



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jonna Ylihannula

Biostimulanttien vaikutus perunan sadonmuodostukseen

Opinnäytetyö
Syksy 2023
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Kasvintuotanto

Tekijä: Jonna Ylihannula

Työn nimi: Biostimulanttien vaikutus perunan sadonmuodostukseen

Ohjaaja: Anna Tall

Vuosi:2023

Sivumäärä:46

Liitteiden lukumäärä:4

Kasvien biostimulantti on aine tai mikro-organismi, jota levitetään kasveille ravinteiden käytön tehostamiseksi, abioottisen stressinsietokyvyn ja sadon laatuominaisuuksien parantamiseksi. Biostimulantit pieninä määrinä annettuna edistävät kasvien kasvua ja parantavat viljelykasvin stressinsietokykyä. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko biostimulanttivalmisteita käyttämällä saada vaikutusta perunansadon määrään ja laatuun. Ilmaston muuttuessa säiden ääriolot lisääntyvät, mikä lisää viljelykasveille abioottista stressiä. Tällaisia abioottisia stressitekijöitä ovat esimerkiksi kasvukauden aikainen kuumuus, kuivuus ja märkyys. Abioottiset stressitekijät rajoittavat merkittävästi sadonmuodostusta. Biostimulanttien antioksidanttinen vaikutus kasviin saattaa parantaa sen stressinsietokykyä ja tehostaa ravinteiden ottoa.

Biostimulanttikoe toteutettiin maatilakokeena opinnäytetyön kirjoittajan tilalla Karijoella Etelä-Pohjanmaalla kasvukaudella 2023. Kokeessa oli mukana kaksi erilaista biostimulanttivalmistetta Biostimulantti 1 ja Biostimulantti 2. Perunalajikkeena kokeessa oli Lady Claire. Kokeessa perustettiin kolme koeruutua erilaisilla biostimulanttikäsittelyillä. Koeala suunniteltiin siten, että se kattaa yhden ruiskun leveyden, eli 30,6 m, kattaen 36 riviä perunaa. Koealojen pituudeksi tuli 50 m per koetekijä. Yhdellä koeruudulla testattiin Biostimulantti 1:tä, toisella testattiin Biostimulantti 2:ta ja kolmannella ruudulla molempia valmisteita. Jokaiselta koealalta nostettiin viisi 2,5 metrin näytettä ja jokaiselle näytteelle nostettiin kontrollinäyte käsittelemättömästä kasvustosta. Näytteet analysoitiin punnitsemalla näytteet ja kokolajittelemalla 40 mm:n ja 65 mm:n seuloilla. Lajittelujakeet eli alle 40 mm, 40–65 mm ja yli 65 mm punnittiin erikseen. Perunoiden sisäinen laatu tarkistettiin onttojen perunoiden varalta. Jokaisesta näytteestä tehtiin kaksi erillistä tärkkelysmittausta.

Kokeen tuloksista on kahden vuoden salassapitosopimus Yaran kanssa, minkä vuoksi työssä biostimulanttivalmisteista ei käytetä niiden kaupanimiä.

¹ Asiasanat: peruna, biostimulantti

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Crop Production

Author: Jonna Ylihannula

Title of thesis: Effect of biostimulants on potato crop

Supervisor: Anna Tall

Year:2023

Number of pages:46

Number of appendices:4

The aim of the thesis was to find out whether the use of biostimulant treatments can influence the quantity and quality of harvested potato. Biostimulants are products that improve the stress tolerance of crops. As the climate changes, extreme weather conditions are more frequent, which increases abiotic stresses for crops. Such abiotic stress factors include, for example, heat, drought, and excess water of flooding during the growing season. Abiotic stress factors can significantly limit crop yields. The antioxidant effect of biostimulants may improve stress tolerance and enhance nutrient uptake.

The biostimulant experiment was carried out in cooperation with Yara on thesis author's farm in Karijoki in South Ostrobothnia in 2023. The farm experiment included two different biostimulant products Biostimulant 1 and Biostimulant 2. The potato variety in the experiments was Lady Claire. Three test areas were treated with different biostimulant. The treatment area was designed to cover the width of one sprayer 30.6 m, covering 36 rows of potatoes. The length of the test areas was 50 m per test factor. Biostimulant 1 was tested on one test area, Biostimulant 2 was tested on the other. On the third test area, both biostimulants were used. Five 2.5-meter samples were taken from each experimental area, and a control sample from the untreated areas was taken for each sample. The samples were analyzed by weighing the samples and size sorting with 40 mm and 65 mm sieves. Size fractions, i.e. less than 40 mm, 40–65 mm and more than 65 mm, were weighed separately. The internal quality of the potatoes was evaluated for hollow potatoes. Two separate starch measurements were made for each sample.

There is a two-year non-disclosure agreement with Yara regarding the research results which is why biostimulants trade names are not used for the products.

¹ Keywords: potato, biostimulant

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO	9
2 PERUNAN VILJELYVAATIMUKSET JA STRESSITEKIJÄT	10
2.1 Maaperä	10
2.2 Vesitalous.....	10
2.3 Viljelykierto	11
3 PERUNAN SADONMUODOSTUS	13
3.1 Kasvuasteet.....	13
3.2 Satokomponentit	14
4 RAVINTEIDEN VAIKUTUS PERUNALLA	15
4.1 Ravinnetarve	15
4.2 Typpi	16
4.3 Fosfori	16
4.4 Kalium	17
4.5 Magnesium.....	18
4.6 Kalsium	18
4.7 Rikki	19
4.8 Hivenravinteet	19
5 PERUNAN LANNOITUS	20
5.1 Lannoitusmäärät ja lannoitusta koskevat rajoitukset	20
5.2 Lannoitustavat.....	21
6 BIOSTIMULANTTIEN VAIKUTUS SADONMUODOSTUKSESSA.....	23
6.1 Biostimulanttien määritelmä	23
6.2 Humusaineet	23
6.3 Aminohappoja sisältävät tuotteet.....	24

6.4	Hormonipitoiset tuotteet	24
7	PERUNAN LAATUVAATIMUKSET	25
8	TUTKIMUKSEN TARKOITUS	26
9	TUTKIMUSMENETELMÄ JA TOTEUTUS.....	27
9.1	Koejärjestelyt.....	27
9.2	Koelohkon maaperä	28
9.3	Kokeessa käytettävä perunalajike Lady Claire	29
9.4	Koelohkon viljelytoimenpiteet	30
9.5	Kasvukauden sää.....	37
10	TULOKSET	39
10.1	Biostimulantti 1	39
10.2	Biostimulantti 1 + Biostimulantti 2.....	39
10.3	Biostimulantti 2.....	40
10.4	Biostimulantti-käsittelyiden vaikutus perunoiden tärkkelyspitoisuuteen.....	41
11	TULOSTEN TARKASTELO	42
12	JOHTOPÄÄTÖKSET	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	46

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Istutus ja Biostimulantti 1:n ruiskutus istutusvakoon.	31
Kuva 2. Taimettuminen BBCH 9-11	31
Kuva 3. Näytteenottopaikkojen merkkkaus BBCH 15-19.....	32
Kuva 4. Näytepiste merkattuna tikuilla	33
Kuva 5. Ensimmäinen Biostimulantti 2-käsittely	33
Kuva 6. Toinen Biostimulantti 2-käsittely, aineen lisäys ruiskuun koeruutujen 1 ja 2 rajalla ..	34
Kuva 7. Märkyuden vaivaama kasvusto.....	35
Kuva 8. Näytteet nostettuina säkeissä.....	36
Kuva 9. Tärkkelyksen mittausvälineet.....	37
Kuvio 1. Perunan kehitys BBCH-asteikolla.	14
Kuvio 2. Perunan ravinteiden tarve ja ajankohta.....	15
Kuvio 3. Koeruutujen asettelu ja havaintopistepaikat merkittynä x-kirjaimella.	27
Kuvio 4. Maanäyteanalyysien tulokset.....	28
Kuvio 5. Karttaan piirretty suunniteltu koealueen raja.....	29
Kuvio 6. Sade- ja lämpösumman kumulatiivinen kertymä Karijoella kasvukaudella 2023.	38
Kuvio 7. Biostimulantti 1 -koeruudun tulokset.	39
Kuvio 8. Biostimulantti 1 + Biostimulantti 2 -koeruudun tulokset.....	40
Kuvio 9. Biostimulantti 2 -koeruudun tulokset.	41
Kuvio 10. Eri biostimulantti-käsittelyiden vaikutus perunoiden tärkkelyspitoisuuteen.	41

Taulukko 1. Liukoisen typen enimmäismäärät perunalle kg/ha.....	20
Taulukko 2. Kevätlannoituksen ravinnemäärät.	30
Taulukko 3. Kasvinsuojeluaineruiskutusohjelma.....	35
Taulukko 4. Kasvukauden 2023 säätietoja ja 30 vuoden keskiarvo vuosilta 1991–2020.....	38

Käytetyt termit ja lyhenteet

BBCH-asteikko	Perunan maanpäällistä kasvua ja sadon kehitystä kuvaava asteikko. BBCH-asteikko on kasvien kasvuasteikko, joka kuvaa kasvin kehitystä yhdeksässä yläluokassa luokasta 10 lehtien muodostuminen luokkaan 90 tuleentuminen.
Biostimulantti	Kasvien biostimulantti on mikä tahansa aine tai mikro-organismi, jota levitetään kasveille ravinteiden käytön tehokkuuden, abioottisen stressinsietokyvyn ja/ tai sadon laatuominaisuuksien parantamiseksi, riippumatta sen ravintoainepitoisuudesta. Kasvien biostimulantit tarkoittavat myös kaupallisia tuotteita, jotka sisältävät tällaisten aineiden ja/tai mikro-organismien seoksia. (Du Jardin, 2015, s. 8.)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön kokeen tavoitteena oli selvittää, voidaanko biostimulanttivalmisteita käyttämällä saada vaikutusta perunasadon määrään ja laatuun. Biostimulantit pieninä määrinä annettuna edistävät kasvien kasvua ja parantavat viljelykasvin stressinsietokykyä. Ilmaston muuttuessa säiden ääriolot lisääntyvät, mikä lisää viljelykasveille abioottista stressiä. Tällaisia abioottisia stressitekijöitä ovat esimerkiksi kasvukauden aikainen kuumuus, kuivuus ja märkyys. Abioottiset stressitekijät rajoittavat merkittävästi sadonmuodostusta. Biostimulanttien antioksidanttinen vaikutus kasviin saattaa parantaa sen stressinsietokykyä ja tehostaa ravinteiden ottoa. Peruna on lähellä maan pintaa olevan juuristonsa vuoksi herkkä kasvi säävaihteluille, erityisesti kuumuudelle ja kuivuudelle.

Opinnäytetyön biostimulanttikoe perunalle toteutettiin yhteistyössä Yaran kanssa maatilakokeena opinnäytetyön kirjoittajan tilalla Karijoella Etelä-Pohjanmaalla kasvukaudella 2023. Koeksessa oli mukana kaksi erilaista biostimulanttivalmistetta Biostimulantti 1 ja Biostimulantti 2. Biostimulantti 1 sisältää humus- ja fulvohappoja, jotka auttavat kasvia kestämään stressitiloja ja lisäävät kasvin ravinteiden saantia ja kasvin sekä juuriston kasvua. Biostimulantti 2 on merileväuute, joka edistää kasvin kasvua ja kehitystä sekä lieventää abioottisten stressiolosuhteiden vaikutuksia vahvistamalla kasvia etukäteen. Aktiivisten aineiden lisäksi biostimulantit sisältävät pieniä määriä ravinteita.

Opinnäytetyössä on biostimulanttien lisäksi perehdytty perunan viljelyvaatimukseen maaperän, vesitalouden ja viljelykierron sekä perunan kasvuasteisiin ja eri ravinteiden vaikutukseen perunan kehityksen eri vaiheissa. Työssä on myös perehdytty perunan laatuvaatimukseen, jotka muodostuvat käyttötarkoituksen mukaan. Ruokaperunalle ja ruokateollisuusperunalle loppukäyttäjät eli kuluttajat tai teollisuus asettavat omat laatuvaatimuksensa.

2 PERUNAN VILJELYVAATIMUKSET JA STRESSITEKIJÄT

2.1 Maaperä

Perunaa viljellään hyvin erilaisilla maalajeilla, mutta peruna menestyy parhaiten kuohkeassa, hiekkansekaisessa multamaassa tai lämpimässä ja kosteutta hyvin pitävässä hietamaassa (Paalo, 2007, s. 21–22.). Perunamaaksi paras on hyvärakenteinen ja hyvin vettä läpäisevä maa, jossa ei ole riskiä tiivistymiselle. Peruna kasvaa hieman happamammassa maassa kuin useat muut viljelykasvit, mutta perunakaan ei viihdy hyvin happamassa tai kosteassa maassa (mts. 23.).

Seppäsen ja Yli-Hallan (2012, s. 107) mukaan perunamaan pH-arvon tulee olla noin 5,8–6,5. Kankaalan ym. (2014, s. 15) mukaan maan pH on kasvin ravinteiden oton kannalta äärimmäisen tärkeä tekijä, koska se määrittää, missä muodossa ravinteet liuoksessa ovat, mikä taas vaikuttaa siihen, miten hyvin ravinteet ovat kasvien saatavilla. Kunkin ravinteen vaste pH:n muutokseen on yksilöllinen.

2.2 Vesitalous

Kasvit tarvitsevat vettä yhteyttämistuotteiden sekä ravinteiden kuljettamiseen, solupaineen ylläpitoon, fotosynteesiin sekä haihduttamiseen (Kankaala ym. 2014, s. 16). Peruna tarvitsee vettä sadonmuodostukseen enemmän kuin muut kasvit. Suomen olosuhteissa yhden perunasatokilon tuottamiseen tarvitaan vettä 100–200 litraa, mikä tarkoittaa 350–500 mm sadantaa kasvukaudella.

Juntusen ym. (2013, s. 7) mukaan perunalla on heikko juuristo, joka kasvaa lähellä maanpintaa. Lisäksi perunaa yleensä viljellään karkeilla kivennäismailla, joiden vedenpidätyskyky on heikko. Perunamaiden vapaasta maanpinnasta haihtuu vettä runsaasti kesä-elokuun aikana, mikä lisää tarvetta kastelulle.

Perunan vedentarve ennen taimettumista on vähäinen, mutta taimettumisesta mukulanmuodostukseen peruna kuluttaa vettä noin 1,5 mm/vrk ja mukulanmuodostuksesta kukkanuppujen ilmestymiseen noin 2,5 mm/vrk (Juntunen ym. 2013, s. 7). Perunan alkukehityksessä vedenpuute hidastaa kasvua ja pienentää kasvuston korkeutta, lehtialaa sekä rönsyjen ja

mukuloiden määrää. Vedenpuute voi pahimmillaan pysäyttää mukulanmuodostuksen, joka jatkuu vasta maan kosteuden palauduttua. Mukulasadon kasvuvaiheessa maan kosteudella on ratkaiseva vaikutus perunan lopulliseen satoon ja mukulakokoon. Tasaisen maankosteuden ylläpito kastelulla vähentää mukuloiden epämuotoisuutta, onttoutta, sisäistä ruskettumista tai ruskolaikkuisuutta sekä kasvuhalkeamien muodostumista.

Toisaalta myös liika vesi on pahasta, sillä peruna ei siedä tulvaa (Perunantutkimuslaitos, 2024a). Pelloille kertyvän liian veden takia maassa penkin happitila vähenee, jolloin peruna tukehtuu ja pilaantuu. Perunan juuristo säilyy hengissä veden alla 2 vuorokautta, mutta kehittyvät mukulat alkavat mädäntyä jo muutamassa tunnissa. Perunapenkkiin vakoihin kerääntynyt vesi tulee poistaa mahdollisimman nopeasti perunan hukkumisen ehkäisemiseksi.

2.3 Viljelykierto

Erikoistuneilla perunatiloilla perunan osuus peltoalasta on usein 50–80 %, ja pahimmillaan perunaa viljellään samoilla lohkoilla melkein joka vuosi (Aaltonen ym., 2016, s. 5). Peruna reagoi herkästi yksipuoliseen viljelyyn, joten riittävän kasvinvuorotuksen aikaansaaminen on perunantuotannon tilakohtaisen jatkuvuuden edellytys.

Yksipuolisessa perunanviljelyssä ankeroisriski sekä vaarallisten kasvintuhoojien riski kasvaa olennaisesti (Aaltonen ym., 2016, s. 5). Myös sadon määrä ja laatu heikkenevät, kun multavuus vähenee ja maan rakenne vaurioituu. Hankalasti torjuttavat rikkakasvit, kuten pähkämö, peltovalvatti ja pelto-ohdake lisääntyvät. Lisäksi maassa säilyvät taudinaiheuttajat lisääntyvät. Näitä ovat kuorirokko, maltokaarivirus, perunaseitti, perunarutto, perunalakaste, punamätä, sydänmätä, kuoppa- ja kurttulaho, varsikuolio, perunarupi ja lehtipolte.

Yksipuolisessa perunanviljelyssä maan rakenne vähitellen heikkenee, koska perunasta ei jää maahan paljoakaan eloperäistä ainesta (Aaltonen ym., 2016, s. 5). Maata käsitellään perunaa viljeltäessä runsaasti muokatessa ja nostossa, mikä myös kuluttaa maan multavuutta. Multavuuden väheneminen taas heikentää maan ilmavuutta ja ravinteiden sekä veden pidättymistä. Kasvukunnon palauttaminen vaatii viljelykiertoa, jossa on mukana nurmiviljelyä. Maan rakenne saadaan korjaantumaan vain lisääntyneen humuksen, vähentyneen tiivistymisen sekä parantuneen maan mururakenteen ansiosta.

Aaltonen ym. (2016, s. 5) suosittelivat perunaa viljelykiertoon vain kerran neljässä vuodessa, mikä olisi erittäin hyvä kierto. He suosittelivat perunaa kiertoon kerran kolmessa vuodessa tai kahtena peräkkäisenä vuonna perunaa, joiden jälkeen viljeltäväksi kolme vuotta välikasvia. Perunalle sopivia esikasveja ovat kaikki viljat, heinänurmet ja palkokasvit. Peruna puolestaan on hyvä esikasvi muille paitsi itselleen.

Vilja perunan välikasvina katkaisee taudinaiheuttajien runsastumisen ja on vaihtoehtona turvallinen, sillä perunalla ja viljalla ei ole samoja taudinaiheuttajia (Hannukkala ym. 2014. s. 14). Vilja ei silti ole tehokkain perunan välikasvi, koska se ei paljoakaan lisää maahan orgaanista ainesta. Heinänurmet tai viherlannoitusnurmi, jossa on mukana syväjuurisia palkokasveja, lisäävät maan orgaanista ainesta. On kuitenkin huomioitava, että yli neljä vuotta vanhat nurmet lisäävät seppäkuoriaisen eli juurimadon riskiä.

3 PERUNAN SADONMUODOSTUS

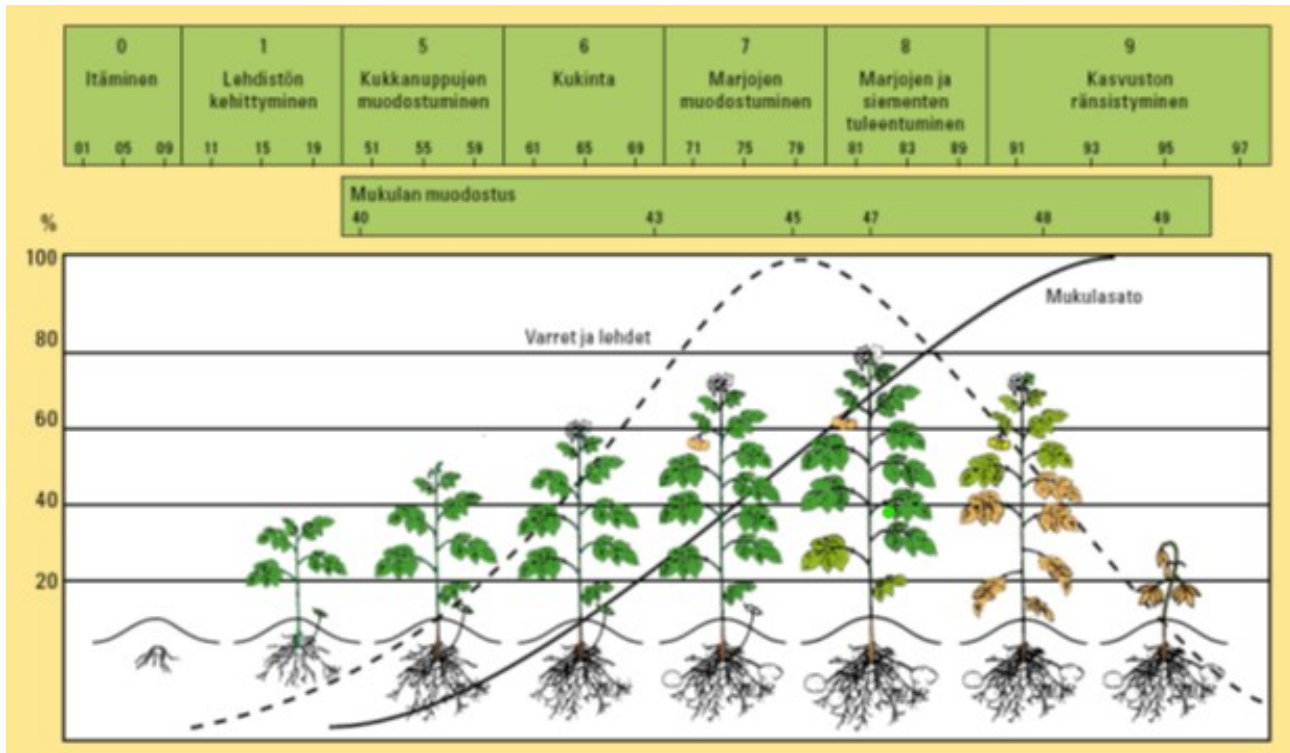
3.1 Kasvuasteet

Perunan kasvu lähtee siemenen eli emomukulan itämisestä (Seppänen & Yli-Halla, 2012 107–108). Kasvusto taas muodostuu maanpäällisistä versoista, joiden määrä on suoraan riippuvainen itujen määrästä. Uusia perunoita kasvaa maanalaisiin versoihin eli rönsyihin, jotka kasvavat maanpäälliseen versoon siemenperunan ja maanpinnan välisiin silmuihin. Mitä enemmän kasvavia ituja ja niistä kasvavia versoja maanpinnalla on, sitä enemmän rönsyjä on mahdollista kehittyä verson tyviosan silmuista.

Perunalla pääverson tyvestä kasvaa maan alla rönsyjä, joissa on spiraalisesti järjestäytyneitä sivusilmuja, joissa on pienet lehdet ja kärkisilmu koukkumaisessa päässä (Van Es & Hartmans, 1981, Kankaalan ym. 2014, s. 9 mukaan). Mukuloiden muodostuksen alkaessa rönsyjen pituuskasvu loppuu ja juurikoukkujen takana olevat rönsyjen osat alkavat paisua mukuloiksi (Kankaala ym. 2014, s. 9). Kirjoittajien mukaan mukuloiden kasvu alkaa lehtien ja juurten muodostumisen jälkeen, 2–6 viikon kuluttua kasvin taimettumisesta. Kasvuolosuhteiden lämpötila ja päivän pituus vaikuttavat mukuloiden muodostuksen käynnistymiseen. Myös lajikkeiden erot aikaisuudessa ja myöhäisyydessä vaikuttavat mukulanmuodostukseen. Kasvi-hormoneista gibberelliini on tärkein mukuloinnin säätelijä, sillä se stimuloi verson kasvua ja inhiboi mukulan muodostusta ja kasvua.

Seppäsen & Yli-Hallan (2012, s. 109) mukaan rönsyjen päiden turpoaminen mukuloiksi alkaa noin 2–3 viikkoa taimettumisen jälkeen ennen kukkanuppujen muodostumista. Siemenperunan fysiologisen tilan ja ympäristöolojen vuoksi tämä ei kuitenkaan tapahdu samanaikaisesti, minkä vuoksi mukulat ovat erikokoisia ja -ikäisiä. Tällöin peruna kuitenkin käyttää yhteyttämistuotteita maanpäällisten osien kasvuun. Vasta kasvukauden lopulla, kun kasvustossa alkaa näkyä tuleentumisen merkkejä, yhteyttämistuotteita kuljetetaan lehdistä kasvaviin mukuloihin.

Perunan maanpäällistä kasvua ja sadon kehitystä voidaan seurata BBCH-asteikolla (kuvio 1) (Hack ym. 1993, Seppäsen & Yli-Hallan 2012, 109 mukaan). Asteikko on kehitetty eurooppalaisiin oloihin ja Suomen oloissa kasvin osien kehitys tapahtuu hieman eri aikaan. Esimerkiksi mukulan muodostus alkaa Suomessa hieman aikaisemmin.



Kuvio 1. Perunan kehitys BBCH-asteikolla. (Hack ym.1993; Seppäsen & Yli-Hallan mukaan 2012, s.109)

3.2 Satokomponentit

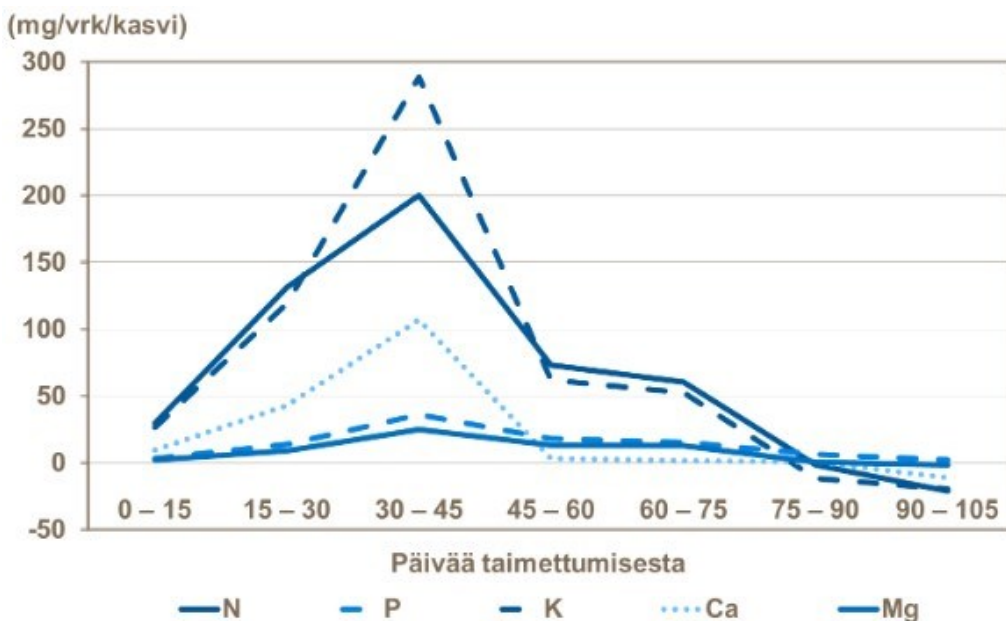
Satokomponenteiksi kutsutaan sadon osatekijöitä, joista sato muodostuu (Seppänen & Yli-Halla, 2012 s. 33–35). Perunalla satokomponentteja ovat kasvitiheys (kpl/m²), varsien lukumäärä kasvia kohti, mukuloiden lukumäärä vartta kohti sekä mukulan paino. Perunakasvuston satokomponentteja seuraamalla voidaan kasvukauden aikana ajoittaa viljelytoimenpiteitä siten, että ne vaikuttavat parhaalla mahdollisella tavalla sadon muodostumiseen.

4 RAVINTEIDEN VAIKUTUS PERUNALLA

4.1 Ravinnetarve

Vaativana viljelykasvina peruna reagoi epätasaiseen ja vaihtelevaan lannoitukseen sadon määrällä sekä laadulla (Kankaala ym. 2014, s. 12). Kankaalan ym. (2014, s.12) mukaan perunalle tulisi aina tehdä lannoitus suunnitelma, joka perustuu maanäyteanalyysin tuloksiin huomioiden esikasvivaikutuksen, maan kasvukunnon, kasvuolot ja -ajan sekä lannoitustavan ja viljeltävän lajikkeen. Kankaalan ym. (2014, s.12) mukaan suunnittelussa on tiedostettava eri ravinteiden merkitys perunan kasvussa sekä ravinnesuhteiden vaikutukset sadon laatuun.

Perunasadossa poistuva ravinnemäärä satotonna kohti on 3,3 kg typpeä, 0,5 kg fosforia, 5,0 kg kaliumia, 2,0 kg kalsiumia ja 0,7 kg magnesiumia (Kivijärvi ym. 2018, s. 8). Perunan 30 000 kg hehtaarisatoon tarvitaan Kuismän (2001, s. 55) mukaan noin 80–160 kg typpeä, 15–25 kg fosforia, 150–300 kg kaliumia, 20–45 kg kalsiumia ja 10–25 kg magnesiumia. Perunan ravinteiden tarve ja otto on suurimmillaan kasvukauden alkupuolella noin 30 päivän päästä taimettumisesta (kuvio 2).



Kuvio 2. Perunan ravinteiden tarve ja ajankohta (Kolbe and Stephan-Beckmann, 1997, Yaran, 2023, mukaan).

4.2 Typpi

Typpi on kasveille tärkeä ravinne, ja se on olennaisena osana useassa kasvisolun osassa, kuten aminohapoissa, proteiineissa ja nukleiinihapoissa (Kankaala ym. 2014, s.12). Typpi vaikuttaa erityisesti verson kasvuun. Heidän mukaansa liiallinen typpilannoitus alkukasvukaudella perunalla voi aiheuttaa ontoutta mukuloihin ja puolestaan loppukasvukaudella hidastaa tuleentumista ja lisätä mukuloiden vetisyyttä. Eri perunalajikkeiden välillä on vaihtelua sopivasta typpimäärästä. Typpilannoitus vaikuttaa perunan kuiva-aineen ja tärkkelyksen määrään alentavasti, jolloin se vähentää myös perunan keittohajoamista ja jauhoisuutta sekä lisää kiinteyttä.

Typhen tarve perunasadon kasvussa ensimmäisten 4–5 kasvuviikon aikana on suhteellisen vähäinen, ja runsas typensaanti voi jopa viivästyttää mukulanmuodostumista, mutta tänä aikana typpi edistää varren ja lehtien kasvua (Koch ym. 2020, s.101–102). Myöhemmässä kasvun vaiheessa mukulat hyötyvät lisääntyneestä maanpäällisestä biomassasta ja sen myönteisestä vaikutuksesta fotosynteesin tehokkuuteen, mikä vaikuttaa kuiva-aineen kulkeutumiseen mukuloihin. Kivijärven ym. (2018, s. 8.) mukaan perunan typenotto on suurimmillaan noin 4,5 kg/ha/vrk 20–40 vuorokauden kuluttua istuttamisesta, jolloin se kasvattaa varsia ja lehtiä. Kukinnan jälkeen typensaannin tulisi vähentyä, jotta kasvu pysähtyisi ja yhteyttämistuotteet käytettäisiin mukuloihin. Noin 58–70 % typen kokonaismäärästä kuluu mukuloiden täytön kehitysvaiheessa (Koch ym. 2020, s. 102).

Koch ym. (2020, s. 102) mukaan typen alentavasta vaikutuksesta perunan tärkkelyspitoisuuteen on huomioitava kuitenkin lisätypen vuoksi saatu sadon lisä ja näin myös kasvanut tärkkelyssato. Heidän mukaansa kyseessä on laimennusvaikutus, jossa typen levittämisen aiheuttama lisääntynyt sato vaikuttaa tärkkelyspitoisuuteen.

4.3 Fosfori

Fosforilla on tärkeä osa kasvisolun energia-aineenvaihdunnassa, sillä se on osa soluhengityksen ja fotosynteesin sokeri-fosfaatti-välituotteita ja fosfolipidejä, joista solumembraanit rakentuvat (Kankaala ym. 2014, s.13). Fosforia pidetään tärkeänä ravinteena perunalle erityisesti kasvin kehityksen alkuvaiheessa ja mukuloiden muodostuksessa, mutta liiallinen fosforin saanti saattaa myös pienentää mukuloiden kokoa. Heidän mukaansa riittävä fosforin saanti takaa perunalla nopean versojen kasvun ja kasvuston kehittymisen.

Kuisman (1992, s. 49) mukaan ravinteista juuri fosforilla on suurin vaikutus perunan sisäiseen laatuun. Fosfori lisää sadon mukulalukua ja parantaa käsittely- ja varastointikestävyyttä. Se myös lisää perunan jauhoisuutta ja parantaa makua. Kuisman mukaan fosforia joudutaan antamaan perunalle selvästi enemmän kuin sitä sadon mukana poistuu, sillä ainoastaan 10–30 % fosforista arvioidaan tulevan kasvien käyttöön. Erityisen runsaasti fosforia tarvitaan taimettumisen ja mukulanmuodostuksen välisen kehityksen turvaamiseksi. Fosforilannoituksen merkitys korostuu viileänä alkukesänä ja lyhyenä kasvukautena. Sadon käyttötarkoituksella ei ole vaikutusta fosforitarpeeseen, vaan lannoitus suunnitellaan perustuen viljavuustutkimukseen.

4.4 Kalium

Kaliumilla on tärkeä rooli kasvisolun osmoottisen potentiaalın säätelyssä (Kankaala ym. 2014, s. 13). Kalium aktivoi soluhengityksen ja fotosynteesin kannalta tärkeitä entsyymejä. Se stimuloi perunan varhaisvaiheen kehitystä, lisää proteiinituotantoa ja parantaa veden käyttöä, säänkestävyyttä sekä vastustuskykyä taudeille, mutta myös lisää perunoiden laatua ja määrää. Kalium on nitraatti-ionin vastaioni, joten jos kasvi saa liian vähän kaliumia, nitraattityppi kulkeutuu huonommin juurista ylempiin kasvin osiin. Tällöin nitraattia kertyy kasvin juuriin, mutta se ei etene muualle kasviin, eikä kasvi pääse käyttämään sitä hyödykseen. Kankaalan (2014, s.13) mukaan kaliumioni on magnesiumionin kanssa kilpaileva ravinne, joten näiden kahden suhteen pitää olla lannoituksessa kunnossa, jotta mukulasato olisi määrältään ja laadultaan mahdollisimman hyvä.

Peruna käyttää kaliumia runsaasti ja myös ottaa helposti maasta kaiken saatavissa olevan kaliumin (Kuisma, 1992, s. 49). Typenottoon verrattuna kaliuminotto on 1,5–2-kertaista. Kaliumilla on melko vähäiset vaikutukset sadon kehitysrytmiin ja mukulalukuun, mutta se lisää mukuloiden kokoa ja isojen mukuloiden osuutta sadossa. Vedenottoa ohjaavana ravinteena kalium alentaa kuiva-ainepitoisuutta, mutta samalla parantaa käsittely- ja varastointikestävyyttä sekä vähentää jauhoisuutta ja rikkikiehumista. Se myös nostaa perunan C-vitamiinipitoisuutta, laskee sen sokeripitoisuutta ja vähentää tummumista sekä raakana että kypsennettynä. Kuisman (mts. 50) mukaan kaliumlannoitus määräytyy maan kalitilan ja sadon käyttötarkoituksen mukaan. Mitä enemmän sadolta vaaditaan värin pysyvyyttä, säilyvyyttä ja käsittelynkestoa, sitä tärkeämpää on saada riittävästi kaliumia. Perunalle saa käyttää vain

kloorivapaita kaliumlannoitteita, sillä kloori lisää perunan vetisyyttä ja tummumista ja huonontaa makua.

4.5 Magnesium

Magnesium on mukana lehtivihreämolekyylin rakenteessa, ja lisäksi se aktivoi kasvissa entsyymejä, jotka osallistuvat fotosynteesiin, soluhengitykseen sekä DNA- ja RNA-synteesiin (Kankaala ym. 2014, s. 14). Magnesium ja kalium ravinteina kilpailevat keskenään, sillä ne ovat molemmat 2+ kationeja.

Magnesium on perunalle tärkeä ravinne, vaikka sen vaikutus sadon määrään onkin vähäinen (Kuisma, 1992, s. 50). Lehtivihreän keskeisenä rakenneosana se vaikuttaa vesitalouteen sekä tehostaa hiilihydraatti-, valkuais- ja rasva-aineenvaihduntaa. Magnesium parantaa myös mallon rakennetta ja leikkauskestävyyttä sekä vähentää tummumisherkkyyttä ja pienentää alttiutta märkämädälle.

Kuisman & Saarelan (2001, s.60) mukaan peruna käyttää magnesiumia kasvukauden aikana 10–25 kg/ha, josta mukulasatoon päätyy kokonaisuutena 40–70 %. Magnesiumin lannoitustarpeen määrittämiseen tulee käyttää viljavuusanalyysiä ja varmintä olisi täydentää maan magnesiumvaroja ennakoita käyttämällä esikasvien aikana kalkitukseen dolomiittikalkkia tai magnesiumpitoista kalkkikivijauhetta (Kuisma, 1992, s. 50) Kuisman mukaan ruoka- ja ruokateollisuusperunalla tavoiteltava Mg/K-suhde on 1:1–1,5, jolloin runsaan kaliumlannoituksen yhteydessä on huolehdittava myös magnesiumin riittävästä.

4.6 Kalsium

Kalsium on tärkeä osa kasvin soluseinää ja se on myös viestin välittäjä useille kasvin vasteille, jotka voivat olla sekä ympäristöstä johtuvia että hormonaalisia signaaleja (Kankaala ym. 2014, s. 14). Kalsiumilla on siis vaikutusta siihen, miten kasvi reagoi ympäristön aiheuttamiin erilaisiin stressitiloihin. Kalsiumin riittävällä saannilla on mukuloiden rakenteen ja laadun kannalta tärkeä merkitys. Sen on todettu vähentävän mukuloiden fysiologisia vioituksia ja parantavan perunan vastustuskykyä taudinaiheuttajia vastaan. Sen on myös todettu vähentävän mustelmien muodostumista lajikkeilla, jotka ovat mustelma-alttiita.

Molekyylitason tieto kasvifysiologiasta on lisännyt kiinnostusta perunan kalsiumlannoittamiseen (Sipilä ym., 2013, s.17). Tutkimusten mukaan peruna ei saa kalsiumia pääjuuren kautta, vaan mukulan kuoren ja maavarsien hiusjuurien kautta. Siksi on tärkeää, että mukulanpesän alueella on riittävästi kalsiumia saatavilla. Sipilän ym. (mt.) mukaan parhaat tulokset kalsiumlannoituksessa perunalla on saatu, kun liukoisia kalsiumlannoitteita on levitetty kasvustoon useita kertoja kasvukaudessa.

4.7 Rikki

Rikki on välttämätön ravinne monille solujen aineenvaihduntatuotteille, ja sen vuoksi se voi olla ravinne, joka rajoittaa kasvien satoa (Koch ym. 2020, s. 112). Rikki on osa aminohappoja, kuten metioniinia ja kysteeniä, jotka ovat välttämättömiä proteiinien rakennuspalikoita. Verrattuna muihin viljelykasveihin, perunalla on alhainen rikin tarve, mutta useat korkeasatoiset vuodet saattavat poistaa maaperästä huomattavia määriä rikkiä.

Rikki vaikuttaa perunalla hivenravinteiden ottoon, ja sen puutteen on havaittu nostavan mukuloiden sokeri- ja aminohappopitoisuuksia, mutta havainnot ovat olleet lajikeriippuvaisia (Kankaala ym. 2014, s. 15). Perunalla rikki korreloi kuparin, sinkin ja raudan määrää positiivisesti, mutta mangaanin kanssa korrelaatio on negatiivinen.

4.8 Hivenravinteet

Kuisman (1992, s. 51) mukaan peruna ei ole hivenravinteiden suhteen vaativa, ja perunan hivenravinnetarve tulee yleensä tyydytettyä käytettäessä kloorittomia perunan lannoitteita. Lisähivenravinteiden antaminen on tarpeen vain, jos viljavuusanalyysi osoittaa selvää vajautta.

5 PERUNAN LANNOITUS

5.1 Lannoitusmäärät ja lannoitusta koskevat rajoitukset

Tasapainoisen sadon käyttömuodon mukaisen lannoituksen perusta on riittävän tuore ja tarkka tieto lohkon ravinnevaroista (Kuisma 1992, s.51). Tasapainoisen lannoituksen on oltava suunnittelun lähtökohta ja sen tulee perustua maa-analyysiin, jossa myös hivenravinteet on analysoitu. Perunamaan ravinnelukujen ei tarvitse olla korkeita, vaan tärkeää on, että ravinnesuhteet ovat oikein ja lannoitus vastaa sadon ja sen käyttötarkoituksen mukaista tarvetta. Perunalle suositellaan kloorivapaita lannoitteita, sillä kloori voi heikentää sadon laatua ja varastointikestävyyttä ja haitata myös kasvin yhteyttämistä.

Valtioneuvoston asetuksen eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014 mukaan tuotantoeläinten lannassa ja orgaanisissa lannoitevalmisteissa vuosittain levitettävä kokonaistypen määrä saa olla enintään 170 kg/ha. Asetuksessa on määritelty liukoisen typen enimmäismäärät kasvikohtaisesti huomioiden kivennäismaat ja eloperäiset maat. Liukoisen typen määrään sisältyy epäorgaanisissa lannoitteissa, tuotantoeläinten lannassa, eläinten laiduntaessa syntyvässä lannassa ja orgaanisissa lannoitevalmisteissa annettava liukoinen typi.

Perunan liukoisen typen enimmäismäärät hehtaarille ovat kyseisen asetuksen mukaan seuraavan taulukon mukaiset.

Taulukko 1. Liukoisen typen enimmäismäärät perunalle kg/ha.

Kasvi	Kivennäismaat	Eloperäiset maat
Varhaisperuna	100	80
Tärkkelysperuna	130	90
Muu peruna	120	80

Fosforilannoituksen enimmäismäärät perunalle ovat 55 kg/ha, jos lohkon viljavuusluokka on huono, huonolaatuinen, välttävä tai tyydyttävä (Valtioneuvoston asetuksen fosforia sisältävien lannoitevalmisteiden ja lannan käytöstä 64/2023). Viljavuusluokassa hyvä fosforia saa antaa 35 kg/ha, korkean viljavuusluokan lohkoille 15 kg/ha ja arveluttavan korkealle viljavuusluokan maille vain 5 kg/ha. Asetuksen mukaan fosforilannoituksen vuosittaisesta

enimmäiskäyttömäärästä voidaan poiketa, jos sovelletaan fosforintasausta. Fosforintasauksella tarkoitetaan vuosittaisen kasvulohkokohtaisen fosforilannoituksen yli- tai alijäämän tasoittamista tasausjakson aikana, jonka kesto saa olla enintään viisi vuotta.

Kaliumia perunalle käytetään maan viljavuustutkimuksen mukaan viljavuusluokissa huono ja huononlainen 240 kg/ha, välttävä 180 kg/ha, tyydyttävä 130 kg/ha, hyvä 90 kg/ha ja korkeaan alle 65 kg/ha (Lannoiteopas 2021–2022, i.a., s. 43).

5.2 Lannoitustavat

Perunan lannoitus on Suomessa pitkään perustunut siihen, että perunan tarvitsemat ravinteet on annettu sijoituslannoituksena istutuksen yhteydessä ja lisälannoitusta ei ole annettu kasvukaudella (Sipilä, 2016, s.11). Kasvukaudella annettavien lisäravinteiden tarve on useimmiten vähäinen, kunhan peruslannoitus on suunniteltu perunan tarpeisiin ja käyttötarkoitukseen sekä maan ravinnepitoisuuden mukaan. Sipilän (mt.) mukaan kasvukaudella annettavien lisäravinteiden markkinointi ja käyttäminen on lisääntynyt Suomessa.

Sijoittamalla istutuksen yhteydessä lannoitteet penkkiin perunan juuriston lähetyville parannetaan huomattavasti lannoituksen tehoa (Kuisma & Saarela, 2001, s. 62–63). Sijoituslannoitus pintalevitykseen verrattuna nopeuttaa perunan alkukehitystä, tuottaa peittävämmän kasvuston ja antaa runsaamman mukulasadon kuitenkin myöhästyttämättä tuleentumista.

Perunalle voidaan antaa lisälannoitusta lehtilannoituksena, mutta se ei ole yleensä tarpeen, mikäli kevään lannoitus on ollut tasapainossa ja viljelytekniikka kohdallaan (Perunantutkimuslaitos, 2024b). Runsaat sateet saattavat kuitenkin huuhdella karkeimmista maista liukoisen typen ja kaliumin vähiin, jolloin lisälannoitukseen voi olla tarvetta. Typen puute näkyy kasvuston vaalenemisena. Tyypitäydennykseen voi käyttää ruttoruiskutuksen yhteydessä lehtilannoitteena kaliumnitraattia, magnesiumnitraattia, typpiliuosta tai ureaa 5–10 kg N/ha. Kaliumnitraatti sopii hyvin lohkoille, joilla on heikon kalitilan seurauksena tarvetta myös täydentävään kalilannoitukseen. Lisälannoitus on tehtävä ennen kukinnan päättymistä, jotta se ei viivästyttä liikaa perunan tuleentumista.

Hivenravinteiden osalta kasvukauden aikainen lisälannoitus voi joskus olla tarpeellista, mikäli hivenistä on puutetta eikä kevään lannoitus riitä kattamaan perunan ravinnetarvetta niiden osalta (Perunantutkimuslaitos, 2024b). Erityisesti maan pH:n ollessa yli 7 hivenravinteiden

täydentäminen lehtilannoituksilla voi olla kannattavaa, sillä esimerkiksi mangaani, boori ja sinkki pidättyvät maassa nopeasti vaikealiukoiseen muotoon korkeassa pH:ssa.

Kasvukausi Suomessa on lyhyt ja valoisa, millä on omat vaikutuksensa perunan kasvurytmiin, ravinteiden ottoon ja tarpeeseen (Sipilä, 2016, s. 16). Perunan kehitysrytmi on nopea Suomen pitkässä valoisessa päivässä, joten se käyttää ravinteet hyvin lyhyessä aikajak-
sossa. Istutuksen yhteydessä on tällöin mahdollista antaa lannoitteet siten, että perunan ra-
vinnetarpeet tulee katettua melko hyvin. Suomessa tulee avuksi vielä useimmiten maan oma
mikrobitoiminta, kun typpeä vapautuu maasta kasvukauden lopulla.

6 BIOSTIMULANTTIEN VAIKUTUS SADONMUODOSTUKSESSA

6.1 Biostimulanttien määritelmä

Sanaa biostimulantti on käytetty tieteellisessä kirjallisuudessa enenevässä määrin, mikä on laajentanut aineiden ja toimintatapojen valikoimaa (Du Jardin, 2015, s. 4). Du Jardin (2015, s. 4) mukaan puutarha-alan asiantuntijat Zhang ja Schmidt keksivät jo vuonna 1997 sanan biostimulantti kuvaamaan aineita, jotka edistävät kasvien kasvua ilman ravinteita, maanparannusaineita tai torjunta-aineita. Tieteellisessä kirjallisuudessa sanan biostimulantti määrittivät ensimmäisenä Kauffman ym. (2007, s. 1) tekemässään tutkimuksessa biostimulantin vaikutuksista monivuotisen raiheinän lämmönsietoon liittyen fotosynteesikapasiteettiin, lämpöstabiili-suuteen ja polyfenolien tuotantoon. Tutkimuksessaan he määrittivät biostimulanttien olevan muita materiaaleja kuin lannoitteita, jotka edistävät kasvien kasvua pieninä määrinä käytettynä. Du Jardin (2015, s. 4) mukaan Kauffman ym. tiivistivät mitä biostimulantit ovat luokittelemalla ne kolmeen pääryhmän ainesosien lähteiden ja sisällön perusteella. Näitä ryhmiä ovat humusaineet, hormonipitoiset tuotteet ja aminohappoja sisältävät tuotteet. Hormonipitoisista tuotteista esimerkkinä merileväuutteet sisältävät tunnistettavia määriä aktiivisia kasvien kasvuaineita, kuten auksiineja, sytokiniineja tai niiden johdannaisia.

6.2 Humusaineet

Humusaineet ovat maaperän orgaanisen aineen luonnollisia ainesosia, jotka syntyvät kasvi-eläin- ja mikrobijätteen hajoamisesta, mutta myös näitä käyttävien maaperän mikrobien metabolisesta aktiivisuudesta (Du Jardin, 2015, s. 4). Humusaineita voidaan luokitella niiden molekyylipainojen ja liukoisuuden mukaan humiini-, humus- ja fulvohapoiksi. Maaperässä olevat humusaineet ja niiden yhdistelmät syntyvät orgaanisen aineen, mikrobien ja kasvin juurien välisestä vuorovaikutuksesta.

Humusaineiden vaikutus on tutkimuksissa ollut vaihtelevaa, mikä on johtunut humusaineiden lähteestä, ympäristöolosuhteista, vastaanottavasta kasvista sekä levitysannoksesta ja -tavasta (Du Jardin, 2015, s. 4). Humusaineet uutetaan luonnollisesti kostutetusta aineesta, kuten turpeesta, vulkaanisesta maaperästä, kompostista tai mineraaliesiintymistä. Du Jardin (mts. 5) mukaan suurin osa humusaineiden biostimuloivista vaikutuksista viittaa juuriravinnon parantamiseen eri mekanismien kautta. Yksi niistä on lisääntynyt makro- ja mikroravinteiden

otto, mikä johtuu humusaineita sisältävän maaperän lisääntyneestä kationinvaihtokapasiteetista ja fosforin lisääntyneestä saatavuudesta, kun humusaineet häiritsevät kaliumfosfaatin saostumista.

6.3 Aminohappoja sisältävät tuotteet

Aminohappoja ja peptidiseoksia saadaan kemiallisella ja entsyymaattisella proteiinihydrolyysillä maatalousteollisuuden sivutuotteista, sekä kasvi- että eläinjätteistä (Du Jardin, 2015, s. 5). Tapauskohtaisesti näillä yhdisteillä on osoitettu olevan useita tehtäviä kasvien kasvun biostimulantteina. Suoria vaikutuksia kasveihin ovat typen oton ja sulautumisen säätely entsyymien avulla. Kelatoivia vaikutuksia on raportoitu joidenkin aminohappojen, kuten proliinin, osalta. Nämä voivat suojata kasveja raskasmetalleilta, mutta ne voivat myös edistää hivenravinteiden liikkuvuutta ja hankintaa. Antioksidanttisia vaikutuksia saadaan, kun typpipitoiset yhdisteet, kuten glysiinibetaiini ja proliini, poistavat vapaita radikaaleja ja siten lievittävät ympäristön aiheuttamaa stressiä kasveille.

Du Jardin (2015, s. 5) mukaan proteiinihydrolysaattien tiedetään lisäävän mikrobien biomassaa ja aktiivisuutta, maaperän hengitystä sekä kaiken kaikkiaan maaperän hedelmällisyyttä. Tiettyjen aminohappojen ja peptidien kelatointi ja kompleksointitoimintojen katsotaan myötävaikuttavan ravinteiden saatavuuteen.

6.4 Hormonipitoiset tuotteet

Merileväuutteet vaikuttavat maaperään ja kasveihin, ja niitä voidaan levittää maaperään liuoksena tai kasveille lehtikäsittelyinä (Du Jardin, 2015, s. 5). Näissä aineina on polysakkariideja ja niiden hajoamistuotteita sekä muita kasvin kasvua edistäviä ainesosia, kuten mikro- ja makroravinteita, steroleita, typpipitoisia yhdisteitä ja hormoneja. Maaperässä niiden polysakkaridit edistävät geelin muodostumista, veden pidätystä ja maaperän ilmastusta. Niiden polyanioniset yhdisteet myötävaikuttavat kationien kiinnittymiseen ja vaihtoon. Vaikutukset siementen itävyyteen, kasvin kehitykseen ja myöhempään kasvuun liittyvät hormonaalisiin vaikutuksiin, joiden katsotaan olevan suurin syy viljelykasvien biostimulaatioaktiivisuuteen. Du Jardin (2015, s. 5) mukaan näillä on myös raportoitu olevan stressiä estäviä vaikutuksia, joissa vaikuttavat merileväuutteiden sisältämät suojaavat yhdisteet, kuten antioksidantit ja stressiin reagoivien geenien säätelijät.

7 PERUNAN LAATUVAATIMUKSET

Ruokavirasto (2022) määrittää, että kuluttajalle myytävän ruokaperunan tulee olla elintarvikekelpoista ja täyttää vähimmäisvaatimukset. Ennen myyntiin toimittamista ruokaperunaerät pitää lajitella ja myyntikelvottomat perunat tulee poistaa. Myytävien ruokaperunoiden kuuluu olla lajikepuhtaita, terveitä, eheitä ja kiinteitä, eikä niissä saa olla vierasta hajua eikä makua. Laadultaan ruokaperunaksi kelpaamattomia perunoita ovat esimerkiksi syvältä vihertyneet tai pakkasen vioittamat perunat.

Seppäsen ja Yli-Hallan (2012, s. 113) mukaan perunan laatuvaatimukset muodostuvat käyttötarkoituksen mukaan. Ruokaperunalle ja ruokateollisuusperunalle loppukäyttäjät eli kuluttajat tai teollisuus asettavat omat laatuvaatimuksensa. Perunan laatuvaatimukset voidaan jakaa sisäiseen laatuun ja ulkoiseen laatuun. Ulkoiseen laatuun kuuluvat perunan pinnalla olevien vikojen lisäksi ulkonäköön, kokoon, muotoon, sileyteen, kuoren väriin ja rakenteeseen liittyviä ominaisuuksia. Sisäinen laatu puolestaan muodostuu tärkkelyspitoisuudesta, käyttöominaisuuksista, mausta ja värin tummumisesta raakana tai kypsennettynä. Sisäiseen laatuun vaikuttaa myös haitallisten yhdisteiden kuten nitraattien ja glykoalkaloidien määrä (mts. 114). Nitraattien kertyminen perunan mukulaan johtuu väärin ajoitetusta tai liian suuresta typpilannoituksesta. Typpilannoituksen tulee perusta lohkon typpivarohin ja lajikekohtaisiin viljelyohjeisiin. Glykoalkaloidit ovat perunassa luontaisesti esiintyviä yhdisteitä, jotka liittyvät kasvin puolustusjärjestelmään. Niitä esiintyy eniten tuleentumattomissa, pienissä perunoissa ja niiden määrä lisääntyy mekaanisten vioitusten ja stressin seurauksena. Glykoalkaloidit aiheuttavat ihmiselle liian suurina pitoisuuksina nautittuna pahoinvointia, ripulointia, päänsärkyä ja harhanäkyjä.

Ruokateollisuusperunan yksi tärkeimpiä laatuvaatimuksia on prosessin kestävyys, eli sen tulee kestää kuorimista ja raakatumumista kuorinnan jälkeen sekä myös jälkitummumista keiton jälkeen (Seppänen & Yli-Halla, 2012, s. 113). Raaka- ja keittotummumisherkyys ovat lajikeominaisuuksia, johon vaikuttavat kasvukauden olot, sekä typen ja kaliumin suhde.

8 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

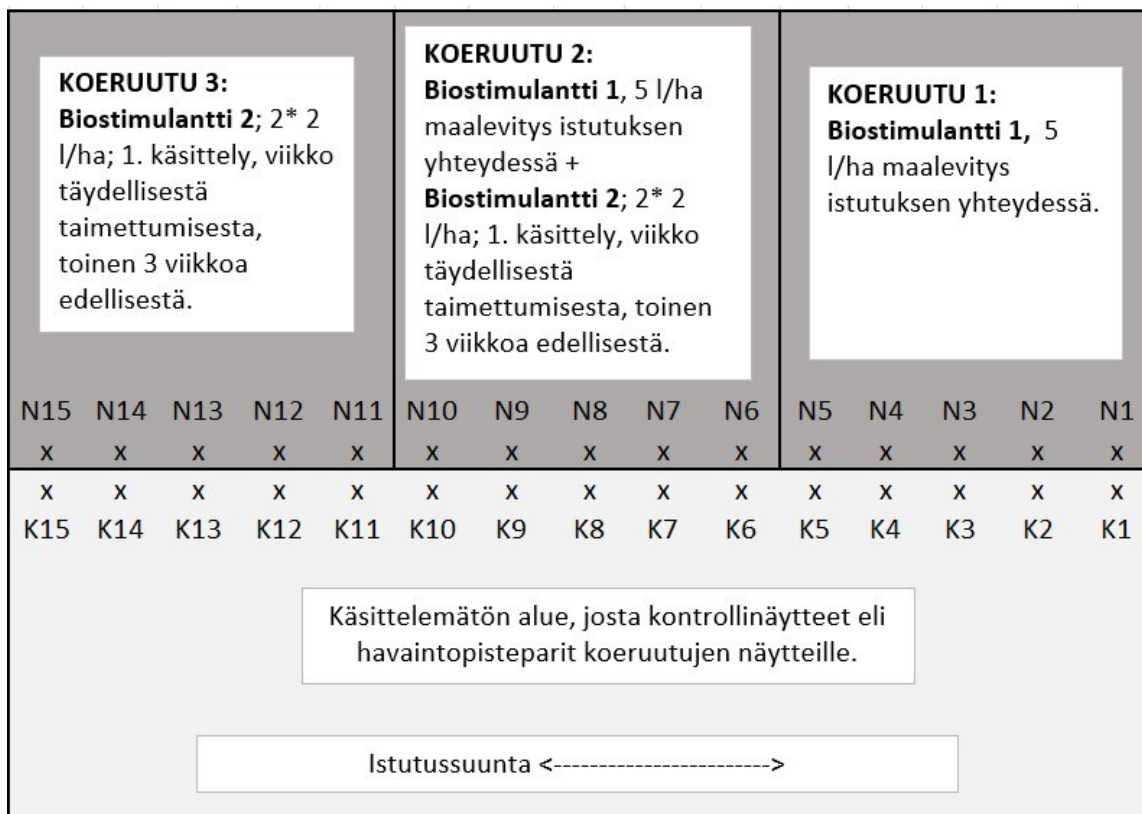
Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää biostimulanttien vaikutusta perunan sadonmuodostukseen. Biostimulantit ovat uusia keinoja viljelykasvien stressinsietokyvyn parantamiseen. Ilmaston muuttuessa säiden ääriolot lisääntyvät, mikä lisää viljelykasveille abioottista stressiä. Tällaisia abioottisia stressitekijöitä ovat esimerkiksi kasvukauden aikainen kuumuus, kuivuus ja märkyys. Abioottiset stressitekijät rajoittavat merkittävästi sadonmuodostusta. Biostimulanttien antioksidanttisen vaikutuksen kasviin tulisi parantaa sen stressinsietokykyä ja tehostaa ravinteiden ottoa, jolloin vaikutus sadon muodostukseen voisi olla suuri.

Peruna on lähellä maan pintaa olevan juuristonsa vuoksi herkkä kasvi säävaihteluille, erityisesti kuumuudelle ja kuivuudelle. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, saadaanko biostimulantteja käyttämällä parannettua perunan sietokykyä säävaihteluille ja lisättyä perunasatoa ja parannettua sadon laatua.

9 TUTKIMUSMENETELMÄ JA TOTEUTUS

9.1 Koejärjestelyt

Kokeessa perustettiin 3 erilaista koeruutua erilaisilla biostimulanttikäsittelyillä (kuvio 3.). Koeala oli 0,46 ha, ja jokaisen koeruudun koko oli 15,3 aaria. Koeala suunniteltiin siten, että se kattaa yhden ruiskun leveyden, eli 30,6 m, kattaen 36 riviä perunaa. Koealan pituudeksi tuli 150 m, joista 50 m jokaista koetekijää kohden. Koeruudulle 1 sijoitettiin istutusvakoon maalevityksenä istutuksen yhteydessä Biostimulantti 1 5 l/ha vesimäärällä 200 l/ha. Koeruudulle 2 sijoitettiin istutusvakoon maalevityksenä istutuksen yhteydessä Biostimulantti 1 5 l/ha vesimäärällä 200 l/ha ja lisäksi Biostimulantti 2 kasvustoon kaksi kertaa ruiskutettuna 2 l/ha vesimäärällä 300 l/ha. Ensimmäinen ruiskutuskäsittely tehtiin viikko taimettumisen jälkeen ja toinen ruiskutuskäsittely 3 viikkoa edellisestä käsittelystä. Koeruudulle kolme käsittelyksi tuli Biostimulantti 2 ruiskutettuna kahteen kertaan 2 l/ha vesimäärällä 300 l/ha. Ensimmäinen ruiskutuskäsittely tehtiin viikko taimettumisen jälkeen ja toinen ruiskutuskäsittely 3 viikkoa edellisestä käsittelystä.



Kuvio 3. Koeruutujen asettelu ja havaintopistepaikat merkittynä x-kirjaimella.

9.2 Koelohkon maaperä

Koe toteutettiin Karijoella Etelä-Pohjanmaalla Ylihannulan tilan loholla nimeltään Kettuloukko, joka on maalajiltaan runsasmultainen karkea hieta (rm KHT). Koko lohkon koko on 7,7 ha, minkä vuoksi lohkolta on kaksi maanäyteanalyysitulosta (kuvio 4.). Maan pH-arvo on tyydyttävä 6, mikä on ruokaperunan viljelyssä tavoiteltu viljavuusluokka. Maanäyteanalyysien mukaan monet ravinnearvot ovat loholla välttäviä, mutta niiden suhteellinen osuus toisiinsa ovat kuitenkin hyvällä tasolla. Kalsiumin, magnesiumin ja kaliumin suhteellinen osuus toisiinsa nähden on hyvä perunalle. Lohkolle kuitenkin päätettiin levittää polysulfaattia, jotta saataisiin lisättyä kaliumin, kalsiumin, magnesiumin ja rikin määrää. Fosforitaso on perunamaalle tyypillisesti hyvä, jolloin suurin sallittu fosforin lannoitusmäärä hehtaarille on 35 kiloa.



Kuvio 4. Maanäyteanalyysien tulokset (Agrineuvos-viljelysuunnitteluohjelma).

Runsasmultainen maalaji sekä pidättää ja varastoi että luovuttaa tarvittaessa hyvin kosteutta. Toisaalta karkea hieta ei kuoretu ja läpäisee tarvittaessa hyvin vettä. Lohkolla on 12 metrin imuvälillä säätösaloitus, joten pohjaveden taso on padottavissa ja altakastelu on tarvittaessa mahdollista. Lohkolla on pellon tasaisuudessa vaihteluita, joten koeruutujen sijoittamista loholla valikoitiin tutkimalla Atfarm-sovelluksen karttoja pellon vaihtelevuudesta (kuvio 5.). Koeruudet päätettiin sijoittaa kasvultaan mahdollisimman tasaiseen paikkaan peltoa.



Kuvio 5. Karttaan piirretty suunniteltu koalueen raja (Atfarm 16.8.2022).

9.3 Kokeessa käytettävä perunalajike Lady Claire

Lady Claire on hollantilaisen jalostaja Meijerin lajike, jota Suomessa edustaa Siemenperunakeskus. Lady Claire on keskimyöhäinen jauhoinen ruoka- ja teollisuusperunalajike (Siemenperunakeskus i.a.). Se soveltuu erinomaisesti perunalastujen raaka-aineeksi, koska sillä on korkea kuiva-ainepitoisuus, hyvä tummumisen kestävyys sekä sen sokeripitoisuus pysyy alhaisena, mikä pitää prosessoinnissa syntyvät akryyliamidimäärät pieninä. Lady Clairen mukulat ovat on pyöreänsoikeita ja matalasilmäisiä, joten ne soveltuvat hyvin prosessointiin senkin puolesta. Lajikkeena Lady Claire on melko kestävä mukularuttoon ja perunarupea vastaan, sekä se on ankeraisen ja perunasyövän kestävä. Tyvimädästäkään Lady Claire ei ole kärsinyt.

Lannoitusmääränä Siemenperunakeskus (i.a) suosittelee Lady Clairelle annettavan karkeilla kivennäismailla tyyppä 70–80 kg/ha ja kaliumia 180–220 kg/ha. Myös kalsiumin ja magnesiumin saannista on huolehdittava. Magnesiumin puutos näkyy lajikkeessa helposti. Suositeltu istutustiheys 30–40 mm kokoisella siemenperunalla on 26 cm ja 40–55 mm siemenellä 30 cm.

9.4 Koelohkon viljelytoimenpiteet

Lohkon valmistelu kasvukauteen aloitettiin 9.5 huuhtelemalla salaojat. Huuhtelun jälkeen sää-
tökaivojen patoluukut laitettiin kiinni, jotta ehkäistäisiin alkukesän kuivuutta. Esikasvina loh-
kolla oli kahden vuoden viherlannoitusnurmi. Lohkolle levitettiin 17.5 urakoitsijan toimesta
Suupohjan Perunalaakso Oy:n biokaasulaitoksen hygienisoitua mädätejäännöstä. Lannoite-
määrä oli 20 tn/ha ja se levitettiin Livakan 17 m³ lietevaunulla, jossa on Bomechin 12 m veit-
simultain. Sen jälkeen lohko perusmuokattiin Lemken Juvel 7 (vm. 2013) viisisiipisillä nosto-
laitepaluuauroilla kyntämällä 28 cm:n syvyyteen. Mädätejäännös sisältää analyysin mukaan
ravinteita kiloina tonnissa seuraavasti: typpi 1,7, fosfori 0,24, kalium 2,9, kalsium 0,51, mag-
nesium 0,17, rikki 0,09.

Lohkolla päästiin istutustöihin 19.5. Ensin levitettiin polysulfaattia 300 kg/ha Bogballe m2 plus
(vm. 2012) vaakallisella lannoitteen pintalevittimellä, jonka päälle tehtiin kylvömuokkaus
Amazone KG 4000 Super (vm.2015) -vaakatasojyrsimellä 17 cm:n syvyyteen. Istutettavana
perunalajikkeena oli Lady Claire, jonka siemenkoko oli 30–40 mm. Peitatut siemenperunat
istutettiin Grimme gl 34 t (vm. 2008) nelirivisellä istutuskoneella 25 cm taimivälillä 85 cm rivi-
välillä. Istutuksen yhteydessä levitettiin lannoituksena YaraMila Hevi 1 (8-5-19) 600 kg/ha ja
Belor Premium Startti P + Mangaani (10,20,0 +mn 0,2) 50 kg/ha. Yhteenlasketut pääravinne-
määrät (taulukko 2.) olivat typpeä 87 kg, fosforia 44,8 kg ja kaliumia 204,1 kg. Fosforin sallittu
määrä ylittyi melkein kymmenellä kilolla, mutta tästä aloitettiin fosforintasauskautsi.

Taulukko 2. Kevätlannoituksen ravinnemäärät.

Lannoite ja määrä/ha	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn
Biokaasulaitoksen rejekti 20 tn	34	4,8	58	10,2	3,4	1,8	0
Polysulfaatti 300 kg	0	0	32,1	35,1	10,2	54,6	0
YaraMila Hevi1 600 kg	48	30	114	0	15	69,6	1,5
Belor Premium Startti P + Mangaani 50kg	5	10	0	0	0	0	0,1
Yhteensä	87	44,8	204,1	45,3	28,6	126	1,6

Koeruuduille 1 ja 2 levitettiin sijoittamalla istutusvakoon maalevityksenä istutuksen yhtey-
dessä biostimulanttivalmiste Biostimulantti 1 5 l/ha vesimäärällä 205 l/ha (kuva 1). Suuttimina
olivat Lechler IDKT 120 04 – kaksoisviuhkasuuttimet.



Kuva 1. Istutus ja Biostimulantti 1:n ruiskutus istutusvakoon (Ylihannula 19.5.2023).

Rikkakasvintorjunta ruiskutettiin Amazone UX 4200 (vm. 2018) -ruiskulla Lechler IDK 120 04 -suuttimilla ennen taimettumista 14.6. kasvuasteella BBCH 9. Tällöin havaittuja rikkakasveja olivat jauhosavikka, kiertotatar, ukontatar ja peltomatara. Alkukasvukauden kuivuuden vuoksi taimettuminen alkoi 20.6., jolloin aikaa istuttamisesta oli kulunut kuukausi (kuva 2).



Kuva 2. Taimettuminen BBCH 9-11 (Ylihannula 20.6.2023).

Viikko taimettumisesta 27.6. näytteidenottoaikat mitattiin ja merkattiin sinisillä tikulla kasvustoon (kuva 3). Tikkujen merkkilappuihin merkittiin koekäsittely ja näyttenumero. Vastavasti käsittelemättömien ruutujen merkkilappuihin merkittiin kontrolli- ja vastaava näyttenumero. Samana päivänä kasvuston rivivälit harattiin.



Kuva 3. Näytteenottoaikkajen merkkkaus BBCH 15-19 (Ylihannula 27.6.2023).

Kasvuston aukkoisuuden vuoksi tuli tarkkaan valita riveistä kohtia, joissa oli 10 taimea 2,5 m matkalla. Seuraavassa kuvassa (kuva 4) on hyvin nähtävissä kasvuston aukkoisuus.



Kuva 4. Näytepiste merkattuna tikuilla (Ylihannula 27.6.2023).

Ensimmäinen Biostimulantti 2-käsittely ruiskutettiin 29.6. koeruuduille 2 ja 3 vuosimallin 2018 Amazone UX 4200 ruiskulla (kuva 5). Tällöin oli kulunut viikko aikaa täydellisestä taimettumisesta.



Kuva 5. Ensimmäinen Biostimulantti 2-käsittely (Ylihannula 29.6.2023).

Toinen Biostimulantti 2-käsittely ruiskutettiin koeruuduille 2 ja 3 yhdessä perunarutontorjunta-aineen kanssa 19.7. (kuva 6). Tällöin oli kulunut 3 viikkoa aikaa edellisestä Biostimulantti 2-käsittelystä. Kasvustossa oli tuolloin kukinta alkamassa eli kasvuvaihe oli BBCH 60.



Kuva 6. Toinen Biostimulantti 2-käsittely, aineen lisäys ruiskuun koeruutujen 1 ja 2 rajalla (Ylihannula 19.7.2023).

Koko lohkon kasvinsuojeluaieruiskutukset etenivät taulukon 3 mukaisesti. Rutontorjunta suunniteltiin siten, että tehoaineita vaihdeltiin, jotta ehkäistiin mahdollista resistenssiä käytettyjä tehoaineita vastaan. Ruiskutus päätökset tehtiin tarkkailemalla kasvustoa, sääolosuhteita ja ruttopainetta. Ruiskuttaessa lämpötilat vaihtelivat 14–20 celsiusasteen välillä ja tuuliolosuhteet vaihtelivat 0,7–1,3 m/s. Magnesiumlisänä ajettiin Magtrac 4 l/ha lehtilannoitteena ruttoruiskutuksen yhteydessä 26.7. Magnesiumlisä auttaa erityisesti kukintavaiheesta eteenpäin lehtivihreän ylläpitämisessä.

Taulukko 3. Kasvinsuojeluaineruiskutusohjelma.

Torjuntakohde	Pvm.	Klo.	Aine	Tehoaine	käyttömäärä	Vesimäärä
Rikkakasvi-torjunta	14.6	8.00	Proman	Metobromuroni	2 l/ha	400 l/ha
Rutontorjunta	10.7	22.40	Maatilan Mandi I	Mandipropamid	0,6 l/ha	320 l/ha
Rutontorjunta	19.7	22.00	Banjo Forte	Fluatsinami	0,95 l/ha	340 l/ha
Rutontorjunta + Lehtipolttorjunta Magnesiumlisä	26.7	10.00	Revus Signum Magtrac	Mandipropamid Boskalidi	0,6 l/ha 0,25 kg/ha 4 l/ha	350 l/ha
Rutontorjunta	5.8	20.00	Ranman top	Syatsofamidi	0,5 l/ha	350 l/ha
Rutontorjunta	15.8	13.00	Maatilan Fluatsi	Fluatsinami	0,4 l/ha	340 l/ha
Rutontorjunta	26.8	11.00	Ranman top	Syatsofamidi	0,5 l/ha	350 l/ha

Runsas loppukasvukauden sateet koettelivat kasvustoa. Säätkäivojen patoluukut avattiin kuivatukseen tehostamiseksi 16.8., jolloin kasvukauden sadekertymä oli 276 mm. Seuraavassa kuvassa 7 on nähtävissä tilanne koelohkolla 3.9., jolloin sadekertymä oli 373 mm, joista edellisen 7 vrk sadekertymä oli 87 mm. Kuvassa on nähtävissä märkyiden pakkotuennuttamat varret lohkon märimmissä kohdissa ja vihreää kasvustoa vielä paikoissa, joissa vesi ei makaa penkkien vaoissa. Tällöin lapioitiin perunapenkkiä päihin pieniä ojia, jotta saatiin vettä valumaan pois perunapenkkiä vaoista.



Kuva 7. Märkyiden vaivaama kasvusto (Ylihannula 3.9.2023).

Merkatut havaintopisteparit nostettiin kuokalla verkkosäkkeihin 6.9. (kuva 8). Kasvusto oli tuolloin jo lähes täysin tuleentunut. Märkydestä enemmän kärsineet notkokohdat kasvustossa olivat tuleentuneet täysin ja korkeammissa harjupaikoissa oli nähtävissä vihreää kasvustossa. Nostohetkellä maa oli todella märkää ja paikoin märkyys oli hukuttanut penkin alimmaisiksi mukuloita.



Kuva 8. Näytteet nostettuina säkeissä (Ylihannula 6.9.2023).

Näytteet analysoitiin 14.9. Jokainen säkki punnittiin ja kokolajiteltiin 40 mm:n ja 65 mm:n seuloilla. Lajittelujakeet eli alle 40 mm, 40–65 mm ja yli 65 mm punnittiin erikseen. Perunoiden sisäinen laatu tarkistettiin onttojen perunoiden varalta. Jokaisesta näytteestä tehtiin kaksi erillistä tärkkelysmittausta liitteen 3 ohjeen mukaisesti. Koriin punnittiin 5000 g perunaa, minkä jälkeen perunakori laskettiin vesisaaviin ja punnittiin perunakorin paino veden alla vähennettynä tyhjän korin vedenalaisella painolla (kuva 9). Perunoiden tuli mennä kokonaan pinnan alle, vain vaa’an kiinnitystä varten oleva lenkki ja ketju jäi pinnan yläpuolelle. Liitteen 4 tärkkelystaulukosta katsottiin mittaustulosta vastaava tärkkelysprosentti.



Kuva 9. Tärkkelyksen mittausvälineet (Ylihannula 14.9.2023).

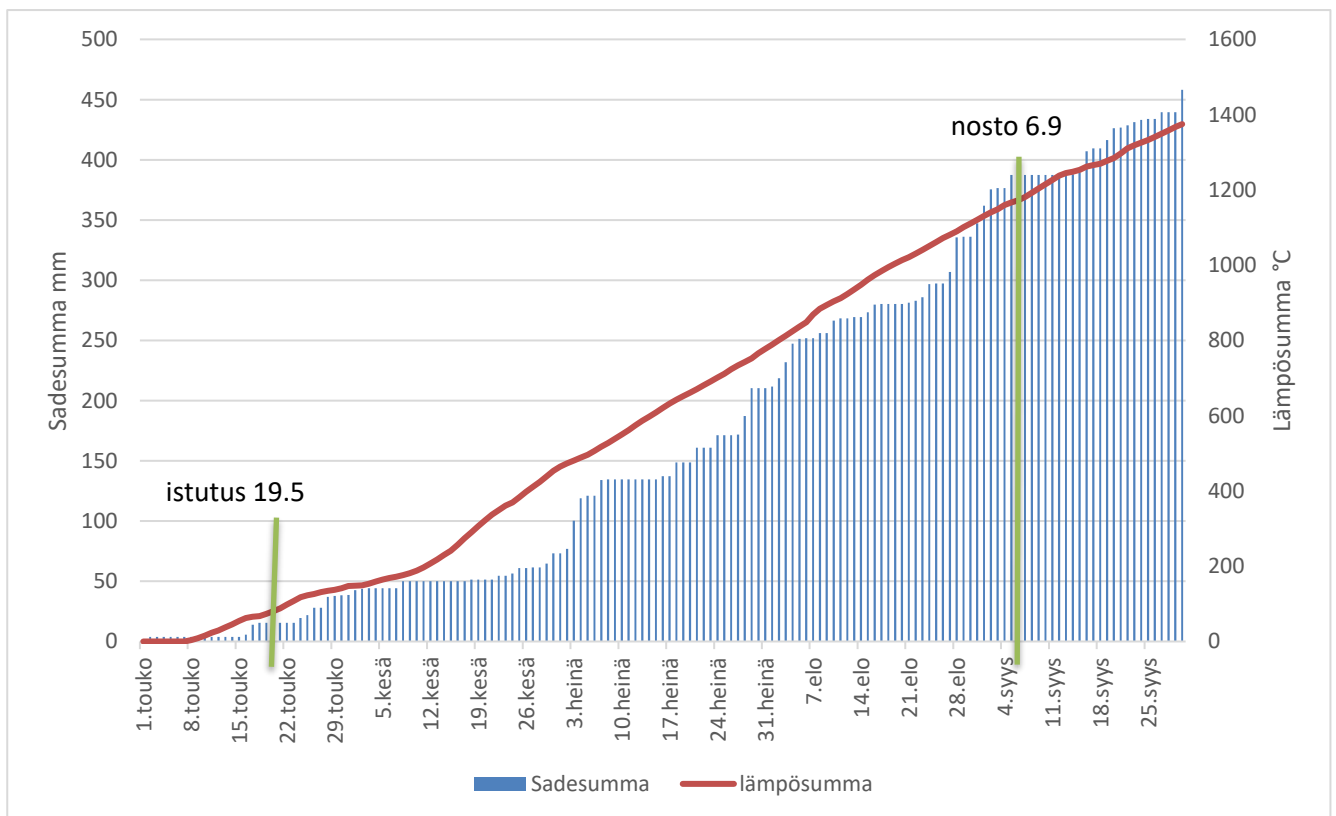
9.5 Kasvukauden sää

Terminen kasvukausi alkoi Karijoella 8.5.2023 ja päättyi 5.10.2023. Taulukossa 4 on nähtävillä koelohkolla sijainneen sääaseman kuukausikohtainen tehoisan lämpösumman kertymä, keskilämpötila ja sadesumma sekä Ilmatieteen laitoksen lähimmän sääaseman kolmenkymmenen vuoden keskiarvo vuosilta 1991–2020. Tehoisaa lämpösummaa kertyi kasvukaudella 2023 toukokuun alusta syyskuun loppuun 1375 astetta. Elo- ja syyskuu olivat vuonna 2023 keskimääräistä lämpimämpiä. Erityisesti syyskuu oli 3,5 astetta keskimääräistä lämpimämpi. Alkukasvukausi touko-kesäkuu oli kuivaa, ja loppukasvukausi oli sateinen. Sadesummaa kertyi 2023 kasvukaudella 487 mm, mikä on yli 150 mm keskimääräistä suurempi sademäärä. Sekä heinä- että elokuussa satoi yli 60 mm keskimääräistä enemmän ja syyskuussakin satoi 54 mm keskimääräistä enemmän. Liitteessä 2 on taulukko sääaseman päiväkohtaisesta sadannasta, lämpötiloista ja tehoisasta lämpösummasta.

Taulukko 4. Kasvukauden 2023 säätietoja ja 30 vuoden keskiarvo vuosilta 1991–2020.

Kuukausi	Tehoisa lämpösumma 2023	Keskilämpötila 2023	Keskilämpötila 1991–2020	Sadesumma 2023	Sadesumma 1991–2020
Toukokuu	(kasvukausi alkoi 8.5) 147,41	9,2	9,2	39 mm	46 mm
Kesäkuu	306,52	15,2	14,1	35 mm	59 mm
Heinäkuu	324,02	15,4	16,7	137 mm	74 mm
Elokuu	342,65	16,1	14,9	137 mm	73 mm
Syyskuu	254,21	13,5	10,0	111 mm	54 mm
Yhteensä	1374,81			487 mm	334 mm

Kuviossa 6 on nähtävillä kasvukauden sade- ja lämpösumman kertyminen. Vihreillä viivoilla on merkitty koelohkon perunoiden istutus- ja nostopäivät. Kuvan sadekertymäpylväistä on hyvin nähtävissä loppukasvukauden sateisuus, samoin kuin kesäkuun kuivuus.

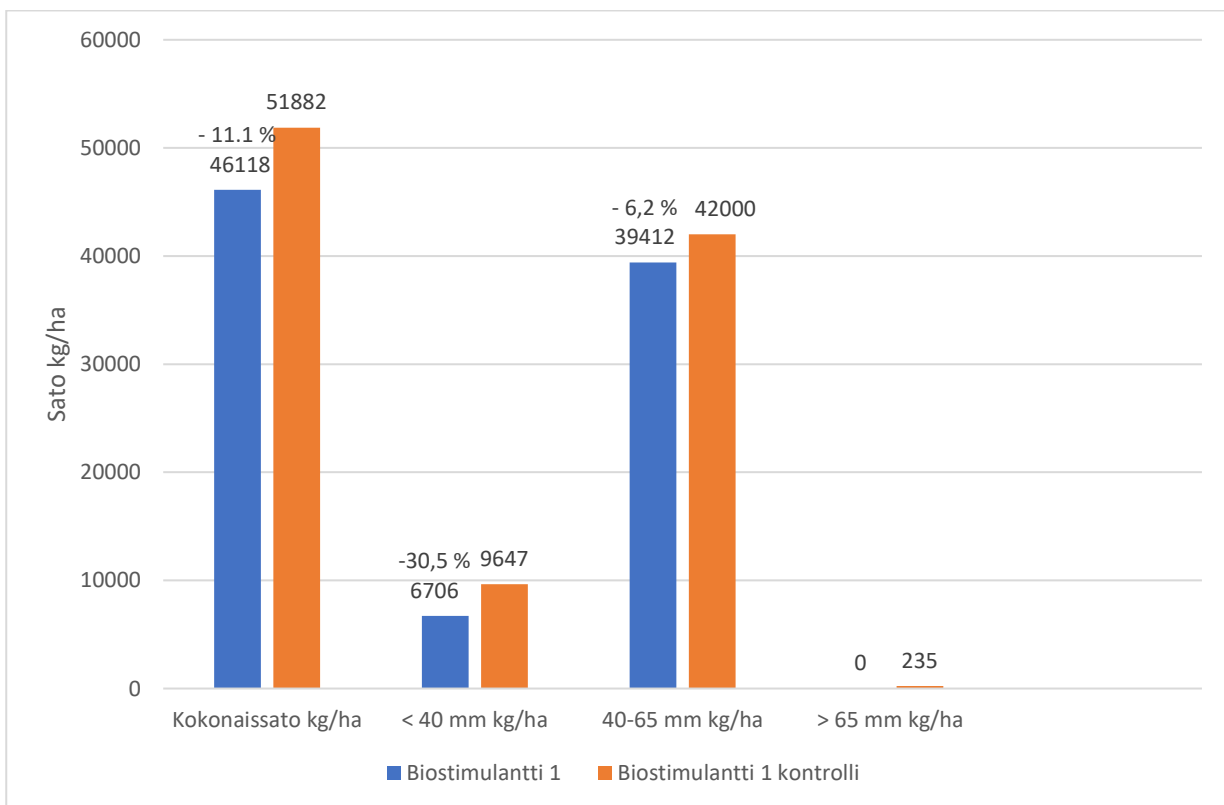


Kuvio 6. Sade- ja lämpösumman kumulatiivinen kertymä Karijoella kasvukaudella 2023.

10 TULOKSET

10.1 Biostimulantti 1

Ensimmäisessä koeruudussa, jossa oli Biostimulantti 1 sijoitettuna istutusvakoon maalevityksenä istutuksen yhteydessä, ei saatu määrällisesti positiivisia vaikutuksia perunasatoon, mutta kokojakauma oli tasaisempi (kuvio 7). Kokonaissato käsitellyllä alalla oli 46,1 t/ha ja käsittelemättömällä kontrollialalla 51,9 t/ha, mikä tarkoittaa yli kymmenyksen huonompaa satoa käsittelyllä. Pieniä alle 40 mm:n perunoita oli 30,5 % vähemmän käsitellyllä alalla, ja 40–65 mm:n ryhmässä ero oli enää vain 6,2 %. Ylisuuria yli 65 mm:n perunoita ei ollut käsitellyllä alalla lainkaan. Koeruudun ensimmäinen havaintopistepari (N1 ja K1) hylättiin hukkuneiden perunoiden vuoksi, joten tässä tuloksessa on huomioitu neljä havaintopisteparia N2-N5 ja K2-K5.

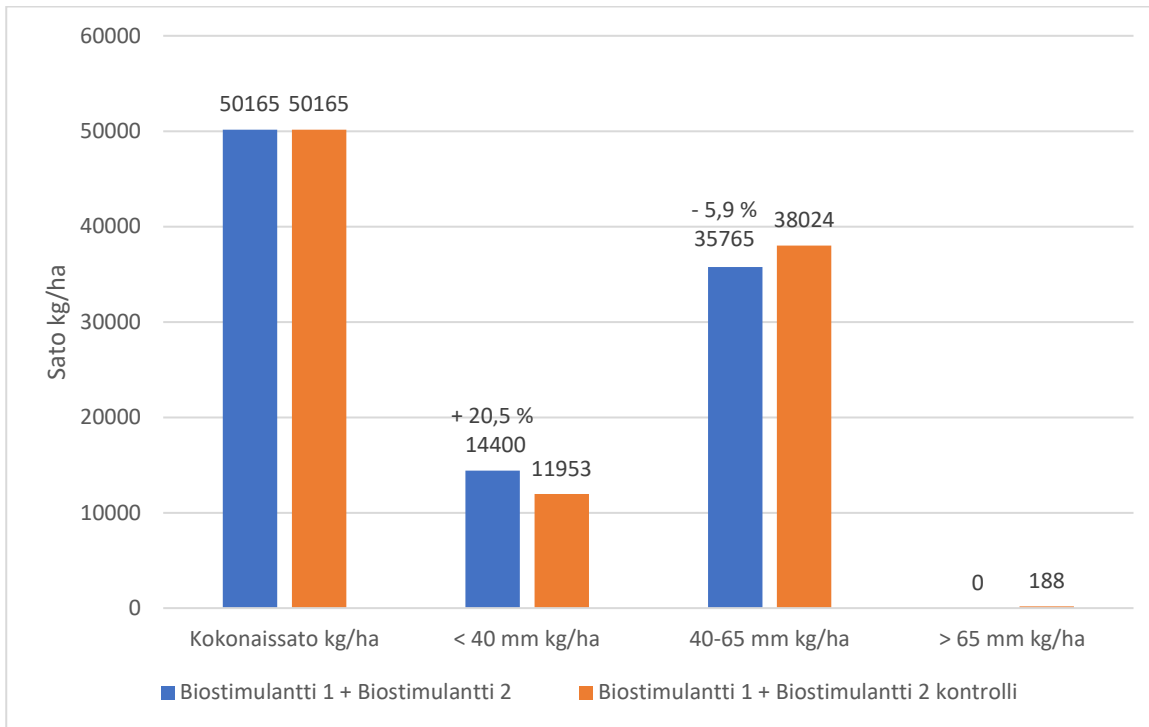


Kuvio 7. Biostimulantti 1 -koeruudun tulokset.

10.2 Biostimulantti 1 + Biostimulantti 2

Toisessa koeruudussa, jossa biostimulantteina olivat Biostimulantti 1 sijoitettuna istutusvakoon maalevityksenä istutuksen yhteydessä ja Biostimulantti 2 kasvustoon kaksi kertaa

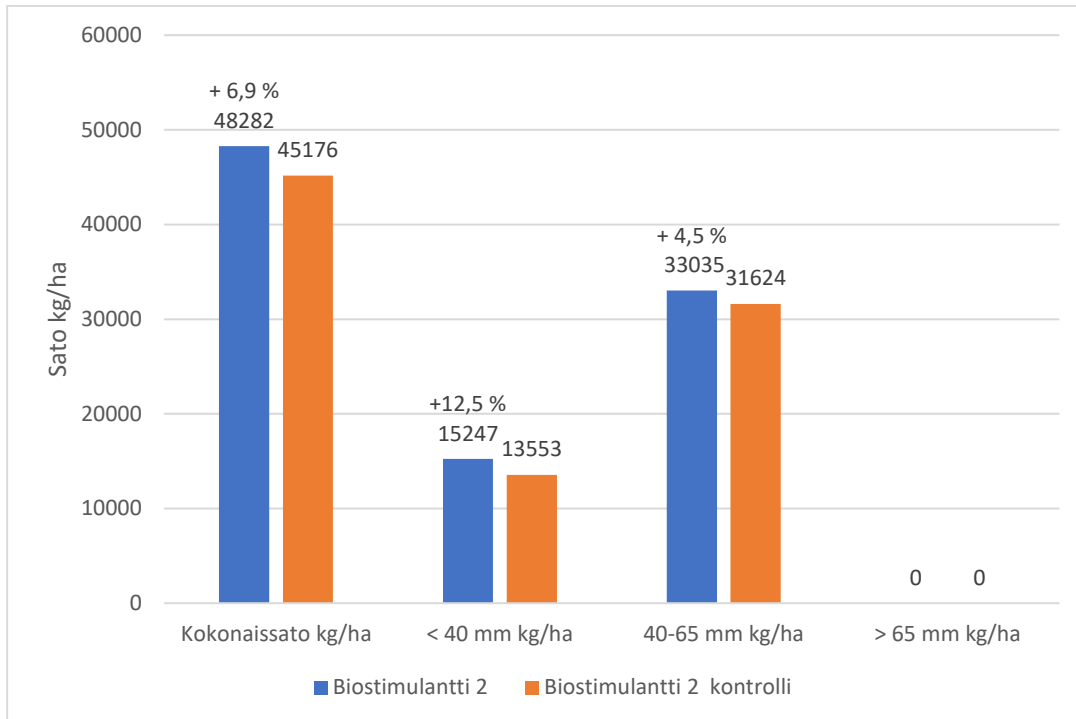
ruiskutettuna, saatiin kokonaissatoa käsitellyltä ja käsittelemättömältä alalta saman verran, 50,2 t/ha (kuvio 8). Alle 40 mm:n perunoita oli 20,5 % enemmän käsitellyllä alalla ja 40–65 mm:n oli 5,9 % vähemmän. Ylisuuria yli 65 mm:n perunoita ei ollut käsitellyllä alalla lainkaan.



Kuvio 8. Biostimulantti 1 + Biostimulantti 2 -koeruudun tulokset.

10.3 Biostimulantti 2

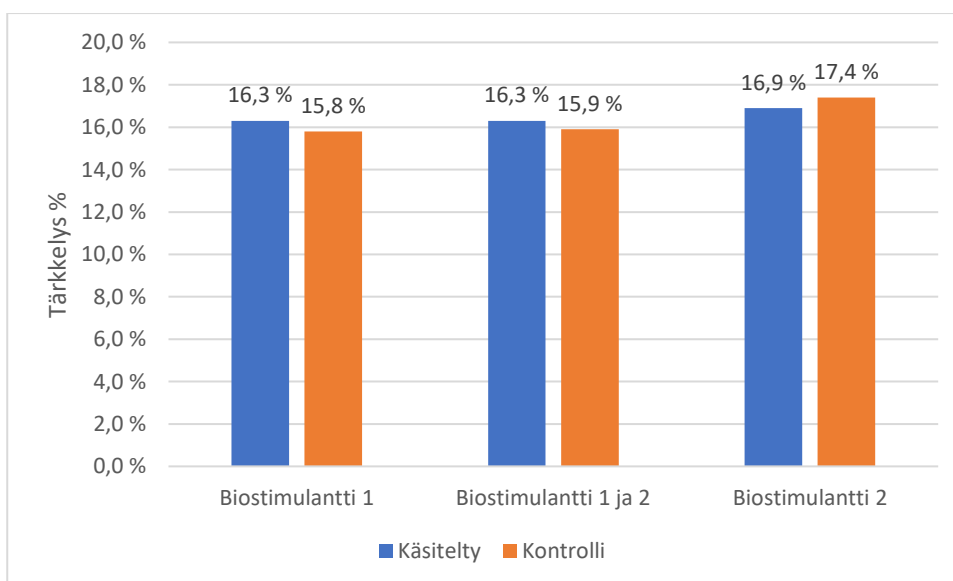
Kolmannessa koeruudussa, jossa biostimulanttina oli Biostimulantti 2 kasvustoon kaksi kertaa ruiskutettuna, saatiin käsitellyltä alalta satoa 48,3 t/ha ja käsittelemättömältä kontrollialalta 45,2 t/ha, mikä oli 6,9 % parempi kokonaissato käsitellyltä alalta (kuvio 9). Käsitellyltä alalta saatiin pieniä alle 40 mm:n perunoita 12,5 % enemmän ja 40–65 mm:n perunoita 4,5 % enemmän verrattuna käsittelemättömään kontrolliin. Yli 65 mm:n perunoita ei saatu tältä koeruudulta lainkaan.



Kuvio 9. Biostimulantti 2 -koeruudun tulokset.

10.4 Biostimulantti-käsittelyiden vaikutus perunoiden tärkkelyspitoisuuteen

Seuraavassa kuviossa 10 on kaikkien kolmen koeruudun näytteiden tärkkelyspitoisuudet prosentteina. Biostimulantti 1:lla ja Biostimulantti 1:lla yhdessä Biostimulantti 2:n kanssa on noin 0,5 prosenttiyksikköä korkeampi tärkkelyspitoisuus kontrolliin verrattuna. Biostimulantti 2:lla puolestaan on 0,5 prosenttiyksikköä matalampi tärkkelyspitoisuus kuin kontrollilla.



Kuvio 10. Eri biostimulantti-käsittelyiden vaikutus perunoiden tärkkelyspitoisuuteen.

11 TULOSTEN TARKASTELU

Opinnäytetyön kokeen tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava kasvukauden poikkeukselliset sääolot. Touko-kesäkuun kuivuus hidastutti perunoiden kasvuun lähtöä, ja heinä-elokuun jatkuvat erittäin runsaat sateet ja liika märkyys vaivasivat kasvua vähentäen maan happitilaa, lopulta osittain hukuttaen satoa.

Yhteyttämistuotteiden kuljetus lehdistä kasvaviin mukuloihin tapahtuu Seppäsen & Yli-Hallan (2012, s. 109) mukaan vasta kasvukauden lopulla, kun kasvustossa alkaa näkyä tuleentumisen merkkejä. Kuluneen kasvukauden runsaat vesisateet keskeyttivät sadonmuodostuksen, jolloin yhteyttämistuotteiden kulkeutuminen mukuloihin loppui. Pienien mukuloiden osuus sadosta jäi melko suureksi ja isoja yli 65 mm:n mukuloita ei kasvanut juuri lainkaan.

Tuloksia tarkasteltaessa biostimulanttivalmiste 1lla maalevityksenä istutuksen yhteydessä ei näyttäisi olevan perunasadon määrää lisäävää vaikutusta, mutta sadon kokojakaumaan sillä näyttää olevan positiivinen vaikutus. Molempien Biostimulantti 1:n ja 2:n käytöllä yhdessä ei näyttäisi myöskään olevan vaikutusta sadon kokonaismäärään, mutta pienien mukuloiden osuus on käsittelyllä suurempi. Sen sijaan Biostimulantti 2:n lehdistöruiskutuksella näyttäisi olevan perunasadon kokonaismäärää lisäävä vaikutus sekä pienten että keskikokoisten mukuloiden osalta. Jos loppukasvukauden sateet eivät olisi pysäyttäneet kasvua, olisi näidenkin mukuloiden mahdollisuus kasvaa tavoiteltuun 40–65 mm:n kokoon ollut hyvä.

Kokeessa käytetyillä biostimulanttivalmisteilla ei ollut merkittävää vaikutusta perunan sisäiseen laatuun ja tärkkelyspitoisuuteen. Sisävikaisia onttoja perunoita ei ollut näytteissä eikä myöskään kontrollinäytteissä. Biostimulantti 2 -koeruudun puolen prosenttiyksikön pienempi tärkkelyspitoisuus kontrolliin verrattua saattaa johtua Biostimulantti 2-koeruudun suuremmasta pienien mukuloiden sadosta. Kuten Koch ym. (2020, s. 102) totesivat laimennusvaikutuksesta tärkkelyspitoisuuteen, on tässäkin kokeessa tärkkelys jakautunut isommalle määrälle mukuloita, jolloin sen pitoisuus on jäänyt hieman pienemmäksi. Samoin on Biostimulantti 1 -koeruudun tärkkelyspitoisuuden kanssa, jossa kontrolliruudun sato on suurempi ja tärkkelyspitoisuus on puoli prosenttiyksikköä pienempi.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko biostimulanttivalmisteiden käytöllä vaikutusta perunansadon määrään ja laatuun. Kasvukauden 2023 sääolosuhteet aiheuttivat abioottista stressiä sekä alkukesän kuivuuden että keski- ja loppukesän märkyden muodossa. Perunan kasvuolosuhteet olivat haastavat, joten oli hyvä mahdollisuus testata biostimulanttivalmisteiden vaikutusta perunan kasvuun stressaavissa oloissa.

Kasvukauden 2023 alkukesä oli hyvin kuiva, mikä hidasti taimettumista. Kuten Kankaala ym. (2014, s. 16) totesivat, vedenpuute perunan alkukehityksessä hidastaa kasvua. Loppukesä heinäkuun alusta lokakuulle saakka oli poikkeuksellisen runsassateinen, jolloin korostui maan kasvukunnan merkitys vedenhallinnalle. Maan rakenteesta ja vesitaloudesta huolehtiminen, viljelykierron ylläpitäminen, tiivistymisen ehkäiseminen ja pellon tasaisuudesta huolehtiminen määrittelevät perunanviljelyn onnistumisen. Toki oma osuutensa on terveellä siemenellä, lannoituksella, viljelytoimenpiteillä ja kasvinsuojelulla, mutta maan hyvä kasvukunto on silti tärkein. Jos maan kasvukunnossa on parantamisen varaa jollakin osa-alueella, saattaa olla turhaa hakea lisäkasvua muilla keinoilla, kuten biostimulanteilla. Koelohkolla havaittiin selvä tarve pellontasauslanaukseen, jotta korkeuseroja ja notkelmia saataisiin tasattua, jolloin runsaiden sateiden sattuessa vesi ei kerääntyisi notkelmiin hukuttamaan satoa.

Kokeen biostimulanttivalmisteista Biostimulantti 1:lla oli positiivinen vaikutus saadun sadon tasakokoisuuteen, mutta ei sadon määrään. Biostimulanttivalmiste Biostimulantti 2:lla puolestaan oli sadon määrää lisäävä vaikutus. Jos kasvusto olisi saanut tuleentua normaalisti, olisi sadon lisäys ollut vieläkin suurempi ja Biostimulantti 2-käsittelyllä lisääntyneet pienet mukulat olisivat ehtineet kasvaa.

Opinnäytetyön kokeen tulokset ovat vain yhdeltä vuodelta, kasvukaudelta 2023. Tuloksien varmistamiseksi on syytä toistaa koe useampana vuotena. Kasvukaudet ovat vaihtelevia olosuhteiltaan, joten tarvitaan lisää tutkimustuloksia aiheesta tuleviltaakin vuosilta.

LÄHTEET

- Aaltonen, M., Hannukkala, A., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Ketola, J., Känkänen, H., Nissinen, A., Raiskio, S., Ruuttunen, P., Salo, T., Tiilikkala, K., Tuovinen, T., & Vänninen, I. (2016). *Peruna: IPM-ohjeet 2016*. Luonnonvarakeskus. <http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532775/Luke-perunaopas.pdf?sequence=1>
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories, and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Hannukkala, A., Markkula, I., Kari, M., Peltonen, S., Rahko, J., Rahkonen, A., Rajala, P., Seppänen, A., Taulavuori, T., Tuomisto, J., Tupala, H., & Virtanen, A. (2014). *Terve peruna*. ProAgria Keskusten liitto. [Terve peruna.pdf \(proagria.fi\)](http://www.proagria.fi/terve-peruna.pdf)
- Juntunen, M., Myllys, M., Kankaala, A., Degefu, Y., Sipilä, A., & Virtanen, E. (2013). *Perunan sadetuksen hallinta*. MTT Raportti 85. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-436-6>
- Kankaala, A., Hiltunen, S., Lahdenperä, H., Myllykangas, K., & Virtanen, E. (2014). *Peruna paremmaksi*. MTT Raportti 171. <http://www.urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-582-0>
- Kauffman, G., Kneivel, D. & Watschke, T. (2007). *Effects of a Biostimulant on the Heat Tolerance Associated with Photosynthetic Capacity, Membrane Thermostability, and Polyphenol Production of Perennial Ryegrass*. *Crop Sci.* <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.03.0171>
- Kivijärvi, P., Suojala-Ahlfors, T., Hannukkala, A., & Koivisto, A. (2018). *Viherlannoituskasvit ja väliviljelykasvit perunan tuotannossa*. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018050319335>
- Koch, M., Naumann, M., Pawelzik, E., Gransee, A., & Thiel, H. (2020). *The Importance of Nutrient Management for Potato Production Part I: Plant Nutrition and Yield*. *Potato Research*. 63, 97–119 <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09431-2>
- Kuisma, P., & Saarela, I. (2001). Laatuperunan tuotantomenetelmät: Lannoitus. Teoksessa A. Virtanen, & H. Teräväinen (toim.) *Laatuperunan tuotanto*. (s. 55). Maaseutukeskus.
- Kuisma, P., & Saarela, I. (2001). Laatuperunan tuotantomenetelmät: Lannoitus. Teoksessa A. Virtanen, & H. Teräväinen (toim.), *Laatuperunan tuotanto*. (s. 55). Maaseutukeskus.
- Kuisma, P. (1992). Muokkaus ja lannoitus. Teoksessa H. Seppänen & M. Komulainen (toim.), *Perunan tuotanto*. (s. 45–54). Maaseutukeskus.
- Lannoiteopas 2021–2022. (i.a.) Yara.
- Paalo, A. (2007). *Peruna*. (2 uudistettu painos.) Multikustannus.

- Perunantutkimuslaitos PETLA. (2024a). *Märkyys*. <https://petla.fi/viljelyohjeet/markkyys/>
- Perunantutkimuslaitos PETLA. (2024b). *Perunan lisälannoitus*. [Perunan lisälannoitus - Perunantutkimuslaitos PETLA](#)
- Ruokavirasto. (19.8.2022). *Ruokaperuna*. <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikkeala/tuote--ja-toimialakohtaiset-vaatimukset/kasvikset/ruokaperuna/>
- Seppänen, M. & Yli-Halla, M. (2012). *Peruna*. Teoksessa M. Seppänen, P. Mäkelä, M. Yli-halla, J. Helenius, M. Kallela, F. Stoddard, & T. Teeri (toim.), *Peltokasvien tuotanto* (2. p., s. 107–126). Opetushallitus.
- Siemenperunakeskus (i.a.) *Lady Claire*. <https://www.spk.fi/fi/lady-claire/>
- Sipilä, A. (2016). Lisälannoitus tarpeeseen. *Tuottava peruna* 16(3), 11–13
- Sipilä, A., Kemppainen, M., Markus, A., & Virtanen, E. (2013). *Perunan uudet lannoitteet ja lannoitusmenetelmät*. MTT Raportti 115. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-487-8>
- Yara. (2023a). *Perunan sadonlisäys*. <https://www.yara.fi/lannoitus/peruna/perunan-sato/>

LIITTEET

Liite 1. Näytteiden analyysitulokset muutettuna kg/ha.

Liite 2. Sääaseman data kasvukaudelta 2023 Karijoella

Liite 3. Tärkkelyksen mittausohje

Liite 4. Tärkkelystaulukko

Liite 1. Näytteiden analyysitulokset muutettuna kg/ha.

Näyte	Paino	<40 mm	40-65 mm	>65 mm	Tärkkelys	Ontot
N1 (hylätty)						
N2	43294	5647	37647	0	17,0 %	0
N3	46588	2353	44235	0	15,9 %	0
N4	43765	7529	36235	0	16,2 %	0
N5	50824	11294	39529	0	16,0 %	0
K1 (hylätty)						
K2	40941	9882	30118	941	17,0 %	0
K3	57882	8000	49882	0	15,7 %	0
K4	47529	8471	39059	0	14,9 %	0
K5	61176	12235	48941	0	15,8 %	0
N6	53647	13647	40000	0	16,1 %	0
N7	53647	19294	34353	0	16,1 %	0
N8	49412	11294	38118	0	16,3 %	0
N9	46588	11294	35294	0	16,1 %	0
N10	47529	16471	31059	0	17,0 %	0
K6	50353	10824	38588	941	15,7 %	0
K7	48000	8471	39529	0	15,3 %	0
K8	58824	11765	47059	0	15,9 %	0
K9	48471	13176	35294	0	14,9 %	0
K10	45176	15529	29647	0	17,7 %	0
N11	40471	16941	23529	0	18,0 %	0
N12	43294	18824	24471	0	17,7 %	0
N13	56471	12235	44235	0	16,7 %	0
N14	47059	13647	33412	0	16,2 %	0
N15	54118	14588	39529	0	15,8 %	0
K11	40000	15059	24941	0	18,6 %	0
K12	42824	13176	29647	0	19,5 %	0
K13	42824	16000	26824	0	17,0 %	0
K14	51294	14118	37176	0	16,5 %	0
K15	48941	9412	39529	0	15,5 %	0

Liite 2. Sääaseman data kasvukaudelta 2023 Karijoella

Päivämäärä	Sade mm	Keskilämpötila °C	Lämpötila max °C	Lämpötila min °C	Tehoisa lämpösumma
2023-05-01	0	4,49	8,2	-0,77	0
2023-05-02	3,68	2,99	8	-2,06	0
2023-05-03	0	1,93	7,37	-4,13	0
2023-05-04	0	0,3	4,17	-4,6	0
2023-05-05	0	1,74	6,83	-3,93	0
2023-05-06	0	2,68	8,93	-4,63	0
2023-05-07	0	4,6	10,4	-3,83	0
2023-05-08	0	8,53	15,67	-1,43	3,53
2023-05-09	0	10,53	16,43	3,37	5,53
2023-05-10	0	11,91	17,33	6,53	6,91
2023-05-11	0	12,27	18,57	2,92	7,27
2023-05-12	0	10,86	19,53	2,13	5,86
2023-05-13	0	13,42	21,63	2,07	8,42
2023-05-14	0	13,27	21,97	2,2	8,27
2023-05-15	0	13,73	22,13	1,77	8,73
2023-05-16	2,03	12,9	19,13	4,93	7,9
2023-05-17	8,32	8,71	11,77	4,17	3,71
2023-05-18	1,52	6,53	11,2	-0,5	1,53
2023-05-19	0	10,49	18,17	-0,73	5,49
2023-05-20	0	12,06	18,77	3,27	7,06
2023-05-21	0	12,97	19,67	2,5	7,97
2023-05-22	0	15,02	23,3	2,97	10,02
2023-05-23	0	13,88	21,13	5,5	8,88
2023-05-24	3,94	15,49	21,03	5,6	10,49
2023-05-25	2,35	10,42	14	5,83	5,42
2023-05-26	6,1	8,47	11,8	5,56	3,47
2023-05-27	0	9,5	13,5	1,37	4,5
2023-05-28	9,14	9,13	12,3	4,07	4,13
2023-05-29	0,89	7,4	10,43	4,4	2,4
2023-05-30	0,38	9	13,3	2,6	4
2023-05-31	0,25	10,92	14,4	5,43	5,92
2023-06-01	4,13	5,71	9,37	2,17	0,71
2023-06-02	1,02	6,22	10,37	1,63	1,22
2023-06-03	0,38	8,78	12,23	2,77	3,78
2023-06-04	0	10,88	14,97	7,13	5,88
2023-06-05	0	10,88	15,47	2,97	5,88
2023-06-06	0	8,54	12,7	0,97	3,54
2023-06-07	0	8,78	13,33	0,83	3,78

2023-06-08	5,91	9,21	14,33	1,63	4,21
2023-06-09	0	9,97	15,8	0,77	4,97
2023-06-10	0	11,51	18,77	0,67	6,51
2023-06-11	0	13,91	19,4	2,8	8,91
2023-06-12	0	15,33	19,9	6,47	10,33
2023-06-13	0	16,03	21,83	7,77	11,03
2023-06-14	0	16,52	22,83	5,96	11,52
2023-06-15	0	16,54	23,67	4,77	11,54
2023-06-16	0	20,56	28,37	5,37	15,56
2023-06-17	0	22,14	27,5	14,2	17,14
2023-06-18	1,27	21,73	29,43	12,36	16,73
2023-06-19	0	20,75	28,4	11,15	15,75
2023-06-20	0	20,67	28,97	10,37	15,67
2023-06-21	0	20,22	26,63	9,67	15,22
2023-06-22	3,24	17,19	22,03	11,3	12,19
2023-06-23	0	16,14	20,07	10,77	11,14
2023-06-24	1,78	13,87	16,47	10,17	8,87
2023-06-25	4,57	18,27	23,27	12,27	13,27
2023-06-26	0	19,6	25,33	10,4	14,6
2023-06-27	0,51	18,61	25,37	11,57	13,61
2023-06-28	0	18,04	26,23	10,2	13,04
2023-06-29	3,18	19,61	26,23	9,67	14,61
2023-06-30	8,7	20,31	27,27	11,23	15,31
2023-07-01	0	15,56	17,9	11,67	10,56
2023-07-02	3,56	14,03	19,8	9,77	9,03
2023-07-03	23,37	12,43	16,2	10,17	7,43
2023-07-04	18,73	12,22	13,07	11	7,22
2023-07-05	2,03	13,1	16,8	7,67	8,1
2023-07-06	0	15,56	19,57	7,27	10,56
2023-07-07	13,02	15,3	19,07	12,27	10,3
2023-07-08	0,51	15,99	21,97	8,87	10,99
2023-07-09	0	15,32	21,33	6,75	10,32
2023-07-10	0	16,26	23,87	5,43	11,26
2023-07-11	0	17,08	23,57	6,7	12,08
2023-07-12	0	17,38	25,7	6,7	12,38
2023-07-13	0	16,84	24,67	7,67	11,84
2023-07-14	0	16,51	21,77	8,93	11,51
2023-07-15	0	16,19	21,53	8,37	11,19
2023-07-16	2,79	17,02	22,4	8,73	12,02
2023-07-17	0	16,85	19,8	14,5	11,85
2023-07-18	11,37	14,72	17,77	9,19	9,72
2023-07-19	0	14,9	20,97	6,88	9,9

2023-07-20	0	14,01	19,93	6,37	9,01
2023-07-21	12,32	14,59	21	6,93	9,59
2023-07-22	0	14,89	20,53	7,7	9,89
2023-07-23	0	15,58	21,73	7,37	10,58
2023-07-24	10,41	14,66	21,27	7,27	9,66
2023-07-25	0	15,64	21,07	9,67	10,64
2023-07-26	0	16,62	22,1	10,1	11,62
2023-07-27	0,51	15,46	21,8	8,47	10,46
2023-07-28	15,3	14,02	18,83	8,17	9,02
2023-07-29	23,11	14,65	16,87	12,66	9,65
2023-07-30	0	18,55	24,2	10,5	13,55
2023-07-31	0	17,09	21,23	13,08	12,09
2023-08-01	1,27	15,7	19,17	12,77	10,7
2023-08-02	7,05	17,36	20	15,5	12,36
2023-08-03	13,21	17,06	20,6	14,17	12,06
2023-08-04	15,56	16,55	20,3	12,47	11,55
2023-08-05	3,94	16,48	21,9	10,07	11,48
2023-08-06	0,51	17,53	22,2	9,1	12,53
2023-08-07	0	25,35	31,2	17,64	20,35
2023-08-08	4,32	19,81	24,37	13,17	14,81
2023-08-09	0	15,51	21,6	9,23	10,51
2023-08-10	10,22	14,28	19,6	8,9	9,28
2023-08-11	2,03	14,01	16,73	11,12	9,01
2023-08-12	0	15,96	20,47	10,17	10,96
2023-08-13	1,02	16,91	20,5	13,37	11,91
2023-08-14	0	17,32	21,07	13,87	12,32
2023-08-15	4	18,87	23,5	12,53	13,87
2023-08-16	6,22	16,76	19,77	13,27	11,76
2023-08-17	0,51	16,03	22,4	8,87	11,03
2023-08-18	0	14,95	22	7,87	9,95
2023-08-19	0	14,63	22,2	7,15	9,63
2023-08-20	0	14,34	22,5	5,5	9,34
2023-08-21	1,27	12,72	16,2	7,33	7,72
2023-08-22	1,46	14,1	16,77	12,2	9,1
2023-08-23	3,05	15,69	19,7	12,97	10,69
2023-08-24	10,8	15,29	19,63	11,07	10,29
2023-08-25	0,51	14,9	21,5	10,2	9,9
2023-08-26	0	16,05	21,43	12,67	11,05
2023-08-27	9,72	13,91	15,43	12,17	8,91
2023-08-28	28,58	13,9	16,33	12,5	8,9
2023-08-29	0,51	15,92	19,7	12,76	10,92
2023-08-30	0	14,5	17	12,13	9,5

2023-08-31	11,11	15,26	16,67	14,07	10,26
2023-09-01	14,73	15,53	19	12,12	10,53
2023-09-02	13,65	13,89	19,47	10,4	8,89
2023-09-03	1,02	14,05	18	11,77	9,05
2023-09-04	0	15,74	19,1	12,03	10,74
2023-09-05	10,8	11,99	16,37	7,5	6,99
2023-09-06	0	10,75	16,57	4,77	5,75
2023-09-07	0	13,91	19,57	4,37	8,91
2023-09-08	0	15,8	21,73	11,41	10,8
2023-09-09	0	16,91	22,7	9,87	11,91
2023-09-10	0	15,99	18,17	12,91	10,99
2023-09-11	0	16,36	19,2	10,7	11,36
2023-09-12	0,51	16,76	18,9	13,03	11,76
2023-09-13	0	11,59	17,37	3,88	6,59
2023-09-14	0	8,31	15,47	1,51	3,31
2023-09-15	1,78	10,26	14,57	-0,3	5,26
2023-09-16	17,4	13,55	14,57	10,02	8,55
2023-09-17	2,41	8,77	13,97	0,98	3,77
2023-09-18	0	8,81	15,83	-0,23	3,81
2023-09-19	6,92	12,87	16,53	7,13	7,87
2023-09-20	9,78	12,32	15,18	9,13	7,32
2023-09-21	0,51	16,93	20,37	15,23	11,93
2023-09-22	1,91	18,84	22,97	15,3	13,84
2023-09-23	2,79	13,66	16,9	10	8,66
2023-09-24	1,78	11,06	15,07	5,17	6,06
2023-09-25	0,76	12,18	15,37	5,3	7,18
2023-09-26	0	13,14	15,3	8,37	8,14
2023-09-27	5,52	13,9	16,87	11,41	8,9
2023-09-28	0	13,59	15,9	12,17	8,59
2023-09-29	0	14,38	15,27	13,5	9,38
2023-09-30	18,73	12,37	13,97	10,3	7,37

Liite 3. Tärkkelyksen mittausohje

HEINRICH GRIFFT
WAAGENBAU GMBH

73728 Esslingen/Neckar
Blumenstr. 11
Telefon (0711) 3 18 09 48
Telefax (0711) 31 73 94
e-mail: info@griffwaagen.de
internet: www.griffwaagen.de



Gegr. 1893

Electronic potato starch scale type 26 E

Instructions

1. Mount the rack
2. Place the scale on the rack and align horizontally
3. Put the hook for underfloor weighing into the hook in the opening at the bottom of the scale with the small eyelet
4. Place plastic bucket in the pedestal
5. Turn the balance on, wait until the display shows "0"
6. Now attach the stainless steel basket with the stainless steel ring on the plastic chain in the hook for underfloor weighing. Then fill the plastic bucket with water. The basket should be up on the side screens under water. Read and record the value on the balance.
7. Take the basket out of the water and hang it directly on the hook for underfloor weighing.
8. Press "Tara" to set the balance to zero
9. Now fill in the basket exactly 5000 g of potatoes (possibly divide the potatoes), in wet potatoes weigh about 5050 g.
10. Then remove the basket from the scale and press again "Tara".
11. Lower the stainless steel basket with the potatoes under water (again the steel ring at the end of the plastic chain in the hook for underfloor weighing)
12. Now read the value on the balance and subtract the first recorded value of the basket of the current value.
13. With the end result the strength percentages may be read on the starch table.

Liite 4. Tärkkelystaulukko

HEINRICH GRIFFT
WAAGENBAU GMBH

73728 Esslingen/Neckar
Blumenstr. 11
Telefon (0711) 3 18 09 48
Telefax (0711) 31 73 94
e-mail: info@griffwaagen.de
internet: www.griffwaagen.de



Gegr. 1893

Starch table:

Weight of 5000 g of potato under water	strength values	Weight of 5000 g of potato under water	strength values
269 g	9,0 %	470 g	19,0 %
272 g	9,1 %	475 g	19,3 %
273 g	9,2 %	480 g	19,5 %
276 g	9,3 %	485 g	19,8 %
278 g	9,4 %	490 g	20,1 %
280 g	9,5 %	495 g	20,3 %
282 g	9,6 %	500 g	20,6 %
284 g	9,7 %	505 g	20,8 %
286 g	9,8 %	510 g	21,1 %
288 g	9,9 %	515 g	21,4 %
290 g	10,0 %	520 g	21,7 %
295 g	10,2 %	525 g	21,9 %
300 g	10,5 %	530 g	22,2 %
305 g	10,7 %	535 g	22,5 %
310 g	11,0 %	540 g	22,7 %
315 g	11,2 %	545 g	23,0 %
320 g	11,5 %	550 g	23,3 %
325 g	11,7 %	555 g	23,5 %
330 g	11,9 %	560 g	23,8 %
335 g	12,2 %	565 g	24,1 %
340 g	12,4 %	570 g	24,3 %
345 g	12,7 %	575 g	24,6 %
350 g	12,9 %	580 g	24,9 %
355 g	13,2 %	585 g	25,2 %
360 g	13,4 %	590 g	25,4 %
365 g	13,7 %	595 g	25,7 %
370 g	13,9 %	600 g	26,0 %
375 g	14,2 %	605 g	26,3 %
380 g	14,4 %	610 g	26,6 %
385 g	14,7 %	615 g	26,8 %
390 g	14,9 %	620 g	27,1 %
395 g	15,2 %	625 g	27,4 %
400 g	15,4 %	630 g	27,7 %
405 g	15,7 %	635 g	28,0 %
410 g	15,9 %	640 g	28,2 %
415 g	16,2 %	645 g	28,6 %
420 g	16,4 %	650 g	28,8 %
425 g	16,7 %	655 g	29,1 %
430 g	17,0 %	660 g	29,4 %
435 g	17,2 %	665 g	29,6 %
440 g	17,5 %	670 g	29,9 %
445 g	17,7 %	675 g	30,2 %
450 g	18,0 %	680 g	30,5 %
455 g	18,2 %	685 g	30,8 %
460 g	18,5 %	690 g	31,1 %
465 g	18,7 %		