

Saska Salo

**IDÄTYSVALON AALLONPITUUDEN VAIKUTUS APIKAALIDOMINANSSIIN JA
SEN PURKAUTUMISEEN PERUNALLA**

**IDÄTYSVALON AALLONPITUUDEN VAIKUTUS APIKAALIDOMINANSSIIN JA
SEN PURKAUTUMISEEN PERUNALLA**

Saska Salo
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijä: Saska Salo

Opinnäytetyön nimi: Idätysvalon aallonpituuden vaikutus apikaalidominanssiin ja sen purkautumiseen perunalla

Työn ohjaaja: Paula Syri

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 39

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää idätysvalon aallonpituuden vaikutusta apikaalidominanssiin sekä sen purkautumiseen perunalla. Apikaalidominanssissa kasvin kärkisilmu estää hankasilmujen kasvua, jolloin kasvi keskittyy pituuskasvuun. Apikaalidominanssin säilyminen mahdollisimman pitkään vaikuttaa perunan kehitykseen nopeuttavasti. Erityisesti varhaisperunan viljelijöille olisi talouden kannalta parhainta saada nostettua perunan mahdollisimman aikaisin. Tällöin niistä saataisiin paras mahdollinen kilohinta myytäessä, sillä tuottajahinnat laskevat kesän kuluessa nopeasti. Työn toimeksiantajana on Suomen siemenperunakeskus Oy.

Opinnäytetyön tutkimusote oli sekä kvantitatiivinen että kvalitatiivinen. Työtä varten haettiin tietoa kirjallisuudesta, mutta vapaasti saatavilla olevaa tutkimusaineistoa on toistaiseksi niukalti. Kvantitatiivisesti tutkittiin vaikuttaako idätysvalon aallonpituus mukuloissa esiintyviin itujen määriin eri kehitysvaiheittain ja tätä kautta kehittyvien mukuloiden lukumäärään ja painoon. Idätysvalon aallonpituuden vaikutusta tutkittiin kahdella idätyskokeella, joista ensimmäistä jatkettiin myös kasvatuskokeeksi. Idätyskokeissa mukuloita idätettiin kolmessa samansuuruisessa ryhmässä valkoisen, sinivoittoisen sekä punaisen LED-valon alla. Kokeiden tuloksia tarkasteltiin yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Kvalitatiivista aineistoa hankittiin haastattelemalla kahta varhaisperunan viljelijää idätystekniikoista. Haastattelut järjestettiin puolistrukturoituna puhelinhaastatteluina.

Idätyskokeiden ja kasvatuskokeen perusteella ei voitu osoittaa tilastollisesti merkittävää yhteyttä idätysvalon aallonpituuden ja itujen lukumäärän, mukuloiden lukumäärän taikka painon välillä. Viljelijähaastatteluiden perusteella valolla on vaikutusta itujen määrän kehittymiseen, mutta sen aallonpituutta ei pidetty niin merkittävänä tekijänä. Valon intensiteetti, se, kuinka kauan mukulat saavat valoa, sekä lämpötila koettiin tärkeimpinä tekijöinä idätyksessä.

Kun tarkastellaan idätyskokeiden luotettavuutta, voidaan tutkimuksen tuloksia pitää korkeintaan alustavina. Idätys- ja kasvatuskokeissa on parannettavaa niin otoskokojen ja aineiston laadun, kuin myös kriittisten muuttujien optimoinnin (esimerkiksi lämpötila) suhteen. Työn tuloksia ei näin ollen voida vielä hyödyntää käytännön viljelyssä. Jatkotutkimusta suositellaan tehtäväksi laajemmilla, terveperunaisilla otoksilla halutut lajikkeet sekä idätyksessä kriittisesti vaikuttavat muuttujat tarkemmin huomioon ottaen.

Asiasanat: apikaalidominanssi, varhaisperuna, idätys, valo, aallonpituus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Rural and Agricultural Industries

Author: Saska Salo

Title of thesis: Effect of Light Wavelength During Pre-Sprouting on Apical Dominance and Its Release in Potato

Supervisor: Paula Syri

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020 Number of pages: 39

The purpose of the thesis was to investigate whether the light wavelength during pre-sprouting affects apical dominance and its release in potato tubers. Maintaining apical dominance as long as possible speeds up the development of potato. Especially for the farmers of new potatoes it would be economically desirable to harvest potatoes as early as possible, in which case they would get the best revenue since the producer prices drop fast over the summer. The thesis was commissioned by The Finnish Seed Potato Centre Ltd.

Both quantitative and qualitative research methods were used. Data was searched from literature, but the amount of free and accessible research data is very limited for the time being. Quantitative investigations included examining if the light wavelength used during pre-sprouting potato tubers affects the number of sprouts appearing at different developmental stages, and thus the number of developing tubers and their weight. The effect of the light wavelength used in pre-sprouting was examined in two pre-sprouting experiments, of which the first one was extended to a growing experiment. In the pre-sprouting experiments the tubers were pre-sprouted in three groups of equal sizes under white, blue-red and red LED lights. The results were examined using one-way analysis of variance. Qualitative data was obtained by interviewing two farmers of new potato on pre-sprouting techniques. The interviews were conducted as semi-structured telephone interviews.

Statistically significant relationship between the light wavelength used in pre-sprouting and the number of sprouts or tubers or the weight of tuber could not be shown. Based on the interviews, light has effect on the number of appearing sprouts, but its wavelength was not seen to be such a significant factor. The intensity of light, the time tubers were exposed to light and temperature were seen as the most important factors in successful pre-sprouting.

When the reliability of the pre-sprouting experiments is examined, the results of the research can be considered tentative at most. Pre-sprouting and growing experiments can be improved regarding the size and quality of the samples as well as optimizing the critical variables (temperature for instance). The results cannot therefore be applied to practical farming yet. Follow-up research is recommended to be done with broader, healthy potato tuber samples while considering the cultivars and critical variables in germination in a more precise way.

Keywords: apical dominance, new potato, germination, light, wavelength

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VARHAISPERUNAN VILJELY JA IDÄTYKSEN MERKITYS	7
	2.1 Varhaisperunan viljely ja sen haasteet	7
	2.2 Perunan idätys	9
3	VALON AALLONPITUUS JA KASVIEN FYSIOLOGIAA	11
	3.1 Valon eri aallonpituuksien vaikutukset kasveihin	11
	3.2 Apikaalidominanssi	13
4	KOKEMUKSIA PERUNAN IDÄTTÄMISESTÄ – TUOTTAJIEN HAASTATTELUT	14
	4.1 Haastattelumenetelmät	14
	4.2 Haastattelujen yhteenveto	14
5	IDÄTYSKOKEET	17
	5.1 Ensimmäinen idätyskoe: Jussi	17
	5.2 Kasvatuskoe: Jussi	17
	5.3 Toinen idätyskoe: Lady Claire	18
6	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	20
	6.1 Ensimmäinen idätyskoe: Jussi	20
	6.2 Kasvatuskoe: Jussi	24
	6.3 Toinen idätyskoe: Lady Claire	28
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	34
	LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää, voidaanko perunan idätysvalon aallonpituuden – toisin sanoen värin – avulla vaikuttaa apikaalidominanssiin ja sen vaikutuksen purkautumiseen perunalla. Apikaalidominanssilla tarkoitetaan ilmiötä, missä kasvin kärkisilmu rajoittaa sivuversojen kasvua pitämällä hankasilmut lepotilassa. Kun apikaalidominanssin vaikutus purkautuu esimerkiksi kasvin latvomisen seurauksena, alkaa kasvi kasvattaa sivuversoja ja tuuheutua. Tässä työssä keskitytään ensisijaisesti varhaisperunaan. Työ tehtiin Suomen siemenperunakeskus Oy:lle.

Varhaisperunan tapauksessa olisi viljelijän kannalta tärkeää, että peruna tuottaisi mukulat mahdollisimman nopeasti, jotta ne saadaan nostettua mahdollisimman aikaisin. Tämä johtuu siitä, että varhaisperunan tuottajahinta laskee hyvin nopeasti, kun kotimaista varhaisperunaa alkaa olla tarjolla enemmän. Mikäli idätysvalon aallonpituudella voidaan vaikuttaa apikaalidominanssin vallitsevuuden säilymiseen idätysvaiheessa, mukula kasvattaa yhden pääversion ja uudet mukulat kehittyvät nopeammin, joskin niitä on silloin lukumääräisesti vähemmän. Aikaisemmin nostetun perunan korkeampi kilohinta korvaa menetyksen perunan määrässä. Myöhäisempien perunalajikkeiden kohdalla taas on jopa suotavaa, että kasvi tuottaa paljon mukuloita, jolloin idätysvalon käytöllä haetaan tässä asiassa päinvastaista vaikutusta.

Idätyksessä mukulaan vaikuttavat muun muassa lämpötila, valon määrä vuorokaudessa ja valon laatu, idätyksen pituus, ajankohta sekä perunalajike. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain idätysvalon aallonpituuden vaikutuksiin itujen kasvuun ja sadon tuotomäärään (paino sekä mukuloiden lukumäärä). Näitä tutkittiin kahden idätyskokeen avulla, missä kummassakin mukuloita idätettiin kolmessa ryhmässä eriväristen LED-valojen alla, minkä jälkeen niitä arvioitiin em. ominaisuuksien suhteen. Ensimmäistä idätyskokeetta jatkettiin myös kasvatuskokeeksi, mistä saatiin tiedot sadon tuotoksesta. Aineistona käytettiin myös kahden viljelijän haastatteluja varhaisperunan idättämisestä. Mikäli tutkimuksen kohteena olevalla idätysvalon aallonpituudella voidaan vaikuttaa siihen, miten nopeasti peruna kehittyy, voivat perunanviljelijät hyödyntää tätä keinoa käytännössä, ja parantaa näin tuotantonsa ja alan kannattavuutta.

2 VARHAISPERUNAN VILJELY JA IDÄTYKSEN MERKITYS

2.1 Varhaisperunan viljely ja sen haasteet

Puhekielessä varhaisperunaa nimitetään usein uudeksi perunaksi, vaikka uutta perunaa on kaikki uuden kasvukauden peruna – siis myös se, jota varastoidaan talven yli varastoihin riittäväksi. Varhaisperunaa kutsutaan myös neitsytperunaksi. Varhaisperunaa saadaan Suomessa jopa kesäkuun alkupuolelta aina heinäkuun puoliväliin asti. (Satokausi Media Oy 2016, viitattu 30.03.2020.)

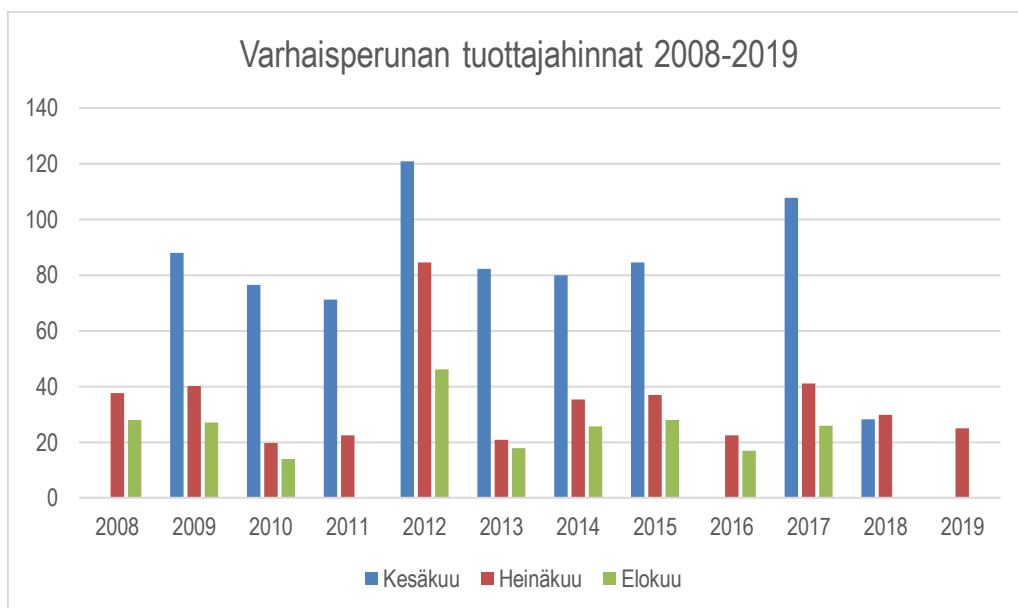
Yli puolet Suomessa tuotetusta varhaisperunasta viljellään Varsinais-Suomessa. Varhaisperunalajikkeet ovat varhain kehittyviä ja kylmää säätä hyvin kestäviä, jolloin ne kehittyvät varhain ja voidaan nostaa keskenkasvuisina (Maa- ja Metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK 2015, viitattu 24.03.2020). Varhaisperunan kasvukausi on lyhyt – vain noin 50–80 vuorokautta istuttamisesta nostoon (Mustonen 2004, 391). Varhaisperunaa viljellään Suomessa vuosittain noin 700–800 hehtaarin alalla (SVT 2018, viitattu 27.03.2020).

Myllymäen Perunan sivuilta löytyi Maaseutuvirastolta/Ruokavirastolta haetut tiedot perunan tuotantoaloista lajikkeittain Suomessa. Vuonna 2019 viisi suosituinta varhaisperunalajiketta viljelyaloihin (ha) olivat Hankkijan Timo (292,12 ha), Solist (145,16 ha), Jussi (86,28 ha), Annabelle (76,88 ha) sekä Sieglinde (Siikli, 57,68 ha). Yhteensä varhaisperunaa viljeltiin 746,54 ha alalla koko Suomessa, mikä on 35,58 ha vähemmän kuin vuonna 2018. (Myllymäen Peruna Oy 2019, viitattu 30.03.2020.)

Varhaisperunan viljelyyn liittyy monenlaisia haasteita ja yksi suurimmista on ehdottomasti kevätkauden sääolot. Mukuloiden idätys täytyy aloittaa jo edellisen vuoden lopussa, vaikka kevään istutusajasta ei ole vielä tietoa. Samalla täytyy varoa, ettei iduista kasva liian pitkiä, mikä vaikeuttaisi istutusta ja heikentäisi satoa. Kevään säistä riippuu, milloin varhaisperunaa päästään istuttamaan ja nostamaan. Istuttamaan täytyisi päästä mahdollisimman aikaisin, jotta perunoiden nosto saataisiin mahdollisimman aikaiseen vaiheeseen. Samalla täytyy suojata perunaa hallalta esimerkiksi harsoin – jopa kahdella kerroksella – sekä hallantorjuntakastelun avulla. Kaikki tämä

vaatii jatkuvaa säiden ja esimerkiksi kastelulaitteiston toiminnan tarkkailua, jotta hallan tekemät tuhot saadaan minimoitua. (Maatilan Pellervo 2003, viitattu 26.03.2020.)

Iso riski liittyy myös taloudelliseen puoleen. Varhaisperunasta tuottajalle maksettava hinta on korkea ensimmäisten varhaisperunoiden tullessa markkinoille, mutta se laskee heti kun perunaa saadaan enemmän pellolta kauppoihin asti (KUVIO 1) (SVT 2019, viitattu 26.03.2020). Hinta voi vaihdella suuresti jopa päivittäin (Maaseudun Tulevaisuus 2017, viitattu 27.03.2020). Tämän takia olisi tärkeää, että peruna saadaan nostettua mahdollisimman aikaisin. Korkeampi tuottajahinta kompensoi pienemmän sadon. Osaltaan tuottajahintoihin ja perunan menekkiin on vaikuttanut ruotsalaisten varhaisperunoiden myynti kaupoissa, mikä on toisinaan jopa haitannut kotimaisen perunan myyntiä. Toisissa kaupoissa kotimaisen varhaisperunan hintaa on pidetty tuottajahintaan nähden huomattavan korkealla hyvien katteiden toivossa, kun toisissa ei ole haluttu laittaa kahta kovin erihintaista varhaisperunaa myyntiin. Tällöin kotimaista varhaisperunaa ei ole välttämättä myyty ollenkaan. (Maaseudun Tulevaisuus 2019, viitattu 27.03.2020.)



KUVIO 1. Tuottajahinta varhaisperuna (€/100kg) vuosina 2008–2019 (SVT 2019).

2.2 Perunan idätys

Perunan idätyksellä voidaan parantaa satotasoja, sillä idättämällä perunan kehitys mukulasta saadaan alkamaan jo ennen istutusta. Tämän takia idätyksestä onkin suurin hyöty lajikkeille, jotka tarvitsisivat pidemmän kasvukauden kuin niille voidaan pellossa tarjota. Kun kasvin kehitys alkaa aikaisemmin, satoa ehtii lyhyen kasvukauden aikana kehittyä enemmän. Pääsääntöisesti myöhäisemmät lajikkeet tarvitsevat pidemmän idätysajan, ja alkusyksystä nostettaville aikaisille lajikkeille riittää lyhyempi, jopa viritysidätys. (Petla 2020, viitattu 29.03.2020.)

Idätyksen tavoitteena on saada perunan kasvu käynnistymään ja saada muodostettua siihen lyhyet ja tukevat idut. Tähän vaikuttaa oleellisesti idätyksessä käytettävä lämpötila sekä mukuloiden saama valon määrä. Mitä korkeammassa lämpötilassa idätys tapahtuu, sitä lyhyemmän idätysajan mukulat tarvitsevat. Idätyksen tarve on lajikekohtainen, ja sen pituuden arvioinnissa käytetään apuna myös lämpösumman laskemista (idätyspäivät kertaa idätyslämpötila). Idätyksessä tulee suosia matalia lämpötiloja, sillä korkea lämpötila voi aiheuttaa piilevien mukulatautien puhkeamisen. Esimerkiksi 10 asteen ulkolämpötila keväisin on idätykseen usein vallan mainio. (Kasper 2015, viitattu 29.03.2020.)

Siinä missä lisääntynyt lämpö saa itämisen alkamaan mukulassa, valo säätelee sitä, millainen idusta muodostuu. Kun mukula saa tarpeeksi valoa, muodostuu idusta lyhyt, tukeva ja vihreä. Tällainen mukula kestää hyvin automaattikoneella istutuksen itujen pahasti vahingoittumatta. Tämän mahdollistamiseksi mukulat tulisi idättää valoisassa paikassa mahdollisimman ohuena kerroksena. Mikäli mukulat idätetään paksuina kerroksina tiiviissä pakkauksissa tai muuten vähäisessä valossa, niihin muodostuu niin kutsuttuja pimeäituja. Lämpötila saa itämisen käyntiin, mutta vähäisen valon vuoksi idut venähtävät pitkiksi, hauraksi ja vaaleiksi. Tällöin mukuloiden istuttaminen automaattikoneella hankaloituu ja idut menevät herkästi rikki. Kun idut katkeavat, kasvin on aloitettava niiden kasvatus alusta, mikä hidastaa kasvin ja sadon kehitystä. Tämä myös pidentää aikaa, jolloin kehittyvät idut ovat alttiina perunaseitille. Tämä on mukulalta hukattua kasvuenergiaa, minkä takia hyvälaatuisiin ituihin pyrkiminen kunnolliset valo-olosuhteet takaamalla on ensiarvoisen tärkeää. Mikäli idätystä ei tehdä ulkona auringonvalossa, järjestetään kunnollinen valaistus keinovalaistuksen avulla. (Ahvenniemi 1992, 94–95.)

Varhaisperunan idätyksestä tietoa löytyi muun muassa Timo- ja Jussi-lajikkeista. Timolle suositellaan pitkää idätystä matalahkossa lämpötilassa (HZPC Kantaperuna Oy 2015, viitattu

30.03.2020). Jussin idätykseen annetaan vaihtoehdoksi niin ikään pitkää idätystä matalassa lämpötilassa, kuin myös pääidun virittämistä aikaisin keväällä, minkä jälkeen mukuloita tulee säilyttää 4 asteessa. Tällä tavoin mukuloiden koko kasvaa nopeasti, vaikkakin niiden lukumäärä jää alhaisemmaksi (Jussi peruna – Menestyjän Tarina 2016, viitattu 30.03.2020).

3 VALON AALLONPITUUS JA KASVIEN FYSIOLOGIAA

3.1 Valon eri aallonpituuksien vaikutukset kasveihin

Veden, ilman ja mineraalien lisäksi valo on kasveille kasvun ja olemassaolon kannalta välttämätön elementti. Valo on kasveille ainoa energianlähde, jonka takia sen määrä ja laatu vaikuttaa niihin suuresti (Spalding & Folta 2005, 39). Kasvit hyödyntävät valoa eri järjestelmien kautta, jotka liittyvät muun muassa yhteyttämiseen, informaation keräämiseen ympäristöstä ja tätä kautta kasvin sirkadiaaniseen rytmiin, kasvuun ja morfologiaan (Hart 1988).

Kasvit käyttävät yhteyttämiseen valon aallonpituuksia 400–700 nm eli PAR-säteilyä (*photosynthetically active radiation*, fotosynteettisesti aktiivinen säteily). PAR-säteily käsittää käytännössä sinisen, vihreän, keltaisen, oranssin ja punaiset valon sävyt (Kaukoranta, Jokinen, Näkkilä & Särkkä 2017, 41). Valon suhteen tässä järjestelmässä ovat keskeisinä osasina fotosynteettiset valopigmentit nimeltä klorofyllit sekä karotenoidit. Klorofyllit yhteyttävät voimakkaimmin erityisesti sinisen, mutta myös punaisen, valon vaikutuksesta, ja tämän lisäksi ne absorboivat myös violettiä valoa. Karotenoidit auttavat klorofylliä yhteyttämässä absorboimalla ne sinisen ja vihreän valon aallonpituudet, joita klorofylli ei kykene käyttämään. (Tolari 2020.)

Lyhyillä aallonpituuksilla oleva UV-B -säteily (280–315 nm) vähentää kasvien fotosynteesiä klorofylliä hajottamalla, mikä on haitallista kasvin energiantuotannolle. UV-A -säteily (315–380 nm sekä 380–400 nm, missä näkyvän valon aallonpituudet alkavat) ei ole niinkään haitallista, joskin se antaa kasville viestin valmistaa puolustusyhdisteitä. Kasvien kasvuun ei UV-A -säteilyllä ole juuri ollenkaan vaikutusta. UV-säteilyllä on todettu olevan vaikutusta kasvien väriin sekä siihen, kuinka paksu niiden pinta tai vahakerros on. (Kaukoranta ym. 2017, 6; Tolari 2020.)

Sinisen valon aallonpituudet violetti mukaan luettuna (400–520 nm) vaikuttavat kasveihin monella tapaa yhteyttämisen lisäksi. Niitä absorboivat klorofyllien lisäksi kryptokromit, jotka absorboivat myös UV-A -säteilyä. Sininen valo vaikuttaa kasvihormoni auksiinin (indolietikkahappo) toimintaan, ja hidastaa tätä kautta kasvien kasvua ja lisää niiden haarautumista. Kasvit säätelevät myös ilmarakojen toimintaa sinisen valon määrän mukaan. Päivällä kasvi saa paljon sinistä valoa yhteyttämiseen, jolloin myös ilmarakot avataan suuremmaksi kaasujenvaihtoa varten. (Kroeze 2020;

Tolari 2020). Fototropismi liittyy myös kiinteästi siniseen valoon. Kasvin saadessa sinistä valoa siirtyy pituuskasvua säätelevää auksiinia enemmän kasvin vastakkaiselle puolelle valonlähteeseen nähden, ja pidentää täällä soluja kääntäen kasvin sinisen valon lähdeä kohti (Liscum, Askinosie, Leuchtman, Morrow, Willenburg & Coats 2014). Samalla mekanismeilla negatiivisesti fototrooppiset kasvien juuret kääntyvät pois päin valosta takaisin maaperää kohti (Sinauer Associates 2015, viitattu 21.04.2020).

Vihreän valon aallonpituudet keltainen ja oranssi mukaan luettuna (520–610 nm) ovat sellaisia, mistä erityisesti vihreää ei juurikaan absorboida (Tolari 2020). Vihreästä valosta on eniten hyötyä yhteyttämisessä kasvien alimmissa lehtikerroksissa, sillä se läpäisee ylemmät lehtikerrokset paremmin kuin sininen tai punainen valo, mitä alempiin lehtikerroksiin saadaan vähemmän (Kaukoranta ym. 2017, 42). Se on tehokas kasvunedistäjä salaateilla, ja sen on osoitettu kasvattavan joillain kasveilla lehtipinta-alaa ja tuore- sekä kuivapainoja (Tolari 2020). Vihreä valo ei kuitenkaan itsessään riitä turvaamaan kasvien kasvua – yksinomaan sen alla kasvaneista kasveista tulee pääsääntöisesti heikkoja, eivätkä ne ole pitkäikäisiä (Kroeze 2020).

Punaisen valon aallonpituuksia (610–700 nm) absorboi aikaisemmin mainittujen klorofyllien lisäksi fytokromi, jolla on sekä inaktiivinen että aktiivinen muoto. Näistä inaktiivinen muoto, Pr (*phytochrome red*) absorboi juuri punaisen valon (R) aallonpituuksia, ja aktiivinen muoto Pfr (*phytochrome far-red*) kaukopunaisen, ei-näkyvän valon (FR) aallonpituuksia (700–800 nm). Punaisen valon ja kaukopunaisen valon suhde (R:FR) kertoo kasville sen ympäristöstä, esimerkiksi ympärillä olevista kasveista. Kaukopunainen valo läpäisee ja heijastuu suurimmasta osasta ympärillä olevien kasvien lehtiä, ja sitä pääsee näin ollen punaista valoa enemmän alempiin lehtikerroksiin. Varjoa karttava kasvi havaitsee muuttuneen R:FR -suhteen ja kasvattaa tällöin varren pituutta sekä ohentaa lehtiänsä vähentäen niiden klorofyllipitoisuutta, jotta punaista valoa ja valoa ylipäättään saataisiin alemmille lehdille enemmän. Tämä varmistaa sen, ettei valoa tarvitseva kasvi jää muiden varjoon, ja se saa turvattua oman energiantarpeensa. Punaisen ja kaukopunaisen valon suhde vaikuttaa myös fotoperiodiseen kukintaan sekä sen alkamiseen joillain kasveilla. (Kotiranta 2013; Park & Runkle 2018; Tolari 2020.)

Ihmissilmälle näkymätön infrapunasäteily (800–1000 nm) vaikuttaa lähinnä kasvia lämmittävästi vesimolekyyleihin absorboituessaan. Tällä on epäsuoraa vaikutusta kasvin kasvuun ja kehitykseen, sillä lämpö lisää erilaisia biokemiallisia reaktioita kasvisoluissa. (Kaukoranta ym. 2017, 6; Tolari 2020.)

3.2 Apikaalidominanssi

Apikaalidominanssi tarkoittaa kasvin kärkisilmun vallitsevuutta. Tässä ilmiössä kasvin kärkisilmu säätelee auksiinin avulla sitä, miten hankasilmut kehittyvät, ja osaltaan pitää ne lepotilassa. Auksiini edistää hormonina sekä varren pituuden että juurten kasvua sekä kääntää kasvia valoa kohti siirtymällä varjon puolelle kasvia ja edistämällä solukon kasvua siellä. Tunnetuin sovellus apikaalidominanssin vaikutuksesta ja sen hyödyntämisestä lienee kasvien latvonta – siinä kasvin pääverson latva poistetaan, jotta taimet haaroittuvat ja tuuheutuvat paremmin. Tämä ilmiö johtuu apikaalidominanssin purkautumisesta, kun kasvin kärkisilmu poistetaan. (Natri 2011, viitattu 06.04.2020; Orkola 2012, viitattu 06.04.2020.)

Valon vaikutus apikaalidominanssiin on ollut tiedossa jo vuosikymmeniä, mutta sen takana olevat fysiologiset ja biofysikaaliset tekijät ovat vielä laajalti epäselviä. Nykyisin tiedetään, että valon intensiteetti stimuloi sytokiniinien (silmujen kasvua stimuloiva kasvuhormoni) tuotantoa, ja matala R:FR-suhde stimuloi abskissihapon (silmujen kasvua hidastava kasvuhormoni) tuotantoa. (Schneider, Godin, Boudon, Demotes-Mainard, Sakr & Bertheloot 2019, viitattu 06.04.2020.)

Pitkään on ajateltu, että kasvin kärjessä tuotettu auksiini kulkee hankasilmuihin ja estää näin niiden kehittymistä. On myös esitetty, että kärkisilmun auksiini estäisi juurissa ja lehdissä tuotettujen kasvutekijöiden, muun muassa sokereiden, pääsyn hankasilmuille, ja sitä kautta estäisi näiden kasvua. (Kebrom 2017.)

4 KOKEMUKSIA PERUNAN IDÄTTÄMISESTÄ – TUOTTAJIEN HAASTATTELUT

4.1 Haastattelumenetelmät

Opinnäytetyötä varten saatiin haastateltavaksi kaksi varhaisperunan tuottajaa idätyskäytäntöjen suhteen. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina puhelinhaastatteluina, missä molemmille haastateltaville esiteltiin samat kysymykset samassa järjestyksessä, muttei annettu valmiita vastausvaihtoehtoja. Haastattelukysymysten jälkeen kerroin tarkemmin tutkimusaiheesta, ja molemmilta haastateltavilta saatiin vielä kommentteja sekä palautetta. Haastattelut nauhoitettiin puhelinsovelluksella, ja aineisto litteroitiin.

Haastateltaville esitettiin seuraavat kysymykset:

- Milloin idätys tai viritys aloitetaan?
- Teettekö lyhyen viritysidätyksen vai pitkän idätyksen?
- Mikä on idätyksen lämpötila, ja vaihdellaanko sitä idätyksen aikana?
- Millainen on idätyksen tavoite? Montako pääitua?
- Millainen valo on käytössä idätyksen aikana?
- Tehdäänkö idätys pienissä idätyslaatikoissa vai suurissa pakkauksissa?
- Peitataan siemen ennen istutusta, ja jos peitataan niin millä tavoin?

4.2 Haastattelujen yhteenveto

Haastatteluissa kävi ilmi, että idätyksen aloittamisajankohdassa ja idätystavoissa on eroavaisuuksia haastateltujen viljelijöiden välillä. Ensimmäisen haastateltavan tilalla idätys aloitetaan tammikuun viimeisellä viikolla, ja sen kesto on kahdeksan viikkoa – he tekevät siis pitkän idätyksen. Toinen viljelijä aloittaa idätyksen yleensä helmi-maaliskuun vaihteessa, ja idätyksen pituus on noin 5–6 viikkoa. Ennen hän on idättänyt mukuloita jopa 12 viikkoa. Idätyksen pituus riippuu hänen mukaansa käytettävissä olevista koneistakin, vanhalla kuppi-Jukolla kesti olla pidempää itua kuin automaattikoneilla.

Ensimmäisen haastateltavan tilalla idätyslämpötila pyritään pitämään noin 15 asteessa, mikä on hänen näkemyksensä mukaan lähellä optimia. Toisella tilalla selkeä näkemys on se, että 12 astetta on heille se paras idätyslämpötila.

Ensimmäisellä tilalla idätyksen tavoitteena on mahdollisimman pieni määrä pääituja, ”periaatteessa yksi”, mutta haastateltavan mukaan siihen pystyy vaikuttamaan idätyksellä vain vähän. Tämä on hänen mukaansa mahdollista herättelemällä mukulaa hieman joulukuussa, jos syksyllä on ollut niin kylmää, ettei itu ole lähtenyt yhtään kasvamaan. Haasteena tässä ovat kuitenkin entistä lämpimämmät syksyt, minkä takia idätystiloja on hankala saada tarpeeksi kylmäksi, jolloin mukulat lähtevät itämään hieman jo syksyllä, jolloin ituja tulee enemmän kuin yksi. He eivät ole kuitenkaan huomanneet tällä niin suurta merkitystä sadon kasvunopeuteen.

Toisella tilalla ituja ei ole varsinaisesti laskettu, joskin viljelijällä on tiedossa, että pienempi määrä ituja olisi parempi. Ituja he eivät ole ikinä myöskään poistaneet, mutta 3–4 vahvaa itua olisi hänen mielestään hyvä määrä.

Ensimmäisellä tilalla kokeillaan tänä vuonna loisteputkien ohella LED-valaistusta ensimmäistä kertaa. Tilalla on tavattu käyttää kylmänvalkoista loisteputkivaloa, mutta tiedossa on, että jotkut viljelijät ovat ostaneet LED-valoihin lämpimänsävyistä valoa antavia lamppeja. Viljelijä on itse kysellyt maatalousmessuilla kahdelta eri valmistajalta, millaisia LED-valoja idätyksessä kannattaisi käyttää, mutta kummastakaan yrityksestä ei ole vielä pystytty vastaamaan tähän kysymykseen. Hänen mukaansa jotkut viljelijät ovat ostaneet viidestä kymmeneen erilaista LED-valoa, muun muassa lämpimän sävyisiä, ja todenneet ne ihan hyvin toimineiksi. Hän ei itse usko, että värillä on niin paljoa väliä – että onko valo lämpimän vai kylmän sävyistä. Viljelijä toteaa LED-valon olevan aina kirkaampi kuin loisteputki, ja valon määrän olevan ratkaiseva – mitä enemmän valoa, sen parempi.

Toisella tilalla mukulat saavat valoa 12 tuntia vuorokaudessa. Heillä käytössä on vanhanaikaisia natriumlamppeja, samanlaisia kuin kasvihuoneissa on käytetty.

Molemmilla tiloilla on idätyksessä käytössä valkoiset idätyslaatikot. Ensimmäisellä tilalla niihin laitetaan 13,5 kiloa mukuloita kuhunkin, niin että jokainen saa valoa. Perunat on aseteltu käsin idätyslaatikoihin niin, ettei missään pitäisi olla kolmea perunaa päällekkäin. Kun mukuloita on kaksi päällekkäin, ne saavat viljelijän mukaan kummaltakin puolelta valoa. Heillä on tarkoitus laittaa ne

maahan jo talvella, joten idun täytyy olla niin vahva, että siinä on valmiiksi lehti ja juurenalku. Tämän täytyy "olla niinku just eikä melkeen". Toisella tilalla näihin pieniin, valkoisiin idätyslaatikoihin laitetaan 20 kiloa mukuloita kuhunkin.

Peittaus hoidetaan ensimmäisellä tilalla istutuskoneen yhteydessä olevalla peittauslaitteella, ja mukulat peitataan maahan istuttaessa Maximin kanssa. Toisella tilalla on kokeiltu upotuspeittausta ja myös Yaran sieniuutetta. Pääsääntönä heillä on, että kaikki peitataan, mitä maahan laitetaan.

Kun tutkimuksen aihetta oli avattu ensimmäiselle haastateltavalle, hän antoi näkemyksen, ettei valo ole hänen mielestään se, mikä itujen määrään vaikuttaa, vaan lämpö. Hänen mukaansa täysin itämättömän siemenen herättäminen ja uudestaan jäähdyttäminen on paras keino, millä siihen voidaan mahdollisesti saada vain yksi itu. Tässäkin hän on kuitenkin havainnut viljelijöiden kanssa, että on hieman sattuman kauppaa, tuleeko ituja sittenkään yksi. Toinen hyvä keino hänen mukaansa on käyttää tarpeeksi pientä mukulaa siemenenä.

Toinen haastateltava kommentoi tutkimuksen aiheeseen, että Suomen Talousseuran entinen konsulentti Sven Engblom oli kehottanut käyttämään hiilidioksidia apuna idätyksessä. Tämä perustui siihen, että joku viljelijä oli saaristossa idittänyt perunat navetassa, ja siellä oli tullut hyviä, tanakkoja ituja. Tilanteessa oli arveltu, että lehmien uloshengityksen hiilidioksidi vaikuttaisi asiaan. Viljelijän aloittaessa viljelytoimintansa perunaa oli ollut pienempiä määriä, ja tuolloin idätys oli hoidettu levittämällä perunat yhteen kerrokseen hyvän UV-loisteputkivalaistuksen alle, jolloin idätystä voitiin jatkaa pitkäänkin itujen laadun heikentymättä. Suurien määrien idätykseen hän suosittelee verkkosäkin kaltaisesta materiaalista tehtyä idätyssäkkiä, johon mahtuu noin 100 kiloa perunaa. Perunaa säkkiin tulee noin 20 cm:n patja, ja sen muut mitat ovat noin 1 m x 2 m. Tällöin hänen mukaansa perunat saavat parhaiten valoa, joskin säkkien käsittelyyn tarvitaan omanlaisensa työtavat. Haastateltava olisi halukas kokeilemaan uusia menetelmiä sekä idätyksessä että viljelyssä, muttei ole valmis ottamaan siitä seuraavaa taloudellista riskiä.

5 IDÄTYSKOKEET

5.1 Ensimmäinen idätyskoe: Jussi

Idätyskokeessa oli kolme koeryhmää. Jokaisessa koeryhmässä oli viisi Jussi-perunalajikkeen mukulaa, joita idätettiin Suomen Siemenperunakeskus Oy:n juurrutushuoneessa LED-valojen alla. Jokaisen ryhmän mukulat oli aseteltu valkoisiin, samanlaisiin kippoihin ja varmistettu, että jokainen mukula saa hyvin valoa. Kullakin ryhmällä oli omanvärinen valonsa: yhdellä ryhmällä valkoinen, tavallinen LED-valo, toisella ryhmällä sininen/sinivoittainen LED-valo (punaista ei saatu kytkettyä täysin pois päältä, mutta sen arvo oli minimissä), ja kolmannella ryhmällä punainen LED-valo. Idätys tehtiin 22 asteessa, ja se aloitettiin 19.2.2019. Mukulat saivat valoa vuorokauden ympäri.

Valojen voimakkuudeksi asetettiin 150–200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (mikromoolia neliometrille sekunnissa). Tätä yksikköä kutsutaan PPFD-arvoksi (engl. Photosynthetic Photon Flux Density, fotosynteettisesti aktiivisen fotonivuon tiheys) ja se ilmaisee, kuinka monta fotosynteettisesti aktiivista valon ftonia osuu sekunnissa yhdelle neliometrille (Sarvikas, Suorsa & Rintamäki 2017, 53). Fotosynteettisesti aktiivisella säteilyllä (PAR-säteily; Photosynthetically Active Radiation) tarkoitetaan niitä valon aallonpituuksia, jotka ovat välttämättömiä kasvien kasvulle (Pohjainen 2006, viitattu 29.03.2020).

Idätyskoe purettiin 29.3.2019, jolloin perunat olivat saaneet itää valojen alla 39 vuorokautta (runsaat 5 viikkoa). Mukuloita tarkasteltiin yksittäin, ja niistä laskettiin itujen määrät mukulaa kohden, sekä jaettiin nämä vielä eri kehitysvaiheisiin. Ensimmäisen kehitysvaiheen idut ovat pääituja, joita voi olla yksi tai useampi. Toisen kehitysvaiheen idut ovat lähteneet selvästi kasvuun, mutta eivät ole vielä pääidun tai -itujen tasolla. Kolmannen kehitysvaiheen idut ovat juuri ja juuri heränneitä, pieniä ituja. Neljänteen vaiheeseen kuuluvat uinuvassa vaiheessa olevat idut/itukuopat.

5.2 Kasvatuskoe: Jussi

Ensimmäisen idätyskokeen mukulat ruukutettiin tarkastelun jälkeen mustiin muoviruukkuihin yksittäin, ja niihin asetettiin nimisäleet, jotta eri käsittelyiden perunat saatettiin yhdistää idätyskokeen tulosten kanssa. Kasvualustana ruukuissa käytettiin valmiiksi kasteltua turve-

perliittiseosta. Ruukutuksen jälkeen perunat asetettiin kasvihuoneeseen pöydälle kasvamaan (KUVIO 2).



KUVIO 2. Jussi-lajikkeen mukulat kasvamassa ruukuissaan kasvihuoneessa.

Kasvatuskoe purettiin 4.6.2019, jolloin perunat olivat saaneet kasvaa ruukuissa 68 vuorokautta (reilut 9 viikkoa). Kokeen tuloksia tarkasteltiin ruukku kerrallaan. Kasveista laskettiin versojen lukumäärä, versojen pituudet, mukulaluku, mukuloiden keskipaino per ruukku, ja mukuloiden paino yhteensä. Kasveista olisi määritelty tuleentumisaste, mutta niiden alaosien lehtiä oli epähuomiossa kerätty pois osan tuleennuttua, joten selkeää arviota tuleentumisasteesta oli hankala tehdä.

5.3 Toinen idätyskoe: Lady Claire

Toisessa idätyskokeessa käytettiin Lady Claire -lajikkeen mukuloita, ja se tehtiin Suomen Siemenperunakeskuksen Leppiojan kloonivarastolla. Jokaisessa koeryhmässä oli 25 mukulaa, ja jokaiselle koeryhmälle oli erilainen LED-valo: valkoinen, sininen/sinivoittoinen sekä punainen. Idätyskokeessa perunat asetettiin pieniin laatikoihin niin, että jokainen sai mahdollisimman hyvin valoa (KUVIO 3). Kloonivaraston lämpötilaa ei enää säädelty kesällä, joten se vaihteli ulkoilman lämpötilan mukaan. Lämpötiloista saatiin tiedot varastossa sijaitsevasta anturista, joka mittasi lämpötilan tunnin välein koko kokeen ajalta. Koska koe aloitettiin vasta kesäkuussa (4.6.2019),

täysin moitteetonta siementä ei enää ollut saatavissa. Koesiemenissä havaittiin muun muassa harmaahilsettä.

Lady Clairen idätyskokeessa valon voimakkuudeksi oli tavoitteena saada sama 150–200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ kuin aiemmassa idätyskokeessa, mutta tässä epäonnistuttiin osittain. Valot säädettiin maksimitehoille, ja laatikot asetettiin niin lähelle valonlähdettä kuin oli mahdollista. Tästäkin huolimatta valkoisen valon ryhmälle valon voimakkuudeksi saatiin 128,09 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, sinisen/sinivoittoisen valon ryhmälle 47,98 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ja punaisen valon ryhmälle 166,14 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Sinisen/sinivoittoisen valon ryhmälle valon voimakkuus jäi siis huomattavan alhaiseksi.



KUVIO 3. Lady Claire -lajikkeen mukulat valmiina idätyskokeeseen. Kuvasta poiketen keskimmäinen koeryhmä (sinivoittoinen valo) nostettiin lähemmäksi lamppua valon voimakkuuden maksimoimiseksi. LED-valon värit ovat vasemmalta luettuna valkoinen, sinivoittoinen ja punainen.

Idätyskoe purettiin 2.7.2019, jolloin mukulat olivat saaneet itää 28 vuorokautta (4 viikkoa). Mukuloita tarkasteltiin yksittäin, ja niistä laskettiin idut ja määriteltiin niiden kehitysvaiheet samalla tavoin kuin ensimmäisessä idätyskokeessa.

6 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

6.1 Ensimmäinen idätyskoe: Jussi

Ensimmäisessä idätyskokeessa havainnoitiin jokaisesta mukulasta itujen lukumäärät kehitysvaiheittain seuraavanlaisesti:

- I kehitysvaihe – yksi tai useampi vallitseva pääitu
- II kehitysvaihe – sekundäärinen itu; selvästi lähtenyt kasvuun, muttei ole pääidun/-itujen tasolla
- III kehitysvaihe – juuri ja juuri herännyt itu
- IV kehitysvaihe – uinuvassa vaiheessa olevat idut/itukuopat

Taulukossa 1 esitellään ensimmäisen idätyskokeen tulokset koeryhmän osalta, jolla oli valaistuksena tavallinen valkoinen LED-valo. Taulukossa on vaakariveillä ilmaistu mukulakohtaiset itujen lukumäärät kehitysvaiheittain sekä niiden lukumäärä yhteensä kussakin mukulassa. Taulukkoon on vaaleansinisellä rivillä laskettu eri kehitysvaiheiden idut sekä vielä uinuvat idut yhteen koko koeryhmässä, ilmoitettu niiden vaihteluväli, sekä laskettu näille keskiarvo sekä keskihajonta. Keskihajonnan laskemisessa on käytetty Microsoft Excelin KESKIHAJONTA.S-funktiota, joka laskee keskihajonnan olettaen, että käytetyt arvot ovat otos populaatiosta (Microsoft 2020, viitattu 31.03.2020). Sinisen/sinivioitoksen LED-valon alla itäneiden mukuloiden tulokset esitellään taulukossa 2, ja punaisen valon alla itäneiden mukuloiden tulokset taulukossa 3.

TAULUKKO 1. Valkoisen LED-valon alla idätettyjen Jussi-lajikkeen mukuloiden itumäärät kehitysvaiheittain, yhteensä, sekä niille määritetyt vaihteluväli, keskiarvo sekä keskihajonta.

		Kehitysvaiheet (ituja kpl)				
		I	II	III	IV	YHT.
Perunan nro.	1	1	0	6	0	7
	2	1	0	3	2	6
VALKOINEN LED	3	1	0	4	1	6
	4	2	1	4	0	7
	5	4	3	1	3	11
YHT. KPL		9	4	18	6	37
Vaihteluväli (kpl)		1-4	0-3	1-6	0-3	6-11
Keskiarvo		1,80	0,80	3,60	1,20	7,40
Keskihajonta		1,30	1,30	1,82	1,30	2,07

TAULUKKO 2. Sinisen/sinivoittoisen LED-valon alla idätettyjen Jussi-lajikkeen mukuloiden itumäärät kehitysvaiheittain, yhteensä, sekä niille määritetyt vaihteluväli, keskiarvo sekä keskihajonta.

		Kehitysvaiheet (ituja kpl)				
		I	II	III	IV	YHT.
Perunan nro.	1	1	1	3	0	5
	2	1	1	2	2	6
SIN-PUN LED	3	1	0	5	3	9
	4	1	1	4	3	9
	5	1	0	6	1	8
YHT. KPL		5	3	20	9	37
Vaihteluväli (kpl)		1-5	0-1	2-6	0-3	5-9
Keskiarvo		1,00	0,60	4,00	1,80	7,40
Keskihajonta		0,00	0,55	1,58	1,30	1,82

TAULUKKO 3. Punaisen LED-valon alla idätettyjen Jussi-lajikkeen mukuloiden itumäärät kehitysvaiheittain, yhteensä, sekä niille määritetyt vaihteluväli, keskiarvo sekä keskihajonta.

		Kehitysvaiheet (ituja kpl)					
		I	II	III	IV	YHT.	
Perunan nro.	1	1	1	4	2	8	
	2	1	2	4	2	9	
	PUNAINEN	3	1	1	4	1	7
	LED	4	1	2	6	2	11
	5	1	0	4	2	7	
YHT. KPL		5	6	22	9	42	
Vaihteluväli (kpl)		1	0-2	4-6	1-2	7-11	
Keskiarvo		1,00	1,20	4,40	1,80	8,40	
Keskihajonta		0,00	0,84	0,89	0,45	1,67	

Näennäisesti koetulosten välillä ei ole havaittavissa suurta eroa siinä, miten itujen määrät jakautuvat eri kehitysvaiheisiin eri käsittelyillä. Suurta eroa ei ole havaittavissa myöskään itujen ja vielä uinuvien itujen kokonaismäärässä käsittelyittäin. Kokeesta saadulle aineistolle tehtiin tilastollinen analyysi yksisuuntaisen varianssianalyysin (yksisuuntainen ANOVA) avulla. Yksisuuntaisella varianssianalyysillä voidaan tutkia, löytyykö kahden tai useamman ryhmän väliltä tilastollisesti merkittävää eroa yhden tekijän suhteen (KvantiMOTV 2002, viitattu 02.04.2020). Tutkimuskysymyksessä oltiin kiinnostuneita idätysvalon aallonpituuden, eli värin, vaikutuksesta apikaalidominanssin purkautumiseen, jolloin mielenkiinto kohdistuu ensisijaisesti ensimmäisen kehitysvaiheen ituihin sekä itujen kokonaislukumäärään pois lukien vielä uinuvat neljännen kehitysvaiheen itukuopat, ja selittävänä tekijänä toimii idätysvalon väri.

Taulukossa 4 nähdään yksisuuntaisen ANOVA:n tulokset, kun analyysissä vertailtiin ensimmäisen kehitysvaiheen itujen kokonaismääriä eri käsittelyiden välillä. Ryhmien välinen vaihtelu on suurempaa kuin ryhmien sisäinen (analyysissä alemman taulukon KN-sarake), muttei niin suurta, että tilastollista merkittävyyttä voitaisiin osoittaa. Tämän osoittaa taulukossa ilmaistu p-arvo, mikä on tässä analyysissä 0,195. Tulos on tilastollisesti merkittävä vasta, kun p-arvo on alle 0,05 (KvantiMOTV 2002, viitattu 02.04.2020). Idätysvalon väri ei siis tämän kokeen perusteella vaikuta mukuloihin kehittyvien pääitujen lukumäärään.

TAULUKKO 4. Yksisuuntaisen ANOVA:n tulokset I-kehitysvaiheen itujen määrää käsittelyit-
tään verrattaessa Jussi-lajikkeella.

<i>Ryhmät</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>		
VALKOINEN	5	9	1,8	1,7		
SININEN	5	5	1	0		
PUNAINEN	5	5	1	0		
ANOVA						
<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Luokkien välissä	2,13	2	1,07	1,88	0,195	3,89
Ryhmissä	6,80	12	0,57			
Yhteensä	8,93	14				

Taulukossa 5 on esitettyä yksisuuntaisen ANOVA:n tulokset, kun kehittyneiden itujen mukulakohtaisia kokonaislukumääriä (poislukien neljännen kehitysvaiheen uinuvat idut) verrattiin eri käsittelyiden kesken. Tässä analyysissä ryhmien sisäinen vaihtelu oli suurempaa kuin ryhmien välinen, mistä voitiin päätellä, ettei tilastollista yhteyttä ryhmien välillä voida osoittaa. P-arvo oli analyysissä 0,563, mikä ei myöskään puolla sitä, että idätysvalon aallonpituus vaikuttaisi kehittyvien taikka heränneiden itujen kokonaislukumäärään mukulassa idätyksen jälkeen.

TAULUKKO 5. Yksisuuntaisen ANOVA:n tulokset itujen mukulakohtaisia kokonaislukumääriä (pl. IV-kehitysvaiheen uinuvat idut) käsittelyittäin verrattaessa Jussi-lajikkeella.

<i>Ryhmät</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>		
VALKOINEN	5	31	6,20	2,70		
SININEN	5	28	5,60	1,30		
PUNAINEN	5	33	6,60	2,30		
ANOVA						
<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Luokkien välissä	2,53	2	1,27	0,60	0,563	3,89
Ryhmissä	25,20	12	2,10			
Yhteensä	27,73	14				

6.2 Kasvatuskoe: Jussi

Kasvatuskokeen tuloksina kerättiin ruukkukohtaisesti tiedot versojen lukumäärästä, versojen korkeudet, mukulaluku, tuotettujen mukuloiden keskipaino sekä mukuloiden paino yhteensä. Näille arvoille laskettiin vaihteluväli, keskiarvo sekä keskihajonta. Tulokset taulukoitiin eri idätyskäsittelyiden mukaan, ja ilmoitetut ruukkujen numerot vastaavat Jussin idätyskokeen mukulanumeroita. Valkoisen LED-valon alla itäneiden mukuloiden kasvatuksen tulokset esitetään taulukossa 6, sinivoittosen LED-valon alla itäneiden mukuloiden kasvatustulokset taulukossa 7 ja punaisen LED-valon alla itäneiden mukuloiden kasvatustulokset taulukossa 8.

Taulukoita havainnoimalla ei voida suoraan nähdä suurta eroa idätysvalon värin vaikutuksesta kasvatustuloksiin. Niin versojen lukumäärät kuin mukulaluvutkin ovat eri ryhmissä hyvin vaihtelevia ryhmien sisäisestikin katsottuna. Mukuloiden yhteispainon vaihteluväli on jäänyt sinivoittosen LED-valon ryhmässä selkeästi alemmaksi kuin muissa ryhmissä, samoin keskipaino on vähemmän kuin kahdessa muussa ryhmässä.

TAULUKKO 6. Kasvatuskokeen tulokset valkoisen LED-valon alla itäneistä mukuloista. Ruukun numero vastaa idätyskokeen mukulan numeroa.

VALKOINEN LED-VALO					
Ruukku Nro	Versojen lkm	Versojen korkeudet (cm)	Mukulaluku	Keskipaino / mukula (g)	Paino yht. (g)
1	1	53,7	24	11,72	281,35
2	2	70,1	20	14,83	296,56
		66,3			
3	1	56,6	18	16,53	297,56
4	3	56	18	15,24	274,31
		54,4			
		35,8			
5	5	55,7	13	22,33	290,35
		43,8			
		47,8			
		55,5			
		51,7			
Vaihteluväli	1-5	35,8-70,1	13-24	11,72-22,33	274,31-297,56
Keskiarvo	2,40	53,95	18,60	16,13	288,03
Keskihajonta	1,67	9,07	3,97	3,89	10,02

TAULUKKO 7. Kasvatuskokeen tulokset sinivoittoisen LED-valon alla itäneistä mukuloista. Ruukun numero vastaa idätyskokeen mukulan numeroa.

SININEN LED-VALO					
Ruukku Nro	Versojen lkm	Versojen korkeudet (cm)	Mukulaluku	Keskipaino / mukula (g)	Paino yht. (g)
1	2	51,8	18	15,39	276,98
		54,2			
2	2	51,6	20	13,93	278,50
		42,7			
3	1	52,7	15	18,73	280,89
4	2	54,2	25	11,44	285,89
		54,8			
5	1	52,9	20	13,65	273,00
Vaihteluväli	1-2	42,7-54,8	15-25	11,44-18,73	273-285,89
Keskiarvo	1,60	51,86	19,60	14,62	279,05
Keskihajonta	0,55	3,88	3,65	2,69	4,78

TAULUKKO 8. Kasvatuskokeen tulokset punaisen LED-valon alla itäneistä mukuloista. Ruukun numero vastaa idätyskokeen mukulan numeroa.

PUNAINEN LED-VALO					
Ruukku Nro	Versojen lkm	Versojen korkeudet (cm)	Mukulaluku	Keskipaino / mukula (g)	Paino yht. (g)
1	3	19,3	14	21,38	299,25
		53,3			
		46,6			
2	2	53,9	22	12,76	280,79
		47,1			
3	5	52,6	18	15,20	273,55
		48,2			
		46,4			
		49,2			
		42,6			
4	3	64,4	21	13,20	277,23
		66			
		64,8			
5	1	60,3	17	17,79	302,38
Vaihteluväli	1-5	19,3-66	14-22	12,76-21,38	273,55-302,38
Keskiarvo	2,80	51,05	18,40	16,06	286,64
Keskihajonta	1,48	11,90	3,21	3,57	13,24

Ryhmien välisiä eroja tutkittiin kahden yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Ensimmäisessä tarkasteltiin, onko mukulaluvuilla tilastollista yhteyttä eri käsittelyiden kesken (TAULUKKO 9). Ryhmien sisäinen vaihtelu on huomattavan suurta ryhmien väliseen vaihteluun verrattuna, mikä jo osoittaa, että tilastollista yhteyttä ei ole. P-arvo on 0,856, minkä perusteella koe ei puolla mukulan idätyksessä käytettävän valon värin vaikutusta tuotoksen mukulalukuun.

TAULUKKO 1. Yksisuuntaisen ANOVA:n tulokset, kun kasvatuskokeessa saatujen mukuloiden lukumääriä vertailtiin eri käsittelyn saaneiden ryhmien välillä.

<i>Ryhmät</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>		
VALKOINEN	5	93	18,60	15,80		
SININEN	5	98	19,60	13,30		
PUNAINEN	5	92	18,40	10,30		
ANOVA						
<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Luokkien välissä	4,13	2	2,07	0,16	0,856	3,89
Ryhmissä	157,60	12	13,13			
Yhteensä	161,73	14				

Toisessa analyysissä tarkasteltiin tuotettujen mukuloiden kokonaispainoja eri ryhmien välillä (TAULUKKO 10). Ryhmien välinen vaihtelu on tässä kokeessa suurempaa kuin ryhmien sisäinen vaihtelu, mutta p-arvo niin suuri, että tämän kokeen perusteella idätysvalon värin ei voida katsoa vaikuttavan kasvikohtaisen mukulatuotoksen kokonaispainoon. Varianssi on ryhmien välillä myös huomattavan suurta, ja ryhmien väliset suuret erot selittyivät osaksi kokeen pienellä otosmäärällä, josta tasaista normaalijakaumaa on hankala muodostaa kuhunkin ryhmään. Tämä näkyy osaksi tulosten epäluotettavuutena, mitä käsitellään paremmin seuraavassa luvussa.

TAULUKKO 2. Yksisuuntaisen ANOVA:n tulokset, kun kasvatuskokeessa saatuja ruukukokohtaisia mukulatuotosten kokonaispainoja vertailtiin eri käsittelyn saaneiden ryhmien välillä.

<i>Ryhmät</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>
VALKOINEN	5	1440,13	288,03	100,46
SININEN	5	1395,26	279,05	22,84
PUNAINEN	5	1433,20	286,64	175,22

ANOVA						
<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Luokkien välissä	233,39	2	116,69	1,17	0,343	3,89
Ryhmissä	1194,06	12	99,51			
Yhteensä	1427,45	14				

6.3 Toinen idätyskoe: Lady Claire

Toisessa idätyskokeessa havainnoitiin jokaisesta perunasta itujen lukumäärät kehitysvaiheittain samalla tavoin kuin ensimmäisessäkin idätyskokeessa:

- I kehitysvaihe – yksi tai useampi vallitseva pääitu
- II kehitysvaihe – sekundäärinen itu; selvästi lähtenyt kasvuun, muttei ole pääidun/-itujen tasolla
- III kehitysvaihe – juuri ja juuri herännyt itu
- IV kehitysvaihe – uinuvassa vaiheessa olevat idut/itukuopat

Taulukossa 11 esitellään toisen idätyskokeen tulokset koeryhmältä, jonka mukuloita idätettiin valkoisen LED-valon alla. Taulukon alaosassa on ilmoitettu vaaleansinisellä taustalla itujen lukumäärät ryhmässä kehitysvaiheittain, sekä näiden arvojen summa. Näiden alapuolella on vaaleanvihreässä kentässä ilmoitettu näille vaihteluväli, ja laskettu keskiarvo ja keskihajonta. Sinivoittoisen valon alla idätettyjen mukuloiden tulokset esitellään vastaavasti taulukossa 12, ja punaisen valon alla idätettyjen mukuloiden tulokset taulukossa 13.

Suuria eroja ryhmien välillä ei ole havaittavissa. Punaisen LED-valon alla itäneiden ryhmässä on kokonaisuudessaan noin kymmenen itua vähemmän kuin valkoisen tai sinivoittoisen LED-valon alla itäneiden ryhmissä. Myös keskiarvo jää hieman alemmaksi kuin muilla ryhmillä. Muilta osin keskiarvot ja keskihajonnat ovat hyvin samansuuntaisia.

TAULUKKO 11. Valkoisen LED-valon alla idätettyjen Lady Claire -lajikkeen mukuloiden itumäärät kehitysvaiheittain, yhteensä, sekä niille määritetyt vaihteluväli, keskiarvo sekä keskihajonta.

		Kehitysvaiheet (ituja kpl)				
		I	II	III	IV	YHT.
Perunan nro.	1	2	3	4	0	9
	2	1	4	4	0	9
	3	2	3	4	1	10
	4	2	5	1	1	9
	5	1	3	5	0	9
	6	1	7	3	0	11
	7	2	3	7	1	13
	8	2	7	0	1	10
	9	2	4	3	0	9
	10	2	7	1	0	10
	11	1	3	3	1	8
	12	3	6	2	0	11
	13	1	5	1	1	8
	14	3	2	5	1	11
	15	2	3	3	0	8
	16	1	3	5	0	9
	17	2	5	5	0	12
	18	4	4	5	0	13
	19	2	3	4	0	9
	20	1	6	3	0	10
	21	1	4	2	0	7
	22	2	3	4	0	9
	23	1	4	5	1	11
	24	3	8	2	0	13
	25	1	3	5	0	9
	YHT. KPL	45	108	86	8	247
	Vaihteluväli (kpl)	1-4	2-8	0-7	0-1	7-13
	Keskiarvo	1,80	4,32	3,44	0,32	9,88
	Keskihajonta	0,82	1,65	1,69	0,48	1,64

TAULUKKO 3. Sinivoittoisen LED-valon alla idätettyjen Lady Claire -lajikkeen mukuloiden itumäärät kehitysvaiheittain, yhteensä, sekä niille määritetyt vaihteluväli, keskiarvo sekä keskihajonta.

		Kehitysvaiheet (ituja kpl)				
		I	II	III	IV	YHT.
Perunan nro.	1	3	4	5	0	12
	2	1	5	4	0	10
	3	1	7	2	0	10
	4	3	4	2	2	11
	5	2	6	3	0	11
	6	2	7	3	0	12
	7	2	2	5	1	10
	8	1	5	8	0	14
	9	2	4	5	0	11
	10	2	4	4	0	10
	11	2	4	3	1	10
	12	2	6	2	0	10
	13	1	4	3	0	8
	14	1	5	3	0	9
	15	2	5	3	0	10
	16	1	6	1	0	8
	17	3	6	3	0	12
	18	2	4	2	0	8
	19	1	6	1	0	8
	20	1	3	3	0	7
	21	1	5	3	0	9
	22	2	3	3	0	8
	23	1	2	5	1	9
	24	2	4	3	0	9
	25	2	6	2	0	10
	YHT. KPL	43	117	81	5	246
	Vaihteluväli (kpl)	1-3	2-7	1-8	0-2	7-14
	Keskiarvo	1,72	4,68	3,24	0,20	9,84
	Keskihajonta	0,68	1,38	1,51	0,50	1,62

TAULUKKO 4. Punaisen LED-valon alla idätettyjen Lady Claire -lajikkeen mukuloiden itumäärät kehitysvaiheittain, yhteensä, sekä niille määritetyt vaihteluväli, keskiarvo sekä keskihajonta.

		Kehitysvaiheet (ituja kpl)				
		I	II	III	IV	YHT.
Perunan nro.	1	2	6	3	0	11
	2	1	5	3	0	9
	3	2	5	1	1	9
	4	2	10	3	0	15
	5	2	8	2	0	12
	6	1	3	5	0	9
	7	1	3	5	0	9
	8	2	6	2	0	10
	9	1	1	3	1	6
	10	1	2	5	0	8
	11	3	6	2	0	11
	12	2	2	2	2	8
	13	2	5	3	0	10
	14	3	3	4	0	10
	15	1	3	3	1	8
	16	2	4	4	0	10
	17	2	5	1	0	8
	18	1	6	5	0	12
	19	1	0	4	1	6
	20	1	3	6	0	10
	21	2	3	4	0	9
	22	2	7	1	0	10
	23	1	4	6	0	11
	24	1	2	4	0	7
	25	2	5	3	0	10
	YHT. KPL	41	107	84	6	238
	Vaihteluväli (kpl)	1-3	0-10	1-6	0-2	6-15
	Keskiarvo	1,64	4,28	3,36	0,24	9,52
	Keskihajonta	0,64	2,26	1,47	0,52	1,96

Kloonivaraston lämpötilaa mittaava laitteisto mittasi lämpötilan kerran tunnissa, ja keskiarvo kokeen ajalle oli 15,2 astetta. Alimmillaan lämpötila oli kokeen aikana 11,2 astetta ja ylimmillään 18,7 astetta.

Tutkimuskysymyksen kannalta on Lady Clairen idätyskokeille tehty samat analyysit kuin Jussi-lajikkeen mukuloille ensimmäisessä idätyskokeessa: yksisuuntaiset varianssianalyysit sekä ensimmäisen kehitysvaiheen itujen sekä kaikkien kehitysvaiheiden itujen (pl. neljännen kehitysvaiheen uinuvat idut) suhteen.

Ensimmäisen kehitysvaiheen itujen määrässä ei havaittu tilastollisesti merkittäviä eroja ryhmien välillä p-arvon ollessa 0,732 (TAULUKKO 14). Ryhmien sisäinen vaihtelu on tämän lisäksi suurempaa kuin niiden välinen vaihtelu. Tämän perusteella koe ei puolla näkemystä siitä, että idätysvalon aallonpituus vaikuttaisi mukulaan kehittyvien pääitujen määrään.

TAULUKKO 5. Yksisuuntaisen ANOVA:n tulokset I-kehitysvaiheen itujen määrää käsiteltäessä verrattaessa Lady Claire -lajikkeella.

<i>Ryhmät</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>		
VALKOINEN	25	45	1,80	0,67		
SININEN	25	43	1,72	0,46		
PUNAINEN	25	41	1,64	0,41		
ANOVA						
<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Luokkien välissä	0,32	2	0,16	0,31	0,732	3,12
Ryhmissä	36,80	72	0,51			
Yhteensä	37,12	74				

Itujen kokonaislukumääriä (IV-kehitysvaiheen uinuvat idut pois lukien) verrattiin ryhmien kesken (TAULUKKO 15), ja varianssianalyysistä voitiin todeta ryhmien sisäisen vaihtelun olevan huomattavan paljon suurempaa kuin ryhmien välinen vaihtelu. Tämä sekä p-arvo 0,779 osoittavat, että idätysvalon värin ja kehittyvien itujen kokonaismäärän välillä ei ole tilastollista yhteyttä, eikä idätysvalon aallonpituus näin ollen asiaan ainakaan tämän kokeen perusteella vaikuta.

TAULUKKO 15. Yksisuuntaisen ANOVA:n tulokset itujen mukulakohtaisia kokonaislukumääriä (pl. IV-kehitysvaiheen uinuvat idut) käsittelyittäin verrattaessa Lady Claire -lajikkeella.

<i>Ryhmät</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>			
VALKOINEN	25	239	9,56	2,84			
SININEN	25	241	9,64	2,74			
PUNAINEN	25	232	9,28	5,13			
ANOVA							
<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>	
Luokkien välissä	1,79	2	0,89	0,25	0,779	3,12	
Ryhmissä	256,96	72	3,57				
Yhteensä	258,75	74					

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Haastattelujen sekä idätys- ja kasvatuskokeiden perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä siitä, että valon aallonpituus todella vaikuttaisi apikaalidominanssiin perunalla, ja sillä tavoin itujen määrään taikka mukulatuotukseen. Haastattelujen perusteella viljelijät tiedostavat riittävän valon määrän vaikutuksen itujen laatuun sekä lukumäärään, mutta tärkeämmäksi koetaan idätyslämpötila ja -tekniikka. Tehokkaaksi on koettu myös itujen aikainen herättely hieman korkeammassa lämpötilassa, minkä jälkeen varastointilämpötila lasketaan taas matalammalle tasolle. Samansuuntaista toimintatapaa suositteli myös Jussi-lajikkeen edustaja.

Tätä opinnäytetyötä varten tehtyjä kokeita voidaan pitää korkeintaan hyvin alustavina tuloksina. Molempien lajikkeiden idätyskokeiden järjestämisessä on kehitettäviä kohteita. Itujen laskemistapa ja kehitysvaiheisiin määrittelyn tekniikka olisi hyvä olla konkreettisesti mitattavissa tulosten vertailukelpoisuuden varmistamiseksi.

Jussi-lajikkeen idätyskokeen puitteet olivat kunnossa, mutta tulosten merkitsevyyden arviointia haittaa otoksen pienuus. Viisi mukulaa koeryhmittäin asettaa haasteita varianssianalyysin suhteen, sillä ne eivät välttämättä muodosta keskenään testin kannalta tarpeeksi tasaista, ja mikä tärkeintä, itse lajiketta edustavaa, normaalijakaumaa (Akin menetelmäblogi 2019, viitattu 04.04.2020). Koeryhmien kokojen täytyy siis olla tarpeeksi suuria vertailukelpoisen ja luotettavan tuloksen saamiseksi.

Lady Claire -lajikkeen idätyskokeessa ongelmaksi nousi mukuloiden fysiologinen ikä. Koe aloitettiin kesäkuun alussa, mikä on varsin myöhään idätystä ajatellen. Mukulat olivat paikoin myös kovin harmaahilseisiä, ja mukaan valikoituivat kaikista vähiten harmaahilseiset yksilöt. Kasvitaudeista terve koeaineisto on tulosten luotettavuuden kannalta tärkeää. Myös valon voimakkuus sinivoittoisen LED-valon osalta jäi paljon muita heikommaksi – samantasoisten arvojen varmistaminen tämän suhteen edistäisi koetulosten luotettavuutta.

Jussi-lajikkeen idätyskokeen perusteella idätysvalon aallonpituuden merkitys päätujen määrään ei ollut tässä kokeessa tilastollisesti merkittävä, mutta muihin tuloksiin verrattuna p-arvo on kuitenkin niin alhainen (0,195), että tämän puitteissa suosittelisin tutkimuksen uusimista suuremmalla

otannalla. Jatkotutkimuksissa ottaisiin myös huomioon idätyslämpötilan, koska sillä on todettua merkitystä itujen kehitykseen yhdessä valon kanssa (Johansen & Molmann 2018).

LÄHTEET

Ahvenniemi, P. 1992. Siemenperunan idätyksen edut. Peltö-Pirkan Päiväntieto 1992, 94–95.

Akin menetelmäblogi 2019. Yksisuuntainen varianssianalyysi. Viitattu 04.04.2020,
<https://tilastoapu.wordpress.com/2012/09/28/yksisuuntainen-varienssianalyysi/>.

Hart, J. W. 1988. Light and Plant Growth. London: Unwin Hyman.

HZPC Kantaperuna Oy 2015. Timo – Suomen suosituin varhaisperuna. Viitattu 30.03.2020,
<https://www.kantaperuna.com/timo-suomen-suosituin-varhaisperuna/>.

Johansen, T. & Molmann, J. 2018. Seed Potato Performance after Storage in Light at Elevated Temperatures. Potato Research 61, 133–145.

Jussi peruna – Menestyjän Tarina 2016. Facebook-tilapäivitys 18.04.2016. Viitattu 30.03.2020,
<https://www.facebook.com/spkoy.fi/posts/1062145067210186/>.

Kasper 2015. Siemenhuolto. Viitattu 29.03.2020,
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peruna/Potatonow/perunantuotanto/viljelytekniikka/siemenhuolto>.

Kaukoranta, T., Jokinen, K., Näkkilä, J. & Särkkä, L. 2017. LED-valotusta kasvihuoneeseen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 13/2017, 6, 41–42.

Kebrom T. 2017. A Growing Stem Inhibits Bud Outgrowth – The Overlooked Theory of Apical Dominance. College of Agriculture and Human Sciences. Prairie View A&M University.

Kotiranta, S. 2013. The effect of light quality on tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv 'Efialto') growth and drought tolerance. Helsingin yliopisto. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Maisterintutkielma. Viitattu 22.04.2020,
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/43195/Master's%20thesis_Stiina%20Kotiranta.pdf

Kroeze, D. 2020. How does the color of light effect plant growth. CANNAResearch. Viitattu 21.04.2020, http://www.canna.com.au/influence_of_colours.

KvantiMOTV 2020. Varianssianalyysi. Viitattu 02.04.2020, <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/variassi/anova.html>.

Liscum, E., Askinosie, S. K., Leuchtman, D. L., Morrow, J., Willenburg, K. T. & Coats, D. R. 2014. Phototropism: Growing towards an Understanding of Plant Movement. Viitattu 21.04.2020, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3963583/>.

Maa- ja Metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry 2015. Kotimainen varhaisperuna ehti juhannuspöytään. Viitattu 24.03.2020, <https://www.sttinfo.fi/tiedote/kotimainen-varhaisperuna-ehti-juhannuspoytaan?publisherId=2037&releasId=29826551>.

Maaseudun Tulevaisuus 2019. Kotimainen varhaisperuna ei liiku – osassa kaupoista vain ruotsalaista perunaa. Viitattu 27.03.2020, <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/ruoka/artikkeli-1.448033>.

Maaseudun Tulevaisuus 2017. Varhaisperunan hinta on taas alle kannattavuuden – ”Viljelijöillä on nyt motivaationpuute, kun rahaa ei tule”. Viitattu 27.03.2020, <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/varhaisperunan-hinta-on-taas-alle-kannattavuuden-viljelij%C3%B6ill%C3%A4-on-nyt-motivaationpuute-kun-rahaa-ei-tule-1.194484>.

Maatilan Pellervo 2003. Varhaisperuna ei kasva itsekseen. Viitattu 26.03.2020, https://www.pellervo.fi/maatila/mp6_03/varhaisper.htm.

Microsoft 2020. KESKIHAJONTA.S (KESKIHAJONTA.S-funktio). Viitattu 31.03.2020, <https://support.office.com/fi-fi/article/keskihajonta-s-keskihajonta-s-funktio-7d69cf97-0c1f-4acf-be27-f3e83904cc23>.

Mustonen, L. 2004. Yield formation and quality characteristics of early potatoes during a short growing period. *Agricultural and Food Science* 13, 390–391.

Myllymäen Peruna Oy 2019. Perunantuotanto lajikkeittain Suomessa. Viitattu 30.03.2020, <https://www.perunansiemen.fi/fi/perunantuotanto-lajikkeittain-suomessa>.

Natri T. 2011. Kasvualustan hormonitason ja valon vaikutus *syringa vulgariksen* versomiseen ja juurtumiseen *in vitro* viljelyssä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Laboratorioalan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 06.04.2020, https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31407/Tiina_oppari.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Orkola N. 2012. Kemiallisten kasvunsäätteiden vaikutukset syysasterin (*Aster novi-belgii*) kasvukorkeuteen. Hämeen ammattikorkeakoulu. Puutarhatalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 06.04.2020, https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/40100/Orkola_Nelli.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Park, Y. & Runkle, E. S. 2018. Spectral effects of light-emitting diodes on plant growth, visual color quality, and photosynthetic photon efficacy: White versus blue plus red radiation. PLoS One 13(8): e0202386. Viitattu 22.04.2020, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6095554/>.

Petla 2020. Idätys. Viitattu 29.03.2020, <https://petla.fi/viljelyohjeet/idatys/>.

Pohjoinen, V. 2006. Auringon säteilyn mittaus Värriössä – Measurement of Solar radiation in Varrio. Viitattu 29.03.2020, <http://varrio.blogspot.com/2006/07/auringon-steilyn-mittaus-vrriss.html>.

Sarvikas, P., Suorsa, M. & Rintamäki, E. 2017. Fotosynteesi. Helsinki: Books on Demand GmbH.

Satokausi Media Oy 2016. Varhaisperuna. Viitattu 30.03.2020, <https://satokausi.fi/varhaisperuna/>.

Schneider, A., Godin, C., Boudon, F., Demotes-Mainard, S., Sakr, S. & Bertheloot, J. 2019. Light Regulation of Axillary Bud Outgrowth Along Plant Axes: An Overview of the Roles of Sugars and Hormones. Viitattu 06.04.2020, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.01296/full>.

Sinauer Associates 2015. Topic 18.6: Roots Exhibit Negative Phototropism. Plant Physiology and Development: Sixth Edition. Viitattu 21.04.2020, <http://6e.plantphys.net/topic18.06.html>.

Spalding, E. P. & Folta, K. M. 2005. Illuminating topics in plant photobiology. Plant, Cell and Environment 28, 39.

SVT Suomen Virallinen Tilasto: Luonnonvarakeskus 2018. Käytössä oleva maatalousmaa.
Viitattu 27.03.2020,
http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__22%20Kaytossa%20oleva%20maatalousmaa/01_Kaytossa_oleva_maatalousmaa_ELY.px/table/tableViewLayout1/?rxid=928a1ecc-55c9-4007-9a1f-99f2588a139f.

SVT Suomen Virallinen Tilasto: Luonnonvarakeskus 2019. Maataloustuotteiden tuottajahinnat.
Viitattu 26.03.2020,
http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__06%20Talous__02%20Maataloustuotteiden%20tuottajahinnat/09_Tuottajahinnat_Ruokaperuna_kk.px/table/tableViewLayout1/?rxid=d83ded94-eea0-4573-b221-3f1c03b5e7de.

Tolari, R. 2020. LED-valojen spektrin vaikutus lehtikaalin kemialliseen koostumukseen. Itä-Suomen yliopisto. Ympäristö- ja biotieteiden laitos. Pro Gradu -tutkielma. Viitattu 21.04.2020,
https://epublications.uef.fi/pub/urn_nbn_fi_uef-20200415/urn_nbn_fi_uef-20200415.pdf.