

Hannamari Jaakkola

Ravinteiden vaikutus sokerijuurikkaan sokeripitoisuuteen

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Maa- ja metsätalouden yksikkö

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalous

Koulutusohjelma: Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Tekijä: Hannamari Jaakkola

Työn nimi: Ravinteiden vaikutus sokerijuurikkaan sokeripitoisuuteen

Ohjaajat: Heikki Harmanen ja Marja Turakainen

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 39

Liitteiden lukumäärä:

Sokerijuurikas (*Beta vulgaris* L. var *altissima* Döll) on melko nuori viljelykasvi verrattuna esimerkiksi vehnään. Tässä opinnäytetyössä on selvitetty, miten eri ravinteet vaikuttavat sokerijuurikkaan sokeripitoisuuteen. Sokerijuurikkaan tarvitsemat, tärkeät pääravinteet ovat: typpi, fosfori, kalium, natrium, kalsium, magnesium sekä rikki. Lisäksi juurikas tarvitsee mangaania, booria sekä rautaa, jotka ovat hivenravinteita.

Hyvä juurikassadon tekninen laatu parantaa sekä viljelijän, että tehtaan tulosta. Sokerijuurikkaan tekninen laatu tarkoittaa kaikkia niitä juurikkaan ominaisuuksia, jotka vaikuttavat sokerin valmistusprosessin eri vaiheisiin sekä juurikkaasta saatavaan sokerin määrään. Sokeripitoisuus on kuitenkin vain yksi mitattavista; juurikkaan teknisistä laatutekijöistä. Muita sadosta mitattavia laatutekijöitä ovat: aminotyyppi-, kalium- ja natriumpitoisuus, sillä erotuksella, että kolme viimeksi mainittua heikentävät laatua ja vastaavasti sokeripitoisuus parantaa sitä.

Lannoittaminen on olennainen osa sokerijuurikkaan viljelyä. Kasvi ottaa osan ravinteista maaperästä, mutta niiden määrä ei kuitenkaan ole riittävä. Pystyäkseen tuottamaan määrällisesti ja laadullisesti hyvän sadon on juurikkaan ravinteiden tasapainoinen saanti varmistettava lannoituksella. Lannoituksen suunnittelu perustuu kasvin tarpeeseen. Lannoituksen suunnittelussa on otettava huomioon juurikkaalla typen ja fosforin vuosittaisissa käyttömäärissä ympäristötukiehtojen rajoitteet.

Nykyään viljely on keskittynyt sokeritehtaan läheisyyteen, koska pitkä kuljetusmatka tehtaalte lisää kustannuksia ja siten alentaa viljelyn kannattavuutta. Sokerijuurikkaan viljelyllä on Suomessa vahvat perinteet ja sokerijuurikasta tutkitaan Suomessa aktiivisesti. Tästä syystä on oletettavaa, että sokerijuurikkaan laatu tulee tulevaisuudessa paranemaan entisestään.

Avainsanat: sokerijuurikas, ravinteet, sokeripitoisuus, lannoitus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of agriculture and forestry
Degree programme: Rural Enterprises

Author/s: Hannamari Jaakkola

Title of thesis: The effect of nutrients to sugar beets sucrose accumulation

Supervisors: Heikki Harmanen and Marja Turakainen

Year: 2010

Number of pages: 39

Number of appendices:

Sugar beet is a quite young agricultural plant compared to for example wheat. Despite this the plant has been studied and refined a lot. This thesis studied the effects of nutrients to sugar beets sucrose accumulation. The main nutrients of sugar beet are: nitrogen, phosphorus, potassium, sodium nitrate, calcium, magnesium and sulphur. In addition to these the sugar beet needs manganese, boron, and iron.

The main goal of refining sugar beet is not only to achieve high sucrose accumulation but to create good crop too. The high sucrose accumulation is one of the sugar beets quality factor. In Finland the two reasons for sucrose accumulation development are refining seeds and increased expertise of farmers. Also weather conditions have an impact on sucrose accumulation.

Fertilisation is a key factor in sugar beet cultivation. The plant gets its nutrients from the soil, but the amount of nutrition is not high enough in the soil. That is why many different fertilisers have been developed to answer farmer's needs. There are also different ways of fertilize. That's why farmers have to choose the best methods for the current situation. When choosing fertilisation methods farmers need to take into consideration which nutrients the plant needs because different nutrients move differently in the plant.

The future of sugar beet is dependent on the decisions made in EU. The goal is to secure sugar beet cultivation in Finland. It is possible that the cultivation is centered near the sugar factories because one of the biggest challenges in cultivation is transporting sugar beets to the factory. Every year many studies are conducted in Finland to improve the different factors of the plant. That is why the quality of the plant may improve in the future.

Keywords: sugar beet, nutrients, sucrose accumulation, fertilisation

SISÄLLYSLUETTELO

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ	2
THESIS ABSTRACT	3
1 JOHDANTO	6
2 SOKERIJUURIKAS.....	6
2.1 Sokerijuurikkaan historia	6
2.2 Sokerijuurikas kasvina	7
2.3 Sokerijuurikkaan sato ja sokeripitoisuuden kehitys Suomessa	8
2.4 Sokerijuurikkaan lajikkeet.....	9
3 RAVINTEET JA NIIDEN MERKITYS SOKERIJUURIKKAAN	
SOKERIPITOISUUTEEN	13
3.1 Pääravinteet.....	13
3.1.1 Typpi	13
3.1.2 Fosfori.....	15
3.1.3 Kalium ja natrium	16
3.1.4 Kalsium	18
3.1.5 Magnesium	19
3.1.6 Rikki	20
3.2 Hivenravinteet	20
3.2.1 Mangaani.....	20
3.2.2 Boori.....	21
3.2.3 Rauta	21
4 SOKERIJUURIKKAAN SOKERIPITOISUUS	22
4.1 Juurikkaan sokeripitoisuuden kehitys Suomessa	22
4.2 Sokerijuurikkaan laadun mittaaminen	23
4.3 Sokeripitoisuuden merkitys juurikkaan laatuun ja sen yhteys juurikkaan muihin laatutekijöihin	25
5 LANNOITUSMENETELMIEN VAIKUTUS SOKERIJUURIKKAAN	
SOKERIPROSENTTIIN.....	26
5.1 Sokerijuurikkaan lannoitusmenetelmät.....	26
5.2 Sokerijuurikkaalle sopivat lannoitteet ja lannoitus	27

5.3 Karjalannan käyttö juurikkaan lannoituksessa	35
5.4 Viherlannoitus sokerijuurikkaan lannoituksessa	36
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA ANALYSOINTIA.....	36

1 JOHDANTO

Sokerijuurikasta on sen nuoresta iästä huolimatta tutkittu paljon ja kasvista on jalostettu erilaisia lajikkeita. Opinnäytetyöni käsittelee sokerijuurikkaan sokeripitoisuutta ja keskittyy selvittämään eri ravinteiden vaikutuksia juurikkaan sokeripitoisuuteen. Aiheen työlleni olen saanut Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskuksesta, joka vastaa Suomessa sokerijuurikkaan tutkimus- ja koetoiminnasta. Työn tavoitteena on selvittää miten eri ravinteet vaikuttavat juurikkaan sokeripitoisuuteen.

Aihetta olen lähtenyt tutkimaan tutustumalla aluksi sokerijuurikkaaseen kasvina sekä kasviravinteisiin ja niiden vaikutuksiin kasvissa. Juurikas saa osan ravinteista maaperästä, mutta olennaista on lannoitus. Tämän vuoksi olen työni lopussa perehtynyt myös sokerijuurikkaan lannoitusmenetelmiin sekä lannoitusmääriin. Opimistavoitteenani työssäni on oppia ymmärtämään paremmin ja syvällisemmin sokerijuurikkaan viljelyä. Olen kiinnostunut aiheesta, koska asun Satakunnassa, Suomen ainoan sokerijuurikastehtaan läheisyydessä ja jossa viljellään huomattava osa Suomen sokerijuurikkaasta.

2 SOKERIJUURIKAS

2.1 Sokerijuurikkaan historia

Sokerijuurikas kuuluu savikkakasveihin. Sokerijuurikas polveutuu punajuuren, rehujuurikkaan, sekä lehtivihanneksena käytettävän mangoldin tavoin samasta luonnonkasvista, rantajuurikkaasta, joka on yleinen merenrantakasvi Euroopassa sekä Atlantin ja Välimeren rannoilla. Viljelykasvina sokerijuurikas on alun perin ollut Välimeren kulttuurialueen tuote, mutta käynyt myöhemmät, tärkeät kehitysvaiheensa läpi Euroopassa. (Rousi 1997, 196)

Viljelykasvina sokerijuurikas on varsin nuori. Vuonna 1747 saksalainen lähteestä riippuen joko kemisti tai apteekkari Andreas Marggraf osoitti, että Beta-suvun juu-

rikkaassa on samaa sokeria kuin sokeriruo'ssa (sakkarooisia). 1700-luvun lopussa Marggrafin oppilas Franz Carl Achard perusti juurikkaan koeviljelmän sokerin tuottamiseksi juurikkaasta ja 1800-luvun alussa hän perusti pienen sokeritehtaan. (Ilvonen 2007, 103).

Nämä Archaldin koeviljelmät merkitsivät sokerijuurikkaan käyttöönottoa uutena viljelykasvina. Achald teki järjestelmällistä valintatyötä löytääkseen juurikkaan, joka olisi mahdollisimman sokeripitoinen ja tuli lopulta siihen lopputulokseen, että valkoinen, kartionmuotoinen rehujuurikastyppi oli tässä suhteessa paras. (Rousi 1997, 197).

Suomessa ensimmäiset kokeilut sokerijuurikkaan kasvattamiseksi tehtiin Sääksmäellä Voipaalan kartanossa 1830-luvulla. Kokeilujen ollessa lupaavia kartanon omistaja vapaaherra Sebastian Gripenberg rakensi tilalle sokeritehtaan vuonna 1838. Juurikasta viljeltiin Voipaalassa kolmena vuotena noin 10 hehtaarin alalla, jolta satoa saatiin runsaat 100 tonnia. Varsinaisesti sokerijuurikkaan viljely yleistyi Suomessa 1900-luvulla. (Raininko 2003, 26). Viljely on keskittynyt nykyisin suurimmaksi osaksi Säkylän sokeritehtaan läheisyyteen.

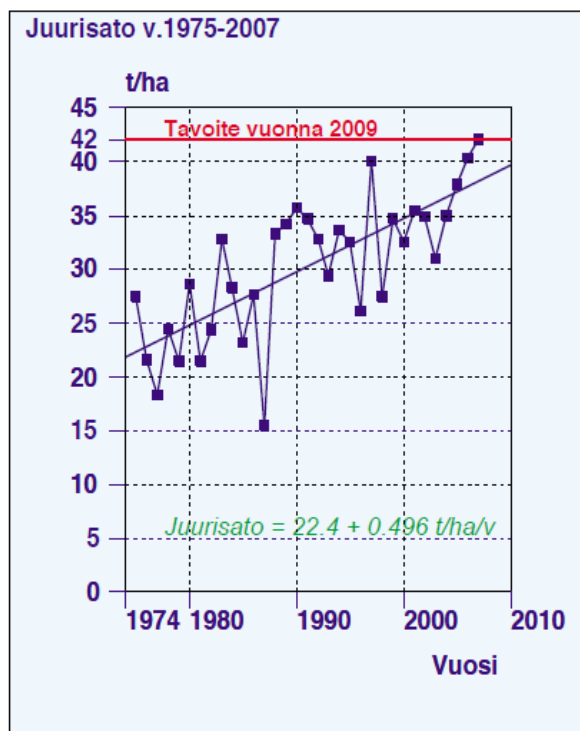
2.2 Sokerijuurikas kasvina

Normaalisti sokerijuurikas on kaksivuotinen kasvi, joka ensimmäisenä kasvukautena tekee vain lehtiruusukkeen ja vararavintojuuren ja näiden turvin seuraavana vuonna kehittyvät kukintovarsi ja hedelmät. Sokerijuurikkaan sato muodostuu vararavintojuurista sekä joko rehuksi tai maanparannusaineeksi käytettävistä naa-teista, joten viljely on yksivuotista. Ensimmäisenä vuotena kukkivat, poikkeavat yksilöt alentavat satotulosta. (Rousi 1997, 200). Tämän tyyppisen haitallisen ilmiön voivat aiheuttaa tietty perintötekijä sekä liian alhaiset lämpötilat kylvön jälkeen. Jalostuksen avulla juurikkaan kukkimistaipumus on kuitenkin saatu hyvin vähäiseksi. (Rousi 1997, 200).

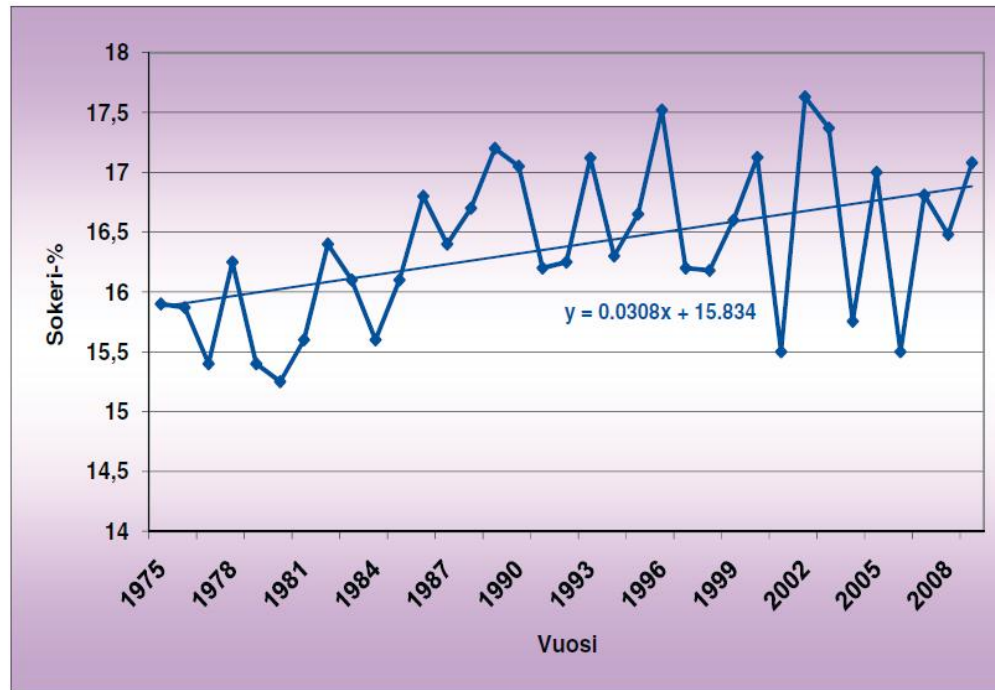
Maan kasvukunnon, ravinteiden ja sääolojen suhteen sokerijuurikas on vaateliias kasvi. Siksi juurikkaan viljely vaatii huolellisuutta ja viljelyyn panostamista. (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

2.3 Sokerijuurikkaan sato ja sokeripitoisuuden kehitys Suomessa

Suomessa juurikkaan keskisato on noin 37 tonnia per hehtaari (taulukko 1). Länsi-Euroopan parhailla viljelyalueilla juurikkasato on 50–60 tonnia hehtaaria kohti, sillä sokerijuurikas tarvitsee pitkän ja lämpimän kasvukauden tuottaakseen runsaan ja sokeripitoisen sadon. Juurikkaan sadon määrään ja sokeripitoisuuteen vaikuttavat lajike, kasvupaikka, maan kasvukunto, lannoitus, sääolot sekä kasvukauden pituus. (Dansukker, 6 [viitattu 1.12.2009]).



Kuvio 1. Sokerijuurikkaan satotason kehitys 1975 – 2007. (Juurikassarka 1-2/2008,21)



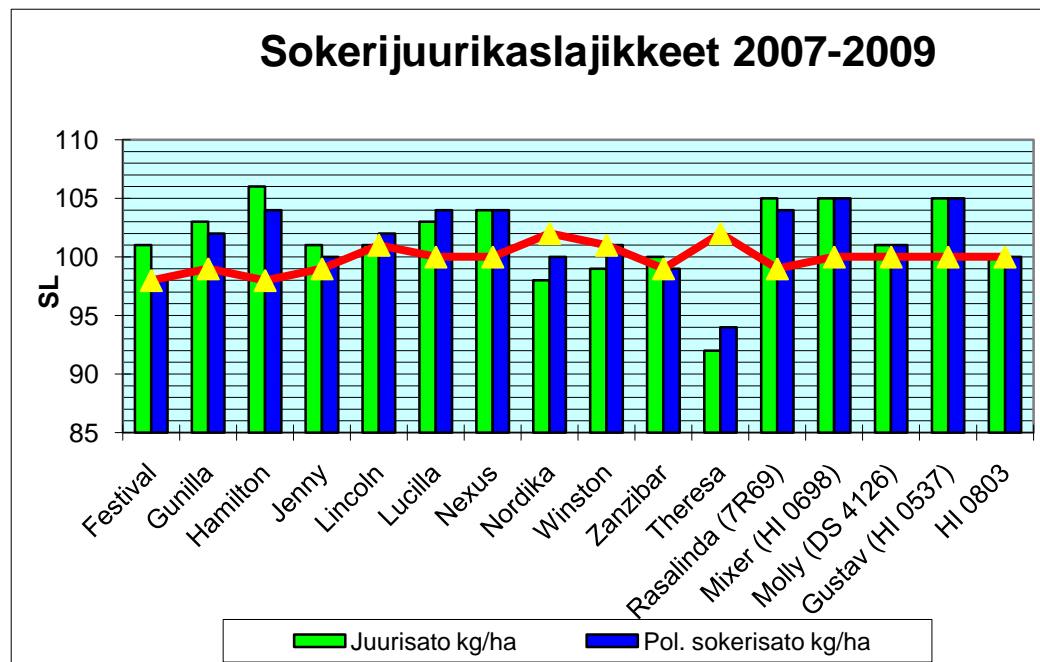
Kuvio 2. Sokerijuurikkaan sokeripitoisuuden kehitys 1974 – 2006. (Turakainen 2010, 27)

Sokerijuurikkaan lehtien vihreissä osissa sijaitsee juurikkaan sokerin syntysijat. Näissä vihreissä osissa tapahtuu fotosynteesi eli yhteyttäminen. Kasvit tuottavat yhteyttämisessä auringon valoenergian avulla hiilioksidista ja vedestä sokereita ja samalla vapautuu happea. Välituotteiden ja monien eri reaktioiden kautta sidotaan hiilidioksidi yksinkertaisiin sokereihin ja tästä muodostuu lopputuloksena glukoosia. Soluissaan kasvit muuttavat tuotetun glukoosin sakkaroosiksi, joka kestää paremmin kuljetusta. Sakkaroosipitoisuus sokerijuurikkaan juuressa on 16 – 20 % tuorepainosta. (Turakainen 2010e,11)

2.4 Sokerijuurikkaan lajikkeet

Suomessa viljeltävien sokerijuurikkalajikkeiden jalostajia ovat ruotsalainen Hilleshög, saksalainen KWS, tanskalainen Maribo Seed sekä italialainen SeS Vander Have. Virallisissa lajikekokeissa Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus (SjT) testaa eri jalostajien lajikkeita. SjT:n tulosten perusteella lajike-toimikunta hyväksyy vuosittain lajikelistalle tulevat lajikkeet. Sucros toimittaa siemenet viljelijöille, heidän tilaustensa perusteella. Sadontuottokyvyn ja sadon laadun perusteella viljelijä valitsee

itselleen sopivimman lajikkeen. Suomessa sokerijuurikkaan viljelijöille on tarjolla vain Sjt:n lajikekokeissa hyvin menestyneitä lajikkeita, joiden satoisuus erot ovat suhteellisen pieniä. Lajikkeiden välillä on eroa jonkin verran sokeripitoisuuksissa, kuten taulukosta 3 pystyy havaitsemaan. Mikäli naatti aiotaan käyttää rehuksi, on naatin suuri koko ja taudinkestävyys tärkeitä. (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).



Kuvio 3. Sokerijuurikaslajikkeet 2007 - 2009 ja niiden juurisato sekä sokerisato. Taulukon avulla viljelijän on helpompi valita omiin käyttötarkoituksiinsa sopivin lajike. (Muurinen 2009, 9)

	Juurisato kg/ha	Pol. sokerisato kg/ha
Festival	101	98
Gunilla	103	102
Hamilton	106	104
Jenny	101	100
Lincoln	101	102
Lucilla	103	104
Nexus	104	104
Nordika	98	100
Winston	99	101
Zanzibar	100	99
Theresa	92	94
Rasalinda (7R69)	105	104
Mixer (HI 0698)	105	105
Molly (DS 4126)	101	101
Gustav (HI 0537)	105	105
HI 0803	100	100

Taulukko 1. Sokerijuurikaslaajikkeet 2007–2009 . Taulukossa on sokerijuurikaslaajikkeiden juuri- ja sokerisato numeroiksi muunnettuna.

Valittaessa lajikkeita voidaan käyttää apuna myös kyseisen vuoden mittaria, joka muodostuu vuosittain kolmen lajikkeen keskiarvosta. Nämä lajikkeet valitaan seuraavin perustein: pisimpään markkinoilla ollut lajike, kyseessä olevana vuonna eniten viljelyalaa saanut lajike sekä lajike, jonka satoon ja laatuun vaikuttavat ominaisuudet (taudinkestävyys) on todettu muita huomattavasti paremmaksi (taulukko 5). Lajike valinnassa siis pyritään siihen, että valitut lajikkeet ovat joltain ominaisuudeltaan mittaria parempi tai mittarin luokkaa. (Muurinen 2009, 10).

Viljelijä voi myös perehtyä lajike kokeiden tuloksiin. Lajikekoetaulukoiden seuraaminen on viljelijälle eduksi etenkin, jos hän haluaa selvittää lajikkeen taudinsietokykyä. Kasvitautilien esiintyminen on suuri haitta kaikessa viljelyssä, joten viljelijän on syytä perehtyä myös tähän valitessaan sopivaa lajiketta.

Arvioita lajikkeista vuosien 2007-2009 kokeiden perusteella									
Lajike	Jalostaja	Otettu viljelyyn	Taimettuminen 2009	Ankeroinen	Ramularia	Kukkavarret	Juurisato	Sokeri %	Kiteytyvä sokeri
Nexus	Hilleshög	2009	-	(+)	-	+++	++	+	++
Mixer	Hilleshög	2010	+		-	+	+++	+	+++
Gustav	Hilleshög	2010	+		++	++	++	+	+++
Gunilla	KWS	2008	+		-*	+	++	-	+
Lucilla	KWS	2009	++		++	++	++	+	++
Rosalinda	KWS	2010	++	(+)	-	-	+++	-	+++
Annalisa	KWS	2006	+	+++	-	+	-	-	-
Theresa	KWS	2009	++	+++	-*	++	-	++	-
Winston	Maribo Seed	2008	-		++	++	+	++	+
Hamilton	Maribo Seed	2009	--		+	+	+++	-	++
Festival	SeSVanderHave	2005	++		-	-	+	-	-
Zanzibar	SeSVanderHave	2006	+++		-	-	+	-	+

-*	Lajike hyvin altis kovassa tautipaineessa
-	Lajike muita heikompi tässä ominaisuudessa
(+)	Ei ankeraisen kestoa mutta sietää lievää ankeroissaastuntaa
+	Lajike tässä ominaisuudessa keskimääräinen
++	Lajike tässä ominaisuudessa keskivertoa parempi
+++	Lajike tässä ominaisuudessa hyvä

Taulukko 2. Arvioita sokerijuurikaslajikkeista vuosien 2007- 2009 kokeiden perusteella. Viljelijä voi myös perehtyä lajikekokeiden tuloksiin. Taulukosta 5 nähdään lajike sekä kyseiden lajikkeen jalostaja. Sen lisäksi nähdään vuosi, jolloin lajike on otettu viljelyyn. Kasvin ominaisuuksista taulukossa nähdään taimettuminen, ankeraisen sekä ramularian kestävyys, kukkavarret, juurisato, sokeriprosentti sekä kiteytyvä sokeri. Taulukossa on käytetty eri lajikkeiden ominaisuuksien arviointeihin merkkejä + ja – sekä niiden yhdistelmiä. (Muurinen, 2009,10)

3 RAVINTEET JA NIIDEN MERKITYS SOKERIJUURIKKAAN SOKERIPITOISUUTEEN

3.1 Pääravinteet

3.1.1 Typpi

Typpi on juurikkaan tärkein kasvinravinne. Voimakkaimmin typpi vaikuttaa sokerijuurikkaan sadonmuodostukseen. Liian alhainen typen määrä alentaa satoa. Liiallinen typen saanti heikentää sadon teknistä laatua ja alentaa juurikkaan sokeripitoisuutta. (Turakainen 2009a, 8). Eniten haittaa liiallisesta typestä juurikkaalle on sen jälkeen kun sen maanpäällinen kasvusto on jo saavuttanut optimikoon eli se peittää rivivälit. Mikäli tyyppiä on vielä runsaasti saatavilla, käyttää juurikas sen naatin kasvuun, josta seuraa että lehdet/naatit varjostavat helposti toisiaan sekä samalla kuluttaen sokeria, jota muuten voitaisiin kuljettaa juureen. (Turakainen 2010d, 27)

Riittävästi tyyppiä sokerijuurikas tarvitsee alkukasvukaudesta, jotta se pystyy kasvattamaan suuren, yhteyttämiseen tarvittavan lehtipinta-alan nopeasti. Lehtien muodostumiseen typen saanti vaikuttaa jo varhaisessa vaiheessa, jopa ennen niiden avautumista. (Turakainen 2009a, 8)

Mikäli juurikas ei saa riittävästi tyyppiä, alkavat puutosoireet näkymään ensin vanhimmissa lehdissä, sillä juurikas siirtää tyyppiä niistä nuoriin, kasvaviin lehtiin. Lehtien lehtisuonten välit ja lehtisuonet muuttuvat vanhoilla lehdillä vaaleanvihreiksi tai kellastuvat. Näiden lehtien lehtiasento on pysty ja lehtiruodit tavallista pitempiä. Koko kasvusto muuttuu lopulta kauttaaltaan vaaleanvihreäksi tai kellertäväksi (kuva 1). Lehdet jäävät kooltaan pieniksi. Selkeästi havaittavia laikkuja lehtiin ei kuitenkaan ilmesty, jotta puutos voitaisiin havaita. Vaaleneminen ja kellastuminen kasvustossa johtuvat lehtivihreän muodostumisen heikkenemisestä.

Johtuen alhaisesta lehtivihreän määrästä juurikkaan yhteyttämisteho vähenee ja kasvu hidastuu. Lisäksi lehtien pienempi koko vähentää yhteyttävää lehtipinta-alaa ja sitä kautta valon vastaanottoa /hyödyntämistä. (Turakainen 2009a, 8-9).

Typen kohdalla pätee myös vähenevän tuotoksen laki. Typen lisäyksellä saavutetaan aluksi suurta sadonlisäystä, kuitenkin lisättäessä lannoitusmäärää edelleen saatava sadonlisäys kuitenkin pienenee ja lisäksi laatu heikkenee. Mikäli typpilannoitus on liian korkeaa, alentaa se juuren sokeripitoisuutta ja samalla lisää aminotyppipitoisuutta. (Turakainen 2009a, 9)

Typeä ilmakehän kaasuista on 80 %, kuitenkin vain harvat kasvit pystyvät sitä suoraan hyödyntämään. Typpi esiintyy maassa orgaanisessa ja epäorgaanisessa muodossa. Maasta kasvi ottaa typeä pääasiassa ammonium- (NH_4^+) ja nitraattimuodossa (NO_3^-) . Typeä kasvi tarvitsee valkuaisaineiden muodostamiseen ja se toimii niiden rakennusaineena. Osa näistä valkuaisaineista toimii kasvissa rakennusaineena ja toisilla on tärkeä osa kasvin aineenvaihdunnassa. Myös sokerin muodostumisessa tarvittavat entsyymit sisältävät typeä. Typpi muuttuu kasvin sisällä pääasiallisesti proteiinimuotoon, jolloin sen kuljettaminen ja käyttäminen on kasville helpompaa. Kasvinosasta riippuu kuinka paljon se sisältää typeä. Pääasiallisesti eniten typeä on vihreissä kasvinosissa. Keskimäärin sokerijuurikkaan hehtaarisato sisältää typeä 195 kg, josta juurikkaassa 65 kg ja naatissa 130 kg. (Turakainen 2009a, 8).

Suurin osa maan tpeestä on sitoutunut orgaaniseen ainekseen. Kasvukauden aikana olosuhteista riippuen typpi mineralisoituu eli toisin sanoen muuttuu kasville käyttökelpoiseen muotoon. Maan orgaanisen aineksen typen kasveille käyttökelpoiseen muotoon vapauttaa maan pieneliöstö. Mineralisoituminen on hidas tapahtuma ja se on riippuvainen sekä maan lämpötilasta että kosteudesta. (Turakainen 2009a, 9)



Kuva 1. Sokerijuurikkaan typen puutos. Oikealla olevassa lehdessä selvästi näkyvissä puutosoireet. (Turakainen 2009, 8)

3.1.2 Fosfori

Fosforilla on juurikkaassa monta tärkeää tehtävää ja mikään muu ravinne ei pysty korvaamaan sitä kasvin aineenvaihdunnassa. Fosfori pystyy liikkumaan juurikkaassa helposti sinne, missä fosforia sisältäviä yhdisteitä kulloinkin tarvitaan. Lisäksi fosfori sitoutuu nopeasti erilaisiin orgaanisiin yhdisteisiin, kuten sokerifosfaateiksi ja fosforia sisältäviin valkuaisaineisiin. Tärkeä tehtävä fosforilla on kasvin energia-aineenvaihdunnassa. Fosfori on tärkeänä osana myös solujen välittömänä energianlähteenä toimivassa ATP:ssä eli adenosinitrifosfaatissa. ATP hajoaa soluissa energiaa vaativissa tapahtumissa ja sitä kautta se luovuttaa energiaa sekä kasvin kehityksen että kasvuun. (Farmit [viitattu 1.12.2009]).

Juurikkaalla fosforin puutos voi aiheuttaa lehtiin ja lehtien reunoihin punertavaa väritystä. Lehdet voivat myös olla syvän tumman vihreitä. Lisäksi kasvin ja sen juurten kasvu hidastuu ja heikkenee. Fosforin puutosoireet voivat kuitenkin olla vaikeasti havaittavissa, sillä myös erilaiset stressitekijät lisäävät lehtien sokeripitoisuutta ja samalla punertavaa väritystä ja lehtivihreän muodostumista lehtiin. Maan alhainen pH, viileä sää keväällä sekä heikentynyt juurten kasvu saattavat lisätä fosforipuutos riskiä.(Turakainen 2009b, 12).

Maasta kasvit ottavat fosforia fosfaattimuodossa maanesteestä ja maan hiukkaspinnoilta. Maan pH:n ollessa alhainen sekä savimailla rauta- ja alumiiniyhdisteet pidättävät tehokkaasti fosfaatti-ioneja. Maassa fosforia on sekä epäorgaanisessa että orgaanisessa muodossa. Epäorgaaninen fosfori jota on lannoitteissa, on peräisin apatiittimineraalista eli fosforikivestä ja se on muodoltaan suoraan kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Kasvitähteistä ja karjanlannasta on peräisin orgaaninen fosfori. Näiden sisältämä fosfori muuttuu kasveille käyttökelpoiseksi fosfaatiksi kuitenkin vasta mikrobiologisessa reaktiossa. Muokkauskerroksen kokonaisfosforista voi kivennäismailla olla lähes puolet orgaanisesta fosforista. Orgaanisen fosforin lähteenä maahan kynnetyllä sokerijuurikkaan naatilla on suuri merkitys. (Turakainen 2009b, 12)

3.1.3 Kalium ja natrium

Juurikkaalla natrium edistää sekä naatin, että lehtipinta-alan kasvua, jolloin myös kasvin yhteyttämistehokkuus kasvaa ja samalla sokeria varastoituu enemmän juureen. Kasvukauden ollessa loppuillaan lisää natrium kuiva-aineen siirtymistä naatista juureen, josta johtuen sokeripitoisuus nousee. Kaliumia kasvi tarvitsee yhteyttämisen, yhteyttämistuotteiden rakentamisessa sekä niiden kuljettamisessa lehdistä juuriin. (Turakainen 2010c, 22).

Sekä kalium että natrium vaikuttavat kasvin vesitalouteen lisäksi ne parantavat kasvin kuivuuden ja kylmyyden kestävyyttä. Ne toimivat yhtä tehokkaasti solujen osmoottisen paineen säätelyssä. Kaliumin ja natriumin puute saattaa hellepäivinä näkyä kasvin lakastumisena. Lievä kaliumin puutos ei kuitenkaan vielä aiheuta

silminnähtäviä oireita, mutta kasvissa puutos voi silti olla piilevänä. Mikäli kaliumin puute on kasvissa suuri näkyvät oireet ensin täysikasvuisissa lehdissä, sillä kaliumia siirretään helposti nuorempiin lehtiin. Puutoksen voi havaita ensin lehtien reunaosien vaalenemisena, myöhemmin lehtien reunaosat ruskettuvat ja ne kääntyvät alaspäin, lisäksi niiden pinta muuttuu pehmeäksi. Puutoksen oireena on myös kasvun heikkeneminen, sillä puutos kaliumista heikentää kasvien aineenvaihduntaa. (Turakainen 2010c, 22)

Lisäksi puute kaliumista alentaa voimakkaasti juurikkaan sokeripitoisuutta ja sitä kautta myös sato alenee. Samalla se alentaa muiden ravinteiden hyväksikäyttöä. Mikäli kasvi kärsii kaliumin puutteesta ja tyypeä on kuitenkin riittävästi saatavilla, saattaa kasviin kertyä liukoisia tyyppiyhdisteitä, jotka omalta osaltaan vähentävät sokerin talteenottoa juurikkaalla. (Turakainen 2010c, 23)

Kaliumia ja natriumia kasvit ottavat maasta K^+ ja Na^+ yksiarvoisina kationeina. Kaliumia esiintyy maassa kiillemineraalien välissä, maahiukkasten pinnoilla, sekä maavedessä. Maan luontaisen kaliumin merkitys karkeilla ja eloperäisillä maalajeilla on vähäinen. Sillä näillä maalajeilla pidätty kaliumia vain vähän maainekseen kasveille käyttökelpoiseen muotoon ja se on herkkä huuhtoutumiselle. Vaikka karkeilla ja eloperäisillä maalajeilla saattaa lannoituksen jälkeen olla kaliumia runsaasti maanesteessä, saattaa se loppua maasta nopeasti juuri huuhtoutumisen vuoksi, mikäli tällaisilla mailla tingitään kaliuminlannoituksesta ehtyvät maan kaliumvarat kasvukauden aikana ja kasvi voi silloin kärsiä kaliumin puutteesta. Savimaat sen sijaan pidättävät kaliumia niin, että se on kasvien käytettävissä ja tämä samalla rajoittaa kaliumin huuhtoutumista. Maan luontaisilla kaliumvaroilla savimaillakin voidaan tyydyttää vain osa. Sen vuoksi savimailla kannattaa tarkkaila kaliumlukuja, koska savessa kaliumin käyttökelpoisuus on heikompaa kuin karkeilla kivennäismailla ja eloperäisillä mailla. (Turakainen 2010c, 23)

Kaliumpitoisuutta maassa voidaan parantaa biotiitilla, jonka sisältönä on 5 prosenttia hidasliukoista kaliumia. Sjt tutkimuksissa on havaittu, että varsinkin karkeilla kivennäismailla bioteetin lisäys juurikasmaille lisäsi juurikkaan satoa ja myös sokeripitoisuutta levityksestä kolmen vuoden jälkeen. Kaliumlannoituksen liian suuri määrä voi alentaa kasvin magnesiumin saantia, koska kasvi ottaa tehokkaammin

kaliumia ja magnesiumia kulkeutuu kasviin vähemmän. Runsas kaliumlannoitus saattaa magnesiumin lisäksi heikentää myös kasvin kalsiumin saantia. (Turakainen 2010c, 23).

Kemialliselta koostumukseltaan kalium ja natrium muistuttavat toisiaan ja tästä johtuen ne voivat osittain korvata toisiaan. Taloudellisesti paras tulos kuitenkin saavutetaan kun näitä käytetään yhdessä. Yhdellä natrium kilolla pystyy korvaamaan 1,7 kg kaliumia ja yhdellä kalium kilolla pystyy korvaamaan 0,6 kg natriumia. Osittaisen korvaavuuden vuoksi juurikkaalla paras vaihtoehto olisikin kalium- ja natriumlannoituksen tasapainoisuus. Kevyillä mailla kokonaistarjonnasta tulisi 75 % tulla kaliumista ja 25 % natriumista ja savimailla luvut olisivat 80 % kaliumista ja 20 % natriumista.

3.1.4 Kalsium

Kalsium liikkuu kasvissa huonosti. Kalsium sitoutuu kasvissa sinne minne se on kasvinesteen mukana kulkeutunut ja tämän seurauksena juurikkaan on saatava kalsiumia jatkuvasti. Osa juurikkaan kalsiumin puutosoireista johtuukin vesitalouden häiriöistä, kun haihtumisvirtaus juurikkaassa on vähäistä. (Farmit [viitattu 1.12.2009]).

Ensisijaisesti kalsium on soluseinien rakennusaine. Kalsiumia tarvitaan erityisesti kasvu- eli meristeemisolukoissa, kuten esimerkiksi kärkikasvupisteessä. Sen vuoksi alkava kalsiumin puute ilmenee aluksi herkästi esimerkiksi kasvupisteiden ja juurten kärkien kuolemisella. (Farmit [viitattu 1.12.2009]). Lehtien kärjet koukistuvat taaksepäin ja reunat kiertyvät. Lehdissä voi ilmetä kloroottisia laikkuja ja ne ovat epämuotoisia. Myös juuristo kehittyy heikosti. (Yara tuoteopas 2009–2010, 36).

Kasvit käyttävät kalsiumia, joka on peltomaan valtakationi veteen liunneena kahdenarvoisena Ca^{2+} - ionina. Maasta kalsiumia siirtyy kasviin passiivisesti haihtumisvirtauksen mukana. Kasvissa kalsiumilla on useita tehtäviä ja osassa muut kationit voivat korvata sitä. (Farmit [viitattu 1.12.2009]).

3.1.5 Magnesium

Maasta kasvi ottaa magnesiumia kahdenarvoisina kationina (Mg^{2+}). Kasvissa magnesium liikkuu helposti kasviosasta toiseen ja samalla se toimii kasvissa hyvin monipuolisissa tehtävissä. Lehtivihreän rakennusosana magnesiumilla on tärkeä merkitys kasvin yhteyttämisessä. Magnesium aktivoi yhteyttämiselle tärkeitä entsyymejä ja vaikuttaa yhteyttämistuotteiden siirtymiseen lehdistä juuriin. (Leipä leveämmäksi 3/2009,33). Magnesiumin puutos vaikuttaakin juurikkaaseen heikentämällä sen alkukasvua ja yhteyttämistä. Sen vuoksi juurikkaan sokeripitoisuus ja sadonmäärä alenevat, jos kasvi saa magnesiumia liian vähän. (Kasvuopas 2007, 151 [Viitattu 1.12.2009])

Magnesiumin puutosta voi juurikkaalla esiintyä syyskesällä erityisesti keskikäisissä lehdissä. Lehtisuonten väliset alueet muuttavat väriään paikka paikoin kalpean keltaisiksi. Lehtisuonien välissä voi myös usein olla kloroottisuutta. Kloorootiset alueet lehden reunoilla muuttavat muutaman viikon sisällä väriään ruskeiksi ja hauraiksi. (Erjala 1999,17).

Yleisimmin magnesiumin puutetta ilmenee hiekka-, hieta-, multa-, turve-, ja joskus saviliejumilla. (Erjala 1999,17). Tämä johtuu siitä, että kyseisten maalajien magnesiumvarat ovat luontaisesti huomattavasti niukemmat kuin savimaiden ja magnesium myös huuhtoutuu niistä helpommin. (Turakainen 2010f,12).

3.1.6 Rikki

Rikkiä sokerijuurikas tarvitsee aminohappojen ja niistä muodostuvien valkuaisaineiden rakentamiseen. (Yara tuoteopas 2009–2010, 31). Rikin puutosoireet näkyvät ensimmäisenä nuorimmissa lehdissä. Lehdet ovat normaalia vaaleampia lehtivihreän muodostumisen takia. Rikin puutos oireet ovat samantapaisia kuin typen puutosoireet. Erotuksena typen puutteeseen rikin puutos oireet näkyvät ensiksi nuorissa kasvinosissa. (Leipä leveämmäksi 3/2009). Juurikas saa tarvitsemansa rikin yleensä kylvön aikaan suoritettussa lannoituksessa. Varsinaisesti sokeripitoisuuden rikki ei vaikuta.

3.2 Hivenravinteet

3.2.1 Mangaani

Mangaanin sokerijuurikas ottaa kahdenarvoisena kationina, Mn_2^+ -muodossa. Koska mangaani liikkuu maassa huonosti, on juurten kasvettava sen luokse. Mangaania tarvitaan ribosomeissa rakennusaineena, ribosomit toimivat valkuaisaineiden muodostumisen keskuksina ja ovat sitä kautta välttämättömiä kaikille kasvin soluille. Mangaani parantaa typen hyväksikäyttöä juurikkaassa osallistumalla valkuaisaineiden muodostamiseen. (Farmit [viitattu 1.12.2009]).

Mangaanin puutosoireet näkyvät selvimmin juurikaskasvustossa kesä-heinäkuun vaihteen tienoilla. Puutosoireet näkyvät nuorien lehtien vaalentumisella mosaiikkimaisesti ja lisäksi puutosoireiden seurauksena lehtivihreän muodostuminen häiriintyy. (Erjala, juurikassarka 2/1999, 33). Puutoksen ollessa lievä kasvusto näyttää normaalia vaaleammalta. Mangaanin käyttökelpoisuus kasveille riippuu ratkaisevasti maan pH:sta. Puutosoireet ovat yleisiä etenkin, jos käytetään lannoitteiden hajalevitystä, koska mangaanilla on taipumus sitoutua maahan, kun pH on korkea (yli 6,5). Poutakesinä mangaanin puutosta ilmenee voimakkaasti kalkituilla mailla. Mangaanireservit ovat kevyillä mailla pienemmät kuin savimailla. Mangaanin puutos on sen vuoksi enemmän kevyiden maiden ongelma. (Erjala 1999, 23).

Mangaanin puutoksen seurauksena juurikkaan sato ja sokeripitoisuus alenevat, koska lehtien yhteyttämispinta-ala ja lehtivihreän määrä pienenevät

3.2.2 Boori

Sokerijuurikas on boorinsuosijakasvi.(Erjala 1999, 18). Boorin keskeinen tehtävä sokerijuurikkaan ravinteena on sokerin kuljetuksessa ja varastoinnissa. Lisäksi boori stimuloi soluseinien muodostumista ja se vaikuttaa fosforin ottoon. Boorin liikkuvuus juurikkaassa alaspäin on heikkoa, koska se liikkuu pääasiassa haihdutusvirtausten mukana. Boori ei myöskään pysty liikkumaan vanhoista kasvin osista nuoriin ja siksi on juurikkaan saatava booria koko kasvukauden ajan. (Sokerijuurikkaan lannoitus,[viitattu 8.3.2010]).

Boorin puutos näkyy juurikkaalla ensiksi uusimmissa lehdissä sekä lehtien reunoilla, sillä boori ei yleensä liiku kasvin sisällä vanhoista lehdistä uusiin. Muita puutosoireita ovat kasvupisteiden epänormaali kasvu sekä juurten heikko kehitys. (Leipä leveämmäksi 3/2009, 33). Puute boorista aiheuttaa sokerijuurikkaassa ns. sydänmätää. Pahimmillaan se voi aiheuttaa huomattaviakin tappioita sekä sadon määrässä että laadussa. (Erjala 1999, 18). Lisäksi sokeripitoisuus alenee. Maan pH:n ollessa korkea boorin käyttökelpoisuus kasveille huononee. (Kasvuopas 2007, 151 [Viitattu 1.12.2009])

3.2.3 Rauta

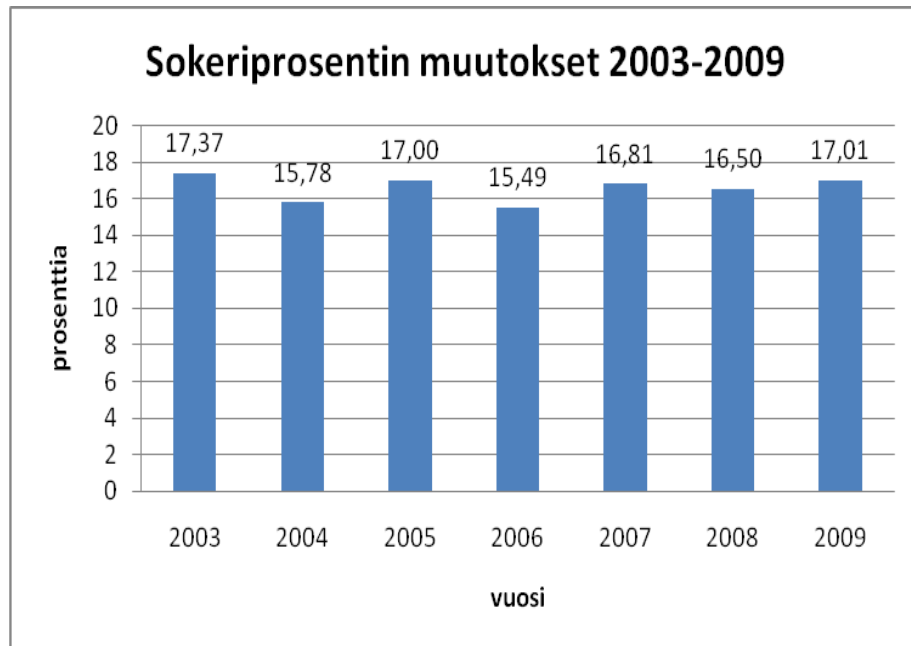
Monissa biokemiallisissa ja fysiologisissa tapahtumissa on rauta juurikkaalle välttämätön. Suurin osa raudasta sijaitsee lehtien viherhiukkasissa, joissa yhteyttäminen tapahtuu. Lehtivihreän muodostumisen ja toiminnan kannalta on rauta tärkeä ravinne. Maan ollessa hapanta sitoutuu fosfori maassa olevaan rautaan erittäin tiukasti, rauta siis estää fosforin imeytymistä juurikkaaseen jos maan pH on liian korkea. (Leipä leveämmäksi 3/2009, 34). Herkimmin oireet tulevat esiin runsaasti kalkituissa maissa. (Yara tuoteopas 2009–2010, 32). Rauta ei varsinaisesti vaikuta sokerijuurikkaan sokeripitoisuuteen.

4 SOKERIJUURIKKAAN SOKERIPITOISUUS

4.1 Juurikkaan sokeripitoisuuden kehitys Suomessa

Sokeripitoisuuden kehitykseen ovat vaikuttaneet sekä viljelijöiden kasvanut ammattitaito, parantunut viljelytekniikka ja uusien lajikkeiden jalostus. Vuosien mitaan sokeripitoisuus on Suomessa vaihdellut todella hyvästä huonoon (Taulukko 6). Alhaisimmillaan sokeripitoisuus on ollut vuonna 1980, jolloin se oli alle 15,5 %. Viime vuosina kuitenkin sokeripitoisuus on melkein joka vuosi ylittänyt 16 %. Paras sokeripitoisuus on saavutettu vuonna 2002, jolloin se oli yli 17,5 %.

Sokeripitoisuuden vaihteluihin vaikuttavat eniten kasvukauden. Esimerkiksi vuonna 2006 sokeripitoisuus oli 15,49 ja sääolot olivat vaihtelevat. 2006 juurikaspellot kärsivät loppukasvukaudesta kuivuudesta, mutta saivat kuitenkin vettä ennen korjuuta. Tämä on kuitenkin saattanut olla ainakin yhtenä syynä alhaiseen sokeripitoisuuteen. Vuonna 2003 sokeripitoisuus oli 17,37. Sääolot kasvukaudella olivat hyvät eli kasvukaudella oli riittävästi lämpimiä päiviä sekä sadetta ja osittain tämä vaikutti lopulliseen sokeripitoisuuteen suotuisesti. Vuoden 2008 kasvukausi oli normaali ja lopputuloksena oli 16,50 sokeripitoisuus. Viimevuoden eli vuoden 2009 kasvukausi oli keskimääräinen, vaikka sokeripitoisuus nousikin yli keskiarvon. (Turakainen 2010a, 4).



Kuvio 4. Sokeriprosentin muutokset 2003–2009

4.2 Sokerijuurikkaan laadun mittaaminen

Jokaisesta viljelijän tehtaalle toimittamasta kuormasta otetaan 25–30 kg suuruinen näyte, josta määritetään näytepesussa juurikkaiden puhtaus. Näistä juurikkaista sahataan n. 1 kg kokoinen näyte, joka sekoitetaan koneellisesti. Lisäksi näytteestä pakastetaan vähintään 110 g suuruinen osa ja tämä lähetetään analysoitavaksi laboratorioon. Tästä määrästä laboratorioanalyysiin tarvitaan kuitenkin vain n. 25 g pakastettua näytettä. Näytepesulan ja juurikaslaboratorion tulokset ilmoitetaan seuraavanlaisissa yksiköissä, jotka on esitelty asetelmassa.

Laatutekijä	Yksikkö
Puhtaus	% multaisista juurikkaista
Sokeripitoisuus	% juurikkaista
Aminotyyppipitoisuus (siniluku)	mg/100 g juurikasta
Kaliumpitoisuus	me/100 g juurikasta *
Natriumpitoisuus	me/100 g juurikasta *

* me = milliekvivalentti (=23 mg Na tai 39 mg K)

Näistä analyysituloksista juurikaslaboratorion tietokoneen avulla lasketaan saantoprosentti käyttäen seuraavanlaista kaavaa:

$$\text{Saantoprosentti} = 100 \cdot \frac{(\text{sokeriprosentti} - 0,343 \cdot (\text{K} + \text{Na}) - 0,00671 \cdot \text{AminoN} - 0,69)}{\text{sokeripitoisuus}}$$

Kyseinen kaava osoittaa, että mitä suurempi on juurikkaan sokeripitoisuus ja mitä pienempi on juurikkaan kalium, natrium ja aminotyypin pitoisuus sitä suurempi on saantoprosentti. Kaavassa oleva 0,69 kertoo tehdashävikin osuuden. (Raininko 1999, 28)

Kaavassa oleva osoittaja kertoo juurikkaassa olevan kiteyttämiskelpoisen sokerin pitoisuuden ja nimittäjä taas kertoo kokonaissokeripitoisuuden, näiden kahden osamäärä kerrottuna sadalla antaa tulokseksi saantoprosentin. (Raininko 1999, 28)

Saannoksi kutsutaan kiteyttämiskelpoisen sokerin pitoisuuden osoittavaa lukua. Kyseinen luku kertoo, montako prosenttia juurikkaan painosta saadaan sokeria tehtaassa talteen. Saantoprosentti ilmoittaa viljelijälle kuinka monta prosenttia juurikkaassa olevasta sokerista voidaan saada talteen (kiteyttää).

Puhuttaessa analyysituloksista lasketusta arvosta, on silloin kyse laskennallisesta saannosta ja saantoprosentista ja, jos puhutaan tehtaan valmistamasta sokerimäärästä, on kyse toteutuneesta saannosta ja saantoprosentista. Seuraavanlaisella kaavalla saadaan selville kiteyttämiskelpoisen sokerin määrä: (Juurikkaita kg * Sokeri - % * Saanto - %)/10000 = kiteytyvää sokeria kg (Raininko 1999, 28–29).

4.3 Sokeripitoisuuden merkitys juurikkaan laatuun ja sen yhteys juurikkaan muihin laatutekijöihin

Sokerijuurikkaan laatua määritetään sokeripitoisuuden, aminotyyppipitoisuuden, kaliumin ja natriumin sekä saantoprosentin kautta. Viljelijä saa sitä paremman korvauksen mitä korkeampi sokeripitoisuus on. Mikäli sokeripitoisuus on 16–16,5 % maksetaan viljelijälle normaalihinta ja tämän ylittyessä lisähintaa. Juurikkaalla aminotyypin määrä kuvastaa kasvukaudenaikaisen tyypin määrää. Vertaamalla sadon aminotyyppitasoa käyttämäänsä lannoitustypen määrään viljelijä voi arvioida onko käytetty typpimäärä ollut oikea. Mikäli aminotyyppipitoisuus on juurikkaalla 17,9 mg/100 mg tai sen alle, sitä voidaan pitää juurikkaan kannalta erinomaisena pitoisuutena. Natrium ja kaliumpitoisuus määritetään, koska sekä kalium että natrium sitovat itseensä sokeria, joka joutuu melassiin ja sitä kautta aiheuttaa sokerihävikkiä sokerinvalmistuksessa. (Turakainen 2010d,27)

Tasapainoinen lannoitus on yksi merkittävimmistä viljelytoimenpiteistä. Virheellinen määrä eri ravinteita laskee sokeripitoisuutta ja sitä kautta juurikkaan laatua. On siis tärkeää että kaikkia tarvittavia ravinteita on oikeassa suhteessa. Esimerkiksi liian runsas typpilannoitus alentaa sokeripitoisuutta. Toisaalta taas puutos kaliumista aiheuttaa sokeripitoisuuden alenemista

Myös lajikkeen valinnalla pystytään vaikuttamaan juurikkaan laatuun. Sellaisille lohkoille, joilla juurikkaan laatu saattaa jäädä keskitasoa heikommaksi, pitäisi valita sokeripitoisuudeltaan ja muilta laatuominaisuuksiltaan hyvät lajikkeet. (Raininko 1999, 30). Hyvä esimerkki tällaista lajikkeesta on Theresa.

Juurikkaalla on kasvitauteja, jotka voivat heikentää juurikkaan kasvua ja pahimmassa tapauksessa keskeyttävät sen kokonaan. Kasvitaudit siis heikentävät juurikkaan laatua. Esimerkiksi *Ramularia* -lehtilaikkua voi esiintyä niin voimakkaana, että sokeripitoisuus alenee selvästi. Kyseistä tautia voidaan torjua ruiskuttamalla sekä valitsemalla lajike joka mahdollisimman taudinkestävä. (Raininko 1999, 30).

Yksi tärkeimmistä sokerijuurikkaan laatuun ja samalla sokeripitoisuuteen vaikuttava tekijä on kylvöajankohta. Yhden viikon vaikutus sokerijuurikkaan sokeripitoisuuteen on 0,20 % - yks. /viikko. Myöhäisen korjuuajankohdan vaikutus sokeripitoisuuteen on 0,30 % - yks. /viikko. (Raininko 1999, 30).

Eräs laatuun vaikuttava tekijä on sokerijuurikkaan huolellinen korjuu. Sillä huolellisen listinnän seurauksena saadaan kyseessä oleviin olosuhteisiin nähden mahdollisimman korkea sokeripitoisuus ja mahdollisimman vähän epäpuhtauksia. Mikäli sadossa on mukana naatti tai sokerijuurikkaan vihreä kantaosa alentaa se sokeripitoisuutta. (Raininko 1999, 31)

Toimiva salaojaverkosto mahdollistaa sokerijuurikkaalla aikaisen kylvön ja myöhäisen korjuun, tämä edesauttaa runsaasti sokeria ja vähän epäpuhtauksia sisältävien juurikkaiden tuottamisen. Hyvärakenteisessa ja ojitukseltaan kunnossa olevassa maassa sokerijuurikas kasvaa täysipainoisesti koko kasvukauden ajan, jolloin lopputulokseksi saadaan runsas ja hyvälaatuinen sato. (Raininko 1999, 31).

5 LANNOITUSMENETELMIEN VAIKUTUS SOKERIJUURIKKAAN SOKERIPROSENTTIIN

5.1 Sokerijuurikkaan lannoitusmenetelmät

Sijoituslannoitus kylvön yhteydessä on paras menetelmä sokerijuurikkaan lannoituksessa. Tällöin ravinteet saadaan kasviin nähden optimaaliselle etäisyydelle ja näin ollen lannoitteen hyötysuhde on paras mahdollinen. Happamat lannoiteraidat

parantavat erityisesti mangaanin käyttökelpoisuutta juurikkaalle. (Sokerijuurikkaan lannoitus [viitattu 8.3.2010]). Lannoitteiden sijoittaminen riviin lähelle siementä, maaveden ravinnepitoisuudet nousevat lannoiterivin lähellä suuriksi ja korkeina myös pysyvät pidempään kuin levitettäessä lannoitteet hajalleen (Peltonen, Harminen, 2009, 71).

5.2 Sokerijuurikkaalle sopivat lannoitteet ja lannoitus

Voimakkaimmin sokeria alkaa kertyä juureen vasta, kun juurikas saa ympäröivästä luonnostan merkin, että kasvukausi on kääntymässä loppupuolelle. Juurikkaan kypsyminenprosessi lähtee yleensä liikkeelle vasta elo-syyskuun vaihteessa ja jatkuu aina kasvukauden loppuun asti. Selvimmät merkit juurikkaalle kasvukauden päätymisestä ovat: lämpötilan lasku sekä ravinteiden, erityisesti typen saannin loppuminen. Molemmat tekijät pystyvät laukaisemaan kypsyminenprosessin, mutta tehokkainta on niiden yhteisvaikutus. (Raininko 1999, 29).

Tästä johtuen typpilannoituksessa pitäisikin pyrkiä siihen, että kasvukauden alkupuolella maassa on runsaasti juurikkaalle käyttökelpoista typpeä, mutta elokuun lopulla enää vähän, koska silloin alkaa sokerin varastoiminen juureen. Juuren painon lisääntyminen ei kuitenkaan pysähdy, sillä naattiin varastoituneet ravinteet käytetään juuren kasvuun. Tästä on seurauksena naatin värin vaaleneminen korjuukauden alussa ja samalla se on ulkoinen merkki sokerijuurikkaan korkeasta laadusta, jos naatti kuitenkin vielä korjuuvaiheessa tummanvihreä jäävät sokeripitoisuus ja saantoprosentti todennäköisesti alhaisiksi. (Raininko 1999, 29).

Ravinne	Juuri kg/ha	Naatti kg/ha	Yhteensä
Typpi	65	130	195
Kalium	70	189	250
Fosfori	12	16	28
Kalsium	22	41	63
Magnesium	10	16	26
Natrium	8	52	60
Rikki	8	22	30
Kloori	11.25	7.75	19.0
Rauta	1.13	0.78	1.91
Boori	0.175	0.16	0.335
Mangaani	0.330	0.190	0.520
Kupari	0.013	0.031	0.044
Sinkki	0.113	0.077	0.190
Molybdeeni	0.054	0.026	0.080

Taulukko 3. Sokerijuurikkaan sadon mukana vuosittain poistuvat ravinnemäärät. (Kasvinsuojeluseura [viitattu 1.12.2010]).

Typhen tarve juurikkaalla on Suomen kasvuoloissa n. 160 kg/ha. Ympäristötukiehdotusten mukaiset sokerijuurikkaan typhen käyttömäärät ovat savi- ja hiesumailla sekä karkeilla kivennäismailla 140 kg/ha/vuosi ja eloperäisillä mailla 120 kg/ha/vuosi. (Turakainen 2009a,9). Esikasvin vaikutusta sokerijuurikkaan typpilannoitukseen pystytään arvioimaan seuraavan taulukon mukaan:

Naatti kynnetty	- 40kg N/ha
Naatti korjattu	0
Viljat, oljet kynnetty	+10 kg N/ha
Viljat oljet korjattu	0
Nurmi, ei apilaa	- 10 kg N/ha
Apilapitoinen nurmi	- 20 kg N/ha
Viherlannoitus, nurmi	-10 kg N/ha
Peruna	0

(Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Maan multavuuden mukaan sokerijuurikkaan typhen tarvetta tarkennetaan seuraavalla tavalla: erittäin runsasmultaisilla mailla -30 kg/ha, runsasmultaisilla -15 kg/ha ja multavalla - 7,5 kg/ha. Eloperäisillä mailla typhen määrä voidaan alentaa -60 kg/ha. Lisäksi typpilannoitukseen voi tehdä vielä tarkennusta satotason maan yleis-

sen kunnon perusteella. Kuitenkin jos satotaso on selvästi alle 38 tn/ha, typpi lannoitusta tule pienentää ja satotason ollessa lähempänä 45 tn/ha ja lohkon pH riittävän korkea (pH 7), voidaan typpilannoitukseen harkita 5-10 % vähennystä. (Turakainen 2009a, 9).

Edellä mainitut asiat huomioon ottaen kaksi esimerkkiä typpilannoituksen laskemisesta Sokerijuurikkaalle. Alimmaisilta riveiltä nähdään juurikkaan laskennallinen typentarve ja ympäristötuen sallima enimmäistyppi määrä. Mikäli laskennallinen lannoitustarve ylittää ympäristötuen salliman määrän, tulisi noudattaa ympäristötuen ilmoittamaa määrää. Muissa tapauksissa voidaan käyttää laskennallisen typpi määrää. Myös edellisen kasvukauden, syksyn ja talven sääoloilla on oma vaikutuksensa juurikkaan typen saantiin. Kasville käyttökelpoisen typen reserviä maassa heikentää runsaat sateet, pitkät kuivat jaksot kasvukaudella jättävät kuitenkin typpeä ylimäärin maaperään. (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Esimerkki 1: Typpitarpeen laskeminen, kun esikasvina ollut vilja

Lohkon viljavuustiedot:

- runsasmultainen (rm)
- maalaji HtS
- pH 6.8
- esikasvina vilja, oljet kynnetty maahan
- tilan keskimääräinen satotaso 38 tn/ha

kg typpeä/ha	
Kasvin lähtötarve	160
Maan omat typpivarat (multavuus rm)	-15
Esikasvista (viljan olki)	+10
Karjalannasta	0
Lannoitustarve	155
Maan kasvukuntokorjaus	0
Lopullinen lannoitustarve	155
Ympäristötuen sallima enimmäismäärä	140

(Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Esimerkki 2 Typpitarpeen laskeminen, esikasvina sokerijuurikas

Lohkon viljavuustiedot:

- multava (m)
- maalaji HtS
- pH 7,1
- esikasvi juurikas, naatit kynnetty maahan
- tilan keskimääräinen satotaso 45 tn/ha

kg typpeä/ha	
Kasvin lähtötarve	160
Maan omat typpivarat (multavuus m)	-7,5
Esikasvista	- 40
Karjalannasta	0
Lannoitustarve	112,5
Maan kasvukuntokorjaus (-10 %)	-11
Lopullinen lannoitustarve	101,5
Ympäristötuen sallima enimmäismäärä	140

(Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Väkilannoitteesta fosfori lasketaan tuoteselosteen mukaan. Käytettäessä karjalanta fosfori on laskettava lannoitusmääriin lanta-analyysitulosten tai taulukkoarvojen perusteella. Laskettaessa karjalannan kokonaisfosforista otetaan huomioon 85 %:a. Käytettäessä orgaanista eloperäistä lannoitetta ja lannoitevalmisteita otetaan huomioon vesiliukoinen fosfori kokonaan. Mikäli lohkon ainoana lannoitteena käytetään karjalantaa, voidaan poiketa fosforin peruslannoituksesta. Tässä tapauksessa on sallittua käyttää fosforia 15 kg/ha kaikissa viljavuusluokissa, paitsi arveluttavan korkeissa. (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Suunniteltaessa sokerijuurikkaan lannoitusta otetaan huomioon kasvin lähtötarve, maan ravinnereservit, esikasvi, karjalannan määrä, maan kasvukunnosta johtuva korjaus sekä ympäristötuen ehdot ravinteen käyttömääristä. Fosforin lähtötarve sokerijuurikkaalla Suomen kasvuoloissa on 180 kg/ha/vuosi. Kasvukauden aikana maasta sokerijuurikkaan käyttöön vapautuvan fosforin määrä voidaan laskea seuraavanlaisella kaavalla: $208 - 2500 / (P \text{ mg/l} + 12)$. Seuraavassa esimerkissä 1 maan fosforipitoisuus on 20 mg/l maata, jolloin sijoittamalla kaavaan kyseessä oleva arvo maasta vapautuvan fosforin määräksi saadaan 129 kg/ha. Esimerkissä 2 vastaavasti 35 mg/l, maasta vapautuvan fosforin määräksi saadaan 154 kg/ha. Laskettaessa fosforilannoitusta huomioon otetaan myös esikasvin vaikutus fosforilannoitustarpeeseen. (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Esikasvin vaikutus sokerijuurikkaan fosforilannoitustarpeeseen (kg/ha)

Naatit kynnetty	-10
Naatit korjattu	0
Vilja, oljet kynnetty	- 3
Vilja, oljet korjattu	0
Nurmi, ei apilaa	0
Apilapitoinen nurmi	0
Viherlannoitus, nurmi	0
Peruna	- 10
Öljykasvit	- 3

(Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Tarkennusta fosforilannoitukseen voi tehdä vielä satotason ja maan yleisen kasvukunnon perusteella. Satotason ollessa selvästi alle 38 tn/ha ei fosforilannoitusta tulisi pienentää, jos satotaso on lähempänä 45 tn/ha ja lohkon pH riittävän korkea (pH 7) voidaan fosforilannoitukseen harkita 5-10 % vähennystä. Kalkitus edistää fosforin saatavuutta ja hyväksikäyttöä, sillä pH:n noustessa fosforin sitoutuminen rauta- ja alumiiniyhdisteisiin heikkenee ja sen vuoksi juurikasmaiden kalkituksesta kannattaa huolehtia. Niillä lohkoilla, joilla fosforia on niukasti, ei fosforilannoituksesta kannata tinkiä, koska maan fosforivarat eivät aina riitä takaamaan tasaista ja nopeaa alkukasvua. Sokerijuurikkaan saama riittävä fosforilannoitus nopeuttaa optimilehtipinta-alan kehittymistä ja sitä kautta yhteyttämistehokkuus lisääntyy ja

se tuottaa runsaasti sokereita. Fosforilannoituksen pienentämisellä on vaikutusta myös kasvuston typenottoon, sitä heikentämällä. Fosforilannoitus kannattakin pitää viljavuusanalyysin osoittamalla tasolla ja levittää fosforia ympäristötukiehtojen sallima enimmäismäärä. (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Edellä mainitut asiat huomioon ottaen kaksi esimerkkiä fosforilannoituksen laske-
misesta juurikkaalle. Alimmilta riveiltä nähdään juurikkaan laskennallinen fosforin
tarve sekä ympäristötuen ehdoissa sallittu fosforin enimmäismäärä. Mikäli laske-
nallinen lannoitustarve ylittää ympäristötuen salliman käyttömäärän, tulee noudat-
taa ympäristötuen ehtojen mukaista fosforimäärää. Lohkoilla voi lisäksi soveltaa
fosforitasausta. (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Esimerkki 1

Lohkon viljavuustiedot:

- runsasmultainen
- maalaji hietasavi (HtS)
- pH 7.0
- fosfori 20 mg/l
- kalium 250 mg/l
- natrium 70 mg/l
- esikasvi vilja, oljet kynnetty maahan

kg fosfori/ha	
Kasvin lähtötarve	160
Maasta vapautuva	-130
Esikasvista	-3
Karjalannasta	0
Lannoitustarve	47
Maan kasvukuntokorjaus (-10 %)	-5
Lopullinen lannoitustarve	42
Ympäristötukiehtojen sallima käyttömäärä	26

(Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).

Esimerkki 2 sokerijuurikkaan fosforilannoitustarpeen laskeminen, kun esikasvina on ollut juurikas

Lohkon viljavuustiedot







- multava (m)
- maalaji hiuesavi (HeS)
- pH 6,5
- fosfori 35 mg/l
- kalium 250 mg/l
- natrium 70 mg/l
- esikasvi juurikas, naatit kylvetty maahan







kg/fosfori/ha	
Kasvin lähtötarve	180
Maasta vapautuva	- 154
Esikasvista	- 10
Karjalannasta	0
Lannoitustarve	16
Maan kasvukuntokorjaus (-10 %)	-2
Lopullinen lannoitustarve	14
Ympäristötukiehtojen sallima enimmäiskäyttömäärä	14

(Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2010]).







Sokerijuurikkaan lannoitusmäärät (kg/ha/v):


Typpi (N)			
Levitys aika	Savi- ja hiesumaat	Karkeat kiv. maat	Eloperäiset maat
Kevätlevitys	140	140	120







Fosfori (P)					
Viljavuusluokka					
					
63	63	60	43	26	14

Kalium (K)						
	Viljavuusluokka					
						
Sokerijuurikas, karkeat kiv. maat ja eloperäiset maat						
- naatit kynnetty peltoon	220	135	60			
- naatit korjattu	380	295	220	145	60	5
Sokerijuurikas, savimaat						
- naatit kynnetty peltoon	315	160	40			
- naatit korjattu	445	300	180	85	10	

Natrium (Na)	Natriumluku, mg/l						
	0-10	10-30	30-50	50-70	70-100	100-150	Yli 150
Sokerijuurikas							
Naatit kynnetty, kevyet maat	90	70	45	20			
Naatit kynnetty, savimaat	85	65	40	15			
Naatit korjattu, kalkki maalajit	140	120	85	70	50	15	

Magnesium (Mg)					
Viljavuusluokka					
					
60	50	40	20		

Mangaani (Mn)					
Viljavuusluokka					
					
20	15	10	2-5		

Boori (B)					
Viljavuusluokka					
					
1,5	1-1,2	0,6-0,9	0,4-0,6	0,2	

Kuvio 5. Sokerijuurikkaan lannoitusmäärät kg/ha. Taulukosta 8 näkyy sokerijuurikkaalle annettavat lannoitusmäärät eri viljavuusluokissa. (Sokerijuurikkaan lannoitus, [viitattu 8.3.2010]).

5.3 Karjalannan käyttö juurikkaan lannoituksessa

Karjanlantaa voidaan käyttää juurikkaan lannoitukseen. Kuitenkin käytettäessä karjanlantaa on syytä muistaa, että levitysajankohdalla ja -tavalla on merkitystä etenkin lannan sisältämän typen lannoitusvaikutukseen. Lannan levitys keväällä ennen kylvöä antaa parhaan mahdollisen lannoitusvaikutuksen edellyttäen, että lanta mullataan välittömästi levityksen jälkeen. (Raininko 1999, 11). Ravinnepitoisuus karjanlannassa vaihtelee paljon. Kotieläintenruokinnan voimaperäisyys, kivi- ja metallien käyttö sekä ravinnehäviöt lannan varastoinnin aikana vaikuttavat ravinnepitoisuuteen. Viljelijä saa tarkan kuvan lannan ravinnepitoisuudesta lähettämällä näytteen lannasta viljapalveluun, jossa tehdään lantanäytteestä ravinnepitoisuusanalyysi. (Hyytiäinen, Hiltunen, 1992, 97)

Juurikasmaille lannanlevitys on ongelmallista erityisesti aikaisen kylvön ja myöhäisen sadonkorjuun takia. Tietyillä Lounais-Suomen alueilla saattaa lannanlevitysalasta olla jopa pulaa. Syykslevityksen haittapuolina on maan mahdollisen tiivistymisen lisäksi ravinteiden huuhtoutuminen ennen kasvukauden alkua sekä typen lannoitusvaikutuksen häviäminen talven aikana. Lannan hyödyntämisen lisäämisellä voidaan vähentää väkilannoitteiden käyttöä ja alentaa lannoituskustannuksia väkilannoitteiden osalta. (Turakainen 2009c, 21).

Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskuksella oli kasvukaudella 2009 tutkittavana sian lietelannan levitys sokerijuurikkaalle kasvukauden aikana. Kyseisessä tutkimuksessa juurikkaan sokeripitoisuus oli käytettäessä väkilannoitteita 16,3 % ja käytettäessä sianlietelantaa ja väkilannoitetta 16,7 %. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että lietelannalla lannoittamisella päästään samoihin ja miksei toisinaan jopa parempaan lopputulokseen. Kustannusten alentamiseksi osa väkilannoitteista voidaan korvata lietelantaa käyttämällä.

5.4 Viherlannoitus sokerijuurikkaan lannoituksessa

Viherlannoitus ei ole kovinkaan yleistä sokerijuurikkaan viljelyssä, mutta aihetta on kuitenkin tutkittu Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen toimesta. Näiden kokeiden perusteella voidaan todeta, että viherlannoitus tehostaa juurikkaan kasvua. Parannaessa maan typpitaloutta viherlannoituksella saadaan juurikkaalla aikaiseksi merkittävä sadonlisäys. Koska juurikas on pitkän kasvukauden kasvi ja ottaa ravinteita pitkään syksyyn, pystyy se hyödyntämään hyvin viherlannoituksen kautta vapautuvan typen. (Turakainen 2010b, 7)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA ANALYSOINTIA

Viljelijä pystyy vaikuttamaan sokerijuurikkaan sokeripitoisuuteen viljelytoimenpiteillään. Sokerijuurikkaan viljelyyn maalajeista parhaiten sopivat hietamaat - ja liejusavet. Kun maan rakenne on kunnossa, myös multa- ja hiekkamaat. (Hyytiäinen, Hedman-Partanen, Hiltunen, 1992, 165). Tuotettaessa sokerijuurikasta on pellon vesitalouden oltava kunnossa, joka varmistetaan toimivalla salaojituksella. Tällöin päästään kylvöille ajoissa keväällä ja myös korjuu onnistuu syksyllä paremmin. Sokerijuurikkaan taimien alkukehitystä nopeuttaa puolestaan maan riittävän korkea pH ja kasvin tasapainoinen lannoitus. Nopea kasvuston ja yhteyttävän lehdistialan kehittyminen ovat edellytyksenä tehokkaalle auringon säteilyenergiaa hyväksikäytölle. (Seppänen, 2008, 131).

Vaikka sokerijuurikkaan typpi- ja fosforilannoitus ei oleellisesti poikkea viljan lannoituksesta, kuluttaa sokerijuurikas kaliumia ja magnesiumia viljoja enemmän, juurikas hyötyy myös natriumlannoituksesta. Joko kalkituksen tai erillisenä lannoitteena magnesiumia annetaan useamman vuoden tarpeiksi. Hivenravinteita juurikasmaissa on kuitenkin yleensä riittävästi. Boori- ja mangaanilannoitus voi kuitenkin joskus olla perusteltua. (Hyytiäinen, Hedman-Partanen, Hiltunen, 1999, 166)

Aloittaessani päättötyön tekemistä tavoitteenani oli lisätä tietämystäni sokerijuurikkaasta. Työni edetessä olen huomannut, että sokerijuurikas on viljelykasvina vaativa niin lannoituksen kuin maan kunnonkin suhteen ja on näin ollen ammattitaitoisen viljelijän kasvi. Ei siis ole ihme, että juurikasta ja sen viljelytekniikkaa tutkitaan vuosittain hyvin paljon. Lisäksi siitä pyritään jalostamaan satoisampia ja laatuominaisuuksiltaan parempia lajikkeita.

Vaikka sokerijuurikkaan viljelijöiden määrä on pienentynyt, en silti usko, että sokerijuurikkaan viljely loppuu Suomessa. Juurikkaan viljelyn kannattavuuteen ja samalla viljelyn jatkumiseen on tuonut omat haasteensa mm. EU:n sokerireformi. Monilla tiloilla on sokerijuurikkaan viljelyllä pitkät perinteet. Omalla kotitilallani viljellään juurikasta jo kolmannessa polvessa.

Lähteet:

- Erjala, M. 1999. Lannoitus. Sokerijuurikkaan viljelyopas. Juurikassarka 2/1999. 10 - 25
- Hedman-Partanen, R., Hiltunen, S., Hyytiäinen, T. 1999. Kasvituotanto 2. Kirjayhtymä. 166
- Hivenillä on väliä. Leipä leveämmäksi 3/2009. 30–32
- Ilvonen, H. 2007. Juurikastehtaiden historiaa suomessa. Karhukopio oy.103
- Kasvinviljely. Ei päivitystä.[Verkkosivu]. Farmit. 1.12.2009.
http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/05_lannoitus/0071_merkitys_otto/index.jsp
- Kasvuopas. Ei Päiväystä. [Verkkojulkaisu]. Farmit.
http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/02_kasvuohjelma/175_erikoiskasvit/99_kasvuopas/Kasvuopas_2007_s.124-163.pdf
- Lannoitus. Ei päivitystä. [Verkkojulkaisu]. Yara.
http://www.sucros.fi/upl_material/yara_sokerijuurikas_esite.pdf
- Muurinen, S.2009. Koeruutujen kasvukausi vuonna 2009 ja lajikekuvaukset. Juurikassarka 3.2009. 10
- Peltonen, J., Harmoinen, T. (toim.), Alakukku, L., Jaakkola, A., Kari, M., Kleemola, J., Mäntylähti, V., Partanen, E., Peltonen, J., Puustinen, M., Savela, P., Sipiläinen, T., Tauriainen, S, Yli-Halla, M. 2009. Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan 127. Otavan kirjapaino oy.131
- Raininko, K.1999. Laadun mittaaminen. Juurikassarka 2/1999. 28–31
- Raininko, K.1999. Sokerijuurikkaan kypsyntäprosessi. Juurikassarka 2/1999.29
- Raininko, K. 2003. Miten sokerijuurikkaan viljely alkoi suomessa. Juurikassarka 1/2003.26
- Raininko, K.2002. Sokerijuurikaslaajikkeiden laadun kehitys. Juurikassarka 1/2002. 21
- Rousi, A.1997. Auringonkukasta viiniköynnökseen. WSOY.
- Seppänen, M. (toim.), Mäkelä, P., Yli-Halla, M., Helenius, J., Kallela, M., Stoddard, F., Teeri, T. 2008. Peltokasvien tuotanto. Opetushallitus. Vammalan kirjapaino.

Siemenet ja lajikkeet. Ei päivitystä. [verkkosivu]. Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus. 8.2.2010.
<http://www.sjt.fi/index.php/viljely/lajikevalinta>

Sokeri auringon energiasta elintarvikkeiden valmistusaineeksi. Ei päivitystä.[Verkojulkaisu]. Dansukker. 1.12.2009.
<http://www.dansukker.com/Default.aspx?ID=276>

Sokerijuurikkaan lannoitteet. Juurikassarka 2/2009. 28

Tuoteopas. Yara. Tuoteopas 2009–2010

Tasapainoinen kasvinsuojelu. Ei päivitystä. [Verkkosivu].sokerijuurikkaan tasapainoinen kasvinsuojelu.
<http://www.kasvinsuojeluseura.fi/Tasapainoinen/09Sokerijuurikkaantasapainoinenkasvinsuojelu/tabid/2077/topic/Ravinteet/Default.aspx>

Turakainen, M.2009a. Sokerijuurikkaan ravinteet – typpi. Juurikassarka 2/2009. 8-10

Turakainen, M.2009b. Fosfori kasviravinteena. Juurikassarka 3/2009. 12–13

Turakainen, M. 2009c. Koetuloksia lietelannan levityksestä sokerijuurikkaalle kasvukaudella. Juurikassarka 3/2009. 21

Turakainen, M.2010a. Käyntikausi 2009. Juurikassarka 1/2010.4

Turakainen, M. 2010b. Viherlannoitus tehostaa juurikkaan kasvua. Juurikassarka 1/2010.7

Turakainen, M.2010c. Kalium ja Natrium kasviravinteena. Juurikassarka 1/2010. 22–23

Turakainen, M. 2010d. Laatuanalyysitulosten tulkinta. Juurikassarka 1/2010.27

Turakainen, M.2010e. Yhteyttämisessä syntyy sokeria ja happea. Juurikassarka 2/2010.11

Turakainen, M.2010f. Magnesium kasviravinteena. Juurikassarka 2/2010.12

Viljely. Ei päivitystä [Verkkosivu]. Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus. 8.2.2010. <http://www.sjt.fi/index.php/viljely>