

**MYKORRITSAN JA LANNOITUKSEN YHTEISVAIKUTUS
PORKKANAN LUOMUVILJELYSSÄ**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Puutarhatalous, Lepaa

kevät, 2021

Juha Parvio

TIIVISTELMÄ

Mykorritsa eli sienijuuri elää symbioosissa useimpien kasvien kanssa auttaen kasvia ravinteiden otossa. Mykorritsasta on kasville hyötyä erityisesti silloin, kun ravinteita on niukasti saatavilla. Luomuviljelyssä tilanne on usein tämä, sillä ravinnetalous perustuu viljelykiertoon, viherlannoitukseen, karjanlantaan ja hidasliukoisiin luomulannoitteisiin. Avomaan vihannekset tarvitsevat kuitenkin verrattain paljon ravinteita, minkä vuoksi mykorritsan käytöstä voisi olla apua avomaanvihannesten luonnonmukaisessa viljelyssä.

Mustialan opetus- ja tutkimusmaatilalla järjestettiin kesällä 2020 pienimuotoinen luomuporkkanakoe osana HAMKin Luomussa vara parempi -hanketta. Kokeessa haluttiin selvittää mykorritsan ja luomulannoitteen yhteisvaikutusta porkkanan kasvuun, satomäärään ja sadon laatuun. Vaikutusta satomäärään arvioitiin porkkanan keskimääräisellä painolla ja vaikutusta sadon laatuun mittaamalla porkkanoiden Brix-arvot.

Porkkanakasvuston rehevyyteen lannoite vaikutti positiivisesti, mutta mykorritsan vaikutus jäi epäselväksi. Myös sadon määrään lannoite vaikutti positiivisesti. Mykorritsan vaikutus sadon määrään oli positiivinen, kun sitä käytettiin ilman lannoitetta, mutta negatiivinen käytettynä lannoitteen kanssa. Korkeimmat Brix-arvot mitattiin porkkanoista, joilla oli käytetty mykorritsaa, mutta lannoitteen käyttö samanaikaisesti alensi Brix-arvoja hieman. Tulosten perusteella näyttää siltä, että lannoite häiritsee mykorritsan toimintaa tai porkkana ei saa mykorritsasta hyötyä silloin, kun ravinteita on helposti saatavilla lannoitteena.

Lepaa

Author Juha Parvio

Year 2021

Subject Combined effect of mycorrhiza and fertilization in organic carrot cultivation

Supervisors Arto Vuollet

ABSTRACT

Mycorrhiza lives in symbiosis with most of plants helping the plant in its nutrient uptake. The plant benefits from the mycorrhiza especially when there is a scarcity of nutrients. In organic cultivation, this is often the situation, because plant nutrition is based on crop rotation, green manure, cattle manure, and slow soluble organic fertilizers. However, field vegetables need a relatively large amount of nutrients what for the use of mycorrhiza could have an advantage in the organic cultivation of field vegetables.

In the summer of 2020, a small-scale organic carrot experiment was organized at Mustiala educational and research farm as a part of HAMK's Luomussa vara parempi -project. The aim of the experiment was to study what kind of influence does mycorrhiza and organic fertilizer have on carrots' growth, yield, and yield quality. The effect on yield was evaluated by the average weight of the carrot and the effect on yield quality by measuring the Brix values of the carrots.

The fertilizer had a positive impact to the vegetation lush, but the influence of mycorrhiza remained unclear. Also, to the amount of yield the fertilizer had a positive impact. To the amount of yield the effect of mycorrhiza was positive when using it without fertilizer, but negative when using it at the same time as fertilizer. The highest Brix values were measured in carrots cultivated with mycorrhiza but using fertilizer at the same time reduced Brix values a bit. Based on the results it seems that fertilizer disturbs the function of mycorrhiza or that the carrot does not benefit from it when nutrients are easily available from fertilizer.

Keywords Carrot, mycorrhiza, fertilization, organic cultivation

Pages 35 pages and appendices 4 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Kirjallisuuskatsaus.....	1
2.1	Porkkana viljelykasvina	1
2.2	Mykorrhitsa	4
2.3	Mykorrhitsa porkkanalla	6
3	Aineisto ja menetelmät	8
3.1	Koeasetelma.....	8
3.1.1	Pelto	8
3.1.2	Lajikkeet	9
3.1.3	Lannoite ja mykorrhitsa	9
3.1.4	Kokeen perustaminen	10
3.1.5	Hoito.....	12
3.1.6	Tuholaisten seuranta.....	15
3.2	Havainnot.....	16
3.2.1	Taimettumisen havainnointi	16
3.2.2	Kasvunseuranta	17
3.2.3	Satomittaukset	18
3.2.4	Sokeripitoisuuden mittaus	19
4	Tulokset	21
4.1	Taimettumishavainnot.....	21
4.2	Kasvuston peittävyys.....	22
4.3	Satomäärä	24
4.4	Sokeripitoisuus.....	27
4.5	Viljavuusanalyysit.....	29
5	Pohdinta ja johtopäätökset	30
6	Kiitokset.....	34
	Lähteet.....	35

Liitteet

Liite 1	Viljavuusanalyysien tulokset
Liite 2	Mykorrhitsajauheen tuoteseloste
Liite 3	Porkkanan painoindeksin laskeminen

1 Johdanto

Porkkana on tärkein viljelty avomaanvihannes Suomessa. Sen tavanomainen viljely on hyvin riippuvaista kasvinsuojeluaineista, sillä porkkana on arka tuholaisille ja huono kilpailemaan rikkakasveja vastaan. Nykyään kuitenkin tiedostetaan, että monet kasvinsuojeluaineet ovat haitallisia ympäristölle, minkä vuoksi kasvinsuojeluaineiden käyttöä pyritään rajoittamaan kansallisella ja EU-tasolla. Tämän seurauksena porkkanan tavanomainen viljely Suomessa on uhattuna, sillä tuholaisien ja rikkakasvien torjuntaan on enää hyvin vähän vaihtoehtoja jäljellä. Luomuviljelyssä keinoja tuholaisien ja rikkakasvien torjuntaan ovat harsot ja verkot sekä liekitykset ja haraukset. Saattaa olla, että porkkanan viljelyssä on yleisesti siirryttävä luomuun, minkä vuoksi porkkanan luomuviljelyn tutkiminen on ajankohtaista ja tärkeää.

Hämeen ammattikorkeakoulun Mustialan toimipisteessä järjestettiin kesällä 2020 pienimuotoinen luomuporkkanakoe. Kokeessa tutkittiin, miten luomulannoitus ja mykorritsa vaikuttavat yhdessä ja erikseen porkkanan taimettumiseen, kasvuun ja satoon. Perusolettamus oli, että lannoituksella ja mykorritsalla on positiivinen vaikutus porkkanan kasvuun ja satoon. Lannoite- ja mykorritsatutkimuksen ohella luomukokeen tarkoituksena oli saada kokemusta siitä, mitkä olisivat järkeviä toimintatapoja pienimuotoiseen luomuporkkananviljelyyn ja lajikekokeiden järjestämiseen. Tällöin koe voisi toimia virikkeenä ja kannustimena viljelijöille, jotka harkitsevat porkkanan luomuviljelyn aloittamista. Tämän vuoksi järjestetyn kokeen perustaminen ja hoitotoimenpiteet on selostettu hyvin tarkasti. Opinnäytetyön kirjoittaja vastasi kokeen toteuttamisesta hyvin itsenäisesti osana puutarhatalouden (AMK) opintoihin kuuluvaa asiantuntijaharjoittelua.

2 Kirjallisuuskatsaus

2.1 Porkkana viljelykasvina

Ruokaporkkana (*Daucus carota* subsp. *sativus*) on sarjakukkaiskasvien heimoon (*Apiaceae*) kuuluva kaksivuotinen juurikasvi. Ensimmäisenä kasvukautena porkkana kasvattaa paksun ja mehevän juuren sekä lehtiruusukkeeseen. Jos porkkanaa ei korjata ensimmäisen kasvukauden jälkeen, niin kuin normaalisti tehdään, toisena vuotena porkkana kasvattaa juuren

vararavinnon turvin kukkavarren ja kukkii sekä tekee siemenet. Porkkanan viljelystä on saatavilla runsaasti tietoa sekä kirjallisuudessa että verkossa. Tässä alaluvussa lähteenä on käytetty Pyhäjärvi-instituutin verkkosivuja (Pyhäjärvi-instituutti, n.d.) sekä Vihannekset: lajit, viljely ja sato -kirjaa (Voipio, 2001). Porkkana on satomäärällä mitattuna tärkein ja eniten viljelty avomaanvihannes Suomessa. Vuonna 2019 porkkanan viljelyala oli noin 1 800 ha, josta luomualaa oli 90 ha. Kokonaissato Suomessa oli noin 77 000 tonnia, josta noin 3 000 tonnia luomuna. Seuraavaksi eniten viljellyn avomaavihanneksen, ruokasipulin sato jäi alle puoleen porkkanan kokonaissadosta. (Luke, 2020a; Luke, 2020b)

Porkkanan kasvuun lähtö on hidas. Kylvöstä taimettumiseen kuluu keskimäärin 1,5–2 viikkoa. Maan lämpötilalla on suuri vaikutus; kylmässä taimettuminen hidastuu ja voi jäädä epätasaiseksi. Maan optimilämpötila porkkanan taimettumiselle on 18–20 °C, mutta harvoin tämä toteutuu, koska pitkän kasvuajan vaativana kasvina porkkana kylvetään aikaisin. Minimilämpötila on noin 8 °C, jota kylmemmässä taimettumista ei juurikaan tapahdu. Kasvunsa alkuvaiheessa porkkanan juuri kasvaa nopeasti pituutta ja lehtiä muodostuu useita. Vasta heinäkuussa, kun päivän pituus alkaa lyhentyä, porkkanan juuri alkaa kasvaa paksuutta, elokuussa kiihtyvästi. Samalla myös juuren sokeripitoisuus kohoaa. Öiden kylmetessä elo-syyskuussa porkkana alkaa vähitellen tuleentua, jolloin juuren paksuuskasvu loppuu ja kärki pyöristyy sekä naatti muuttuu helpommin irtoavaksi. Porkkanan tuleentuminen ja lepotilaan asettuminen on edellytys varastoitavan porkkanan säilymiselle.

Kehityksensä alkuvaiheessa porkkanakasvusto on pitkään huonosti maata peittävä ja siten erittäin huono kilpailemaan rikkakasveja vastaan. Menestyksekkäs porkkananviljely edellyttää tästä syystä kestorikkakasvien hävitystä ennen porkkanan viljelyn aloittamista. (Luke, 2016) Myös yksivuotiset rikkakasvit muodostuvat porkkanalle helposti ongelmaksi. Koska porkkana taimettuu hitaasti, voidaan porkkanamaalle tehdä kokoalaliekitys ennen taimettumista noin viikon kuluttua kylvöstä. Kokoalaliekitys vähentää rikkakasvipainetta merkittävästi, mikäli suuri osa rikkakasveista on ehtinyt taimettua tähän mennessä. Rikkakasvien taimettumista voidaan edesauttaa viivästetyllä kylvöllä, jolloin porkkana kylvetään vasta 5–7 vrk kylvömuokkauksen jälkeen. Porkkanan taimettumisen jälkeen liekitys on mahdollista vain riviväleistä. Muita luomuviljelyyn soveltuvia rikkakasvien torjuntamenetelmiä ovat lähinnä rivivälien haraaminen ja harjaaminen sekä kitkentä. Myös porkkanan multaus torjuu rikkakasveja, mutta sen pääasiallinen tarkoitus on kannan vihertymisen estäminen.

Porkkana on myös hyvin altis tuholaiden vaurioille. Merkittävimmät tuholaiset ovat porkkanakemppi ja porkkanakärpänen. Porkkanakemppi on pieni, noin 3 mm pitkä vihreä tai kellanruskea hyönteinen. Kemppit talvehtivat havupuissa, mistä ne lentävät touko-kesäkuussa porkkanalle tai muille sarjakukkaisille munimaan. Porkkanakemppi imee porkkanan kasvupistettä, mikä aiheuttaa lehtien sykeröitymisen persiljamaisiksi. Juurista tulee partaisia ja ne jäävät pieniksi. Porkkana on alttein kempin vaurioille ollessaan 2–3-lehtivaiheessa. Kemppiä voi jossain määrin ennalta ehkäistä valitsemalla porkkanalle avoin ja tuulinen pelto, jossa ei ole talvehtimispaikkoja lähellä.

Porkkanakärpänen on 4–5 mm pitkä kiiltävän musta hyönteinen, joka talvehtii kotelona porkkanamaassa. Siten sen ennalta ehkäisyssä viljelykierto on erittäin tärkeää.

Porkkanakärpänen munii heinäkuun alussa hyvin lähelle isäntäkasvia. Munista kuoriutuu parissa viikossa toukkia, jotka ovat 8–10 mm pitkiä, väriltään kermanvalkeita. Toukat ovat varsinainen tuhon aiheuttaja. Ne syövät juuriin pieniä koloja ja käytäviä pilaten porkkanoita. Tämä altistaa porkkanan myös erilaisille kasvitaudeille.

Sekä porkkanakemppiä että porkkanakärpästä voidaan luomuviljelyssä torjua mekaanisesti harsoilla tai tuholaisverkoilla. Nämä tulisi levittää porkkanamaan päälle jo ennen porkkanan taimettumista ja ne tulisi pitää tiivisti paikoillaan, kunnes porkkana on ohittanut tuholaisille herkimmän vaiheensa. Harson käytössä voi kuitenkin olla ongelmana, että helteellä sen alla lämpötila nousee liian korkeaksi. Siksi tuholaisverkko lienee parempi ratkaisu.

Tuholaisverkon valinnassa kannattaa kiinnittää huomiota verkon silmäkoko. Jotta verkko torjuisi porkkanakemppin, silmäkoko pitäisi olla 0,8 mm tai pienempi. On viitteitä, että tästäkin silmäkoosta kemppit ovat joskus päässeet läpi, mutta tapaukset ovat liittyneet verkon venymiseen käytössä.

Lannoituksen suhteen porkkana on melko vaatimaton kasvi verrattuna muihin vihanneksiin esim. kaaleihin. Hyviin viljelytuloksiin voidaan päästä jo melko vähäiselläkin lannoituksella, kunhan maan rakenne on kunnossa. Porkkana on myös tehokas hyödyntämään maassa saatavilla olevia ravinteita. Lannoituksessa tärkeintä on huolehtia porkkanan riittävästä kaliumin saannista. Kaliumia suositellaan annettavaksi maan viljavuuden mukaan 80–230 kg/ha. Porkkanan työntarve on melko pieni verrattuna muihin vihanneksiin. Typpilannoituksen enimmäismäärä on maan multavuuden mukaan 100–120

kg/ha. Fosforilannoituksen enimmäismäärä riippuu hyvin paljon maan viljavuusluokasta. Luokassa hyvä fosforia voi antaa enintään 35 kg/ha. Hivenravinteista tärkein on boori, jonka puutos aiheuttaa porkkanoiden halkeilua ja epämuotoisuutta. (Yara, 2020)

2.2 Mykorrhitsa

Mykorrhitsalla eli sienijuurella tarkoitetaan sienirihmastoja, jotka elää symbioosissa jonkin kasvin juuriston kanssa. On havaittu, että yli 90 % maapallon kasvilajeista elää tyypillisesti mykorrhitsan kanssa symbioosissa. Mykorrhitsa on siis enemmän sääntö kuin poikkeus. Symbioottinen suhde on yleensä mutualistinen eli molempia osapuolia hyödyttävä. Mykorrhitsa auttaa kasvia ravinteiden hankinnassa ja voi myös parantaa kasvin vastustuskykyä maalevintäisiä taudinaiheuttajia vastaan. Kasvi puolestaan antaa mykorrhitsalle yhteyttämisessä muodostamia energiaa sisältäviä yhdisteitä, hiilihydraatteja. Lisäksi mykorrhitsalla on tärkeä merkitys maan mururakenteen muodostumisessa. (Vestberg & Timonen, 2018)

Mykorrhitsat jaetaan kahteen päätyyppiin: endomykorrhitsoihin ja ektomykorrhitsoihin. Endomykorrhitsat kasvattavat rihmoja kasvin juurten soluseinien läpi soluseinän ja solukalvon väliin, jossa ne muodostavat erilaisia rakenteita. Tähän ryhmään kuuluvat arbuskelimykorrhitsat eli keräsienijuuret, joita tavataan kaikkein laajimmin kasvukunnan eri kaarissa. Arvion mukaan yli 70 % koppisiemenisten lajeista muodostaa sienijuuria arbuskelimykorrhitsojen kanssa. Myös suurin osa yksivuotisista maatalous- ja puutarhakasveista hyötyy endomykorrhitsoista (Maronek ym., 1981). Ektomykorrhitsojen rihmat jäävät kasvin juuren soluväleihin, eivätkä läpäise soluseiniä. Ektomykorrhitsat ovat puuvartisten kasvien sienijuuria ja ne muodostavat tavallisesti sienijuurivaipan kasvin juuren ympärille. Suuri osa ruokasienistä toimii metsäpuiden ektomykorrhitsoina. Lisäksi on olemassa sekatyypisiä ektendomykorrhitsoja, joilla on kummankin edellisen mykorrhitsatyyppien piirteitä. (Vestberg & Timonen, 2018)

Mykorrhitsan avulla kasvi pystyy hyödyntämään arvioiden mukaan sata tai tuhat kertaa suuremman maatilavuuden kuin se pystyisi pelkällä omalla juuristollaan hyödyntämään. Arbuskelimykorrhitsojen rihmasto ulottuu 10–15 cm päähän, ektomykorrhitsojen jopa useiden metrien päähän kasvin juuresta. Sienirihmasto (0,005 mm) on myös paljon ohuempaa kuin

kasvin juurikarvat (0,15 mm), joten se pystyy tunkeutumaan pienempiin huokosiin, ja ottamaan niistä ravinteita ja vettä, mistä isäntäkasvi hyötyy. Lisäksi mykorritsa pystyy ottamaan ravinteita kasvin juuria monipuolisemmin erilaisista kemiallisista yhdisteistä. Mykorritsojen on jo kauan tiedetty tehostavan erityisesti kasvin fosforin ottoa. Myöhemmin on selvinnyt, että niistä on apua myös typen otossa. Lisäksi mykorritsa voi helpottaa kasvin kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, rikin, sinkin, kuparin ja raudan ottoa. (Vestberg & Timonen, 2018) Mykorritsan avulla parantunut ravinteiden otto heijastuu usein kasvin paremmassa selviytymisessä, kasvussa, sadossa ja ravintoarvossa. Myös kasvin stressinsieto maan lämpötila-, kosteus- ja pH-vaihteluihin sekä ravinneniukkuutta, suolaisuutta ja myrkyjä kohtaan voi parantua mykorritsan ansiosta. (Maronek ym., 1981)

Arbuskelimykorrhizat tehostavat erityisesti kasvien fosforin ottoa. Niiden merkitys typen otossa on vähäisempi, mutta tätäkin tutkitaan. Jopa 80 % kasvin tarvitsemasta fosforista voi tulla arbuskelimykorrhizan kuljettamana ja kasvin parempi kasvu on usein seurausta nimenomaan lisääntyneestä fosforin otosta. Fosfori liikkuu sienirihmoissa kymmenen kertaa nopeammin kuin kasvin juurissa. Kasvilajien välillä on eroja kyvyssä selviytyä ilman mykorritsaa. Esimerkiksi monet ristikkukaiskasvit eivät lainkaan tarvitse mykorritsaa, kun taas sitruksot välttämättä vaativat mykorritsan kasvaakseen normaalisti. Kyky selviytyä omillaan näkyy erityisesti juurikarvojen pituudessa ja tiheydessä. Mitä enemmän ja tiheämmässä juurikarvoja on, sitä todennäköisemmin kasvi selviytyy ilman mykorritsaa. Suurimmalla osalla yksivuotisista kasveista on riittävät juurikarvat, ja ne kykenevät täten hyvään kasvuun ilmankin mykorritsaa, jos vettä ja ravinteita on riittävästi saatavilla. Silti näistäkin kasveista suurin osa hyötyy mykorritsasta, sillä omilla juurillaan kasvi pystyy ottamaan maasta heikosti liikkuvaa fosforia vain ritsosfäärialueelta 1–2 mm etäisyydeltä juuren pinnasta. Mykorritsan avulla tämä etäisyys jopa satakertaistuu. Lisäksi mykorritsalla on kyky irrottaa maasta vaikealiukoista fosforia. (Maronek ym., 1981)

Mykorritsojen merkitys korostuu, kun maassa on ravinteista niukkuutta ja ravinnelähteet ovat vaikealiukoisia. Kasvit ovat luonnossa sopeutuneet elämään ravinneköyhissä olosuhteissa, jolloin symbioosi mykorritsojen kanssa on ollut suuri kilpailuetu. Myös perinteiset viljelytekniikat: lannan käyttö, viherlannoitus ja viljelykierto, joita yleisesti luomussa käytetään, lienevät tehokkaita suurelta osin siksi, että niillä on positiivinen vaikutus maassa eläviin mykorritsoihin (Maronek ym., 1981). Nykyajan tehomaataloudessa

ja tavanomaisessa tuotannossa olosuhteet ovat hyvin toisenlaiset, kun maahan lisätään suuria määriä helppoliukoisia ravinteita väkilannoitteina. Tällöin kasvi saa tarvitsemansa ravinteet omin avuin ja mykorritsa jää turhaksi, vaikka luonnossa kasvi olisikin hyvin riippuvainen mykorritsasta. Lisäksi voimakas lannoitus ja maanmuokkaus häiritsee mykorritsojen kehitystä. Saattaa käydä niin, että mykorritsasta tulee kasville loinen, joka lähinnä varastaa kasvilta yhteyttämistuotteita, jolloin sato kärsii. Mykorritsa voi nimittäin kuluttaa isäntäkasvin yhteyttämistuotteista 5–20 %. Lisäksi nykyaikaiset pitkälle jalostetut viljelylajikkeet eivät välttämättä osaa hyödyntää mykorritsaa samalla tavalla kuin vanhat maatiaiset ja luonnonlajit. (Vestberg & Timonen, 2018)

2.3 Mykorritsa porkkanalla

Porkkanalla mykorritsaa ei ole tutkittu kovin paljon, mutta tiedetään kuitenkin, että porkkana hyötyy symbioosista arbuskelimykorritsojen kanssa. Vuonna 2018 Intiassa tehdyssä laboratoriotutkimuksessa (Lone ym., 2018) pintasteriloituja porkkanan siemeniä kylvettiin ruukkuihin steriiliin kasvualustaan. Puolet ruukuista ympätettiin mykorritsalajeilla *Glomus intraradices* ja *Glomus mosseae*. Kokeessa tutkittiin mykorritsan vaikutusta porkkanan kasvuun sekä otettujen ravinteiden ja metaboliatuotteiden määrään. Havaittiin, että porkkanoiden tuore- ja kuivapaino sekä lehtien lukumäärä olivat suurempia ja taimet korkeampia mykorritsalla ympätyissä ruukuissa kuin kontrolliruukuissa, joita ei ollut ympätetty. Samoin havaittiin, että ympättyjen ruukkujen porkkanoissa oli korkeammat sokeri-, proteiini- ja fenolipitoisuudet kuin kontrolliruukkujen porkkanoissa. Myös pääravinteiden, typen, fosforin ja kaliumin pitoisuudet olivat korkeammat ympättyjen ruukkujen porkkanoissa.

Yhdysvalloissa vuosina 2016–2017 tehdyissä kenttäkokeissa (Keller-Pearson ym., 2020) vertailtiin mykorritsan vaikutusta porkkanan painoon ja pituuteen perinteisten avopölytteisten sekä modernien hybridilajikkeiden välillä luomuviljelyolosuhteissa. Koe toistettiin peräkkäisinä vuosina ja kumpanakin vuonna oli kaksi koetta kahden viikon aikaerolla. Porkkanat viljeltiin muovitunneleissa, joissa ne kasteltiin tippukastelulla. Kastelun suhteen oli kaksi ryhmää: hyvin kasteltu ja rajoitettu kastelu, jotka sijaitsivat erillisissä tunneleissa. Kokeessa oli neljä porkkanalajiketta: kaksi avopölytteistä ja kaksi hybridilajiketta. Kokeessa käytettiin neljää eri mykorritsalajia, joista kustakin oli vielä kaksi

maantieteellisesti erillistä kantaa. Kunkin porkkanalajikkeen siemeniä ympättiin kaikilla näillä mykorritsakannoilla erikseen, joten lajike-mykorritsa-yhdistelmiä oli yhteensä 36, mukaan lukien kontrollit, jotka eivät saaneet mykorritsaymppiä. Porkkanat korjattiin käsin n. 110 vrk kuluttua kylvöstä. Porkkanoiden pääjuuren ja naatin tuorepainot punnittiin sekä pääjuuren pituudet mitattiin. Myös juuren kuivapainot määritettiin.

Avopölytteisillä lajikkeilla juuren paino ja pituus kasvoivat kaikilla kahdeksalla mykorritsaymppyksellä kontrolliin verrattuna kastelumäärästä riippumatta. Ero kontrolliin nähden oli tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan hybridilajikkeilla mykorritsalisäyksellä ei ollut merkitsevää vaikutusta porkkanan kokoon tai se oli jopa hieman negatiivinen. Eri mykorritsalajien välillä ei havaittu merkittäviä eroja vaikutuksessa porkkanan kokoon, joten niitä ei voi tutkimuksen perusteella asettaa paremmuusjärjestykseen.

Mykorritsakolonisaatioita havaittiin kaikkien koejäsenten juurissa, myös kontrollissa, joten maaperässä luontaisesti esiintyneet mykorritsat ovat vaikuttaneet porkkanoiden kasvuun ja kokeen tuloksiin. (Keller-Pearson ym., 2020)

Kyseessä olevan tutkimuksen tulokset vahvistavat porkkanan osalta aikaisempien, muilla kasveilla tehtyjen kokeiden tulokset siitä, että perinteiset avopölytteiset lajikkeet hyötyvät moderneja hybridilajikkeita enemmän mykorritsan läsnäolosta maassa. Vanhat lajikkeet ovat peräisin olosuhteista, joissa typen ja fosforin saatavuus on ollut rajoitettua. Ne ovat joutuneet sopeutumaan ravinteiden niukkuuteen, jolloin yhteistyöstä mykorritsan kanssa on ollut merkittävää apua. Sen sijaan modernit hybridilajikkeet on jalostettu tavanomaisen tuotannon tarpeisiin, jossa maan ravinnepitoisuudet pidetään väkilannoitteilla huomattavan korkealla tasolla. Jalostuksessa päähuomio on kiinnittynyt korkeaan sadontuottoon antamalla kasvin tarvitsemat ravinteet lannoitteena, jolloin mykorritsa on jäänyt kasville turhaksi. Modernit lajikkeet eivät siis välttämättä osaa hyödyntää mykorritsaa yhtä hyvin kuin vanhat eivätkä siten pärjää niin hyvin niukkaravinteisissa olosuhteissa. Keller-Pearsonin ym. (2020) tutkimuksen lopputulemana onkin, että luomuviljelyn onnistumiseen lajikevalinnalla on erittäin suuri merkitys. Luomuun hyvin soveltuva lajike on tärkeämpi kuin ympäys mykorritsalla, koska soveltumaton lajike ei sitä välttämättä osaa hyödyntää ja toisaalta hyvä lajike hyötyy maassa luonnostaan esiintyvistä mykorritsoista.

3 Aineisto ja menetelmät

Sain asiantuntijaharjoittelupaikan kesäksi 2020 HAMK Mustialasta, jossa tehtiin Luomussa vara parempi -hankkeen tiimoilta luomuvihanneskoe. Kokeen suunnittelu, toteuttaminen ja raportointi oli tärkein tehtäväni harjoittelun aikana. Suunnitelman päälinjat oli päätetty yhteisesti HAMK Mustialan ja hankkeen yhteistyökumppaneiden, Luken, Novarbo Oy:n ja ProAgrian kanssa jo keväällä pidetyssä kokouksessa. Tutkimuskasviksi valikoitui porkkana. Alun perin kokeessa oli tarkoituksena selvittää, mitkä porkkanalajikkeet soveltuisivat luomuviljelyyn parhaiten ja olisivat hyvänmakuisia. Luomusiemenen saatavuus Suomessa osoittautui kuitenkin hyvin huonoksi ja kokeeseen päädyttiin ottamaan mitkä tahansa kolme varhaisporkkanalajiketta, joista vain saataisiin peittaamatonta siementä. Siten lajikkeiden soveltuvuutta luomuviljelyyn, ei voitu sen enempää miettiä.

Kokeessa päätettiin selvittää lannoituksen vaikutusta porkkanan kasvuun eri lannoitustasoilla. Mukaan otettiin myös mykorritsa eli sienijuuri, joka elää useimpien kasvien, myös porkkanan, kanssa symbioosissa auttaen kasvia ravinteiden otossa. Kokeen tavoitteeksi muodostui selvittää lannoituksen ja mykorritsan yhteisvaikutus porkkanan kasvuun ja satoon. Päädyttiin koeasetelmaan, jossa oli neljä erilaista käsittelyä: lannoite, lannoite+mykorritsa, mykorritsa ja käsittelemätön. Nämä kaikki käsittelyt tehtiin kolmelle varhaislajikkeelle: 'Mokum F1', 'Speedo F1', ja 'Exelso F1', joten koejäseniä oli yhteensä 12. Kokeessa kasvatetut porkkanat menivät käytettäväksi Mustialan ruokalaan, Huttulaan.

3.1 Koeasetelma

3.1.1 Pelto

Luomuporkkanakoe toteutettiin Mustialan opetus- ja tutkimusmaatilalla kesällä 2020. Koetta varten oli valittu Nokkamäen lohko, jonka ravinnepitoisuudet eivät olleet kovin korkealla tasolla. Näin siksi, jotta lannoituksella olisi mahdollista saada eroja näkyviin porkkanan kasvussa. Lohkon maalaji on porkkanalle sopiva multava hietamoreeni. Lohkolla ei ole aikaisemmin viljelty porkkanaa. Esikasvina lohkolla oli vuonna 2019 säilörehunurmi, jonka jälkeen lohkolle oli kylvetty syysvehnä 'Ceylon'. Porkkanakoetta varten lohkon pohjoisreunaan kynnettiin 5.5. 6 m leveä kaistale, jonka annettiin odottaa puolisen

kuukautta, jotta hyvässä kasvussa ollut syysvehnä saataisiin kuolemaan ennen porkkanan kylvöä. Kynnetystä alasta otettiin 12.5. maanäyte, jotta pellon ravinnetila kokeen alussa saatiin selville. Viljavuusanalyysin tulokset ovat liitteessä 1.

3.1.2 Lajikkeet

Porkkanan siementen hankinta osoittautui vaikeaksi. Siemenfirmat myyvät vain suuria pakkauksia, pääosin peitattuja siemeniä, ja lähialueen porkkananviljelijöillä oli myös vain peitattuja siemeniä, sillä he eivät ole luomussa. Lopulta mikkeliäiseltä luomuviljelijältä, Paavo Pulkkiselta, saatiin kahden porkkanalajikkeen 'Speedo F1' ja 'Exelso F1' siemeniä, kumpaakin 5 000 kpl. Kolmannen lajikkeen, 'Mokum F1' siemenet päädyttiin ostamaan annospusseissa paikallisesta maatalouskaupasta. Kyseessä olivat harrastelijoille tarkoitettut Lord Nelson -tuotemerkin siemenet, jotka eivät vastaa laadultaan ammattikäyttöön tarkoitettua siementä. Taulukossa 1 on lueteltu kokeessa käytetyt porkkanalajikkeet oheistietoineen. Jatkossa jätän tekstissä lajikkeiden F1-päätteet pois selkeyden vuoksi.

Taulukko 1. Porkkanakokeen lajikkeet sekä siemenen itävyys, lajikkeen kasvu-aika ja tyyppi.

Lajike	Pakkaaja/Jälleenmyyjä	Itävyys	Kasvu-aika	Tyyppi
Mokum F1	Lord Nelson/Hankkija	min. 65 %	87 vrk	Amsterdam
Speedo F1	Vilmorin/SGNieminen	93 %	95 vrk	Nantes
Exelso F1	Vilmorin/SGNieminen	90 %	90-110 vrk	Nantes

3.1.3 Lannoite ja mykorritsa

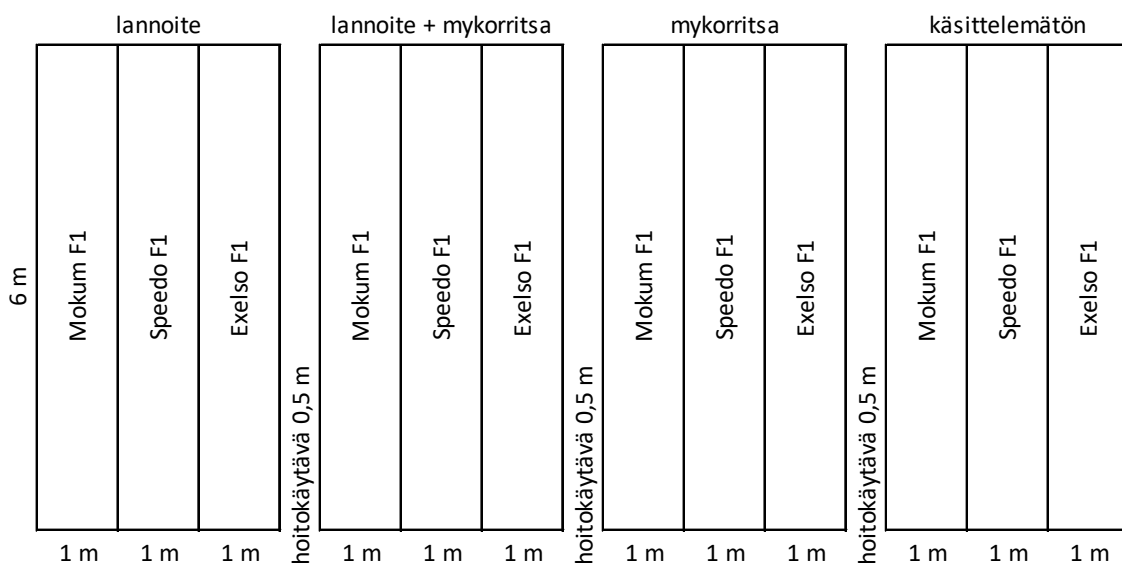
Kokeessa käytetty lannoite oli luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuva rakeinen Biolan Peruna- ja juureslannoite (NPK 3-1-7), joka sisältää myös hivenravinteita (Biolan, n.d.). Typpilannoitustasoksi oli päätetty 50 kg N/ha, jolloin lannoitemääräksi tuli 1666 kg/ha. Yhtä 6 m² koeruutua kohden lannoitemäärä oli 1,0 kg. Annetulla lannoitemäärällä fosforilannoitustasoksi tuli n. 17 kg P/ha ja kaliumlannoitustasoksi n. 117 kg K/ha. Annetut typpi- ja fosforimäärät olivat noin puolet porkkanalle sallitusta enimmäismäärästä multavuuden ja viljavuusluokan mukaisesti (Yara, 2020). Lannoitustaso oli siis hyvin maltillinen, mikä on yleinen käytäntö porkkanan luomuviljelyssä.

Käytetty mykorritsa oli Novarbo Oy:n markkinoima Symbio MycoForce Grass SeedCoat. Jauheen käyttömäärä kokeessa oli 2,5 g/rivimetri annosteltuna suoraan kylvövakoon. Tuote sisältää sekä endo- että ektomykorritsoja. Endomykorritsoja ja samalla arbuskelimyykorritsoiksi luettavia lajeja ovat seitsemän *Glomus*-suvun lajeja sekä kaksi muihin sukuihin kuuluvaa lajeja. Ektomykorritsoja on yhdeksän eri sukuihin kuuluvaa lajeja. Mykorritsajauheen tuoteseloste on liitteessä 2.

3.1.4 Kokeen perustaminen

Kynnetylle alalle merkittiin 12 kpl 6 m pitkä ja 1 m leveää koeruutua. Porkkana-ala oli siis yhteensä 72 m². Ruudut olivat neljässä kolmen ruudun ryhmässä (kuva 1), joilla oli kullakin erilainen lannoitus/mykorritsakäsittely. Ryhmien välissä oli 0,5 m leveät tyhjät hoitokäytävät, mutta saman ryhmän sisällä olevat kolme ruutua eri lajikkeille olivat aivan kiinni toisissaan.

Kuva 1. Porkkanakokeen ruutukartta ja lajikkeiden sijoittelu koeruutuihin.



Kynnetyt alueet kultivoitiin 22.5. hanhenjalkakultivaattorilla n. 20 cm syvyyteen asti. Sen jälkeen alue jyrsittiin vaakatasojyrsimellä n. 15 cm syvyyteen. Tämän jälkeen lannoitin käsin puolet koeruuduista (2 ruuturyhmää) ja sekoitin lannoitteen kevyesti maahan lapiorullaäkeen kaltaisella käsityökalulla. Lopuksi muokkasin maan kylvökuntoon rautaharavalla.

Porkkanan kylvö oli tarkoitus tehdä työnnettävällä Mini Nibex -kylvökoneella, joka saatiin lainaan Lukelta Jokioisilta. Osoittautui kuitenkin, että siemenmäärä, joka oli käytettävissä, oli niin pieni, ettei sen kylväminen Mini Nibexillä onnistunut. Kokeilin myös juurikkaan kylvössä käytettyä Tume-kylvökoneetta, mutta se antoi liikaa siementä. Koska sopivaa kylvökoneetta ei ollut käytettävissä, jouduin kylvämään porkkanan käsin. Kylväminen alkoi 25.5. ja tuli valmiiksi 27.5. (kuva 2).

Kuva 2. Porkkanakokeen koeruudut kylvön jälkeen 27.5. Koeruudut sijaitsivat pellon laidassa.

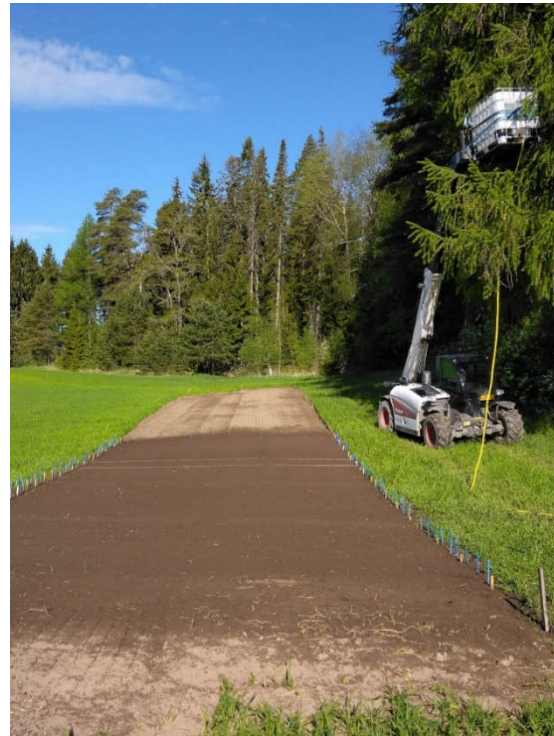


Jokaiseen koeruutuun kylvin kolme riviä porkkanaa, jolloin riviväliksi tuli 33 cm. Kylvötiheys oli 50 siementä/metri ja kylvösyvyys n. 2–3 cm. Kylvömäärä oli siis 900 siementä/ruutu eli kaikkiaan 10 800 siementä. Käytin kylvämisessä apuna Mini Nibexin porkkanalle tarkoitettua siemenkauhaa, jolla sain otettua yleensä yhden siemenen kerrallaan pahvimukista. Kylvin siemenet tarkasti paikkaansa käyttäen apuna mittakeppiä, johon olin merkinnyt viivat kahden sentin välein. Niihin koerutuuihin, joihin tuli mykorritsa, ripottelin mykorritsajauheen kylvövakoihin kylvämisen jälkeen (kuva 3) ennen vaon peittämistä.

Kuva 3. Porkkanan kylvövako, johon on ripoteltu mykorritsajauhetta.



Kuva 4. Porkkanamaan kastelu hoitui kurottajalla tuotavan vesikuution avulla.



3.1.5 Hoito

Maa oli kylvön aikaan jo hyvin kuivaa, joten kastelin kylvökset heti seuraavana aamuna 28.5. Annoin porkkanamaalle 1 000 l vettä, mikä vastaa n. 10 mm sadetta. Toistin kastelun yhteensä kymmenen kertaa touko-kesäkuun aikana, koska oli hyvin kuivaa ja lämmintä. Ennen ja jälkeen juhannuksen oli kovia helteitä. Koska maa on nopeasti kuivuvaa karkeaa hietaa, halusin varmistaa porkkanan itämisen kastelemalla usein. Jokaisella kerralla en antanut 1 000 l, vaan välillä vain 500 l. Kastelin porkkanamaata 26.6. mennessä kaikkiaan n. 8 000 l. Paikalla ei ole vesipistettä, joten jouduin tuomaan vesikuution kurottajalla porkkanamaan viereen ja nostamaan sen 6–7 m korkeuteen (kuva 4.), josta vesi tuli omalla paineellaan letkua pitkin alas. Pyrin kastelemaan porkkanamaan tasaisesti toiselta reunalta käsin, mutta vesisuihku vaivoin yletti vastakkaiselle reunalle asti. Tämän takia vastakkainen reuna, eli jokaisen koeruudun toinen pää, pysyi hieman kuivempänä. Kesäkuun aikana Mustialassa satoi 44 mm, mutta sen jälkeen huomattavasti enemmän, heinäkuussa 135 mm ja elokuussa 37 mm. Koska maa kärsi kesäkuussa kuivuudesta, kastelu oli silloin perusteltua.

Porkkanat olivat alkaneet taimettua viikonloppuna 6.–7.6. Rikkakasvien taimia alkoi myös jonkin verran olla tässä vaiheessa. Olin jättänyt liekityksen tietoisesti pois, jotta vahingossa tuhoaisi taimettuvia taimia. Ala oli myös niin pieni, että käsinkitkentä oli mahdollista. Harasin rivivälit 8.6. pyöräharalla. Se oli hidasta ja suurta tarkkuutta vaativaa työtä, koska porkkanan sirkkataimet olivat niin pieniä ja vaikeasti erottuvia. Pysin haraamaan mahdollisimman läheltä rivejä, kuitenkin vahingoittamatta taimia. Yksittäisissä kohdissa saatoin vahingossa harata hieman riviä. Näin saattoi käydä erityisesti Mokumin kohdalla, joka oli taimettunut vasta aivan paikoitellen.

Porkkanamaan päälle levitetiin 9.6. tuholaisverkko (kuva 5), erityisesti porkkanakemppiä vastaan. Tuholaisverkko oli silmäkooltaan 0,8 mm ruutukuviota. Verkon joka reunalle pantiin painopuut, jottei tuuli veisi verkkoa, eivätkä tuholaiset pääsisi sen alle. Tuholaisverkko oli porkkanamaan päällä 6.7. asti. Otin sen välillä pois ainoastaan kitkentää ja taimettumisen havainnointia varten. Välillä myös raotin verkkoa kulmasta nähdäkseni, miltä taimet näyttävät.

Kuva 5. Tuholaisverkko levitetty porkkanamaan päälle 9.6.



Kitkin porkkanamaan 22.–23.6., jotta porkkanan taimettumisen havainnointi olisi mahdollista. Jauhosavikka oli ehtinyt jo 20 cm korkeaksi. Myös lutukkaa ja pelto-orvokkia oli melko runsaasti. Jonkin verran oli myös kiertotatarta ja peltohatikkaa sekä viljelyssä esikasveina olleita sinimailasta ja syysvehnää. Kitkin porkkanamaan uudestaan 13.7. Multasin porkkanat 20.7. kannan vihertymisen estämiseksi. Samalla harasin hoitokäytävät ja porkkanamaan reunat.

Porkkanamaan vieressä näkyi usein rusakoita. Yhtenä aamuna oli rusakko kieriskelemässä aivan porkkanoiden vieressä mulloksella. Onneksi oli tuholaisverkko silloin porkkanoita suojaamassa. Oli siis vaarana, että jänikset söisivät porkkanoita jossain vaiheessa tutkimusta, niinpä rakensin porkkanamaan ympärille n. 120 cm korkean verkkoaidan (kuva 6) jäniksiä ja muutakin riistaa vastaan. Jänisaita valmistui 6.7. heti tuholaisverkon pois ottamisen jälkeen ja se oli paikoillaan, kunnes viimeisetkin porkkanat oli korjattu. Taulukossa 2 on lueteltu tärkeimmät viljelytoimenpiteet aikajärjestyksessä.

Kuva 6. Porkkanamaa ympäröity jänisaidalla 6.7.



Taulukko 2. Porkkanakokeen tärkeimmät viljelytoimenpiteet aikajärjestyksessä

Toimenpide	Päivämäärä (2020)
kyntö	5.5.
maanäyte	12.5.
koeruutujen merkitseminen	12.5.
äestys ja jyrshintä	22.5.
lannoitus ja kylvömuokkaus	22.5.
kylvö	25.–27.5.
mykorritsa	27.5.
kastelu	28.5., 1. 2. 4. 12. 15. 16. 18. 23. ja 26.6.
haraus	8.6. ja 20.7.
tuholaisverkko	9.6. pois 6.7.
kitkentä	22.–23.6. ja 13.7.
tuholaisten tarkkailu	23.6.-->
kelta-ansa	2.7.-->
jänisaita	6.7.-->
multaus	20.7.

3.1.6 Tuholaisten seuranta

Taimettumishavaintojen yhteydessä ei juuri tuholaisten vioituksia näkynyt, verkko oli pitänyt tuholaiset hyvin kurissa. Ensimmäiset selvät porkkanakempin vioitukset, persiljamaisesti sykeröityneen lehden, havaitsin muutamalla taimella 29.6. (kuva 7). Ehkä kemppi oli päässyt kitkennän tai taimettumishavaintojen aikana voittamaan taimia.

Kuva 7. Porkkanakempin vioitus



Kempin vioituksia oli 3.7. nähtävissä jo useita, erityisesti Mokum-lajikkeella, joka kasvoi hitaimmin. Asetin porkkanamaalle 2.7. kelta-ansan roikkumaan aitatolpasta tuholaitosten seuranta varten. Ansassa oli 6.7. pieni vihreä hyönteinen, joka luultavasti oli jokin kemppe. Kävin kaikki porkkanat nopeasti läpi 14.7. ja löysin kempin vioituksia ainakin 21 taimesta. Kaiken kaikkiaan kempin vioituksia oli kuitenkin hyvin pienessä osassa taimia. Ennakkotorjunta oli siis toiminut hyvin.

3.2 Havainnot

3.2.1 Taimettumisen havainnointi

Porkkanan ollessa keskimäärin 2-lehtivaiheessa tein taimettumisen havainnot 23.6. iltapäivällä. Sitä ennen olin kitkenyt porkkanamaan, jotta taimien laskenta onnistuisi. Tässä yhteydessä taimia lähti irti noin 1–2 kpl per rivi. Aamulla myös kastelin porkkanamaan, minkä takia taimet olivat osittain laonneet verkon painosta, mutta nousivat kyllä pystyyn muutaman tunnin aikana, kun verkko oli poissa. Paikoitellen oli havaittavissa polttovioituksia lehdissä, kun taimet olivat painuneet lämmintä kosteaa maata vasten, kuumaa kun oli.

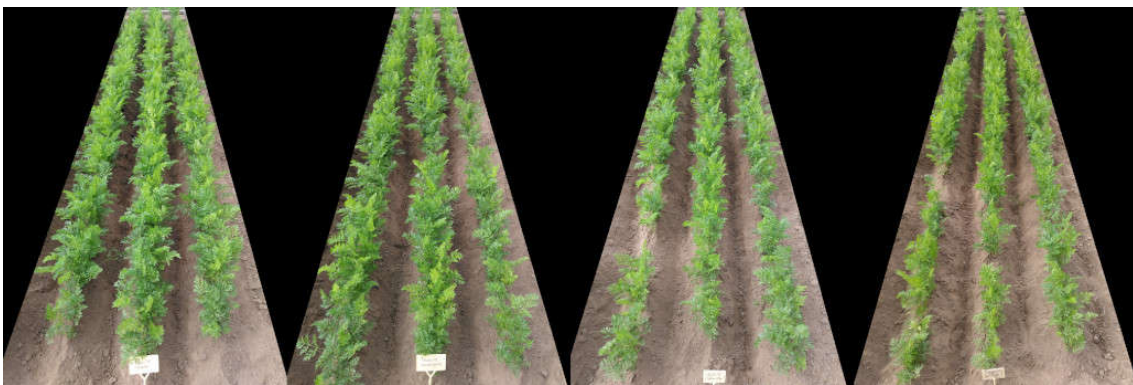
Taimettumisprosentin määrittämiseksi laskin kunkin porkkanarivin keskivaiheilta kahden metrin matkalta taimien lukumäärän, joka on suoraan taimettumisprosentti, koska kylvötiheys oli 50 siementä/metri. Laskemalla taimet joka riviltä sain kullekin koeruudulle kolme näytealaa, joista voin ottaa keskiarvot, kun varsinaisia kerranteita ei ollut. Yritin ottaa näytealat sellaisesta kohdasta riviä, jossa ei olisi pahoja aukkoja, mutta kuitenkin keskivaiheilta. Kolmen Mokum-rivin kohdalla jouduin ottamaan näytealan selvästi lähempää reunaa, koska keskellä oli niin vähän taimia.

Mittasin samalla myös taimien korkeutta ja sain summittaiset arvot jokaisen rivin taimikorkeudelle, tai paremminkin pisimmän lehden pituudelle. Yritin myös havainnoida taimien väriä, josko mykorritsan vaikutus olisi jo näkyvässä, mutta tuskin mitään värieroja oli silmällä havaittavissa. Otin myös jokaisesta rivistä edustavasta kohdasta sivulta päin valokuvan, josta näkee taimien kehitysvaiheen.

3.2.2 Kasvunseuranta

Otin 7.7. alkaen viikon välein seurantakuvan jokaisesta koeruudusta. Otin kuvat aina samasta kohtaa ruudun päästä niin, että koko ruutu näkyy. Kuvien avulla oli tarkoituksena arvioida kasvuston peittävyttä eri ruuduissa. Silmämääräisesti oli havaittavissa, että lannoitetut ruudut kasvoivat hieman rehevämmin kuin lannoittamattomat, mikä oli odotettavissa.

Kuva 8. Esimerkkinä 21.7. otetut porkkanan seurantakuvat Exelso-ruuduista. Ruudut vasemmalta oikealle: lannoite, lannoite+mykorritsa, mykorritsa, käsittelemätön.



Rajasin ottamani kuvat niin (kuva 8), että vain kyseisen ruudun porkkanarivit näkyvät. Saman lajikkeen eri käsittelyjen ruudut yhdistin samaan kuvaan, jolloin niitä on helppo vertailla keskenään. Näistä kuvista määritin Gimp-nimisellä kuvankäsittelyohjelmalla vihreän peittävyttä.

Nostin kuvan värikylläisyyden arvoon 100 ja kiersin värisävyjä arvolla 30, aurinkoisena päivänä otetuissa kuvissa arvolla 40, jotta vihreä kasvusto erottuu paremmin kellanruskeasta maasta. Sen jälkeen tein kuvalle posterisaation, joka pudottaa kuvan värisävyjen määrän kahdeksaan. Sitten rajasin kunkin ruudun erikseen, jolloin ohjelma kertoo valitun alueen pikselimäärän. Sitten valitsin ruudun alueelta vihreät pikselit mukaan lukien syaanit pikselit, jolloin sain niiden lukumäärän selville. Vihreiden pikselien lukumäärä jaettuna ruudun kokonaispikselimäärällä on vihreän peittävyys, joka kuvaa hyvin porkkanakasvuston peittävyttä ruudussa.

3.2.3 Satomittaukset

Ensimmäiset porkkanan koenostot tein 4.8., jolloin nostin 10 porkkanaa kunkin ruudun päästä. Porkkanan juuret painoivat tuolloin keskimäärin 30–50 g eli olivat vielä selvästi keskenkasvuisia. Koeruutujen välillä oli vaihtelua. Seuraavat koenostot tein viikkoa myöhemmin 11.8., jolloin nostin 20 porkkanaa kunkin ruudun päästä. Porkkanat olivat kasvaneet selvästi viikon takaisesta, nyt juuren keskimääräinen paino vaihteli välillä 50–70 g.

Varsinaiset satomittaukset tein 18.8. ja 1.9. Kummallakin kerralla nostin jokaisesta ruudusta yhden rivimetrin matkalta kaikki porkkanat, pyyhin enimmäkseen mullat pois ja valokuvasin ne mittanauhan vieressä (kuva 9). Listin porkkanat ja jaoin ne neljään laatuluokkaan: I-lk (50–200 g), pienet (<50 g), haaraiset, mutkaiset ja haljenneet sekä porkkanakärpäsen vioittamat, joita tuli vastaan vain muutama. Myös yksi villiporkkana oli joukossa. Punnitsin kunkin laatuluokan porkkanat erikseen ja laskin niiden lukumäärän sekä 18.8. punnitsin myös naattien painon. Lisäksi 18.8. nostamistani porkkananoista mittasin sokeripitoisuudet.

Kuva 9. Satomittauksessa 1.9. yhden rivimetrin matkalta nostetut porkkanat. Lajikkeet ovat riveillä ylimmästä alimpaan: Mokum, Speedo, Exelso. Eri käsittelyt ovat sarakkeissa vasemmalta oikealle: lannoite, lannoite+mykorritsa, mykorritsa, käsittelemätön.



Päätin punnita ja laskea kaikilla muillakin sadonkorjuukerroilla nostamani porkkanat, jotta saisin enemmän mittaustietoa. Näillä kerroilla en jakanut porkkanoita laatuluokkiin, mutta aivan kaikkein pienimmät ja muuten vialliset porkkanat jätin pois punnituksesta, etteivät ne menisi käytettäväksi Mustialan ruokalaan, mutta nekin silti laskin.

Tuloksia analysoidessani laskin yhteen kaikilla eri nostokerroilla nostettujen porkkanoiden satomäärät, sillä eri nostokertojen välillä satomäärissä oli suurta vaihtelua porkkanoiden epätasaisesta taimettumisesta johtuen. Näin sain jokaiselle koeruudulle sekä kilomääräisen että kappalemääräisen kokonaissadon. Koska eri koeruutujen välisissä kokonaissatomäärissäkin oli suurta vaihtelua, laskin vielä porkkanan juuren keskimääräisen painon kussakin koeruudussa jakamalla ruudun kilomääräisen kokonaissadon kappalemääräisellä kokonaissadolla. Porkkanan keskimääräinen paino kuvaa eri käsittelyjen vaikutusta porkkanan kasvuun paremmin kuin kokonaissato, koska siihen epätasainen taimettuminen ja sitä kautta epätasainen kasvusto ei vaikuta niin paljon kuin kokonaissatoon. Kasvuston tiheys kuitenkin vaikuttaa myös porkkanan keskimääräiseen painoon jossain määrin, sillä harvassa kasvustossa porkkanoilla on enemmän tilaa ja ne kasvavat isommiksi. Tästä syystä laskin vielä kunkin koeruudun porkkanan keskimääräisestä painosta kasvuston tiheydellä korjatun porkkanan painoindexin kaavalla:

$$\text{painoindexi} = \text{porkkanan keskimääräinen paino} \cdot \sqrt[4]{\text{kappalemääräinen sato}}$$

Painoindexin kaava pyrkii eliminoimaan epätasaisen taimettumisen ja kasvuston tiheyden vaikutuksen porkkanan keskimääräiseen painoon, jolloin eri käsittelyiden väliset erot tulevat paremmin esille. Lajikkeiden väliset erot sitä vastoin pienenevät. Käytetty painoindexin kaava on perusteltu liitteessä 3.

3.2.4 Sokeripitoisuuden mittaus

Lukelta Piikkiöstä saatiin lainaan refraktometri (Atago PR-1), jolla mitataan kasvisten sokeripitoisuuksia tai oikeastaan liukoisen kuiva-aineen pitoisuuksia. Refraktometrin toiminta perustuu valon taitekertoimen muuttumiseen mehussa sen mukaan, kuinka paljon siihen on liuennut sokereita ja muita aineita. Refraktometri antaa Brix-arvon, joka ei ole sama kuin sokeripitoisuus, mutta kuvaa hyvin sokeripitoisuuden suhteellisia eroja.

Mittaus tehdään siis mehusta, joten porkkanat piti saada mehustettua. Tätä varten sain lainaan monitoimikoneen, jossa oli mehulinko (kuva 10). Mehustin kunkin koeruudun porkkanoita erikseen ja mittasin mehusta Brix-arvot. Ensimmäisen näytteen tein pilkokuista porkkanoista, ja sen seurauksena porkkanaviipaleet lensivät ulos lingosta. Jatkossa käytin mehustamiseen kokonaisia kuorellisia pestyjä porkkanoita. Yhteen näytteeseen otin porkkanoita 6–8 kpl, noin 500 g. Jokaisen mehuerän välissä huuhtelin ja kuivasin mehulingon, jotta linkoon jäävä mehu ei vaikuttaisi seuraavaan mittaukseen.

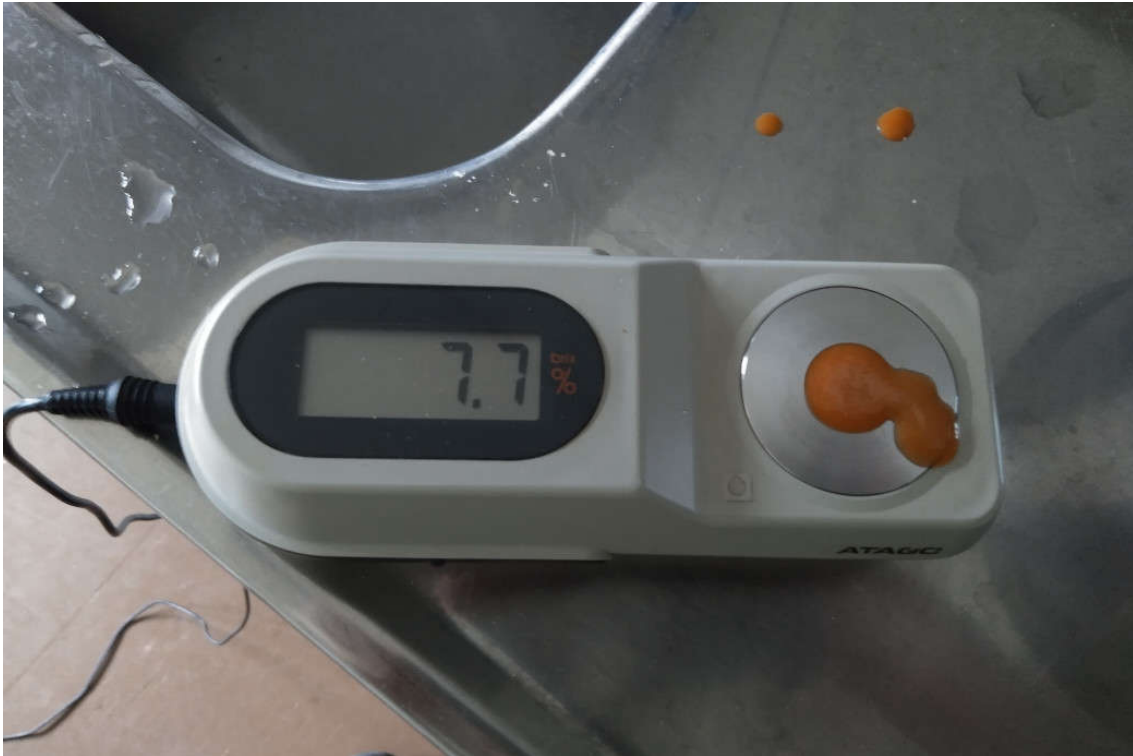
Kuva 10. Mehulinko, jolla mehustin porkkanat Brix-mittauksia varten.



Refraktometrin kalibroin tislattulla vedellä. Sitten laitoin refraktometrin prismalle vähän porkkanamehua ja tein mittauksen (kuva 11). Toistin kunkin mehuerän mittauksen kolme kertaa ja kirjasin mediaaniarvon. Mittauksen jälkeen huuhtelin ja kuivasin prisman. Ehdin 20.8. tehdä mittaukset lannoitettujen koeruutujen porkkanoista. Seuraavana päivänä oli tarkoitus tehdä loput mittaukset, mutta sain tehtyä vain yhden, jonka jälkeen mittari ei enää toiminut. Ilmeisesti se oli kostunut sisältä huuhdellessani sitä. Sitä seuraavan päivän iltana mittari oli kuivahtanut ja toimi taas. Loput mittaukset sain tehtyä 23.8. Tein lisäksi

uusintamittaukset niistä eristä, joista oli porkkanaa jäljellä. Tällä tavoin sain vertailukelpoisempia tuloksia. Näyte-erät jäivät tosin pienemmiksi, kun porkkanat olivat jo vähissä.

Kuva 11. Refraktometri, jonka prismalla on porkkanamehua.

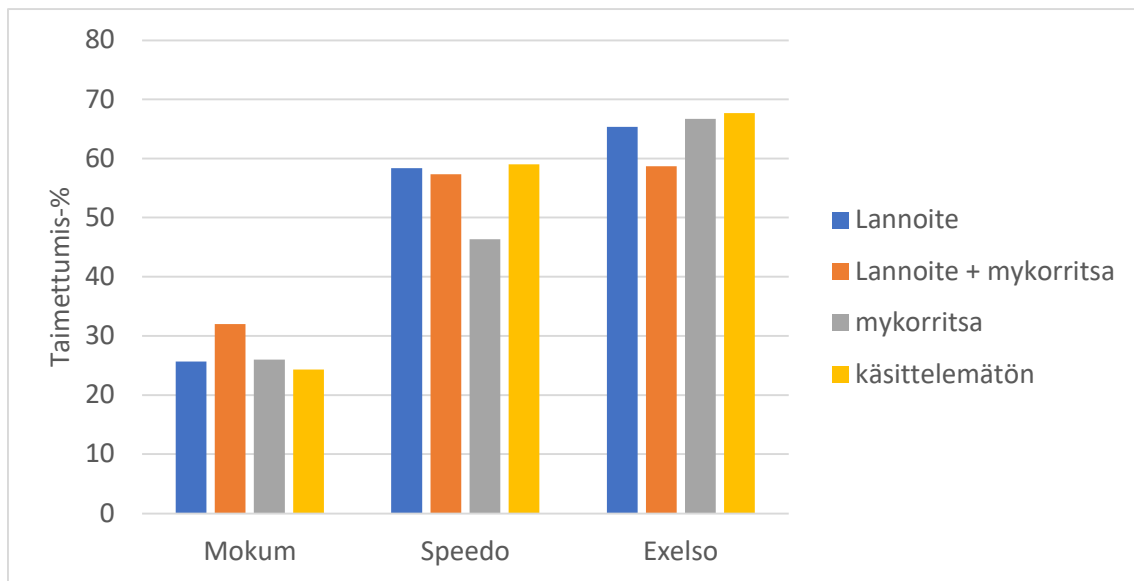


4 Tulokset

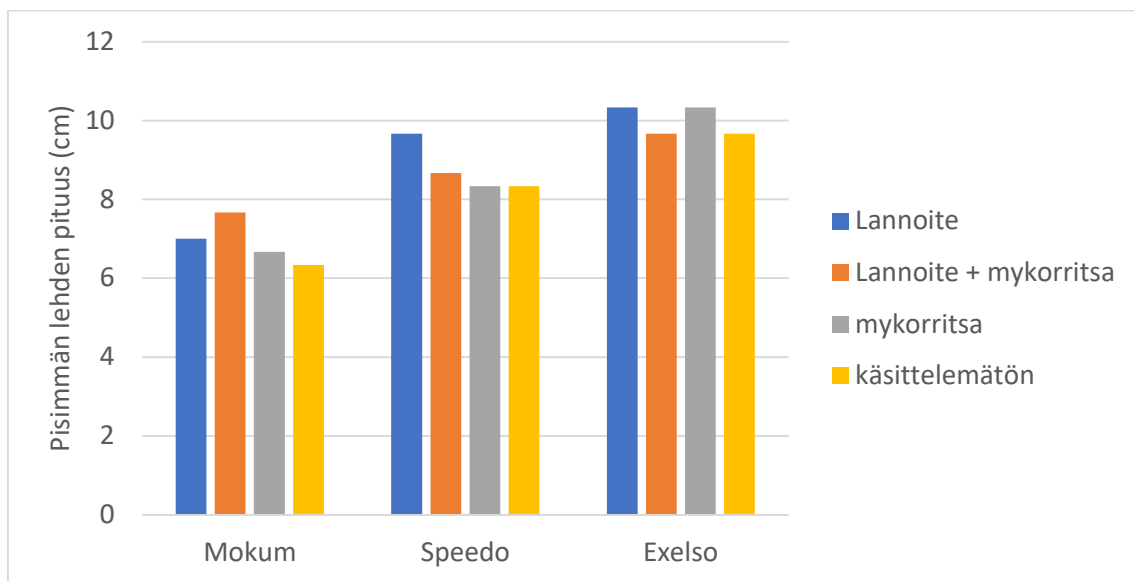
4.1 Taimettumishavainnot

Porkkanan taimettumisessa oli suurta vaihtelua eri lajikkeiden välillä (kuva 12). Samoin taimien korkeudessa oli selkeitä eroja lajikkeiden välillä (kuva 13). Lajikkeista Mokum, jonka siemen oli pienintä ja harrastelijalaatua, oli taimettunut kaikista epätasaisimmin. Taimia oli melko harvassa ja ne olivat pieniä. Exelso, jonka siemen oli kaikkein suurinta, oli selvästi rotevinta ja taimettunut tasaisimmin. Speedon kehitys oli edellisten väliltä, mutta lähempänä Exelsoa. Havaintojen perusteella koko porkkanamaan taimettumisprosentti oli noin 49 % eli taimia olisi n. 5 300. Eri käsittelyjen välillä ei ollut havaittavissa selkeitä eroja taimettumisessa tai taimien korkeudessa.

Kuva 12. Porkkanan taimettumisprosentit lajikkeittain eri käsittelyissä laskettuna 23.6.



Kuva 13. Porkkanan taimien korkeus lajikkeittain eri käsittelyissä 23.6.

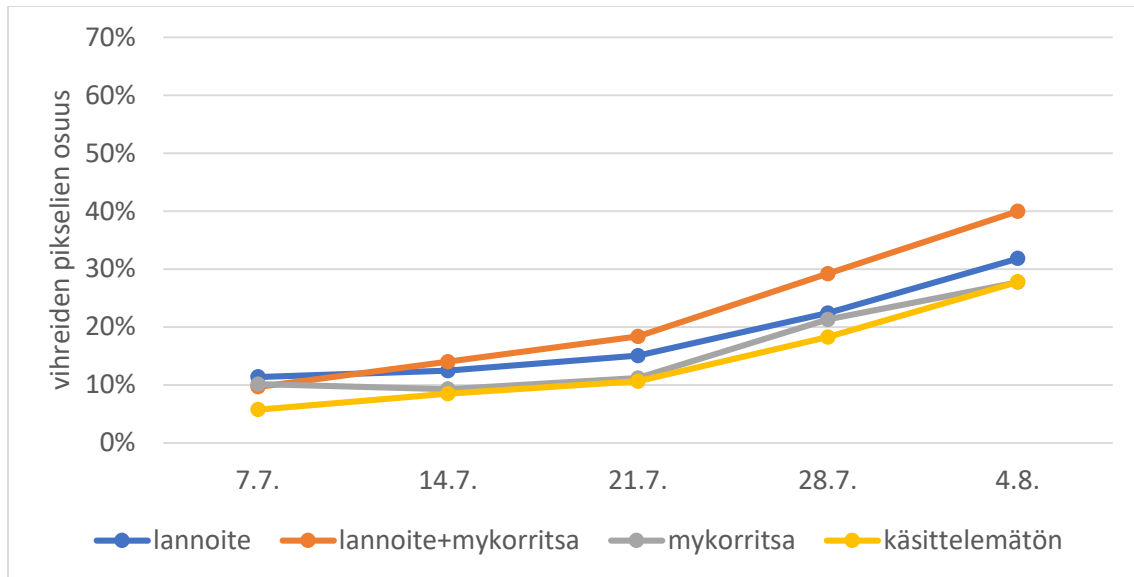


4.2 Kasvuston peittävyys

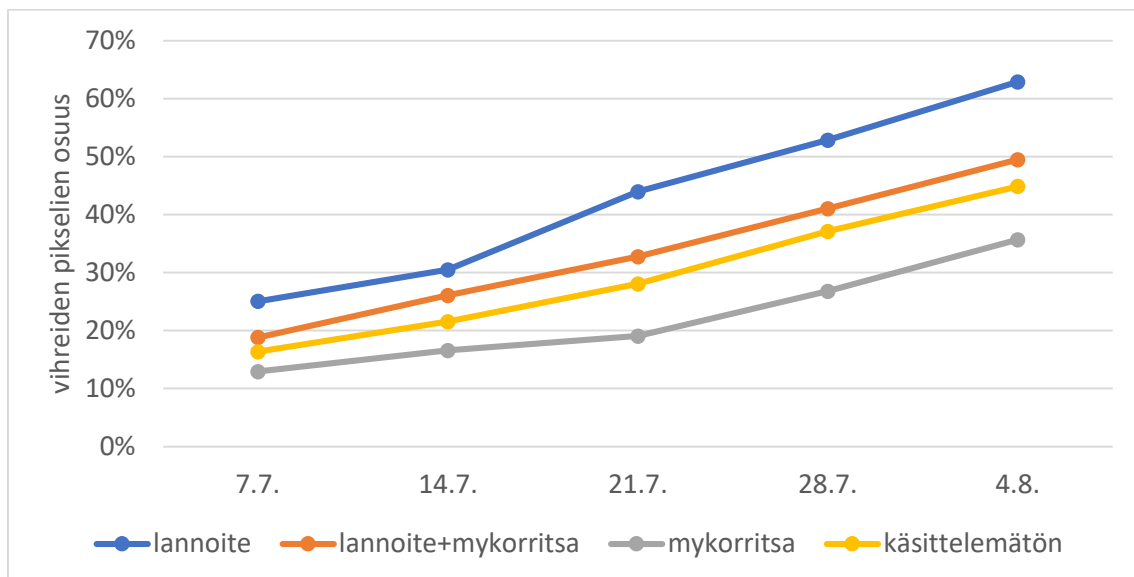
Kuva-analyytit saatiin tehtyä 7.7.–4.8. välisenä aikana otetuille porkkanakasvuston seurantakuville. Sen jälkeen rivit alkoivat olla jo niin ummessa, ettei koeruutujen erottaminen toisistaan kuvissa enää oikein onnistunut. Kuva-analyyysin tulokset ovat hyvin johdonmukaisia taimettumishavaintojen ja satomittausten tulosten kanssa. Speedolla ja Exelsolla kasvu on ollut hyvin tasaista tarkasteltuna aikana (kuvat 15 ja 16). Mokumilla kasvu oli aluksi hitaampaa, mutta kiihtyi heinäkuun loppupuolella (kuva 14). Mokumin kasvuston

peittävyys jäi kuitenkin muita lajikkeita selvästi alhaisemmaksi huonomman taimettumisen takia. Kaikilla lajikkeilla lannoitettujen ruutujen kasvuston peittävyys oli suurempi kuin lannoittamattomien ruutujen, eli ne kasvoivat rehevämmin. Sen sijaan mykorritsan vaikutus kasvuston peittävyyteen näyttää olleen Mokumilla ja Exelsolla positiivinen, mutta Speedolla negatiivinen.

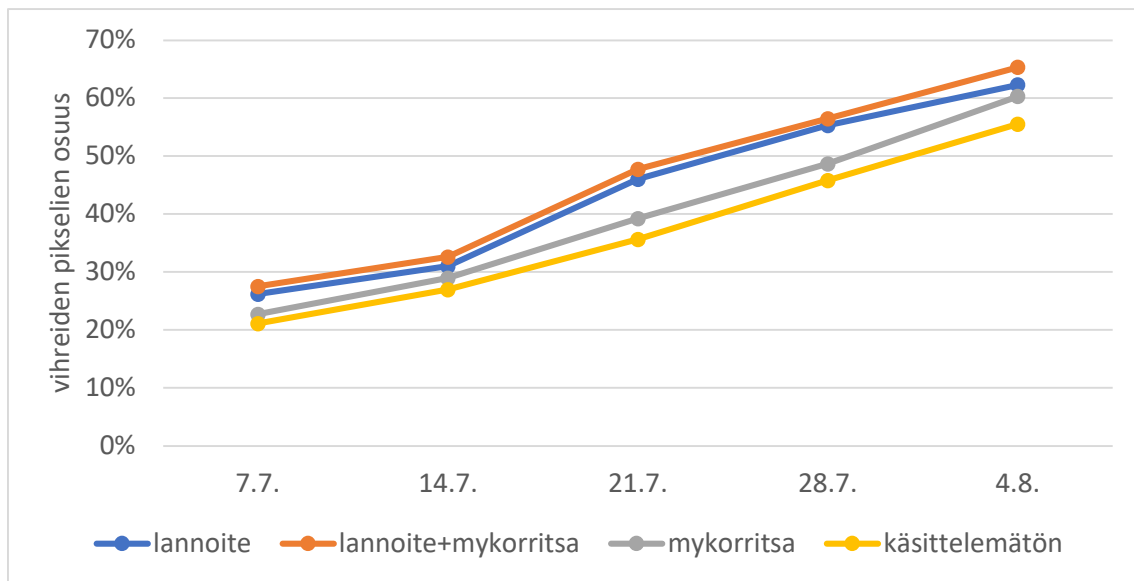
Kuva 14. 'Mokum'-porkkanakasvuston peittävyyden kehitys eri käsittelyissä heinä-elokuussa.



Kuva 15. 'Speedo'-porkkanakasvuston peittävyyden kehitys eri käsittelyissä heinä-elokuussa.



Kuva 16. 'Exelso'-porkkanakasvuston peittävyden kehitys eri käsittelyissä heinä-elokuussa.

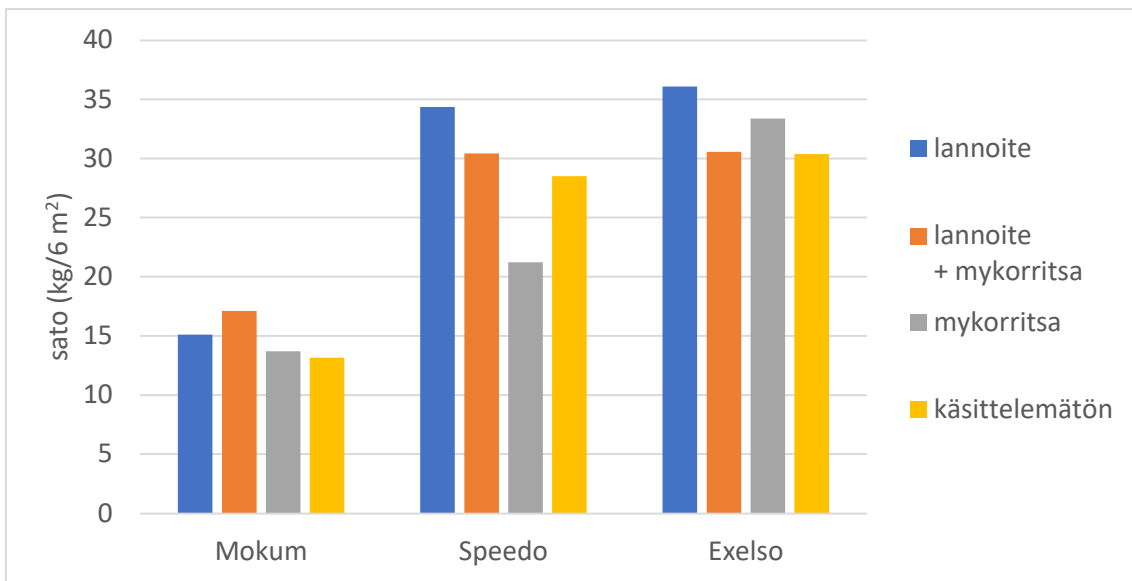


4.3 Satomäärä

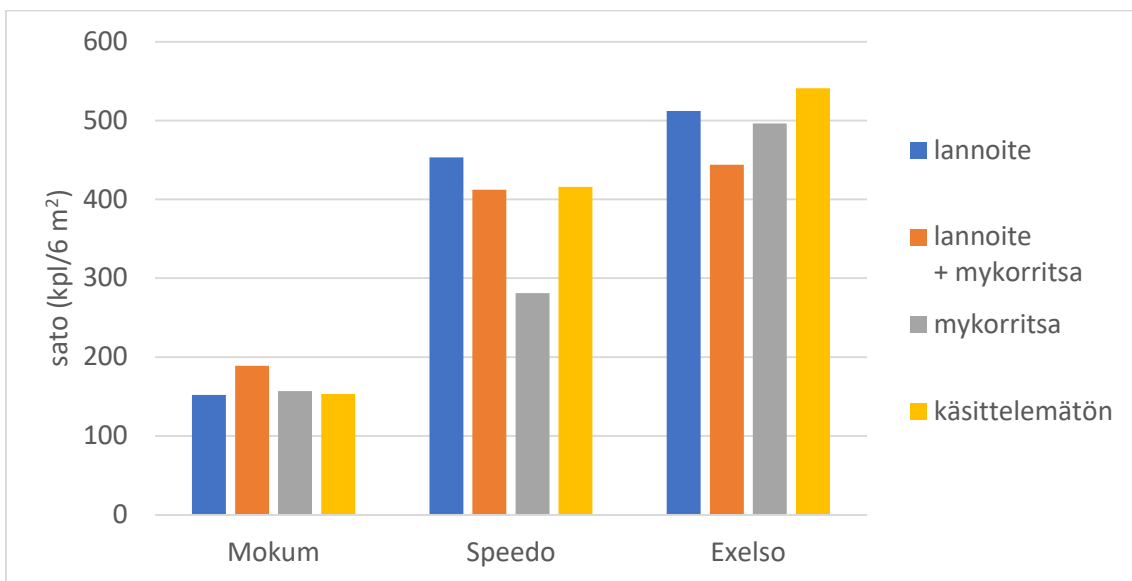
Eri koenostokertojen ja satomittauskertojen välillä oli suurta vaihtelua satomäärissä eri ruutujen välillä johtuen kasvuston epätasaisuudesta. Jollakin nostokerralla tietyn lajikkeen suurin sato tuli käsittelemättömästä ruudusta, mutta toisella nostokerralla lannoite-ruudusta. Tästä syystä tässä esitetään vain kokonaissadon tulokset, joihin on laskettu yhteen kaikkien eri nostokertojen satomäärät. Näin erillisten nostokertojen heilahtelut satomäärissä tasoittuvat. Koko porkkanakokeen kokonaissato oli 304 kg, 4206 porkkanaa.

Kokonaissato kiloina laskettuna (kuva 17) näyttää, että suurin sato saatiin Speedolla ja Exelsolla lannoite-ruuduissa, mutta Mokumilla lannoite+mykorritsa-ruudussa. Tähän vaikuttaa se, että Mokum taimettui tässä ruudussa parhaiten. Pienin sato saatiin Mokumilla ja Exelsolla käsittelemättömässä ruudussa, kun taas Speedolla mykorritsa-ruutu oli selvästi heikoin. Tätä selittää Speedon selvästi heikompi taimettuminen kyseisessä ruudussa. Exelsolla taas muita ruutuja huonompi taimettuminen painaa lannoite+mykorritsa-ruudun sadon samalle tasolle käsittelemättömän ruudun sadon kanssa.

Kuva 17. Porkkanan kilomääräinen kokonaissato lajikkeittain eri käsittelyissä.



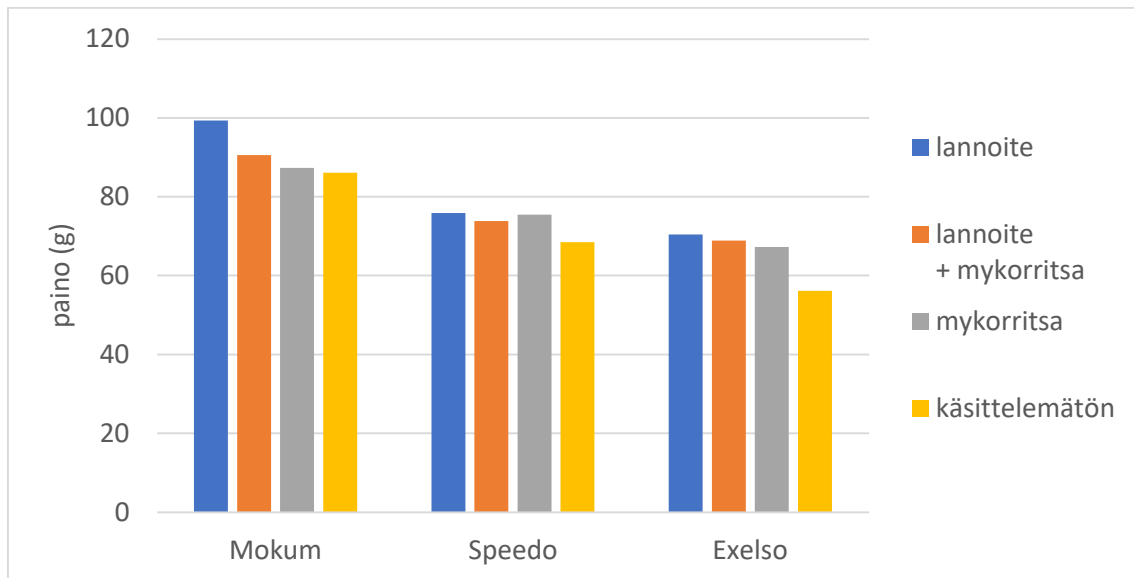
Kuva 18. Porkkanan kappalemääräinen kokonaissato lajikkeittain eri käsittelyissä.



Kokonaissato kappaleina laskettuna (kuva 18) heijastelee hyvin selvästi eri ruutujen vaihtelevia taimettumisprosentteja ja näin sen pitäisikin olla. Koska epätasaisella taimettumisella on ollut suuri vaikutus satomääriin, peittää se erilaisten käsittelyjen mahdollista vaikutusta porkkanan satomääriin. Tästä syystä on hyödyllistä laskea porkkanan keskimääräinen paino jakamalla saadut kilot kappalemäärällä. Se tasoittaa epätasaisen taimettumisen aiheuttamaa vaikutusta satomääriin. Se ei kylläkään ole mitenkään yksiselitteinen keskimääräinen paino tiettyinä ajanhetkenä, koska porkkanoiden korjuu

tapahtui lähes kuukauden aikana. Kuitenkin suurin osa, noin 85 % porkkanoista korjattiin viimeisen viikon aikana, joten jotain osviittaa porkkanan keskimääräinen paino antaa.

Kuva 19. Porkkanan juuren keskimääräinen paino kokonaissadosta laskettuna lajikkeittain eri käsittelyissä.



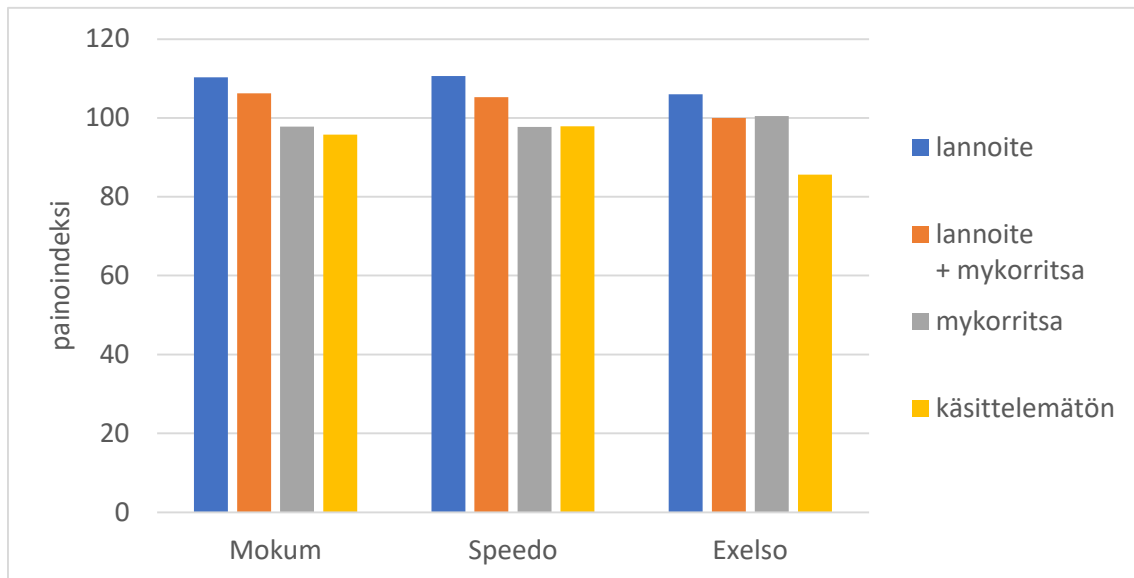
Nähdään, että pylvää tasoittuvat selvästi edellisistä (kuva 19). Jokaisella lajikkeella suurimmat porkkanat ovat kasvaneet lannoite-ruudussa ja pienimmät käsitlemättömässä ruudussa. Lannoite+mykorritsa- ja mykorritsaruuduissa porkkanoiden painot olivat näiden väliltä. Lajikkeista Mokumin porkkanat olivat selvästi painavimpia, mikä selittyy huonolla taimettumisella ja kasvuston harvuudella. Mokumilla lannoite+mykorritsaruudun porkkanan painoa pienentää muita ruutuja parempi taimettuminen, kun taas Speedolla mykorritsaruudun ja Exelsolla lannoite+mykorritsa-ruudun porkkanan painoa lisää huono taimettuminen.

Voi siis todeta, että taimettumisprosentti tai oikeastaan kasvuston tiheys vaikuttaa jossain määrin myös porkkanan keskimääräiseen painoon. On havaittu, että mitä harvempi kasvusto on, sitä suurempia porkkanat ovat. Kasvuston tiheyden ja porkkanan keskimääräisen painon välillä vallitsee siis negatiivinen korrelaatio. Jos halutaan kompensoida kasvuston tiheyden vaikutus porkkanan keskimääräiseen painoon, täytyy selvittää niiden välinen yhteys.

Liitteessä 3 tämä yhteys on selvitetty ja sen perusteella on kehitetty porkkanan painoindeksi, jolla pyritään kompensoimaan kasvuston tiheyden vaikutus porkkanan keskimääräiseen painoon. Kasvuston tiheydellä korjatut painoindeksit on laskettu liitteessä 3 esitetyllä

kaavalla. Kompensatioon on käytetty taimettumisprosentin sijasta kappalemääräistä satoa, koska se kuvaa kasvuston tiheyttä paremmin viljelyn loppuvaiheessa, jolloin porkkanan juuren paksuuskasvu on voimakkainta. Tuloksena syntyi seuraava kaavio (kuva 20).

Kuva 20. Kasvuston tiheydellä korjattu porkkanan painoindeksi lajikkeittain eri käsittelyissä.



Nyt Mokumin selvästi muita lajikkeita huonomman taimettumisen ja harvemman kasvuston aiheuttama porkkanoiden keskimääräistä painoa lisäävä vaikutus on kompensoitu. Mokumin painoindeksit asettuvat samalle tasolle kahden muun lajikkeen porkkanoiden painoindeksien kanssa. Kaikilla lajikkeilla suurin painoindeksi muodostuu lannoite-ruudun porkkanoille ja pienin käsitlemättömän ruudun porkkanoille. Toiseksi suurin painoindeksi on lannoite+mykorritsa-ruudun porkkanoilla ja toiseksi pienin mykorritsaruudun porkkanoilla. Exelsolla edellä mainitut ovat samalla tasolla. Speedolla mykorritsa-ruudun ja käsitlemättömän ruudun porkkanoiden painoindeksit ovat samalla tasolla.

4.4 Sokeripitoisuus

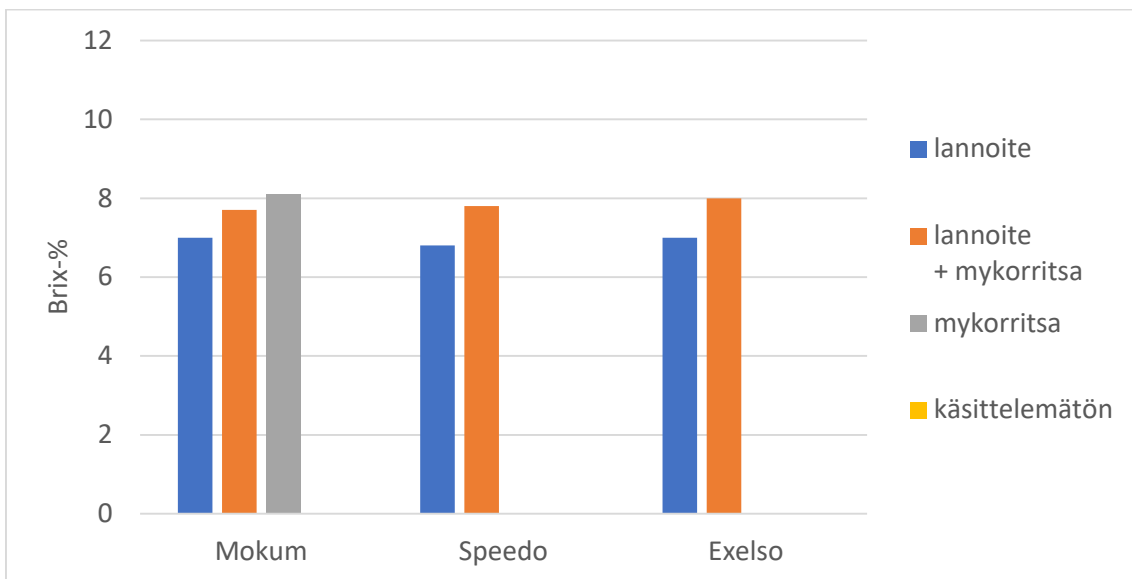
Ensimmäisenä mittauspäivänä 20.8. ehdittiin mitata puolet porkkanoiden Brix-arvoista.

Seuraavana päivänä vain yksi mittaus onnistui, kunnes mittari meni epäkuuntoon.

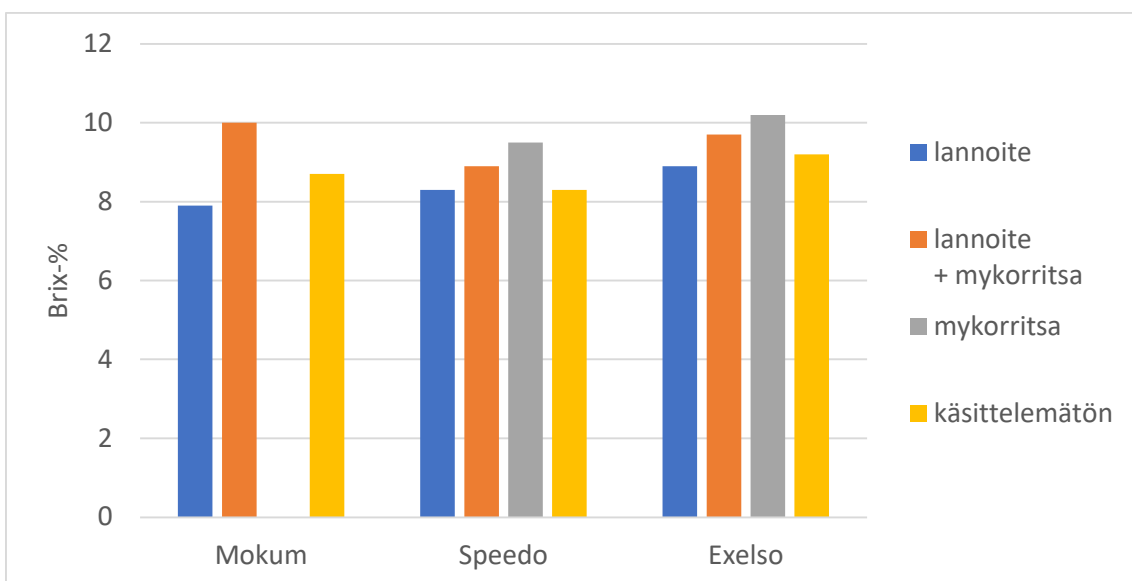
Ensimmäisen mittauspäivän tuloksista näkyy kuitenkin selvästi, että lannoite+mykorritsa-ruutujen porkkanoissa Brix-arvo oli hieman korkeampi kuin lannoite-ruutujen porkkanoissa (kuva 21). Loput mittaukset saatiin tehtyä 23.8., jolloin Brix-arvot olivat järjestäen

korkeammalla tasolla kuin aiemmissa mittauksissa. Ilmeisesti porkkanoiden sokeripitoisuus oli kohonnut muutaman päivän kylmäsäilytyksen aikana. Toinen mahdollinen vaikuttava tekijä on erilainen kalibrointi. Ensimmäisenä mittauspäivänä kalibrointi saattoi muuttua kesken päivän, mutta 23.8. mittauksissa sama kalibrointi pysyi mittarissa koko päivän ajan. Mittari näytti tislattun veden Brix-arvoksi 0,1. Näiden syiden takia 23.8. tehtiin uusintamittaukset jo aikaisemmin mitatuista porkkanaeristä, joita oli jäljellä, vain yhtä ei ollut.

Kuva 21. Porkkanoista 20.8. ja 21.8. mitatut Brix-arvot lajikkeittain eri käsittelyissä.



Kuva 22. Porkkanoista 23.8. mitatut Brix-arvot lajikkeittain eri käsittelyissä.



Tuloksista näkyy johdonmukaisesti, että lajikkeittain korkeimmat Brix-arvot saavutettiin mykorritsa-ruuduissa, ja toiseksi korkeimmat lannoite+mykorritsa-ruuduissa (kuva 22). Niiden koeruutujen, joissa mykorritsaa ei ollut, porkkanoiden Brix-arvot olivat alhaisimmat. Eri lajikkeitten välillä Brix-arvoissa ei ollut selkeitä eroja havaittavissa.

4.5 Viljavuusanalyysit

Porkkanamaasta otettiin maanäyte 12.5. ennen kylvöä, jotta lähtötilanne saatiin selville. Uudet maanäytteet otettiin satomittausten aikaan 17.8., jolloin otettiin erilliset näytteet lannoitetusta ja lannoittamattomasta alueesta, jotta lannoitteen vaikutus maan ravinnepitoisuuksiin saatiin selville. Kaikki maanäytteet lähetettiin Eurofins Viljavuuspalveluun analysoitaviksi. Taulukossa 3 on esitetty viljavuusanalyysien tulokset pH:n, johtoluvun ja pääravinteiden osalta. Viljavuusanalyysien tulokset kokonaisuudessaan ovat liitteessä 1.

Taulukko 3. Porkkanamaasta tehtyjen viljavuusanalyysien tärkeimmät tulokset. Lisäksi rinnalla on 22.5. annetun lannoitemäärän (1666 kg/ha) ravinteet (NPK 3-1-7) laskettuna samassa yksikössä (mg/l) olettaen, että maan ravinnepitoisuudet kuvaavat 20 cm paksuisen muokkauskerroksen ravinnetilaa.

Analyysi (yksikkö)	12.5.	17.8. lannoittamaton	17.8. lannoitettu	lannoite 20 cm kerroksessa
pH	6,2 (hyvä)	6,3 (hyvä)	6,3 (hyvä)	
Johtoluku (mS/cm)	0,5	0,4	0,6	
Nitraattityppi (mg/l)	<10	<10	<10	25 (kok.tyyppi)
liukoinen typpi (mg/l)		12,1	13,5	8,3
Fosfori (mg/l)	21 (hyvä)	20 (hyvä)	20 (hyvä)	8,3
Kalium (mg/l)	140 (tyyd.)	100 (vältt.)	110 (vältt.)	58

Kovin suuria muutoksia ravinnepitoisuuksissa ei ilmennyt. Lannoitetussa osassa liukoisen typen ja kaliumin pitoisuudet olivat hieman korkeampia kuin lannoittamattomassa osassa. Fosforin osalta eroa ei ollut. Kaliumin pitoisuus oli kuitenkin laskenut selvästi keväästä niin että viljavuusluokka oli laskenut yhdellä kummassakin osassa. Porkkana on siis ottanut maasta kaliumia kasvaessaan. Fosforin pitoisuus ei käytännössä pienentynyt keväästä ja liukoista typpeä ei keväällä määritetty. Typen pitoisuus vaihtelee muutenkin nopeasti.

5 Pohdinta ja johtopäätökset

Porkkanoiden taimettumisessa ei ollut havaittavissa selkeitä eroja eri käsittelyjen välillä, vaikka eri lajikkeiden välillä eroja olikin. Taimettuminen ei yleensä olekaan suoraan kytköksissä lannoitteen määrään tai mykorritsaan. Taimettumiseen vaikuttavat ensi sijassa siemenen laatu sekä maan lämpötila ja kosteus. Syitä porkkanan epätasaiselle taimettumiselle tässä kokeessa on monia. Ensinnäkin Mokumin siemenen laatu ei vastannut Speedon ja Exelson siemenen laatua, jotka olivat ammattikäyttöön tarkoitettua siementä. Siemenen alhaisempi itävyys on varmasti vaikuttanut Mokumin huonompaan taimettumiseen verrattuna kahteen muuhun lajikkeeseen. Myös viljelytoimilla on ollut vaikutuksensa. Rivivälien haraus on voinut vahingoittaa pieniä sirkkataimia paikoitellen. Näin erityisesti Mokumin kohdalla, jonka sirkkataimet vaivoin erottuivat haratessani rivivälejä ensimmäisen kerran. Samoin veden paine kastelun yhteydessä on saattanut olla paikoitellen liian voimakas pienille taimille. Lisäksi hoitokäytävien kohdalla maa oli tiivistyneempää kuin muualla ja kasteluvesi jäi niiden kohdalla seisomaan joksikin aikaa ennen kuin imeytyi maahan. Tämä on voinut vaikuttaa reunimmaisten rivien taimettumiseen. Kokonaiskastelumäärä saattoi olla myös tarpeettoman suuri.

Myös käsinkylvöllä on ollut vaikutuksensa. Kylvövako ei välttämättä ole ollut kaikkialta yhtä syvä. Lisäksi huomasin myöhemmin, etten tehnyt kylvöä täysin identtisesti jokaiselle riville. Aloitin jokaisen ruuturyhmän kylvämisen Mokum-lajikkeesta hoitokäytävän vierestä. Ensimmäisen rivin kylvin hoitokäytävän puolelta polvillani, mutta toisen ja sitä seuraavat koeruutujen puolelta. Tällöin seuraavat rivit saivat etukäteen tiivistävän vaikutuksen polveillessani niiden päällä, mutta kahdelta ensimmäiseltä Mokum-riviltä tämä vaikutus jäi saamatta. Tällä saattaa ollut ratkaiseva vaikutus Mokumin taimettumiseen, sillä melkeinpä jokaisessa Mokum-ruudussa kaksi hoitokäytävää lähinnä ollutta riviä taimettuivat selvästi huonoiten, kun taas kolmas rivi oli parempi. Ehkä kultivoitu ja jyrstetty maa jäi liiankin löyhäksi ensimmäisten Mokum-rivien kohdalla, jolloin kapillaarinen vedennousu ei toiminut kunnolla.

Kasvuston seurantakuvista tehty kuva-analyysi vahvisti silmämääräisen arvion siitä, että lannoitetut ruudut kasvoivat rehevämmin kuin lannoittamattomat. Tämä on oletusten mukaista ja sopii yhteen satomittausten tulosten kanssa. Mykorritsan ja kasvuston rehevyyden välillä ei havaittu selvää yhteyttä. Speedolla mykorritsan vaikutus kasvuston

rehevyyteen oli negatiivinen, kun taas Mokumilla ja Exelsolla positiivinen. Tähän on voinut sattuma vaikuttaa sekä se, että Speedo oli jokaisessa ruuturyhmässä keskimmäisenä ruutuna, joten mykorritsan todellisesta vaikutuksesta kasvuston rehevyyteen ei voi sanoa mitään. Myös epätasaisen taimettumisen aiheuttamat aukot kasvustossa vaikuttavat suuresti kuva-analysistä saatuihin tuloksiin.

Kaikkein selkeimmät tulokset saatiin porkkanoiden sokeripitoisuusmittauksissa. Mykorritsan läsnäololla oli korottava vaikutus porkkanoiden liukoisen kuiva-aineen pitoisuuteen kaikilla kolmella lajikkeella riippumatta siitä, oliko käytetty lannoitetta vai ei. Näyttää siis siltä, että mykorritsasieni auttaa porkkanaa saamaan joitakin ravinteita paremmin, jolloin porkkanan sokeripitoisuuskin on hieman korkeampi. Tämä sopii yhteen Intiassa tehdyn laboratoriokokeen tulosten kanssa (Lone ym., 2018, ss. 435–436). Toisen selitysvaihtoehdon mukaan mykorritsa on porkkanalle hiilihidraattien kohde, jolle porkkanan täytyy kuljettaa juuren kautta sokereita, jolloin juuren sokeripitoisuuden gradientti nousee (Maronek ym., 1981, s. 180).

Sille, miksi lannoite+mykorritsa-ruutujen porkkanoissa Brix-arvo jäi alemmaksi kuin mykorritsa-ruutujen porkkanoissa, on ainakin kaksi mahdollista selitystä. Maahan pantu lannoite voi tehdä olosuhteet mykorritsan kannalta epäedullisemmiksi, jolloin sen toiminta heikkenee (Maronek ym., 1981, s. 200). Toisaalta porkkanan ei tarvitse ryhtyä mykorritsan kanssa yhtä tiiviiseen yhteistyöhön silloin, kun maassa on enemmän melko helppoliukoisia ravinteita saatavilla (Vestberg & Timonen, 2018, ss. 144–145). Porkkana voi siis saada tarvitsemansa ravinteet lannoitteesta ilman mykorritsaa, mutta ehkä silloin jää saamatta joitakin tärkeitä sokeripitoisuuteen vaikuttavia ravinteita, joita erityisesti mykorritsa pystyisi porkkanalle tarjoamaan. Joka tapauksessa erot porkkanoiden sokeripitoisuuksissa ovat niin pieniä, ettei niillä liene havaittavaa vaikutusta porkkanan makeuteen.

Satomittausten tulokset eivät olleet yhtä selkeitä kuin sokeripitoisuusmittausten tulokset. Porkkanan huonolla taimettumisella ja kasvuston epätasaisuudella oli satomääriin hyvin suuri vaikutus. Selvästi heikoimmin taimettuneen lajikkeen, Mokumin, kokonaissato oli huomattavasti pienempi kuin Speedon ja Exelson. Sen sijaan porkkanoiden keskimääräinen paino oli selvästi suurempi kuin kahdella muulla lajikkeella. Kyseessä voi tietysti olla myös lajikeominaisuus, mutta harvassa kasvaneiden porkkanoiden ei ole tarvinnut kilpailla valosta, vedestä ja ravinteista samalla tavalla kuin tiiviissä rivissä kasvaneiden porkkanoiden. Väljästi

kasvaessaan juurella on myös yksinkertaisesti enemmän tilaa kasvaa paksuutta. Yksittäin kasvaneet porkkanat olivat todella kookkaita. Eri nostokerroilla korjatut satomäärät vaihtelivat huomattavasti eri ruutujen välillä, minkä vuoksi tuloksissa on esitetty ainoastaan jokaisen ruudun kokonaissato. Kaikkien korjattujen porkkanoiden punnitseminen ja laskeminen osoittautui siis hyväksi ratkaisuksi. Silti satomäärissä on satunnaista vaihtelua ruutujen välillä, johtuen vaihtelusta taimettumisprosentteissa ja sen myötä porkkanoiden kappalemäärissä. Tästä syystä porkkanoiden keskimääräinen paino ja kasvuston tiheydellä korjattu painoindeksi antavat kaikkein parhaimman kuvan lannoitteen ja mykorritsan vaikutuksesta porkkanan satomäärään.

Jokaisella lajikkeella suurimmat porkkanat saatiin lannoite-ruudusta ja pienimmät käsittelemättömästä ruudusta, mikä oli odotusten mukaista. Mykorritsa-ruudussa porkkanan keskimääräinen paino oli hieman korkeampi verrattuna käsittelemättömään, mikä oli myös odotettavissa. Mykorritsasta oli tällöin porkkanalle apua ravinteiden hankinnassa. Sen sijaan, jos porkkanan saatavilla oli myös lannoitetta, tilanne oli mykorritsan suhteen päinvastainen. Kaikilla lajikkeilla lannoite+mykorritsa-ruudussa porkkanan keskimääräinen paino jäi hieman alhaisemmaksi kuin lannoite-ruuduissa. Ruutujen lannoitemäärä oli kuitenkin sama. Näyttää siltä, että tässä tapauksessa, kun ravinteita oli lannoitteen muodossa helposti saatavilla, mykorritsa ei auttanut porkkanaa ravinteiden otossa, vaan siitä tuli porkkanalle rasite (Vestberg & Timonen, 2018, ss. 144–145). Porkkana menetti osan yhteyttämistuotteistaan mykorritsalle, mikä alensi lannoite+mykorritsa-ruudun keskimääräistä porkkanan painoa verrattuna lannoite-ruutuun. Erot ovat pieniä mutta havaittavia. Toinen mahdollinen syy mykorritsan negatiiviseen vaikutukseen käytettäessä mykorritsaa lannoitteen kanssa voi piillä lajikevalinnassa. Kokeessa käytettiin hybridilajikkeita, jotka on jalostettu tavanomaisen tuotannon tarpeisiin ottamaan ravinteet omilla juurillaan. Ne eivät välttämättä kykene tehokkaaseen symbioosiin mykorritsojen kanssa, jolloin mykorritsasta saatava hyöty jää pieneksi tai siitä muodostuu jopa satoa alentava tekijä. Tulos olisi tältä osin sopusoinnussa Yhdysvalloissa tehtyjen kenttäkokeiden tulosten kanssa. (Keller-Pearson, ym., 2020, ss. 3–5)

Kokonaissadon tuloksiin täytyy suhtautua jossain määrin varauksella. Koska tulokset sisältävät koeruutujen kaikki porkkanat, reunavaikutuksella on ollut osuutensa. Varsinaisia suojarivejä kun ei ollut. Lisäksi sadonkorjuu ja satomittaukset tehtiin monessa erässä usean viikon aikana. Porkkanat siis ehtivät kasvaa eri nostokertojen välillä eikä kaikilla kerroilla

porkkanoita kerätty jokaisesta ruudusta täsmälleen yhtä suurelta alalta. Koeasetelma ei myöskään ollut täydellinen, koska varsinaisia kerranteita ei ollut. Kolmea eri lajiketta tosin voi pitää jonkinlaisina kerranteina käsittelyjen suhteen. Siitä huolimatta jokaista koejäsentä oli vain yksi koeruutu, minkä vuoksi tilastollista analyysiä ei voitu tehdä. Sattumaa tulosten taustalla ei siis voida sulkea pois. Lisäksi eri käsittelyjen ruuturyhmissä lajikkeiden järjestystä ei ollut satunnaistettu, vaan ne olivat kaikissa ryhmissä samassa järjestyksessä, mistä on voinut aiheutua systemaattista virhettä tuloksiin. Porkkanoiden sokeripitoisuuteen ja siitä tehtyihin mittauksiin edellä mainitut seikat eivät liene vaikuttaneet niin paljon kuin satomittauksiin, sillä ne kuvaavat sadon laatua, eivät sen määrää.

Koeasetelman epätäydellisyyden vuoksi toteutettua koetta voisikin pitää eräänlaisena esikokeena, joka antaa suuntaviivoja, miten mahdollisesti tulevaisuudessa tehtävä perusteellisempi koe pitäisi suunnitella ja mitä kaikkea pitäisi ottaa huomioon. Tulokset antavat osviittaa siitä, minkä suuntaisia tuloksia olisi odotettavissa perusteellisemmasta kokeesta. Tulevan perusteellisemmän kokeen suunnittelu pitää aloittaa hyvissä ajoin. Nyt lajikevalintaa päästiin tekemään vasta toukokuun alussa, mikä on aivan liian myöhään varhaisporkkanan viljelyä ajatellen. Silloin ne pitäisi jo viimeistään kylvää. Lajikevalinta pitäisi siis tehdä jo talvella, jotta siemenet saadaan hankittua hyvissä ajoin keväällä ennen kylvöaikaa. Lajikkeen valinnassa tulisi kiinnittää enemmän huomiota luomuviljelyyn soveltuvuuteen. Jos kokeessa tutkitaan mykorritsan vaikutusta porkkanan kasvuun, kannattaa valita perinteisiä avopölytteisiä lajikkeita. Siemenen olisi myös hyvä olla luomusiementä, jonka huono saatavuus täytyy huomioida aikataulussa. Koeasetelma tulisi suunnitella ja toteuttaa huolella, esimerkiksi osaruutukokeena (Suojala-Ahlfors ym., 2008, ss. 12–13). Kerranteita olisi hyvä olla 3–4, jotta tilastollinen analyysi olisi mahdollista ja todelliset, eri koejäsenten väliset erot voisi erottaa sattumasta. Tällöin tietysti työmäärä kasvaa 3–4 kertaiseksi, jos koeruudut ovat samankokoisia kuin nyt tehdyssä kokeessa, mikä pitää huomioida työvoimaresursseissa.

Kokeen käytännön toteutuksessa onnistumisen kannalta keskeisiä ovat seuraavat asiat. Maa tulee muokata ennen kylvöä porkkanan vaatimalla tavalla sopivana ajankohtana niin, että kevätkestaus saadaan maksimaalisesti hyödynnettyä porkkanan itämiseen. Nythän maa oli kylvön aikaan jo rutikuivaa ja kastelu siksi välttämätöntä itämisen varmistamiseksi. Tasaisen taimettumisen varmistamiseksi kylvö olisi ensiarvoisen tärkeää suorittaa

tarkkuuskylvökoneella, minkä kokoisella hyvänsä. Käsin kylvämällä tasaiseen tulokseen on käytännössä mahdotonta päästä. Lisäksi koneella kylvö olisi kymmeniä kertoja nopeampaa ja säästäisi kylväjän selkää. Kesänaikaisten hoitotoimenpiteiden sujuvuuden kannalta rivivälin olisi hyvä olla hieman suurempi, 40–50 cm, kun se nyt oli 33 cm. Kokoalaliekitys ennen porkkanan taimettumista kannattaisi tehdä. Se viivästyttäisi kitkennän tarvetta riveissä. Nyt, kun sitä ei tehty, riveissä oli korkea savikkakasvusto jo kahden viikon kuluttua porkkanan taimettumisesta. Kuivuuden varalta kokeen sijaintipaikan lähellä tulee olla saatavilla painevettä, jotta riittävä ja tasainen kastelu sadettimilla tai tihkuletkuilla olisi mahdollista. Käsin kastelu riittämättömällä paineella ei ole tasaista ja voi häiritä pienten tainten kasvua.

Kaikista vaikeuksista huolimatta nyt toteutettu koe saatiin vietyä läpi alusta loppuun asti ja porkkanat kasvoivat loppujen lopuksi ihan hyvin ja satoa saatiin. Tämä oli mahdollista sinnikkäällä käsityöllä ja itsensä likoon laittamisella. Koneita ei käytetty kuin kuljetuksiin ja alussa maan muokkaukseen. Tuloksiakin saatiin, ja ne olivat vieläpä johdonmukaisia epätäydellisestä koeasetelmasta ja epätasaisesta taimettumisesta huolimatta. Tämän mahdollisti väsymätön porkkanoiden laskeminen ja punnitseminen sekä tarkka havaintojen kirjaaminen. Yhteistyö Luken kanssa mahdollisti porkkanoiden sokeripitoisuuden mittauksen. Vaikka tulokset eivät olekaan tilastollisesti merkitseviä, antavat ne aihetta tutkia mykorritsan ja lannoituksen yhteisvaikutusta luomuvihannesviljelyssä tulevaisuudessakin. Nyt toteutetussa kokeessa saaduista kokemuksista voi olla paljon hyötyä tulevaisuuden kokeita silmällä pitäen.

6 Kiitokset

Kiitokset HAMK Mustialan väelle hyvästä asiantuntijaharjoittelupaikasta ja avusta porkkanakokeen suunnittelussa ja käytännön toteutuksessa. Erityiskiitokset Luken tutkija Marja Aaltoselle, jolta sain paljon hyviä neuvoja porkkanan viljelyyn ja havaintojen tekoon liittyen. Hänen aloitteestaan porkkanoista mitattiin sokeripitoisuudet, ja hän järjesti minulle mittauksissa tarvittavat välineet. Suuret kiitokset luomuviljelijä Paavo Pulkkiselle, joka ystävällisesti lähetti porkkanan siemeniä koetta varten. Ilman tätä koe ei olisi onnistunut näin hyvin. Kiitos myös Novarbo Oy:lle, joka toimitti kokeessa käytetyt lannoitteen ja mykorritsan, sekä etenkin Tuulia Valkamalle, joka neuvoi mykorritsajauheen käytössä.

Lähteet

Biolan. (n.d.). *Biolan Peruna- ja juureslannoite*. Biolan.

<https://www.biolan.fi/tuotteet/biolan-peruna-ja-juureslannoite.html>

Keller-Pearson, M., Liu, Y., Peterson, A., Pederson, K., Willems, L., Ané, J.-M. & Silva, E. M.

(2020). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi has a more significant positive impact on the growth of open-pollinated heirloom varieties of carrots than on hybrid cultivars under organic management conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 289. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106712>

Lone, R., Shuab, R., Khan, S., Ahmad, J. & Koul, K. K. (2018). Influence of mycorrhizal inoculation on carrot growth, metabolites and nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 41(4), 432–444. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1385799>

Luke. (2016). *Vihannesten kasvinterveysoppaat*. Luke. <http://ipm-oppaat.luke.fi/porkkana/>

Luke. (2020a). *Puutarhatilastot*. Luke Tilastotietokanta, Avomaan tuotanto.

<http://statdb.luke.fi/PXWeb/sq/2f52879c-68ef-4a90-8ee3-3279c8459118>

Luke. (2020b). *Puutarhatilastot*. Luke Tilastotietokanta, Luomuviljely.

<http://statdb.luke.fi/PXWeb/sq/8d0a868f-70f3-4228-bd55-1c1137457dfe>

Maronek, D. M., Hendrix, J. W. & Kiernan, J. (1981). Mycorrhizal Fungi and Their Importance in Horticultural Crop Production. Teoksessa J. Janick, *Horticultural Reviews, Volume 3* (ss. 172–213). <https://www.doi.org/10.1002/9781118060766.ch5>

Pyhäjärvi-instituutti. (n.d.). *Porkkanan viljely*. Pyhäjärvi-instituutti.

<http://www.pyhajarvi-instituutti.fi/porkkanatiedosto/porkkana/viljely/index.html>

Suojala-Ahlfors, T., Kallela, M. & Vanhala, P. (2008). *Vihannesten lajikekoikeita tiloilla ja koekentillä*. Luke. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-201-0>

Vestberg, M. & Timonen, S. (2018). *Rihman kiertämät*. Omakustanne.

Voipio, I. (2001). *Vihannekset: lajit, viljely ja sato*. Puutarhaliitto.

Yara. (2020). *Lannoiteopas 2020-2021*. Yara.

https://www.yara.fi/contentassets/933fda523d41435ca01181ddbd46f4b1/yara_lannoiteopas_2020_fi_0409.pdf/

Liite 1: Viljavuusanalyysien tulokset

Ensimmäinen sarake on 12.5. otetun maanäytteen ja kaksi seuraavaa 17.8. otettujen maanäytteiden analyysitulokset.

Analyysi		Yksikkö	20-00049853	20-00079297	20-00079298
Numero			7	1	2
Peruslohkotunnus			8340376763	8340376763	8340376763
Nimi			Nokkamäki	Nokkamäki porkkanamaa lannoitettu	Nokkamäki porkkanamaa lannoittamaton
Maalaji	FV(a)		HtMr	HtMr	HtMr
Multavuus	FV(a)		m	m	m
Johtoluku	FV	10 mS/cm	0,5	0,6	0,4
pH	FV		█ 6,2	█ 6,3	█ 6,3
Kalsium (Ca)	FV(a)	mg/l	○ 1300	○ 1200	○ 1100
Fosfori (P)	FV(a)	mg/l	█ 21	█ 20	█ 20
Kalium (K)	FV(a)	mg/l	□ 140	○ 110	○ 100
Magnesium (Mg)	FV(a)	mg/l	□ 120	○ 96	○ 87
Rikki (S)	FV(a)	mg/l	● 3,9	□ 11	○ 6,6
Boori (B)	FV(a)	mg/l	○ 0,5	□ 0,6	○ 0,5
Kupari (Cu)	FV(a)	mg/l	□ 3,0	□ 2,7	□ 2,7
Mangaani (Mn)	FV(a)		□ 28	○ 23	○ 19
Sinkki (Zn)	FV(a)	mg/l	□ 2,7	□ 2,3	□ 2,3
Nitraattityppi (NO ₃ -N)	FV	mg/l	<10	<10	<10
Typpi (N), liukoinen	FV	mg/l		13,5	12,1
Kationin vaihtokapasiteetti	FV	cmol/kg	10	9	8
Ca/ KVK	FV	%	65	69	69
K/ KVK	FV	%	4	3	3
Mg/ KVK	FV	%	10	9	9
Na/ KVK	FV	%	3	3	3
Kalkitustarve	FV	tonni/ha	2	0	0
Suosittelava kalkkilaji	FV		Vapaa- valintainen	Vapaa- valintainen	Vapaa- valintainen

Liite 2: Mykorritsajauheen tuoteseloste

**Novarbo Green Mykorritsajauhe 1,5 kg****TUOTESELOSTE**

Tyyppinimi: Mykorritsavalmiste
Kauppanimi: Novarbo Green Mykorritsajauhe
Käyttötarkoitus: Kasvien kasvua edistävä mykorritsavalmiste

Sienilajit:

Endomykorritsa:

Glomus claraum, G.intraradices, G.mosseae, G.deserticola,
G.monosporum, G.aggregatum, G.etunicatum, Paraglomus brasilianum,
Gigaspora margarita

Ektomykorritsa:

Rhizopogon villosullus, R.luteolus, R.amylopogan, R.fulvigeba, Pisolithus
tinctorius, Laccaria bicolor, L.laccata, Scleroderma cepa, S.citrinum

Muut raaka-aineet: Zeoliitti

Valmistaja: Symbio
Coopers Pl
Combe Ln
Wormley
Godalming, Yhdistynyt kuningaskunta

Markkinoija: Novarbo Oy,
PL 12,
27511 Kauttua

Tuote täyttää maa- ja metsätalousministeriön (MMM 24/2011) asettamat
laatuvaatimukset.

Liite 3: Porkkanan painoindeksin laskeminen

Havaintojen mukaan porkkanan keskimääräinen paino on sitä suurempi mitä harvempi kasvusto on. Laskemalla porkkanalle kasvuston tiheydellä korjattu painoindeksi pyritään eliminoimaan kasvuston tiheyden vaikutus porkkanan keskimääräiseen painoon, jolloin käsittelyn vaikutus porkkanan keskimääräiseen painoon tulee paremmin esille. Koska kokeessa jokainen koeruutu oli samankokoinen, kasvuston tiheyttä kuvaa hyvin koeruudun kappalemääräinen kokonaissato. Oletetaan, että koeruudun keskimääräisen porkkanan painon n :s potenssi on kääntäen verrannollinen koeruudun kappalemääräiseen kokonaissatoon. Kirjoitetaan sama suhteena ja verrantona sekä muokataan yhtälöä:

m_1 on porkkanan keskimääräinen paino ruudussa 1

m_2 on porkkanan keskimääräinen paino ruudussa 2

K_1 on ruudun 1 kappalemääräinen kokonaissato

K_2 on ruudun 2 kappalemääräinen kokonaissato

$$\left(\frac{m_1}{m_2}\right)^n = \frac{K_2}{K_1}$$

$$\frac{m_1^n}{m_2^n} = \frac{K_2}{K_1}$$

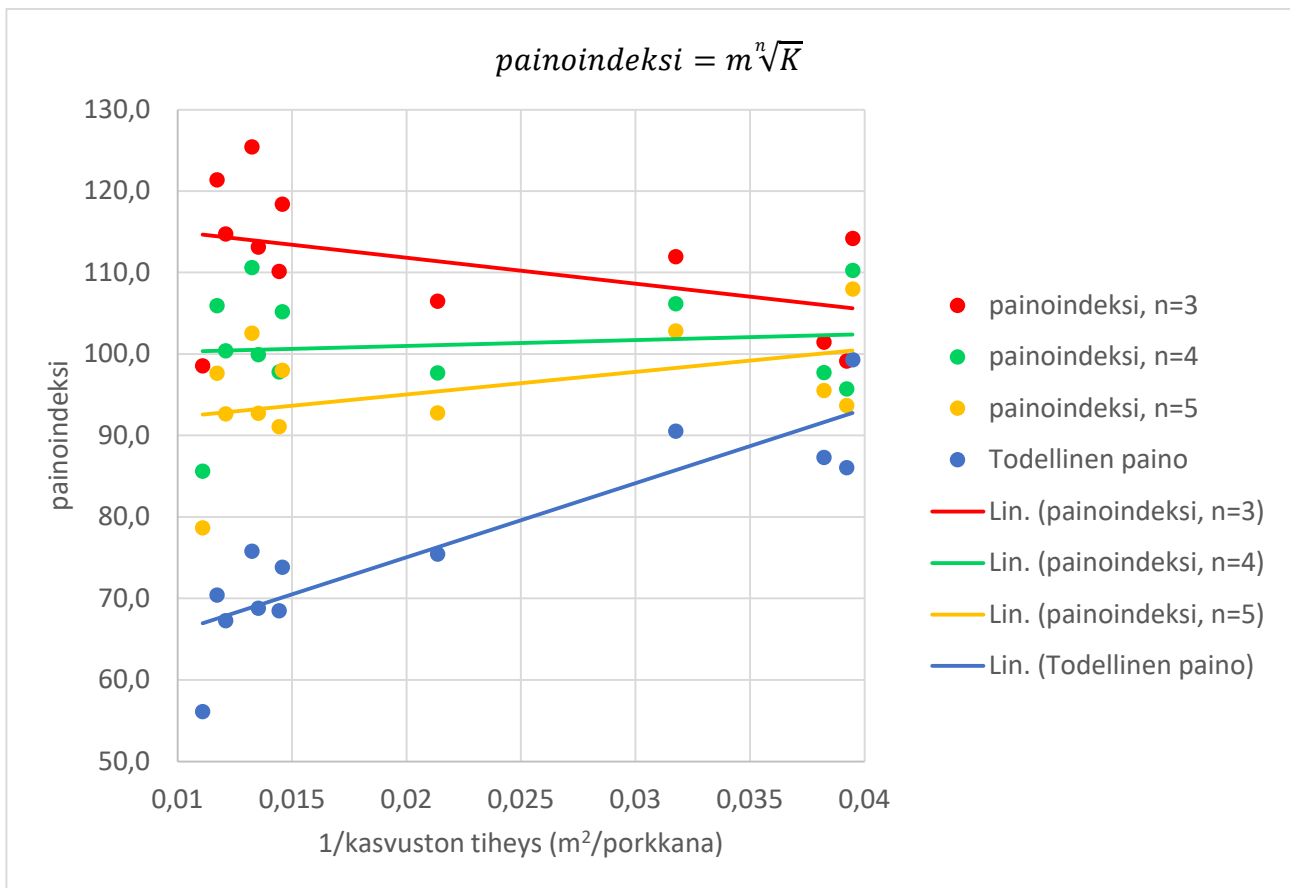
$$m_1^n \cdot K_1 = m_2^n \cdot K_2$$

$$\sqrt[n]{m_1^n \cdot K_1} = \sqrt[n]{m_2^n \cdot K_2}$$

$$m_1 \sqrt[n]{K_1} = m_2 \sqrt[n]{K_2} = \text{vakio}$$

$$\text{painoindeksi} = m \sqrt[n]{K}$$

Tehdyn oletuksen perusteella painoindeksin arvo on jollakin eksponentin n arvolla sama kaikissa koeruuduissa eli riippumaton kasvuston tiheydestä. Selvitetään eksponentin n arvo piirtämällä xy-kuvaaja, jonka vaaka-akselina on $1/\text{kasvuston tiheys}$ ja pystyakselina painoindeksi. Kuvaajaan piirretään jokaisen koeruudun keskimääräinen porkkanan paino ja niistä lasketut painoindeksit eksponentin n arvoilla $n = 3$, $n = 4$ ja $n = 5$. Pisteisiin sovitetaan lineaariset trendiviivat.



Havaitaan, että arvolla $n = 4$ lasketulla painoindeksillä pisteisiin sovitettu trendiviiva on vaihtoehtoista lähimpänä vaakasuoraa eli siten laskettuna painoindeksin riippuvuus kasvuston tiheydestä on pienin. Työssä on siis käytetty painoindeksin laskennassa kaavaa:

$$\text{painoindeksi} = m^4 \sqrt[4]{K} = \text{porkkanan keskimääräinen paino} \cdot \sqrt[4]{\text{kappalemääräinen sato}}$$

Tässä ei väitetä, että tämä olisi yleinen totuus asiassa, vaan ainoastaan tässä porkkanakokeessa kasvuston tiheyden vaikutus porkkanan keskimääräiseen painoon saatiin eliminoitua parhaiten edellä kerrotulla kaavalla. Jäljelle jäävät erot koeruutujen porkkanoiden painoindekseissä ovat seurausta erilaisista käsittelyistä ja muista satunnaisista tekijöistä kuin kasvuston tiheydestä.