

Lõpp-aruanne

ArGrow biostimulandi mõju hindamine männi-, kuuse- ja kasetaimedele
(1.04.2021–31.03.2024)

Projekti tellija: Riigimetsa Majandamise Keskus

Projekti tellija esindaja: RMK metsakasvatustalitluse juhataja Toomas Väärt

Projekti täitja: Eesti Maaülikool, Metsanduse ja inseneeria instituut, metsakasvatuse ja metsaökoloogia õppetool

Projekti juht: tenuuri nooremprofessor **Reimo Lutter** (*PhD*)

Projekti täitjad: Silver Sisask (MSc), Tea Tullus (PhD), Reeno Sopp (Doktorant, MSc), Kristjan Täll (Doktorant, MSc), Hardi Tullus (PhD), Argo Orumaa (PhD).

Projekti maht: 84 533 €, sellest ülikooli üldkululõiv 10%, teadustöök 76 848 €.

Vahearuanded: 2022 ja 2023 märtsis edastatud projekti tellija esindajale.

Lühikokkuvõte

Projekti eesmärk on hinnata, kas uudne keskkonnasõbralik biostimulant arGrow (arginiinfosfaat, mis ei ole väetis) parandab metsakultuuride rajamise kordaminekut ja kiirendab puude kasvu. Biostimulanti arGrow lisatakse istutusaugu põhja spetsiaalse dosaatoriga 100-300 g ha⁻¹. Kiirenev juurestiku kasv võimaldab puudel omastada rohkem toitaineid ja vett, paraneb metsakultuuri edukus ning vähenevad kultuuri hoolduskulud. Samas on biostimulanti võrdlemisi vähe testitud pikaajaliselt välitingimustes ning vähesed teaduspublikatsioonid Põhjamaades raporteerivad erisuunalisi tulemusi. Eesti Maaülikooli ja RMK koostöös rajati uus katseala Järvelja lähedale, kus uuriti arGrow biostimulandi mõju endisele põllumaale rajatud taimetüüpide võrdluskatses (kase-, kuuse- ja kasepoti taimed ning kase pott-põld taimed). Lisaks rajas RMK üle-eestiliselt 6 katseala metsamaa männikultuuridesse ja ühe endisesse Narva põlevkivikarjääri. Kõigil katsealadel mõõdeti puude kasvuparameetrid kolmel kasvuaastal, hinnati puude maapealset ja maa-alust biomassi jaotust ning koostati keskkonnamõjude algkirjeldus.

Põllumaa katsetes oli biostimulandi kõige selgem mõju kase potitaimedele, kus kahekordse doosi katsevariandis puude kõrguskasv suurenes 29% ja tüve ruumala 111%, suurenes ka istikute maapealne biomass ja juurtemass. Biostimulant on andnud kase potitaimedele 1 kasvuaasta lisaproduktiooni, mis viljakal Ia boniteedi kasvukohal tähendab üldtootlikkuses täiendavalt 12 m³ ha⁻¹. Biostimulant suurendas kolmanda kasvuaasta lõpuks kuuse kõrguskasvu 14% ja männi korral 8%, suurem mõju avaldus tüve ruumala suurenemises (vastavalt 51% ja 83%). Kase

pott-põld taimetüübi kõrguskasvule ei olnud biostimulandil mõju, kuid paranes antud taimetüübi säilivus võrreldes kontrollalaga.

Metsamaa männikultuuride mõõtmistulemused olid varieeruvad ning kinnitasid Põhjamaade teadusuuringute tulemusi, kus biostimulandi mõju on väga varieeruv ning sõltub kasvutingimustest. Biostimulandi kahe doosi mõju kõrguskasvule avaldus ainult pohla kasvukohatüübi alal AA230-11 Valgamaal, kus puude kõrgus oli peale kolmandat aastat 14% suurem. AA230-11 alal oli puude säilivus biostimulandiga kõrgem kui kontrollalal (vastavalt 91% ja 78%). Niiskematel kasvukohatüüpidel ei olnud biostimulandil olulist mõju kõrguskasvule ja säilivusele, kuid karusambla alal SJ352-10 Pärnumaal oli biostimulant suurendanud puude maapealset biomassi (sh okkamassi) ja juurtemassi, mis loob eeldused kasvu kiirenemiseks tulevikus. AA230-11 ja SJ352-10 aladel oli tüve ruumala biostimulandiga puudel suurem kui kontrollalal (vastavalt 24% ja 42%). Kastikuloo alad WR273-7 ja WR274-32 Raplamaal olid tugevalt mõjutatud korduvatest põuaperioodidest ning biostimulandi mõju ei ilmnunud. Narva karjääris oli tulemus sarnane Raplamaa katsealadega.

Biostimulandi kasutamisel on võimalik vähendada istutustihedust kase pott-põld taimele ning pohla kasvukohatüübi männikultuurides Valgamaa AA230-11 eraldisele sarnastel aladel. Esimesed hinnangud näitavad, et biostimulandi kasutamine ei võimalda kokkuhoidu kultuuri hoolduskuludelt, kuna mõju kõrguskasvule absoluutskaalal (cm) oli väike. Biostimulandi abil kiirenes MME metsa uuenenuks arvestamine ühe aasta võrra kuusele Järvelja katses; ühe aasta võrra SJ352-10 ja AA230-11 männikultuurides. Kui täheldati arGrow mõju mõnele kasvutunnusele, siis avaldus see biostimulandi kahekordse doosiga. Biostimulandil ei olnud mõju soontaimede ja sammalde liigirikkusele. Liigirikkust suurendas maapinna ettevalmistus, sest paljastunud mullal (vaos) hakkasid maapinna ettevalmistuse järel kasvama lühiealised pioneerliigid.

Kolme kasvuaasta põhjal on võimalik biostimulanti soovitada endiste põllumaade metsastamisel kase potitaimedega, kus biostimulandi kasutamine on andnud 1 kasvuaasta võidu. Metsamaa kultuurides ei parandanud biostimulant puude kasvukiirust, kuid suurem biomass ja tüve ruumala ennustab kasvu kiirenemist hilisemas vanuses. Kastikuloo ja pohla aladel on tõenäoliselt biostimulandi mõju piiranud põud. Biostimulandi mehhanism seisneb toitainete omastamise parandamises või kiirendamises. Biostimulant aitab põllumuldadel, mis on varasema väetamise tõttu toitaineterikkad.

Kuna biostimulandi graanulid on aeglaselt lahustuvad, siis tuleks jätkata puude kasvutunnuste seiret, et välja selgitada suurenenud tüve ruumala, lehemassi ja juurestiku mõju puude kasvule AA230-11 ja SJ352-10 aladel ning jälgida Järvelja katses kuuse ja männi edasist kasvukiirust. Soovitame rajada mõned lisakatsealad endistele põllumaadele kase potitaimega, et täpsemini aru saada erinevate mullaliikide mõju. Soovitame laiendada biostimulandi uuringuid viljakamatele metsamaa kasvukohatüüpidele.

Mis on biostimulant arGrow?

arGrow (Arevo AB, Roots)¹ on orgaanilisel lämmastikul (arginiin) põhinev biostimulant. arGrow tunnistati 2022. aastal Euroopas ametlikult biostimulandiks kui Arevo AB liitus European Biostimulants Industry Council (EBIC) organisatsiooni vastava nimekirjaga, mida tunnustab Euroopa Liit kui ainsat biostimulantide esindusorganisatsiooni taimekasvatases².

Tegemist ei ole väetisega, kuna eeldatav doseeritav kogus ($100\text{--}300\text{ g N ha}^{-1}$) ei tõsta mulla viljakust. Biostimulandi eesmärk on parandada taimedel toitainete omastamist ning arGrow mõju seisneb juurte kasvu ja ektomükoriisaseente koloniseerituse parandamisel. arGrow on välja töötatud puude lämmastiktoitumise pikaajaliste teadusuuringute tulemusena Rootsisis, kus uudse teadusavastusena leiti, et orgaanilise lämmastiku vormid (aminohapped) on olulised puude juurtoitumises³.

Metsauuendamise eesmärk on võimalikult kiirelt viia puistu süsinikku siduvaks ökosüsteemiks. Paraku on see suur väljakutse metsakasvatuseks, kuna istutatud puud on madala konkurentsivõimega. Eduka metsauuendamise tagamiseks on vajalik teha kultuuride täiendamist ja regulaarset hooldust. Põhjamaade kogemus näitab, et metsakultuuride edukust on võimalik parandada, kui lisada istutusauku arGrow biostimulandi graanuleid (Joonis 1). arGrow kasutamise tulemusena suureneb puude juurestik ning noored puud on võimelised omastama rohkem toitaineid ja vett, mis parandab oluliselt nende konkurentsivõimet ja kasvukiirust. Kasutatav biostimulandi kogus minimaalse doosi korral on 40 mg lämmastikku ja 22 mg fosforit toimaines puu kohta. Arginiin on aeglaselt lahustuv ning puudub lämmastiku leostumine⁴.

arGrow positiivset mõju puude juurestiku arengule ja kasvukiirusele on kirjeldatud laboringimustes^{5,6}, kuid metsa tingimustes on arGrow-d veel vähe testitud pikaajaliselt. arGrow kasutamine tähendab lisakulu (450 doosi jaehind $18,9\text{€}$, mis on 1500 puu algtiheduse ja kahe doosi kasutamisel 126€ ha^{-1}) nii preparaadi enda näol kui ka istutustöödel suurenenud ajakulu.



Joonis 1. arGrow dosaator istutustorul (Foto vasakul: T. Näsholm) või doseerimine otse istutusauku käsidosaatoriga (Foto paremal: R. Lutter).

Projekti eesmärkide täitmine

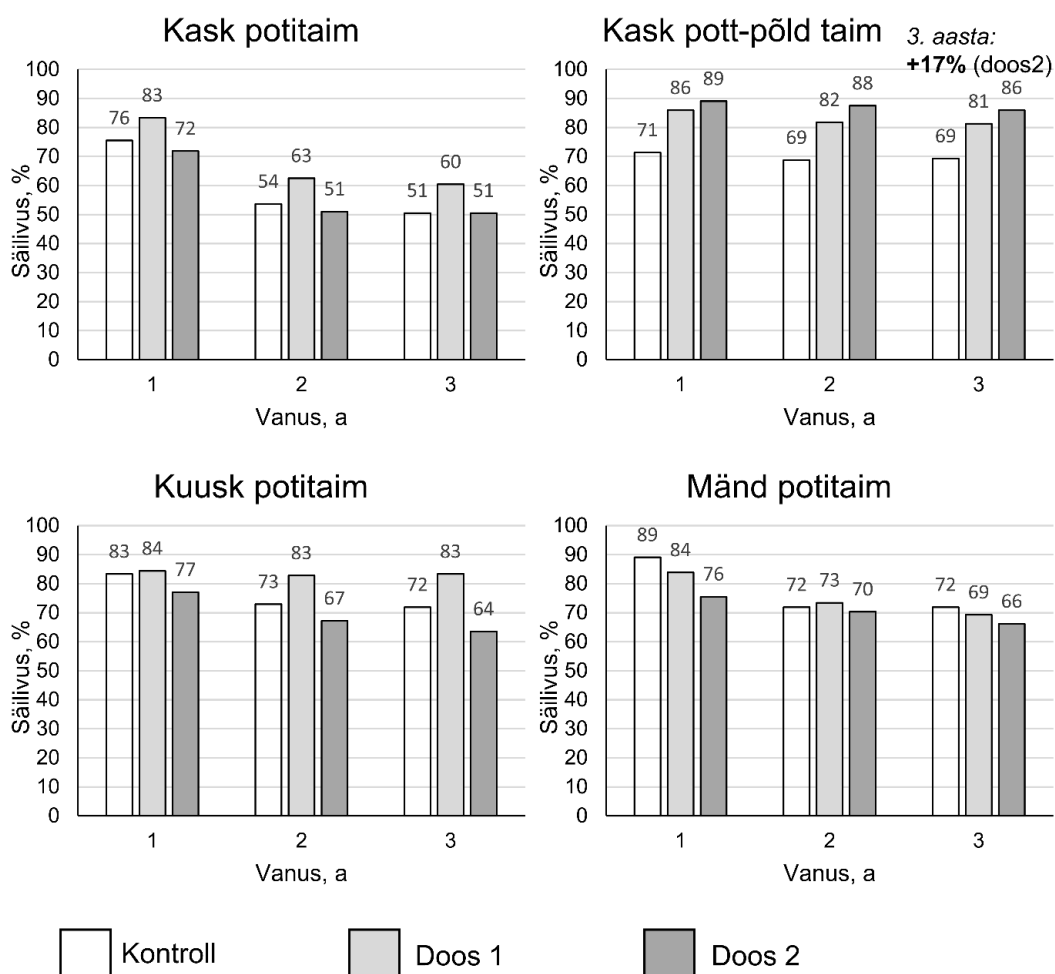
Lähtudes RMK ja Eesti Maaülikooli teadusprojekti lepingust, seati projektis teadus-praktilised eesmärgid ja väljundid. Projekti tulemused ja väljundid on esitatud iga väljundi alapeatükis. Katsealade kirjeldused on esitatud lisas 1. Elurikkuse algseisu hinnang on esitatud lisas 2. Mullanalüüside alg tulemused pikaajalisteks vaatlusteks on esitatud lisas 3. Projekti tulemuste

põhjal on valmimas kaks teaduspublikatsiooni rahvusvahelistes eelretsenseeritavates teadusajakirjades.

1. Teaduslikud eesmärgid ja väljundid

1.1. Hinnatakse ArGrow mõju (sh erinevad doosid) männi, kuuse ja kase istikute maapealsele kasvule (biomass, kõrgus, juurekaela diameeter ja nende juurdekasvud) ja säilivusele iga kasvuaasta lõpus.

1.1.1. Järvelja katse

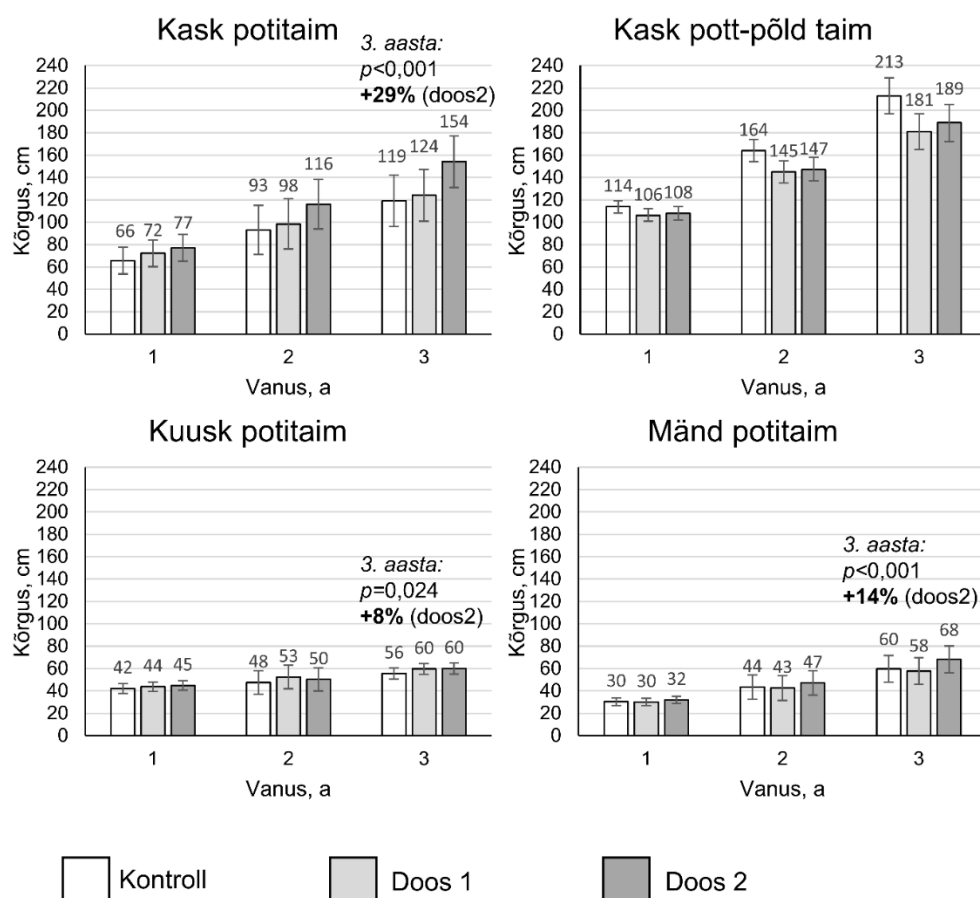


Joonis 2. Puude säilivus Järvelja katses. Ei sisalda täiendistutust.

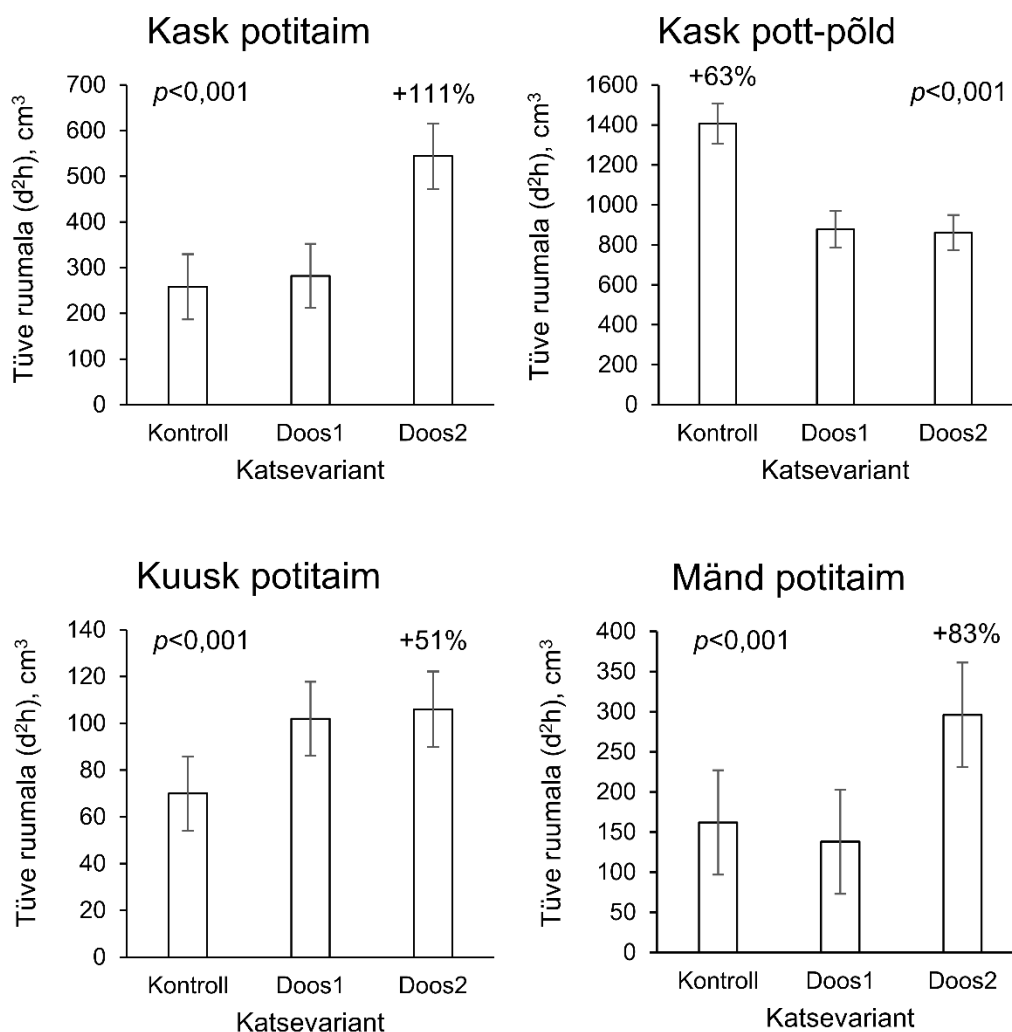
Järvelja puuliikide võrdluskatses avaldus arGrow mõju kase pott-põld taimede paremale säilivusele (Joonis 2). Kolmanda kasvuaasta lõpuks oli kontrollalal kase pott-põld puude säilivus 69%, arGrow ühe doosi korral 81% ja kahe doosi korral 86% algtihedusest. Teiste taimetüüpide korral ei avaldanud arGrow mõju puude säilivusele. Säilivuse hindamisel tuleb arvestada Järvelja katseala lopsakat heinakasvu (Joonis 3; jänesekapsa-mustika kasvukohatüüp mullaliigi alusel), kus taime algkõrgus istutamisel on kriitiline mõõdik uue metsa rajamisel. Kase potitaimede säilivust (51%) mõjutas oluliselt paks lumikate, mille tulemusena olid puud murdunud. Katsealal teostati täiendistutust 2022. aasta kevadel.



Joonis 3. Heinahooldus Järvelja katses 2022. aasta suvel (Foto: S. Sisask)



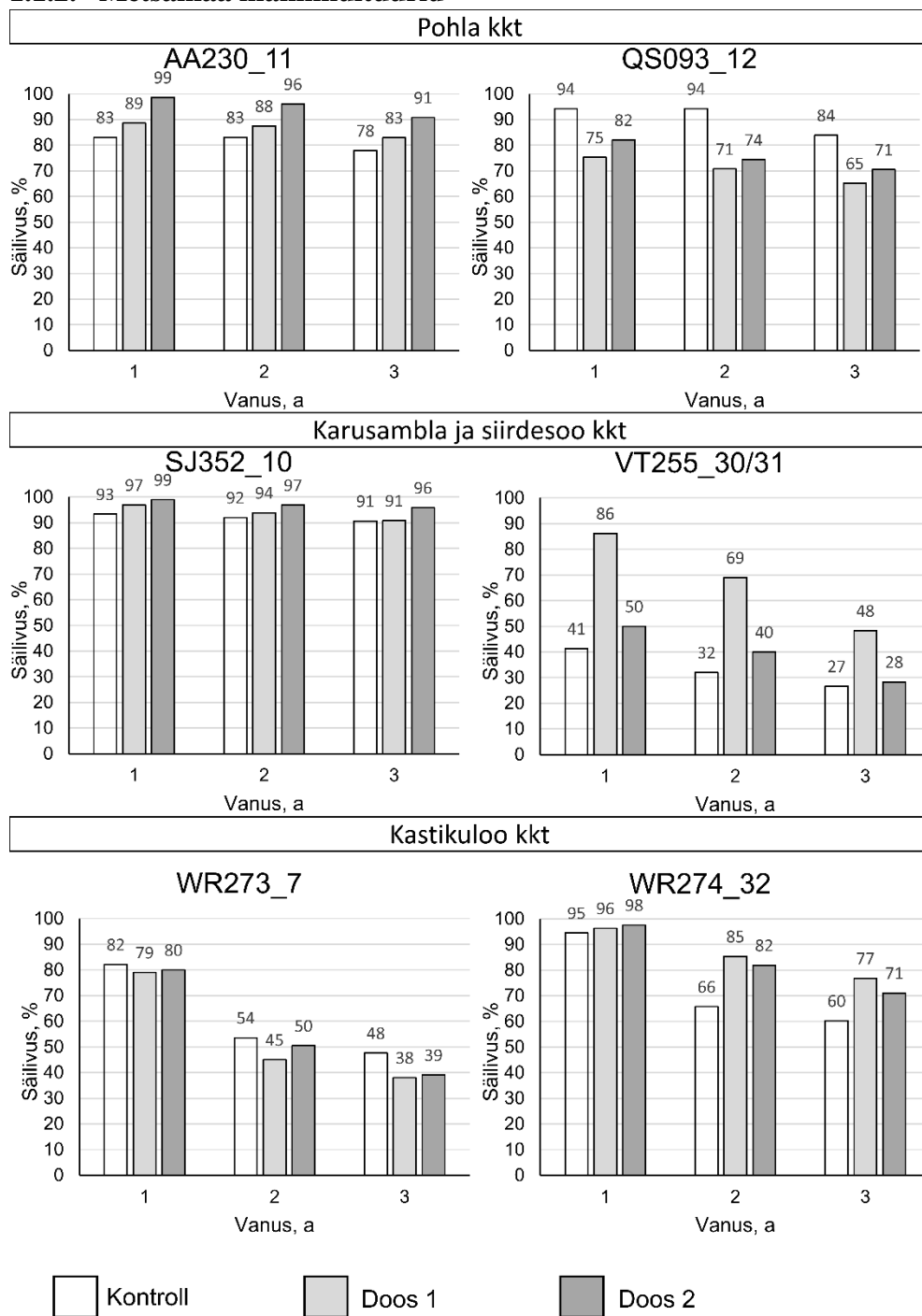
Joonis 4. Puude kõrguskasv Järvelja katses



Joonis 5. Tüve ruumala indeks (juurekaela diameeter² × kõrgus) Järvelja katses peale kolmandat kasvuaastat. Protsent näitab suhtelist erinevust kõrgeima ja madalama väärtuse vahel.

Peale kolmandat kasvuaastat oli arGrow-l kõige selgem mõju kase potitaime kasvule, kus kahe doosiga katsevariandis oli puude kõrgus ja tüve ruumala kõrgem kui kontrollalal (vastavalt 29% ja 111%) (Joonis 4; Joonis 5). arGrow kaks doosi parandas kuuse potitaime kõrguskasvu ja tüve ruumala võrreldes kontrollalaga vastavalt 8% ja 51%. arGrow kahe doosi katsevariandis oli männi kõrguskasv ja tüve ruumala parem kontrollalast (vastavalt 14% ja 83%). Kuna antud kasvukoht ei ole sobilik okaspuude kasvatamiseks, siis kannatasid mõlemad okaspuuliigid tugeva rohukonkurentsi tõttu. Samas on mõlema okaspuuliigi puhul võimalik täheldada trendi, kus arGrow on positiivselt hakanud puude kasvukiirust mõjutama, eelkõige avaldub see tüve suurenenud ruumalas. arGrow-l puudus mõju kase pott-põld taimetüübi kõrguskasvule ja tüve ruumalale. arGrow positiivne mõju kase potitaimele ja mittemõju pott-põld taimetele võib tuleneda kahe taimetüübi erinevast algsuurusest, kus kase pott-põld taime suuremast biomassist tulenevalt peaks ka biostimulandi kogus olema suurem. Konsulteerides Arevo AB esindajaga soovitati doosi kohandada vastavalt puu algsuurusele (1-3 doosi puu kohta), samas puuduvad neil kogemused kasega.

1.1.2. Metsamaa männikultuurid

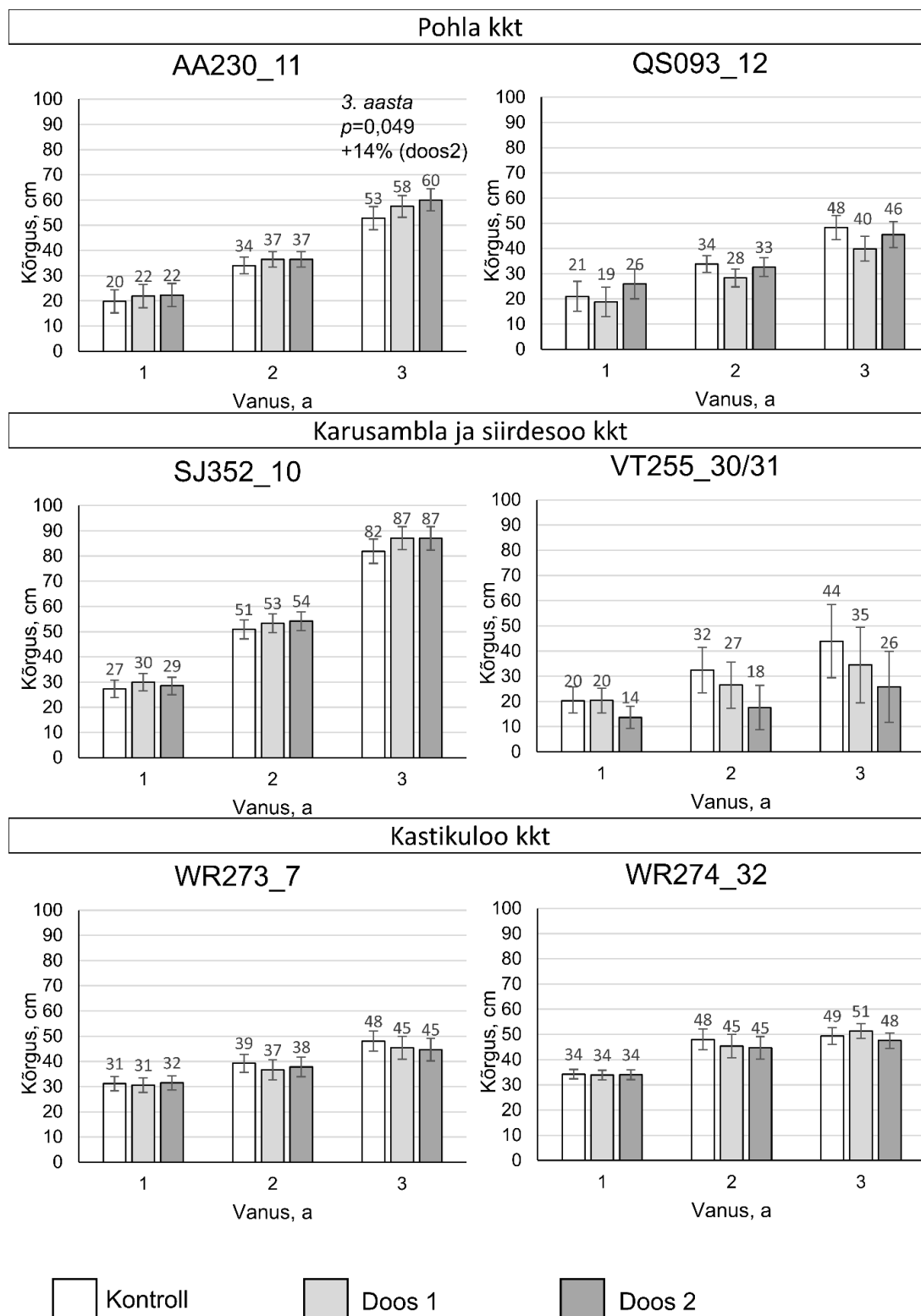


Joonis 6. Puude säilivus RMK metsamaa männikultuurides. Ei sisalda täiendistutust.

Metsamaa männikultuurid rajati RMK piirkondlike töötajate poolt (Lisa 1). Nende alade katsedisain ei vasta teaduslikele eeldustele (juhuslikkuse printsiip täitmata) töötuse (biostimulant) mõju hindamisel, mistõttu tuleb ka tulemusi võtta kui kirjeldavat hinnangut.

arGrow positiivne mõju puude säilivusele männikultuurides avaldus pohla kasvukohatüübi alal AA230-11 Valgamaal, kus kahe doosi korral oli puude säilivus 91%, ühe doosi korral 83% ja kontrollalal 78% (Joonis 6). Teistes metsamaa männikultuurides oli arGrow mõju marginaalne või puudus. Aladel QS093-12 (Harjumaa) ja VT255-30/31 (Järvamaa) põhjustas puude

hukkumist männikärsakas. Kastikuloo aladel WR273-7 ja WR274-32 põhjustas lisaks männikärsakale puude hukkumist ka põud.



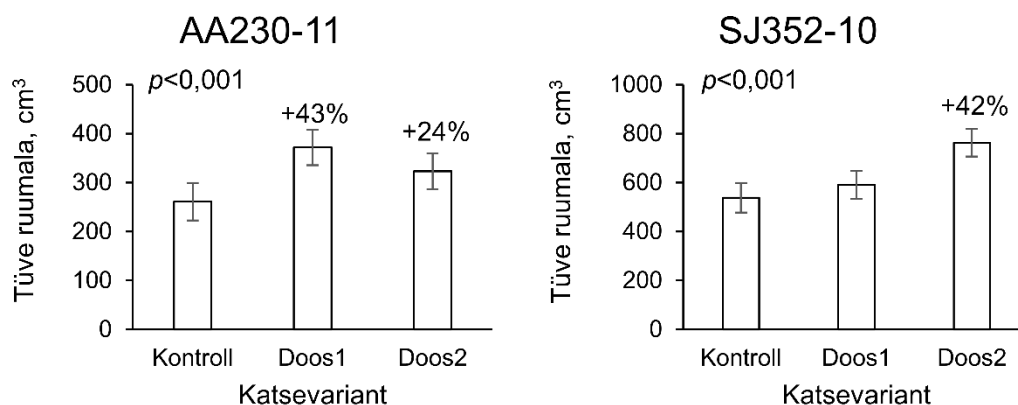
Joonis 7. Puude kõrguskasv RMK metsamaa männikultuurides

Metsamaa männikultuurides oli puude kõrguskasv suure varieeruvusega (Joonis 7) ning mõjutatud männikärsaka ja põua poolt. Metsamaa kultuurides ei täheldatud selget arGrow mõju puude kõrguskasvule, välja arvatud AA230-11 Valgamaal, kus ilmnes selge gradient kõrguse

suurenemises kontrollalast kuni kahe doosiga katsevariandini. Sellel alal oli arGrow kaks doosi saavutanud 14% kõrgema kõrguse võrreldes kontrollalaga. Parim puude kasvukiirus avaldus karusambla kasvukohatüübi alal SJ352-10 (Joonis 8), kuid arGrow mõju puude kõrguskasvule ei olnud seal oluliselt suurem kontrollalast ($p>0,05$). SJ352-10 ja AA230-11 alal oli arGrow kahe doosi korral tüve ruumala oluliselt suurem ($p<0,05$) kui kontrollalal (vastavalt 42% ja 24%) (Joonis 9). Teistel aladel ei olnud arGrow mõju tüve ruumalale.

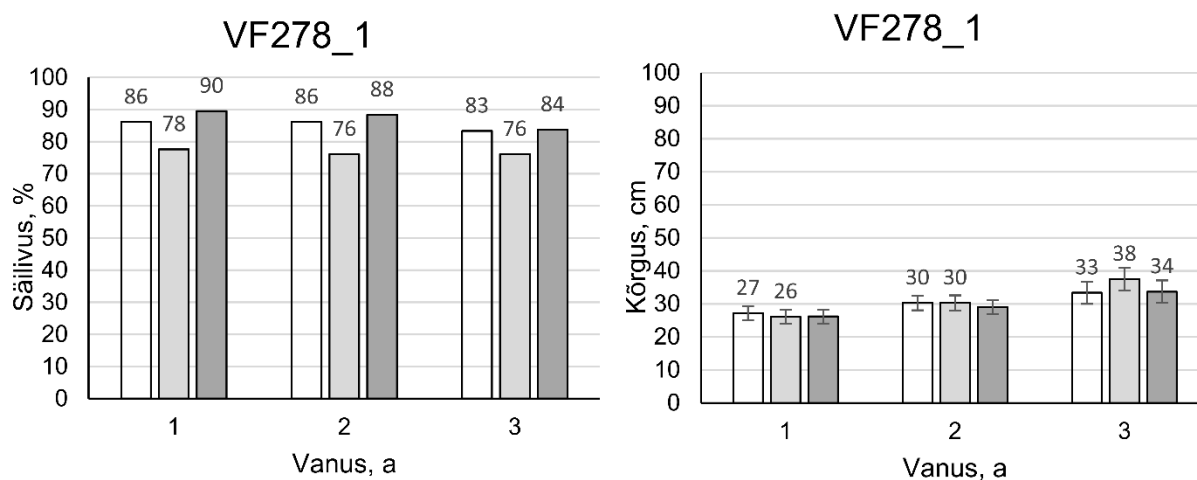


Joonis 8. SJ352-10 männikultuur peale kolmandat kasvuaastat (Foto: R. Lutter).



Joonis 9. Tüve ruumala indeks (juurekaela diameeter² × kõrgus) AA230-11 ja SJ352-10 aladel peale kolmandat kasvuaastat. Protsent näitab suhtelist erinevust võrdluses kontrollalaga.

1.1.3. Narva karjääri männikultuur



Joonis 10. Puude säilivus ja kõrguskasv Narva karjääri männikultuuris.

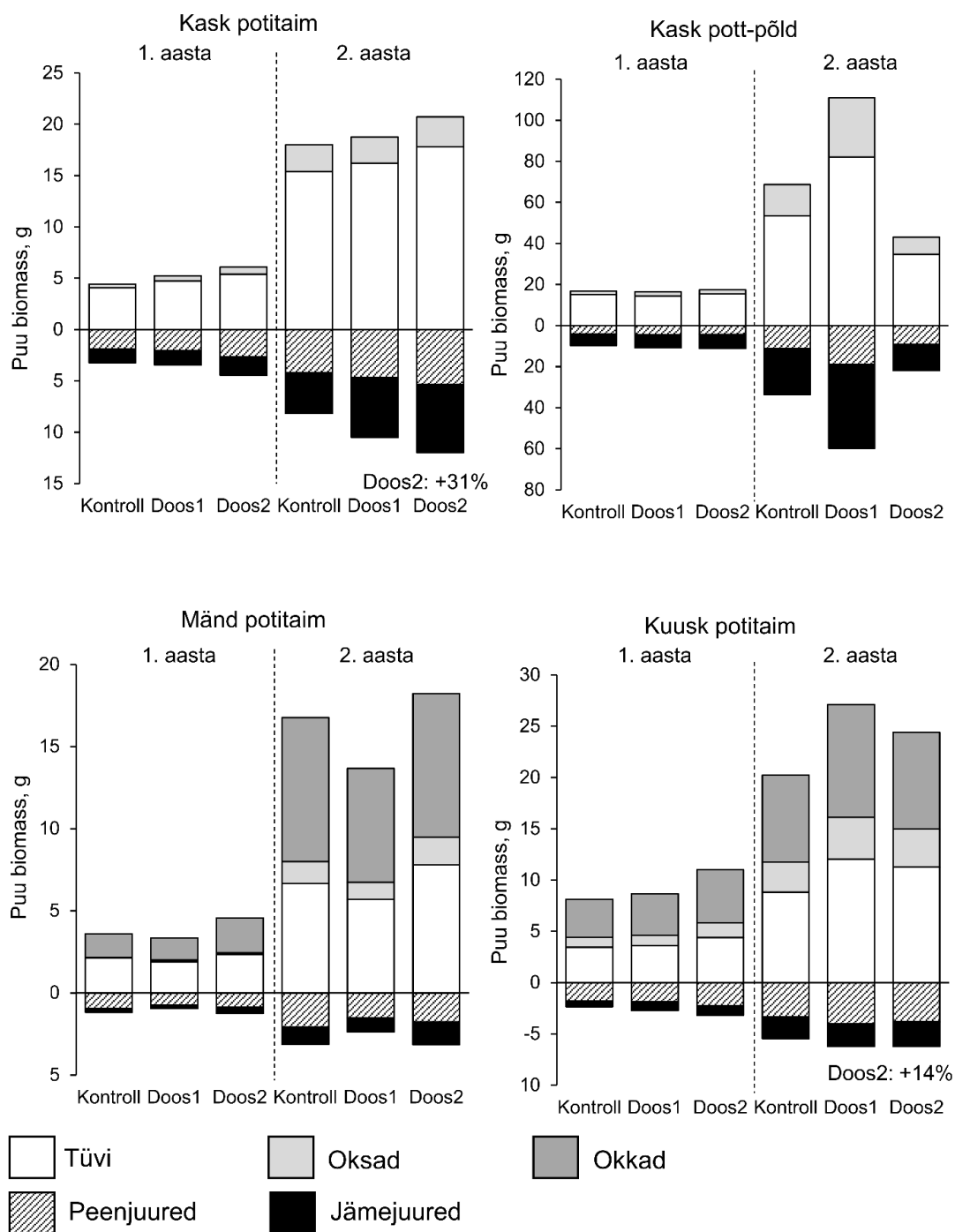
Narva karjääris ei olnud arGrow-I mõju puude kasvuparameetritele ja säilivusele (Joonis 10). Narva karjääri katsedisain ei sobi arGrow mõju adekvaatseks hindamiseks, sest kontrollalal on taimed istutatud muldkattega pinnasele, samal ajal kui arGrow töötused on istutatud otse kiviklibule (Joonis 11).



Joonis 11. Vasakul arGrow kahe doosi katsevariant ja paremal kontrollala Narva karjääris. (Fotod: R. Lutter)

1.2. Hinnatakse ArGrow mõju juurestiku arengule ja maapealse:maa-aluse biomassi suhtele ning allokatsioonile.

1.2.1. Järvelja katse

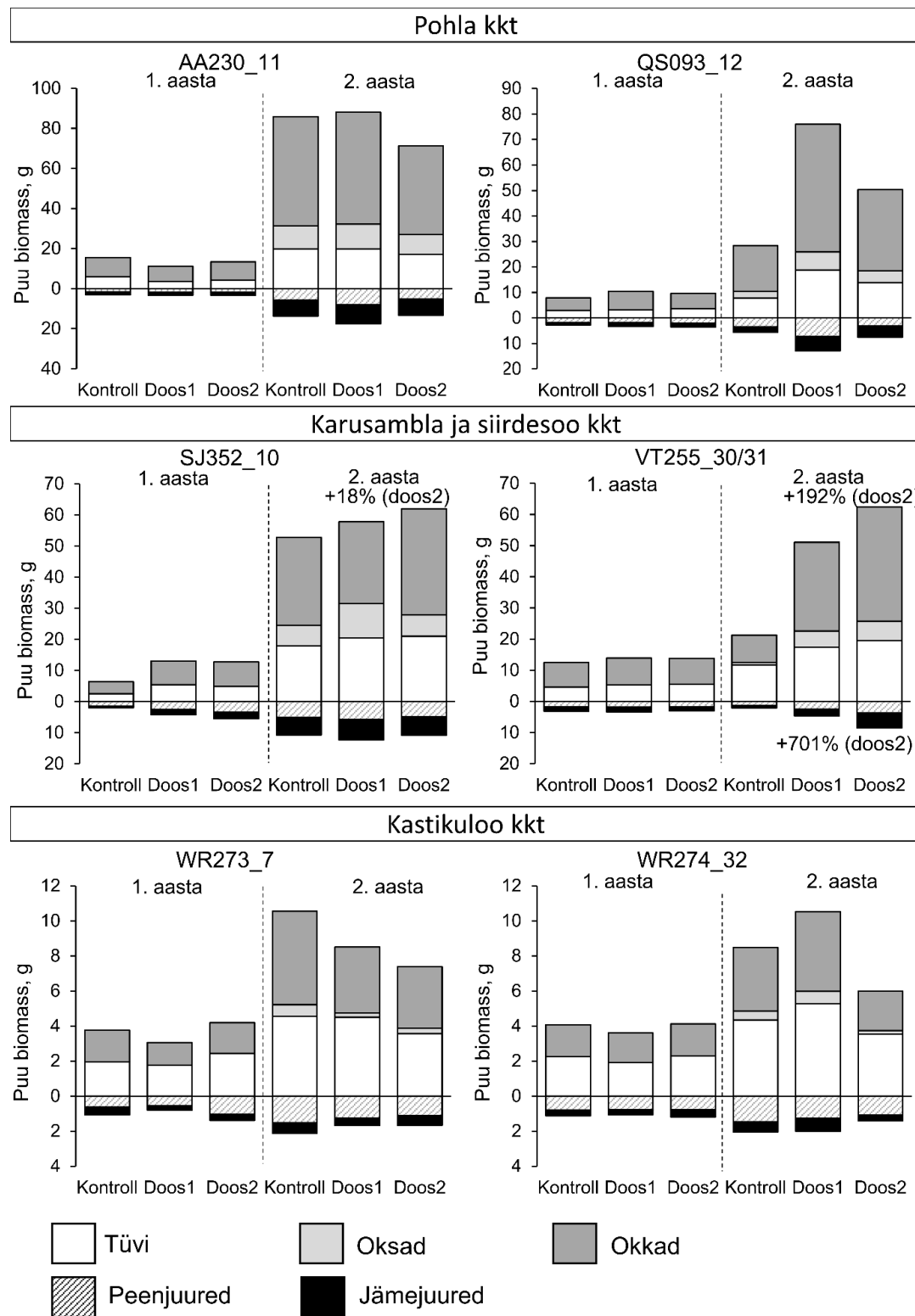


Joonis 12. Maapealse ja maa-aluse biomassi (kuivaines) jaotus Järvelja katses.

Kase potitaimede suurenenud kõrguskasv arGrow mõjul Järvelja katses (Joonis 4) on heas kooskõlas ka biomassi jaotusega (Joonis 12). Kase potitaimede maapealne ja juurte biomass suurenesid paralleelselt ka suureneva arGrow doosiga. Sarnane trend ilmnis ka kuuse potitaimel, kus arGrow suurendas juurte massi. Kase pott-põld ja männi potitaimel ei olnud selget arGrow mõju maapealsele biomassile ja juurtele. arGrow ei ole parandanud kase

pott-põld taime maapealse biomassi ja juuremassi suhet, kõikidel katsevariantidel oli see suhe 2:1 (maaepalne:maa-alune).

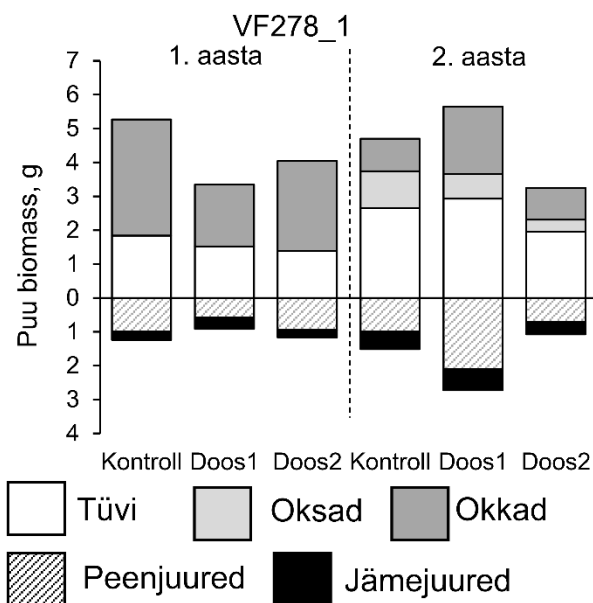
1.2.2. Metsamaa männikultuurid



Joonis 13. Maapealse ja maa-aluse biomassi (kuivaines) jaotus metsamaa männikultuurides.

Metsamaa männikultuurides avaldus arGrow mõju SJ352-10 Pärnumaal (karusambla kasvukohatüüp) maapealsele biomassile, kus kahe doosi korral oli see 18% suurem kui kontrollalal, seejuures oli okkamass 21% suurem arGrow kahe doosiga puudel (Joonis 13). Uuritavate mudelpuude põhjal eristus teistest katsealadest ka selgelt VT255-30/31, kus maapealne ja maa-alune biomass olid olulisemalt suuremad kui kontrollalal, sh eristus okkamass kontrollala ja arGrow katsevariantide vahel. VT255-30/31 biomassi tulemusi tuleb võtta suure ettevaatlikkusega, kuna sellel katsealal oli puude säilivus madal männikärsaka tõttu (Joonis 6), mistõttu oli mudelpuude valik piiratud. Teistes uuritavates männikultuurides ei olnud selgeid positiivseid arGrow mõjusid puude biomassile ja juurte arengule. Tulemus, et arGrow on positiivselt mõjutanud biomassi suurenemist niiskematel muldadel on ilmselt tingitud paremast puude veega varustatusest. Kolmeaastase vaatlusperioodi suved olid põuased ning mõjutasid arGrow omastamist kastikuloo kui ka pohla kasvukohatüübi aladel. Maapealse ja maa-aluse biomassi suhe varieerus vahemikus 4:1 kuni 13:1 (Joonis 13). Kui soovituslik maapealse:maa-aluse biomassi suhe potitaimedele on 2:1, siis metsakultuurides on see suhe jube kahe kasvuaastaga muutunud oluliselt maapealse osa kasuks.

1.2.3. Narva karjääri männikultuurid



Joonis 14. Maapealse ja maa-aluse biomassi jaotus Narva karjääri männikultuuris.

Narva karjääri männikultuuris ei omanud arGrow mõju puude maapealsele ja maa-alusele biomassile (Joonis 14).

1.3. Kirjeldatakse keskkonnatunnuste (mulla C, pH ja toitainete sisaldused) ja elurikkuse (soontaimed ja samblad) algseis esimesel kasvuaastal, et jälgida pikaajalisi mõjusid.

Mullatunnuste ja elurikkuse kirjeldused viidi läbi algseisu kirjeldamiseks Järvelja katses, et hinnata pikaajalisi mõjusid (puuliik ja arGrow) korduskirjeldustel. Mulla pH, C ja toitainete algseisu kirjeldused on esitatud lisas 3.

Taimkatte kirjeldused viidi läbi 2021. aasta juulis. Esimesel töötuse-järgsel suvel ei avalda ArGrowga töötlemine mõju soontaimede ja sammalde liigirikkustele ega katvustele. Istutamisele eelnenud maapinna ettevalmistus tõstis liigirikkust, sest paljastunud mullal (vaos) hakkasid maapinna ettevalmistuse järel kasvama lühiealised pioneerliigid. Et hinnata arGrow pikaajalist mõju elurikkusele, tuleb püsiprooviruutudel läbi viia korduskirjeldused. Detailne elurikkuse metoodika ja määratud liikide nimekiri on esitatud aruande lisas 2.

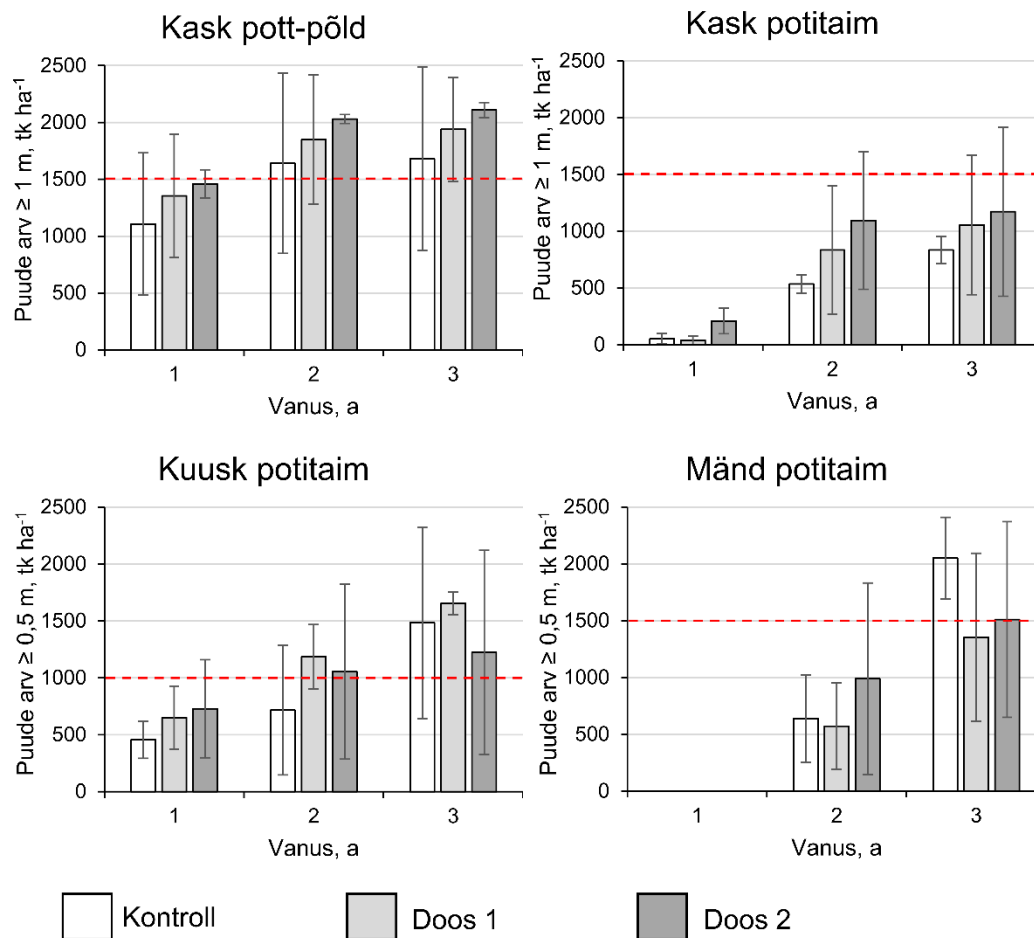
1.4. Luuakse oluline teadusinfrastruktuur erinevate puuliikide võrdlemiseks väheväärtuslikel põllumaadel täiendava biomassi tootmisel.

Järvelja katsealast on kujunenud juba oluline näidisala teadus- ja õppetöös ning metsanduse otsustajatele. Näidisalal tehakse igal kevadel ekskursioon magistriastme tudengitele. Näidisala on külastanud RMK juhtkond ja nõukogu. Katsealast on kujunemas oluline objekt teadustööle, kus on võimalik hinnata ja võrrelda erinevate puuliikide mõju metsaökosüsteemi kujunemisele identsetes algtingimustes väheväärtuslike maade metsastamisel kodumaiste puuliikidega (nt mõju mulla süsinikule, toitainetele, elurikkusele, jne). Katsedisain võimaldab läbi viia uusi manipulatsioone (toitainete optimeerimine, arGrow kordusdoosid, hooldusraied jne) ning kirjeldada ökosüsteemi reaktsioone nii rakenduslikult kui ka baasteaduslikult.

2. Praktilised eesmärgid ja väljundid

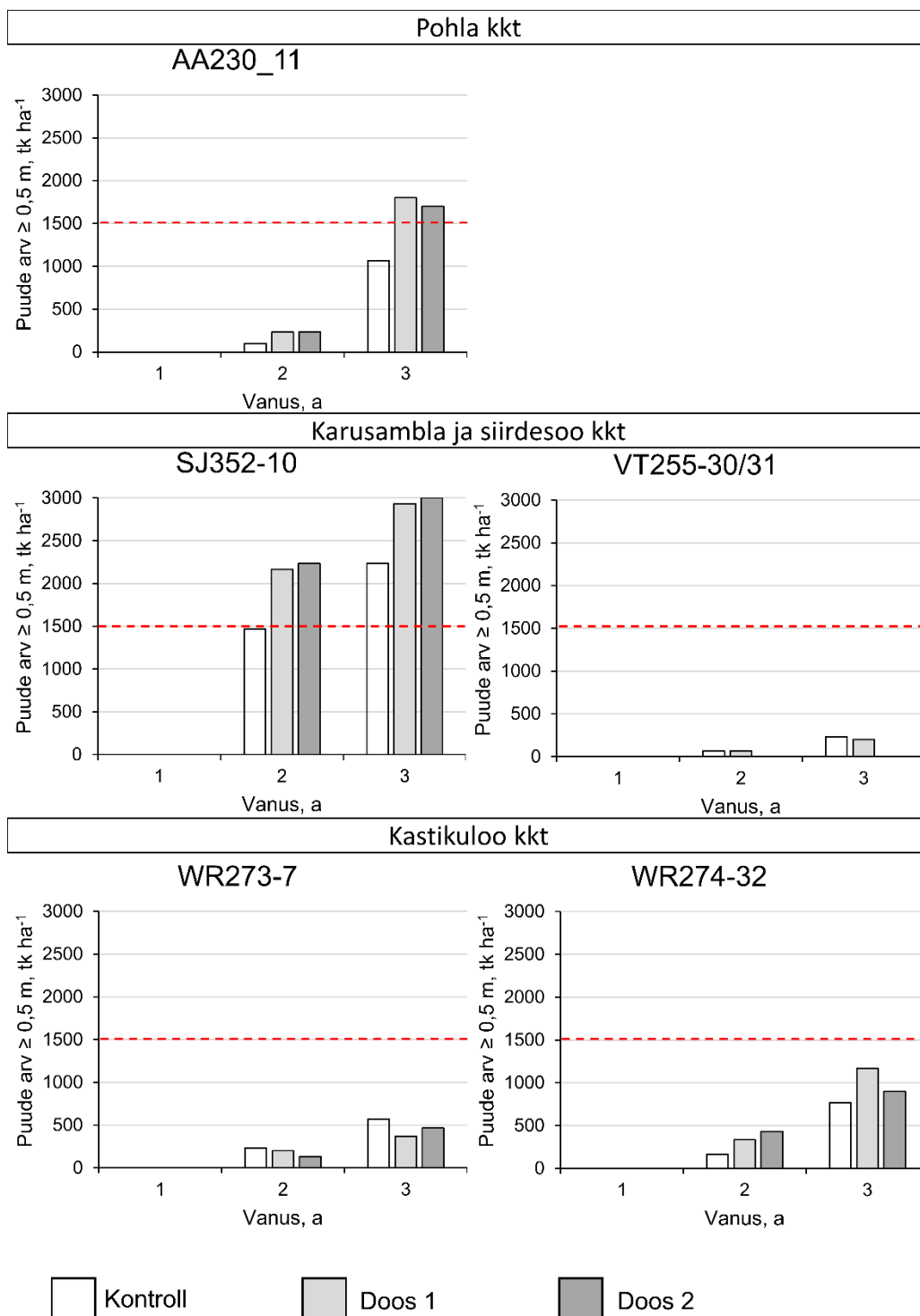
2.1. Välja selgitada, kui palju kiiremini saavutatakse metsa uuenenuks arvestamine lähtudes Metsaseaduse kriteeriumitest.

Metsamajandamise eeskiri kirjeldab järgmiselt: § 16. *Metsa uuenenuks lugemiseks nõutav puude minimaalne arv hektaril ja arvesse võetavate puude minimaalne kõrgus (1) Mets loetakse uuenenuks kui hektaril kasvab vähemalt 1500 0,5 m kõrgust ja kõrgemat harilikku mändi või vähemalt 1000 0,5 m kõrgust ja kõrgemat harilikku kuuske või vähemalt 1500 0,5 m kõrgust ja kõrgemat harilikku tamme või vähemalt 1500 1,0 m kõrgust ja kõrgemat muud metsa uuenenuks lugemisel arvesse võetavat puuliiki.*



Joonis 15. Järvelja katse puude arv hektari kohta, mis on saavutanud MME minimaalse kõrguse uuenenuks arvestamisel (punane joon). Kui puu oli isegi 1 cm alla nõutava kõrguse (nt mänd 49 cm), jäi see loendusest välja. Arvestatud on ka täiendistutust 2022. aasta kevadel.

Järvelja katse istutustihedus oli 2500 puud ha⁻¹ kõikidel puuliikidel. Kase potitaim ei ole täitnud MME kriteeriumeid (Joonis 15). Kase potitaimed on keskmisena saavutanud kõrguse, aga madal puude säilivus oli tingitud murdunud puudest lume tõttu. Kase pott-põld taim saavutas kriteeriumid kõikidel arGrow variantidel ja kontrollalal 2. aastal. Kuusk saavutas kriteeriumid arGrow variantidel 2. aastal ja kontrollalal 3. aastal ehk arGrow on kiirendanud 1 aasta võrra uuenenuks arvestamist. Mänd saavutas kriteeriumid arGrow kahe doosiga ja kontrollalal 3. aastal.



Joonis 16. Metsamaa männikultuuride puude arv hektari kohta, mis on saavutanud MME minimaalse kõrguse uuenenuks arvestamisel (punane joon). Kui puu oli isegi 1 cm alla nõutava kõrguse (nt 49 cm), jäi see loendusest välja. Täiendistutust ei ole arvestatud, kuna nendel puudel puudub arGrow töötlus. QS093-12 alal ei ole võimalik hinnata puude arvu hektaril, kuna arGrow töötlused on ridadena.

AA230-11 alal Valgamaal on mõlemad arGrow töötlused saavutanud MME kriteeriumid metsa uuenenuks arvestamisel 3. aastal, kuid kriteeriume ei ole täidetud kontrollalal (Joonis 16).

SJ352-10 alal Pärnumaal on mõlemad arGrow töötused saavutanud MME kriteeriumid metsa uuenenuks arvestamisel 2. aastal ning 3. aastal kontrollalal. Teistes männikultuurides ei ole MME kriteeriumeid täidetud kolme aasta jooksul.

2.2. Välja selgitada, kas biostimulant parandab kase pott-põld taimede ebaproportsionaalset biomass:juuremass suhet ning parandab taimede säilivust.

Kase pott-põld taimede istutuse eelne maapealse:maa-aluse biomassi suhe oli 2:1. Peale teist kasvuaastat oli see suhe nii kontrollala kui ka arGrow töötusega puudel samuti 2:1 (Joonis 12). Seega on kase pott-põld taimede maapealse:maa-aluse biomassi suhe heas tasakaalus juba taimlast väljastamisel (üldistusena paljasjuurse taime puhul kriteeriumiks 3:1 suhe) ning arGrow ei ole sellele suhtele mõju avaldanud.

Puude säilivus peale 3. kasvuaastat: kontrollala 69%; arGrow üks doos 81%; arGrow kaks doosi 86% (Joonis 2). arGrow parandanud puude säilivust kase pott-põld taimetele.

2.3. Välja selgitada, kas ja kui palju biostimulandi kasutamisega on võimalik kokku hoida järgnevatelt kultuurihooldustelt (rohurinde hooldus).

Järvelja katseala iseloomustab lopsakas rohukasv (Joonis 3) ning puuliigi eelistuselt on seal soovituslik kasvatada arukaske või sangleppa. Taoliste alade metsastamiseks on oluline taime algsuurus ning edukam on selleks kase pott-põld taim (1 hooldus soovituslik), mis teisel kasvuaastal enam hooldust ei vaja. Kase potitaim vajab hooldamist minimaalselt kahel kasvuaastal antud kasvukohatüübil, ideaalis ka 3. aastal. arGrow näitas suhteliselt paranenud kõrguskasvu 25% võrra kahe doosiga teisel aastal (Joonis 4), kuid absoluutväärtuses olid puud keskmiselt kõrgemad 23 cm ehk hoolduse vajadus on 2. aastal. Suurem tüve ruumala viitab puude paremale jämeduskasvule arGrow korral Järvelja katses, kuid ei vähenda hoolduskulusid. Metsamaa männikultuurides olid kõrguskasvud sarnased katsevariantide vahel ning seega pole seal arGrow vähendanud hoolduskulude vajadust.

2.4. Välja selgitada, kas biostimulandi mõjul paranenud puude säilivus võimaldab vähendada istutamise algtihedust.

Järvelja katseala on rajatud teaduslikel eesmärkidel ning puude algtihedus kõikidel katsevariantidel 2500 puud ha⁻¹. arGrow kaks doosi parandas puude säilivust (86%) võrreldes kontrollalaga (69%) kase pott-põld taimel, mis lubaks vähendada istutamise algtihedust antud taimetüübile.

Metsamaa männikultuuris AA230-11 Valgamaal parandas arGrow kaks doosi puude säilivust (91%) võrreldes kontrollalaga (78%).

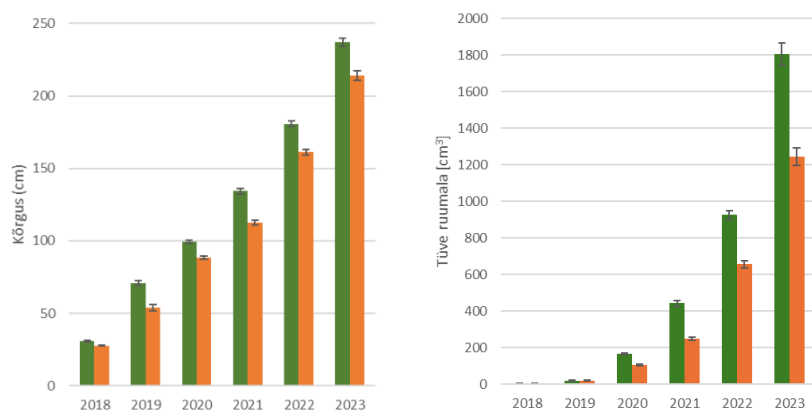
Täpse algtiheduse välja selgitamiseks on vajalik hinnata kulutused arGrow kasutamisel ja ära jäänud kulutused istutamisel vähenenud algtihedusega. arGrow-d on võimalik lisada ka väiksemale arvule puudele kultuuride rajamisel (pooltele kuni kolmandikule puudele algtihedusest).

2.5. Välja selgitada, kui palju suureneb biostimulandi mõjul puude produktiivsus ehk mitu tm/ha saab rohkem puitu või saabub varem mahuküpsus.

Kõige selgem kõrguskasvu kiirenemine avaldus Järvselja katses kase potitaimele 29% võrra. Absoluutväärtuses oli see 35 cm. Kui hinnata kolmanda kasvuaasta kõrguskasvu põhjal H50 väärtusi, siis kontrollalal tuleb keskmine kõrgus 50 aasta vanuselt 21,2 m (algseis 1,19 m) ning arGrow kahe doosiga 24,2 m (algseis 1,54 m). Seega on nii varajaste kasvuandmete põhjal produktsiooni ennustamine väga suure veaga, kui ainult 0,35 m annab üle 3 m kasvueelise 50 aasta vanuses.

Iga kaotatud aasta metsakultuuri rajamise ebaõnnestumisel tähendab majanduslikku kaotust keskmise aastase juurdekasvu võrra ehk 7-8 m³. Kontrollala teise ja kolmanda kasvuaasta võrdlus näitab, et puudel kulus 1 kasvuaasta rohkem, et saavutada sarnane kõrguskasv arGrow kahe doosi puudega. Katseala mullaliik LkIg ja LPg põhjal kujuneb alast Ia boniteedi jänesekapsa-mustika kasvukohatüüp⁷ ning ka mullaanalüüsid näitasid, et tegemist on toitainetega hästi varustatud mullaga. Taolises puistus on uute kasvumudelite järgi keskmine kogutootlikkus 12 m³ ha⁻¹ aastas⁸, mis tähendab, et ühe kasvuaasta võit arGrow-ga varajases kultuuri arengus võrdub keskmiselt 12 m³ kasepuitu.

arGrow kasvu parandamise potentsiaalset mõju on vaja uurida pikemaajaliselt, sest kasvu kiirenemine võib avalduda hilisemas vanuses. Metsamaa alade AA230-11 ja SJ352-10 ei avaldunud oluliselt suurem kõrguskasv kolme aasta möödudes, kuid puud näitasid suuremat biomassi või tüve ruumala ehk puud olid nn „lopsakamad“. Sama trendi täheldati ka Järvselja katses kuuse ja männiga, kus tüve ruumala oli suurem arGrow kahe töötamise variandis. Pikaajalised arGrow uuringud välitingimustes on puudulikud ka Põhjamaades, kuid vähese informatsiooni põhjal avaldub kasvueelise hilisemas kultuuri vanuses (Joonis 17).



Joonis 17. Männikultuuri kõrgus ja tüve ruumala Kesk-Rootsi pikaajalises vaatluses. Roheline värv tähistab arGrow ühte doosi ja oranž kontrollala (käsikirjalised andmed Torgny Näsholm, Rootsi Põllumajandusteaduste Ülikool).

2.6. Esmased hinnangud elurikkusele ja keskkonnamõjudele.

arGrow kasutamine ei omanud mõju elurikkusele (Lisa 2). arGrow positiivne mõju avaldus kase potitaimele, mis tähendab suuremat lehevarist ja teoreetiliselt positiivset mõju mulla

süsiniku sisaldusele pikemas perioodis. Mulla korduskirjeldused on soovituslik teha 10 aasta möödudes alates algkirjeldusest. Doseeritud arGrow kogused hektari kohta on väga väikesed (100-300 g lämmastikku) ning leostumine puudub võrdluses põllumajanduses väetistena kasutatavate nitraadi ja ammooniumiga⁴.

3. Teaduskirjanduse ülevaade arGrow katsetest Põhjamaades, mis katavad uuringuid välitingimustes

Häggström, B., Domevscik, M., Öhlund, J., Nordin, A. 2021. Survival and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings in north Sweden: effects of planting position and arginine phosphate addition. *Scandinavian Journal of Forest Research*, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02827581.2021.1957999>

Taustainfo: Uurimus viidi läbi Põhja-Rootsis (61-67 N laiuskraadidel), kus uuriti arGrow mõju männiseemikute kasvule. Lisaks uuriti arGrow mõju erinevate maapinna ettevalmistusviiside korral (istutamine mättale, istutamine mineraalmulda eemaldatud mättal ja kontrollala ehk maapinna ettevalmistust ei tehtud). Uuriti ühekordse arGrow doosi lisamist. Kokku oli vaatluse all 12 ala, mis olid lageraie langid. Männi taimetüüp oli potitaim, 30 cm³ ja 50 cm³ mullapalliga, olenevalt alast. Mõõtmised viidi läbi peale 2. kasvuaastat.

Peamised tulemused: arGrow-ga töödeldud taimedel oli kõrgem säilivus kui kontrollalal. Seejuures parandas arGrow rohkem säilivust mättale istutatud taimedel (+6%). Kui maapinna ettevalmistust ei tehtud, ei omanud arGrow positiivset mõju säilivusele. arGrow mõju kasvule oli varieeruv erinevatel aladel, aga üldistusena võib öelda, et kahe kasvuaasta möödudes oli arGrow-l positiivne mõju kõrguskasvule viljakamates kasvukohtades (laiuskraadid rohkem lähedal Eestile).

Castro, D., Schneider, A.N., Holmlund, M., Näsholm, T., Street, N.R., Hurry, V. 2021. Effects of Early, Small-Scale Nitrogen Addition on Germination and Early Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris*) Seedlings and on the Recruitment of the Root-Associated Fungal Community. *Forests*, <https://doi.org/10.3390/f12111589>

Taustainfo: Uurimus viidi läbi Põhja-Rootsis (63 N laiuskraad), kus uuriti orgaanilise lämmastikuga (arginiin ehk arGrow peamine toimeaine) töödeldud männiseemnete arengut külvikultuuri teel metsa uuendades. Lämmastiku kogus toimaines oli 10 mg ehk 4 korda vähem kui ühe arGrow doosi korral (40 mg). Alal teostati klassikaline maapinna ettevalmistus. Andmed koguti peale esimest kasvuaastat.

Peamised tulemused: väikese koguse arGrow lisamine mõjus positiivselt külvikultuuri arengule. arGrow lisamine tõstis 1-aastaste seemikute säilivust ja lämmastiku sisaldust ning parandas seemikute koloniseeritust ektomükoriisa seentega.

Häggström, B; Lutter, R; Lundmark, F; Sjödin, F; Nordin, A. 2023. Effect of arginine-phosphate addition on early survival and growth of Scots pine, Norway spruce and silver birch. *Silva Fennica*, 57, 22013. <https://doi.org/10.14214/sf.22013>

Taustainfo: Uurimus viidi läbi kolmel katseala Rootsis metsamaal, kus üks katseala paiknes Lõuna-Rootsis (57 N) ja kaks Põhja-Rootsis (64 N). Kõikidel katsealadel võrreldi männikuuse- ja kasetaimede kasvu, säilivust ning männikärsaka ja ulukikahjustusi peale teist kasvuaastat ühekordse arGrow doosi korral.

Peamised tulemused: L-Rootsi aladel parandas arGrow männitaimede säilivust. P-Rootsis täheldati ühel alal arGrow positiivset mõju okaspuude kasvule, kuid kõrguskasvu suurenemine absoluutskaalal oli alla 10 cm. arGrow töötlusega puudel esines vähem ulukikahjustusi P-Rootsi alal, samas L-Rootsi alal oli tulemus vastupidine. L-Rootsis oli arGrow taimedel säilivus parem männikärsaka kahjustuse korral. Kokkuvõtvalt, arGrow mõjud olid tagasihoidlikud kasvu osas ning piirkondlikud tulemused erinesid biostimulandi kasutamise osas.

Luoronen, J., Saksa, T. 2023. The effects of arginine phosphate (ArGrow® Granulat) on growth of Scots pine and Norway spruce seedlings planted in varying soil layer structures simulating site preparation. *Forestry*, 1-10. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad060>

Taustainfo: uuritakse arGrow mõju kombinatsioonis maapinna ettevalmistusega männile ja kuusele Soomes. Maapinna ettevalmistuse tingimused on jäljendatud kunstlikes tingimustes (suured taimekasvatuse potid), mitte metsas. Kasutati arGrow ühekordset doosi.

Peamised tulemused: arGrow parandas mõlema puuliigi kõrguskasvu maapinna ettevalmistuse korral, kuid erinevus absoluutkasvus oli tagasihoidlik ja jäi alla 5 cm.

4. Allikad

¹ <https://arevo.se/en/>

² <https://biostimulants.eu/members/arevo/>

³ Näsholm, T., Ekblad, A., Nordin, A., Giesler, R., Högberg, M., Högberg, P. 1998. Boreal forest plants take up organic nitrogen. *Nature*, 392, 914–916.

⁴ <https://arevo.se/sv/knowledge-space/proin-eget-tristique-neque-non-tempus-nibh-0-0>

⁵ Öhlund, J., Näsholm, T. 2002. Low Nitrogen Losses with a New Source of Nitrogen for Cultivation of Conifer Seedlings. *Environ. Sci. Technol*, 36, 4854–4859.

⁶ Öhlund, J., Näsholm, T. 2001. Growth of conifer seedlings on organic and inorganic nitrogen sources. *Tree Physiology*, 21, 1319–1326

⁷ Asi, E., Kölli, R., Laas, E. 2004. Põllumaade metsastamine. SA Erametsakeskus, Tartu, 83 lk.

⁸ Padari, A., Kiviste, A., Laarmann, D., Kangur, A. 2023. The model of stand basal area gross growth on the data of the Estonian Network of Forest Research Plots. *Forestry Studies*, 78, 91-142.