaldus oli oluliselt kõrgem kui sordi `Northblue` marjades. Katse keskmisena vähendas oluliselt mükoriisaga töötlemine marjade mahla kuivaine sisaldust.

Keskmine orgaaniliste hapete sisaldus varieerus sordi `Duke` marjades vahemikus 0,15-0,17 mg/100g ja sordi `Northblue` marjades 0,15-0,33 mg/100g. Katse keskmisena oli sordil oluline mõju marjade orgaaniliste hapete sisaldusele: sordi `Duke` marjades oli hapete sisaldus oluliselt väiksem kui sordil `Northblue`. Mükoriisa kasutamine suurendas oluliselt marjade orgaaniliste hapete sisaldust.

Mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarv varieerus sordi `Duke` marjades vahemikus 85-86 ja sordi `Northblue` marjades 29-83. Katse keskmisena oli sordil oluline mõju marjade mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarvule: sordi `Duke` marjades oli suhtarv oluliselt suurem kui sordil `Northblue`. Mükoriisa kasutamine vähendas oluliselt suhtarvu.

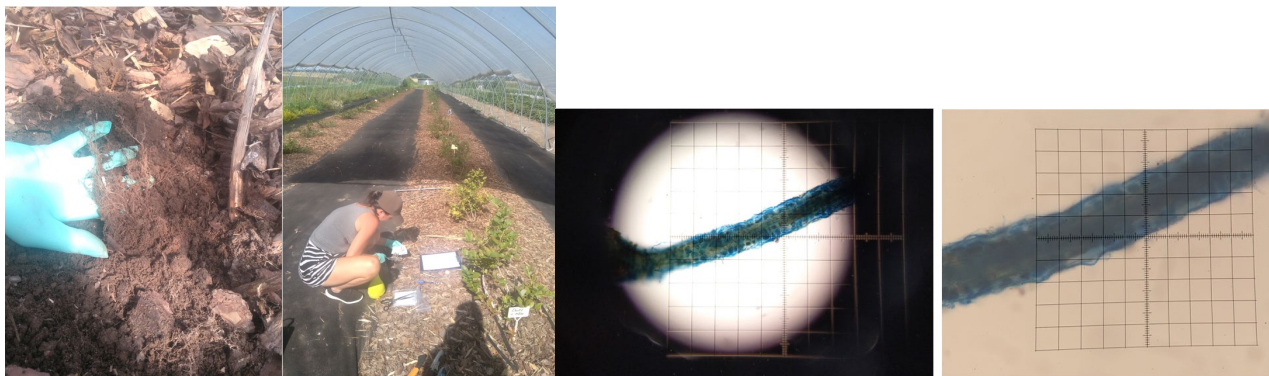
Kokkuvõte

Aedmustikas on puittaim ja saavutab sordiomase täiskasvu ja optimaalse saagikuse 4-6. kasvuaastal. Katses olnud taimed olid juveniilses kasvueas, mistõttu ei olnud ka võimalik hinnata optimaalset saagikust ega ka sordiomast vegetatiivset täiskasvu, sellegipoolest oli tagatud taimede vitaalne kasv ja viljade biokeemiline koostis võrreldes eelnevate katsete tulemustega.

Oluline mõju marjade suhkrusisaldusele oli sordil: sordi `Duke` marjad olid suurema mahla kuivaine sisaldusega kui sordil `Northblue`. Mükoriisa vähendas marjade suhkrusisaldust. Mõju orgaanilistele hapetele ja suhtarvule oli varieeruv. Orgaaniliste hapete ja mahla kuivaine suhtarv näitab maitset ja magusust: mida suurem on number, seda magusam on mari. Katse keskmisena võib järeldada, et mükoriisa oluliselt maitset ei mõjutanud, vaid mõjutas sort: sordi `Duke` marjad olid magusamad.

Mükoriisa

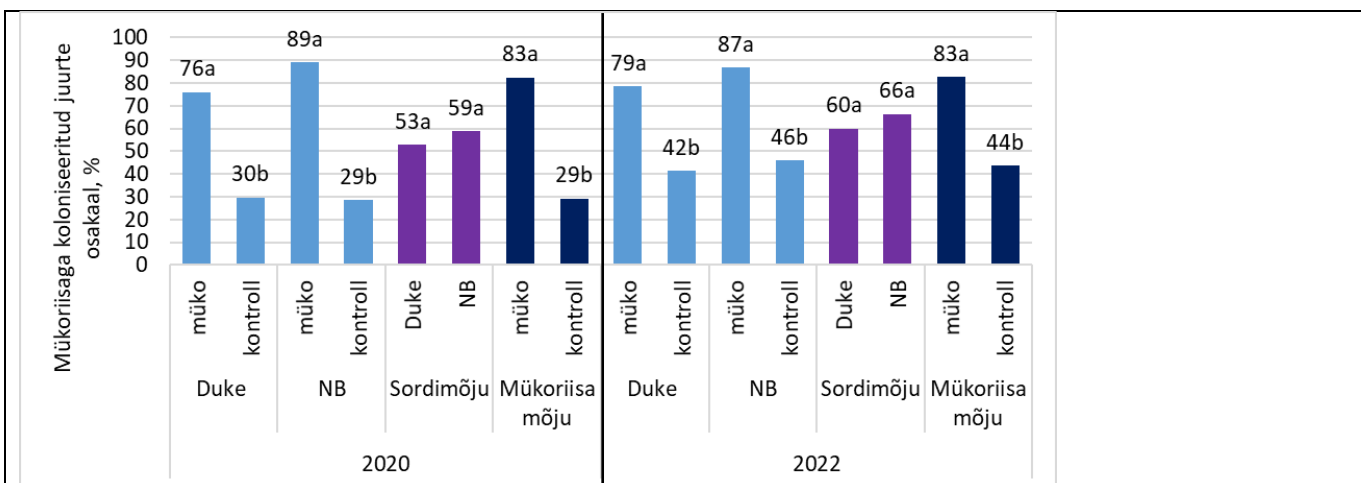
2020.a. ja 2022.a. võeti mustikatelt juureproovid mükoriisaga koloniseeritud juurte osakaalu määramiseks. Fotodel on näha täielikult mükoriisaga nakatunud mustika juured (joonis 24 fotod paremal).



Joonis 24. Mükoriisa kolonisatsiooni jaoks juureproovide võtmine (vasakul) ja mikroskoobi all kolonisatsiooni määramine (paremal) 2020.a ja 2022.a.

2020.a. varieerus erikoidse mükoriisaga koloniseeritud juurte osakaal 29-89% (joonis 25). Sordil `Duke` oli mükoriisaga koloniseeritud juurte osakaal 30-76% ja sordil `Northblue` 29-89%. Mõlemal sordil avaldas mükoriisaga töötlus olulist mõju. Katse keskmisena sordimõju ei olnud. Oluline mõju oli mükoriisa lisamisel, kus töödeldud variantides oli koloniseeritud juurte osakaal pea 3 korda suurem.

2022.a. varieerus erikoidse mükoriisaga koloniseeritud juurte osakaal 42-87% (joonis 25). Sordil `Duke` oli mükoriisaga koloniseeritud juurte osakaal 42-79% ja sordil `Northblue` 46-87%. Mõlemal sordil avaldas mükoriisaga töötlus olulist positiivset mõju. Katse keskmisena sordimõju ei olnud. Oluline mõju oli mükoriisa lisamisel, kus töödeldud variantides oli koloniseeritud juurte osakaal 2 korda suurem.



Joonis 25. Sortide `Duke` ja `Northblue` (NB) erikoidse mükoriisaga koloniseeritud juurte osakaal 2020. ja 2022.a. sõltuvalt mükoriisaga tötlusest ja sordist.

Mustikataimede risosfääri seeneelustiku proovidest selgus, et *Oidiodendron maius*, mida katses kasutatud mükoriisapreparaat Rhodovit® sisaldas, oli inokuleeritud taimedes olemas. Nii juure- kui ka risosfääri proovid näitasid, et mustikajuured olid nakatunud ja mullas leidis liike, mida preparaati sisaldas, millest võib järeldada, et preparaadi kasutamine oli tõhus.

Kokkuvõte

Mükoriisa preparaadi kasutamine suurendas seente levikut. Mustika juured olid koloniseeritud mükoriisa seentega peaaegu poole võrra enam kui variandid, kus mükoriisa preparaati ei kasutatud. Koloniseeritus ei saa olla 100%, sest uute juurte nakatumine seentega võtab aega. Samuti on mustika juurte eluiga umbes 100 päeva ning ka mükoriisa seente eluiga on teatud ajaperioodi ehk mõlemad vahetuvad ja uuenevad ajas. Ka mükoriisa preparaadiga töötlemata variantide taimede juured olid koloniseeritud mükoriisa seentega, mis näitab, et mükoriisa tuleb taimega või turbaga kaasa ja paljuneb soodsates tingimustes kasvukohal edasi koloniseerides uusi juuri. Sellest ka töötlemata variandi koloniseeritud juurte osakaalu kasv 2022.aastaks. Kontrollvariandist võetud mullaproovides leiti mükoriisa seeni, mis kinnitab, et mükoriisa tuli kaasa ka taimede ja turbaga.

Katseperioodi kokkuvõte

Neljal katseaastal läbi viidud katsete tulemused olid varieeruvad kuna kahel aastal esines suveperioodil pikaajalisi kuumalaineid, mis mõjutas taimede kasvu, toitumist ja saagikust. Katsetulemustest võib järeldada, et tunnelis kasvatamine sobis eelkõige kannasmustika sordile `Duke` ja vähem poolkõrgele hübriidmustika sordile `Northblue` just suviste (juuni, juuli, august) püsivalt kõrgete õhutemperatuuride tõttu. Tunnelis kasvatamine mõjus saagiperioodi algusele, mis algas varem võrreldes avamaaga. Samuti ei kahjustanud õisi hilised kevadised öökülmad.

Taimede talvekindlus oli eelkõige seotud sordiomadustega: sort `Northblue` oli talvekindlam kui sort `Duke`. Kuigi tunnel võimaldas vegetatsiooniperioodi pikendada, siis see põhjustas sügist teiskasvu mõlemal sordil ja vähest õitsemist sordil `Northblue`. Mükoriisa preparaadil oli katsetulemuste põhjal küll statistiline negatiivne mõju talvekindlusele 2022.a., kuid see vahe oli taimedel vähe märgatav.

Taimede toitumine oli eelkõige mõjutatud mullast ja selle pH-st, kuid ka tunnelist ja mükoriisast. Kuna tunnelis oli taimedel kuumastress, siis mükoriisa kasutamine aitas neil sellega paremini toime tulla. Samuti aitas mükoriisa kasutamine parandada taimede P ja K omastamist. Ca ja Mg omastamine oli parem kontrollvariandi taimedel. Mustikatele on toitainete omastamiseks oluline happeline mullareaktsioon ja mineraalmullal selle muutmine ja paika saamine on pikaajaline protsess. Seetõttu esines osadel taimedel istutusjärgselt ja järgneval aastal toitumishäireid. Katseperioodi lõpuks taimede kasvades ja mükoriisa kolonisatsiooni suurenedes juurtel, toitumishäired vähenesid.

Taimede kasv oli eelkõige seotud taimede sordiomadustega ja koha mikrokliimaga ning vähem mõjutatud mükoriisast.

Mükoriisa kasutamise positiivne tulemus oli, et see koloniseeris edukalt taimede juuri 3-2 korda rohkemal määral ja kiiremini kui ilma töötluseta variandil. Samuti oli kasutatud preparaadi seened olemas mullas, mis

äratab usaldust toote vastu. Mükoriisa kasutamise efektiivsus ja mõju sõltub väga palju keskkonnatingimustest. Katsetulemustest selgus, et tunnelis olid soodsad tingimused mükoriisa paljunemiseks ja koloniseerimiseks, kuid mõju taimede kasvule jäi negatiivseks või sageli puudus. Positiivse tendentsina oli märgata mükoriisa suurendavat mõju sordi `Northblue` saagile kõigil kolmel saagiaastal. Kuna sordile `Northblue` tekitasid tunneli tingimused rohkem stressi, siis sellest tulenevalt võis ka mükoriisa mõju olla suurem sordil `Northblue` kui sordil `Duke`.

2. Hinnang innovatsioonitegevuse lõppeesmärgi saavutamisele²

Planeeritud innovatsioonitegevused on ellu viidud, kuid osade tegevuste läbi viimiseks taotleti projekti kestuse pikendamist 5 kuu võrra. Lisaiega vajati eelkõige mullaelustiku, juurte mükoriisa seentega koloniseerituse ja biokeemiliste analüüside läbiviimiseks. Koostöö Aran PM omaniku Paavo Otsusega, kelle tootmismaal asuvas kõrges kiletunnelis katse läbi viidi, sujus hästi.

Innovatsioonitegevuse eesmärkideks oli välja selgitada: 1) tunnelkasvuhoone kasutamise efektiivsus, soodustamaks mustikataimede arengut ning suuremat talvekindlust; 2) sümbiontsete mikrosete aktiveerimise tõhusus mustikataime toitumise parandamiseks tunnelkasvuhoones maheviljeluse tingimustes. Mustikakatse puhul loetakse eesmärk saavutatuks, kui on selgunud, kas tunnelkasvuhoone kasutamine soodustab mustikataimede arengut ja talvekindlust ning kas loodusliku mikrosete puhaskultuuri rakendamine parandab mustikataimede toitumist maheviljeluse tingimustes.

Innovatsioonitegevuste eesmärgid tunnelkasvuhoone kasutamise efektiivsuses osas soodustamaks mustikataimede arengut saavutati täielikult ning talvekindluse parandamise osas osaliselt:

- 1) kõrge kiletunnel pikendab mustikataimede kasvuks vajaliku vegetatsiooniperioodi pikkust. Pikem vegetatsiooniperiood ja kõrgemad temperatuurid tunneli tõttu kasvuperioodi alguses soodustasid varasema saagi alguse võrreldes avamaaga;
- 2) tunnelkasvuhoones kuumaperioodil esinevad pikaajalised kõrged õhu- ja mullatemperatuurid ei sobi sordile `Northblue` põhjustades taimedel kuumastressi ja vähendades marjade suurust ning taimede saagikust;
- 3) taimede talvekindlus oli seotud sordiomadustega: poolkõrge sort `Northblue` on külma- ja talvekindlam kui sort `Duke`;
- 4) lisatud mükoriisal ei olnud positiivset mõju taimede talvekindlusele;
- 5) taimede kasv oli seotud sordiomadustega: sordi `Duke` taimed olid oluliselt kõrgemad ja laiemad kui sordi `Northblue` taimed. Mükoriisa preparaadil positiivset mõju ei olnud.

Innovatsioonitegevuste eesmärgid sümbiontsete mikrosete aktiveerimise tõhusus mustikataime toitumise parandamiseks tunnelkasvuhoones maheviljeluse tingimustes osas saavutati osaliselt:

- 1) katses kasutatud sümbiontne mükoriisa koloniseeris juuri väga kiiresti ja suures ulatuses, kuid istutusjärgsetel aastatel mõju taimede kasvule ja saagikusele ei avaldunud;
- 2) taimede toitumine oli pigem seotud mulla happesusega, kuid mükoriisa lisamine soodustas taimedel P ja K omastamist;
- 3) Ca ja Mg omastamine oli parem kontrollvariandi taimedel.

Katses kasutatud erikoidse mükoriisa seene preparaati Rhodovit ei saa läbi viidud katsetulemuste põhjal soovitada mustikataimede talvekindluse parandamiseks, kuid võib soovitada mustikatel kasutamiseks toitumise parandamiseks stressitingimustes. Tootes sisalduvad mükoriisaseened koloniseerivad hästi juuri. Teisalt selgus katsetulemustest, et mükoriisa lisamine ei mõjutanud oluliselt taimede saagikust. Samuti selgus, et mükoriisa levis ka töötlemata taimedel, siis ei ole eraldi lisakulutused preparaadile vajalikud kui eesmärk on saaki suurendada. Toitumise seisukohalt on väga oluline mustikataimele sobiva pH saavutamine mineraalmullal. Tunneli kasutamise mõju taimede talvekindlusele sõltub liigist ja sordist ning taime asukohast tunnelis. Läbi viidud katse tulemustest võib järeldada, et tunnelis kasvatamine sobib eelkõige kannasmustikale, mis tahab pikemat ja soojemat kasvuperioodi.

3. Erinevused kavandatud ja tegelike tulemuste vahel³

Innovatsioonitegevuse taotluses püstitatud eesmärgid saavutati. Esines mõningaid erinevusi kavandatud ning tegelike tulemuste vahel, mis olid tingitud ekstreemsetest ilmastikutingimustest (kuumalained 2021. ja 2022.a.), mida oli katse planeerimise ajal raske ette näha.

4. Innovatsioonitegevuse tulemuste levitamine ja avalikkuse teavitamine⁴

Eesti tootjatele on projekti tulemusi tutvustatud nii suuliselt kui ka läbi kirjasõna.

Mahemustika tunnelkasvatuse projekti tulemuste levitamine:

- Esitluspäev „Viinamarja- ja mustikakasvatust“ 27.aug. 2021. Esitluspäev viidi läbi aianduse teadmussiirde pikaajalise programmi raames. <https://www.pikk.ee/sundmus/esitluspaev-viinamarja-ja-mustikakasvatust/>
- Posterettekannet „The influence of cultivation technologies on half-highbush blueberry (*Vaccinium × atlanticum* syn. *V. corymbosum* × *V. angustifolium*) yield“ rahvusvahelisel konverentsil 31th International Horticultural Congress 14.-20.aug. 2022, Angers, Prantsusmaa.
- Esitluspäev „Viinapuude ja aedmustikate kasvatustehnoloogiate esitluspäev“ 25.aug.2022 Esitluspäev viidi läbi aianduse teadmussiirde pikaajalise programmi raames. https://www.pikk.ee/sundmus/viinapuud_mustikad_2022/

Innovatsioonitegevuste lõpparuanne saab olema kättesaadav maainfo.ee lehel ja aiandusklastri veebilehel. Samuti on tulemas 2023.a. sügisel veebipõhised infopäevad eraldi mustikate kasvatustehnoloogiatest ja innovatsiooniklastri ühine infopäev, kus ka räägitakse mahemustika katsetulemustest.

Lisaks on EMÜ digiarhiivis kõikidele kättesaadav magistritöö:

- Marina Laane, magistriraad, 2021. Aedmustika (*Vaccinium*) kasv ja saagikus kõrges plastiktunnelis. Juhendajad Kadri Karp ja Angela Koort. (<https://dspace.emu.ee/handle/10492/5030>)

Klastri 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 klastri liikmete ja partnerite panused innovatsioonitegevuse vältel (kuidas on klastri 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 klastri 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 klastri 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 levitamise üritused.

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

