

Heinä- ja valkuaisnurmikiertojen vertailu: ravinnetaseet ja ympäristö- hyödyt

Maarit Moisio

Opinnäytetyö

Maaliskuu 2018

Agrologi (AMK), Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Luonnonvara- ja ympäristöala

Tekijä(t) Moisio, Maarit	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Maaliskuu 2018
	Sivumäärä 61	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Heinä- ja valkuaisnurmikiertojen vertailu – ravinnetaseet ja ympäristöhyödyt		
Tutkinto-ohjelma Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Ulla Heinonen		
Toimeksiantaja(t) TUOVA –hanke, Hanna Kekkonen		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Nurmipalkokasvien viljelyllä on myönteisiä vaikutuksia maaperään. Niiden on todettu lisäävän typen määrää maaperässä. Palkokasvien kanssa symbioosissa elää <i>Rhizobium</i>-bakteereja, joille ominaista on kyky sitoa typpeä ilmakehästä.</p> <p>Väkilannoitteiden valmistaminen kuluttaa merkittävästi fossiilista energiaa, jonka lisäksi lannoitteiden käyttö aiheuttaa kasvihuonekaasuja ja vesistökuormitusta. Lannoitteet ovat kuitenkin olennainen osa kannattavaa nykyistä tehokasta kasvinviljelyä. Palkokasveja viljelemällä väkilannoitteiden käytön vähentäminen olisi mahdollista. Nurmipalkokasvit sisältävät myös heinäkasveja enemmän valkuaista, joten niiden käytöllä voisi olla potentiaalia valkuaisomavaraisuuden nostamisessa Suomessa.</p> <p>Opinnäytetyössä olennaista oli selvittää, millaisia hyötyjä voidaan valkuaisnurmien viljelyllä saavuttaa ympäristönäkökulmasta tarkasteltuna. Lisäksi tavoitteena oli vertailla erilaisten heinä- ja valkuaisnurmikiertojen eroja erityisesti ravinteiden käytön näkökulmasta. Tutkimustyö tehtiin Luonnonvarakeskus Ylistaron peltokokeista saadun aineiston pohjalta. Koosteessa mukana oli Suomessa tunnetuimmat nurmilajit - puna-apila, alsikeapila, sinimailanen, timotei ja nurminata.</p> <p>Tutkimuksen perusteella selvisi, että kaikkien lajien osalta ravinnetaseet olivat negatiivisia eli ravinteita poistui sadon mukana enemmän kuin sitä lannoitteissa annettiin. Puna-apilan osalta fosforin ja typen ravinnetaseet olivat negatiivisimpia. Nurmipalkokasvien viljelyssä on yhä haasteita satoisuuden ja viljelyvarmuuden suhteen, mutta ympäristönäkökulmasta niiden viljelyn lisääminen olisi suositeltavaa.</p>		
Avainsanat Nurmi, valkuainen, ravinnetase, väkilannoitteet		
Muut tiedot		

Author(s) Moisio, Maarit	Type of publication Bachelor's thesis	Date March 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 61	Permission for web publication: X
Title of publication Comparison between crop rotation of grass and legumes – nutrient balance and environmental benefits		
Degree programme Agricultural and Rural Industries		
Supervisor(s) Heinonen, Ulla		
Assigned by TUOVA-project, Hanna Kekkonen		
Description <p>Growing legumes has positive impacts to the soil. There is evidence that the cultivation of legumes increases the amount of nitrogen in the soil. Legumes have a symbiotic relationship with <i>Rhizobium</i>-bacteria, which are able to fix nitrogen from the atmosphere.</p> <p>The manufacturing of fertilizers needs a significant amount of fossil fuels. In addition, the use of fertilizers releases greenhouse gases and load to the water systems. Nevertheless, fertilizers are an essential part of profitable and effective crop farming. Cultivating legumes can decrease the usage of fertilizers. Legumes also contains more protein than grass. So cultivating them could be a potential mean to improve protein self-sufficiency in Finland.</p> <p>The aim in this study was to investigate what kind of environmental benefits can cultivating legumes provide. In addition, another aim was to compare nutrient differences between the crop rotations of grass and protein grass, especially from the viewpoint of nutrient use. This study utilized research data from the experimental fields of the Natural Resources Institute in Ylistaro. The subjects under investigation were the most common species of grass in Finland – red clover, alsike clover, alfalfa, timothy and meadow fescue.</p> <p>According to the study, nutrient balances of all species were negative. It means that the harvested crop contained more nutrients than the given fertilization had contained. The nutrient balance in nitrogen and phosphorous was the most negative when using red clover. Cultivating legumes still faces some challenges with the productivity of crop and crop resistance. Yet, from the environmental perspective, increasing legumes cultivation is recommended.</p>		
Keywords/tags (subjects) Grass, protein, nutrient balance, fertilizers		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Rehussa tarvitaan valkuaista.....	7
2.1	Yleistä valkuaiskasveista ja valkualsruokinnasta	7
2.2	Liiallinen valkuaisen saanti	8
2.3	Valkuaisomavaraisuus	9
3	Nurmien viljely	10
3.1	Nurmikasvit ja niiden viljelytilanne Suomessa	10
3.2	Timotei ja nurminata – Suomen yleisimmät nurmiheinälajit	10
3.3	Nurmipalkokasvit.....	11
3.3.1	Puna-apila	13
3.3.2	Alsikeapila	14
3.3.3	Sinimailanen	14
3.4	Seokset osana monipuolista viljelykiertoa	15
4	Nurmipalkokasvien typensidonta.....	16
5	Ravinteet nurmikiirroissa	17
5.1	Lannoitteiden käytön historiaa Suomessa.....	17
5.2	NPK-ravinteiden merkitys kasvien kehityksessä.....	17
5.2.1	Typpi	18
5.2.2	Fosfori	18
5.2.3	Kalium	19
5.3	Nurmikasvien ravinteiden käyttö nurmikiirroissa	19
6	Ravinnetaseet.....	20
6.1	Ravinnetaseita käytetään apuna lannoituksen suunnittelussa	20
6.2	Ravinnetaseet nurmiviljelmissä.....	21

	2
6.3 Hyötysuhdetarkastelu	23
7 Heinä- ja valkuaisnurmien vaikutuksia ympäristöön	23
7.1 Maatalous vaikuttaa ympäristöön.....	23
7.1.1 Ravinteiden huuhtoutumisen aiheuttaa rehevöitymistä.....	25
7.1.2 Ravinteiden huuhtoutumisen ehkäiseminen	25
7.1.3 Nurmien energiankulutus ja kasvihuonekaasut.....	26
7.2 Muita ympäristövaikutuksia	28
8 TUOVA-hankkeen peltokokeet.....	28
8.1 Lähtötietoja TUOVA-hankkeen peltokokeista	28
8.2 Lannoitus	30
8.3 Kasvukauden aikana tehdyt havainnot ja mittaukset.....	32
8.4 Koeruutujen niitto	34
8.5 Näytteiden käsittely	35
8.6 Koejäsenten sadon ominaisuuksien perusteella tehdyt laskut	37
8.6.1 Laskennan lähtökohdat.....	37
8.6.2 Kuiva-ainesadon laskeminen	37
8.6.3 Ravinnetaseiden ja hyötysuhteiden laskeminen	37
8.6.4 Ravinnetaseiden laskeminen typen suhteen	38
8.6.5 Ravinnetaseiden laskeminen fosforin suhteen.....	39
9 Tulokset.....	40
9.1 Kasvuunlähtö.....	40
9.2 Lajisuhteet	41
9.3 Kuiva-ainesato	43
9.4 Ravinnetaseet.....	44
9.4.1 Typen ravinnetase	44
9.4.2 Fosforin ravinnetase	45

9.5 Hyötysuhteet	46
10 Johtopäätökset	47
11 Pohdinta	49
Lähteet.....	53
Liitteet	60
Liite 1. Peltokokeen kenttäkartta.....	61

Kuviot

Kuvio 1. Typen lannoitusmäärät kasvustotyypeittäin	31
Kuvio 2. Fosforin lannoitusmäärät kasvustotyypeittäin	31
Kuvio 3. Kasvustojen tilanne 2.6.2017. Sinimailaskasvustot (oikealla) erottuvat muista koejäsenistä selvästi.....	33
Kuvio 4. Näytteiden botanisointia	36
Kuvio 5. Typen määrän laskentakaava	38
Kuvio 6. Lehtialaindeksi (LAI) kasvuunlähdössä (Kekkonen 2017)	41
Kuvio 7. Sinimailanen on jäämässä peltosaunion varjoon koeruudulla. Sinimailasta sisältävän koeruudun tilanne 19.6.2017	42
Kuvio 8. Pylväsdiagrammi botanisoiduista sadoista (Kekkonen 2017.).....	43
Kuvio 9. Koejäsenten kokonaiskuiva-ainesadot pylväsdiagrammina	44
Kuvio 10. Koejäsenten ravinnetaseet typen osalta	45
Kuvio 11. Koejäsenten ravinnetaseet fosforin osalta.....	46

Taulukot

Taulukko 1. Kokeen erilaiset koejäsenet ja lajikkeet listattuna. Väriytykset havainnollistavat eri kasvustojen tyyppin jaottelua.....	29
Taulukko 2. Typen ravinnetaseen esimerkkilaskentamalli yhden niiton osalta	39
Taulukko 3. Fosforin ravinnetaseen esimerkkilaskentamalli yhden niiton osalta	40

1 Johdanto

Maatalouden tuotantomenetelmien ympäristövaikutukset ja ekologinen kestävyys ovat tiukassa tarkastelussa, sillä ympäristötietoisuus on tullut yhä olennaisemmaksi osaksi ihmisten arvomaailmaa. Myös maa- ja metsätaloussektorilta odotetaan entistä suurempaa osallistumista ilmasto- ja ympäristöongelmien ratkaisemiseksi muun muassa Pariisin ilmastositoumuksen nojalla (Clarke & Mikkolainen 2016). Peltoviljelyssä käytettyjen teollisesti tuotettujen väkilannoitteiden valmistaminen kuluttaa paljon fossiilista energiaa sekä aiheuttaa ympäristöön kasvihuonekaasuja ja ravinnepestäjä (Alakukku 2012, 72). Väkilannoitteet ovat myös tuotantopanoksena olennainen taloudellinen kuluerä suomalaisille viljelijöille.

Kotieläimet tarvitsevat valkuaispitoista rehua ollakseen hyvinvoivia ja tuottavia. Suurin osa lypsylehmien valkuaisstarpeesta täytetään säilörehuruokinnalla, mutta Suomeen tuodaan lisäksi vuosittain miljoonien eurojen arvosta soijaa ja rypsiä täyttämään kotieläintuotannon rehustuksen valkuaisstarpeita (Kaukovirta-Norja, Leinonen, Mokkila, Wessberg & Niemi 2015, 8; Mannonen 2015, 2). Soijan viljelyyn liittyy monia eettisiä haasteita, joten ajankohtaista on myös tarkastella vaihtoehtoja Suomen valkuaisomavaraisuuden parantamiseksi. Luonteva keino valkuaisomavaraisuuden parantamiseen on valkuaispitoisten kasvien, kuten nurmipalkokasvien, viljelyn määrän lisääminen. Etuna omavaraisuudessa olisi myös mahdollisuus vähentää tilallisten taloudellista riippuvaisuutta ulkomaalaisten rehujen ja erityisesti tuontivalkuaisen hintavaihteluista.

Nurmipalkokasvit elävät symbioosissa biologiseen typensidontaan kykenevien bakteerien kanssa. Nurmipalkokasvien etuna on myös lähtökohtaisesti heinäkasveja korkeampi raakavalkuaispitoisuus. Kiinnostus nurmipalkokasvien viljelyä kohtaan on kasvussa, joten aiheesta tarvitaan ajankohtaista tutkimustietoa. Jotta nurmipalkokasvien viljely voisi yleistyä, tarvitaan konkreettista tietoa eri lajien ja lajikkeiden välisistä eroista sekä niille soveltuvista viljelymenetelmistä. Tietoa tarvitaan myös välillisistä ja välittömistä kokonaistaloudellisista hyödyistä maaperän, ympäristön, maatilatalouden ja rehunkäytön näkökulmista.

Ravinnetaseet tuovat ilmi, kuinka paljon ulkoisia ravinteita peltoon tuodaan ja vastaavasti kuinka paljon ravinteita pellolta poistuu korjattavaan satoon sitoutuneena.

Samalla saadaan viitteitä siitä, jääkö maahan ravinteita kasvien hyödyntämättä ja kuinka tehokkaasti tuotettu kasvusto on kyennyt ravinteet hyödyntämään. Ravinnetaseita tarkastelemalla voidaan tehdä suuntaa antavia arvioita lannoituksen onnistumisesta ja ympäristöön kohdistuvista vaikutuksista, sillä ravinteiden huuhtoutumisriski kasvaa, jos peltoon jää jatkuvasti kasvien käyttämättä jättämiä ravinteita. (Ravinnetaseet 2008.) Oikein mitoitettu lannoitus on taloudellinen etu viljelijälle, ja suora hyöty myös ympäristölle.

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin erilaisten heinä- ja valkuaisnurmikiertojen ominaisuuksien eroja erityisesti ravinnetaseiden ja ympäristöhyötyjen osalta. Opinnäytetyössä selvitettiin nurmiheinien ja palkovalkuaisnurmien ravinteiden käytön ja hyödyn suhteita eri lajien ja seosten välillä nykyaikaisilla ja yleisimmillä lajikkeilla. Hyöty-suhte kuvaavat prosenttiosuutta, jonka kasvustot ovat annetuista lannoitteista käyttäneet. Näkökulmana oli, millaisia ympäristöhyötyjä nurmipalkokasvien viljelyllä voidaan saavuttaa puhtaisiin heinäkasvustoihin verrattuna. Samalla tarkasteltiin, olisiko valkuaispitoisia nurmipalkokasveja viljelemällä mahdollista saavuttaa ympäristöystävällisempää maanviljelyä ja myös viljelijöiden näkökulmasta houkutteleva, entistä omavaraisempi ravinnetilanne.

Opinnäytetyön tilaajana oli Luonnonvarakeskuksen koordinoima Tuota Valkuaista –hanke (TUOVA), jonka aliprojektina toteutettiin yhteistyössä Helsingin yliopiston ja Savonian ammattikorkeakoulun kanssa VALNURRE (valkuaisnurmilla edullista rehua ja ympäristöhyötyjä) –hanke. TUOVA-hankkeen rahoittajina olivat pääasiassa Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma, Oiva Kuusisto Säätiö ja Boreal Kasvinjalostus Oy.

Opinnäytetyössä tehty heinä- ja valkuaisnurmikiertojen vertailu pohjautuu olemassa olevan kirjallisuuden lisäksi Luonnonvarakeskuksen vuonna 2016-2017 Ylistarossa suorittamista kenttäkokeista saatuun aineistoon. Kenttäkokeet olivat osa Luonnonvarakeskuksen hallinnoimaa TUOVA (Tuota valkuaista) -hanketta, jonka tavoitteena on parantaa valkuaiskasviomavaraisuutta ja valkuaiskasvimarkkinoita Etelä-Pohjanmaan ja Keski-Suomen alueella. Opinnäytetyössä kuvailtiin vuonna 2017 TUOVA:n nurmipeltokokeilla suoritettuja toimenpiteitä ja kasvustoista saatuja tuloksia. Koeasetelmassa oli yhteensä 108 koeruutua, joissa mukana oli Suomessa perinteisiä ja yleisiä nurmilajeja – puna-apila, alsikeapila, sinimailanen, timotei ja nurminata. Tarkemmat

tiedot koeasetelmasta löytyy opinnäytetyön TUOVA–hankkeen peltokokeet –osiosta. Myös kenttäkartta löytyy opinnäytetyön liitteestä.

Tutkimusmenetelmäksi valittiin peltokokeet, sillä kenttäkokeilta saadaan ajankoh-
taista ja paikallisiin viljelyolosuhteisiin soveltuvia tuloksia. Kenttäkokeilta saatiin sato-
jen ominaisuuksien osalta numeraalista tietoa, kuten satomääriä. Tätä voitiin käyttää
tutkimustyön ravinnetaselaskelmissa. Tutkimuksessa oli täten pitkälti kvantitatiivinen
eli määrällinen tutkimusote. Laajan kenttäkokeen avulla saadaan lajien ominaisuuks-
ista toisiinsa nähden parhaiten vertailukelpoista materiaalia, sillä kokeet tehtiin sa-
manaikaisesti juuri halutuilla lannoitusmäärillä ja käsittelytavoilla. Tutkimuksessa oli
myös kvalitatiivista eli laadullista tutkimusta, sillä ympäristöhyötyjen tarkkaillessa
jouduttiin pohtimaan suuria kokonaisuuksia ja ilmiöitä.

2 Rehussa tarvitaan valkuaista

2.1 Yleistä valkuaiskasveista ja valkuaisruokinnasta

Valkuaispitoisiksi rehuiksi ja valkuaiskasveiksi luokitellaan lähtökohtaisesti ne kasvila-
jit, joiden valkuaispitoisuus on yli 15 % kuiva-aineesta (Laine 2016, 48). Nurmipalko-
kasvien kaltaisten valkuaiskasvien lisäämisellä rehuseoksiin voidaan parantaa syötet-
tävän rehun valkuaispitoisuutta (Peltonen 2011, 21). Korkea valkuaisainepitoisuus on
viljelykasvien ominaisuutena tavoiteltu, sillä valkuainen on kotieläinten ruokinnassa
rehuannoksessa välttämätön komponentti ja usein ostorehussa tärkeä ja hintaa nos-
tava rehulaadullinen elementti (Stoddard, Puhakainen, Lindström & Vanhatalo 2012,
89), mikä vastaavasti voi olla esimerkiksi lehmien ruokinnassa maidontuotantoa eni-
ten rajoittava tekijä (Nousiainen, Huuskonen, Niemi & Aaltonen 2011, 4).

Märehtijät saavat kuitenkin suurimman osan käyttämästään valkuaisesta pötsimikro-
bien tuottamasta mikrobivalkuaisesta. Pötsin mikrobit hyödyntävät rehussa olevaa
energiaa muodostaessaan valkuaista. Rehun sulavuudella on täten merkitystä pötsin
mikrobien toiminnan kannalta. (Pyörälä & Tiihonen 2005.) Suurimman osan ravitse-
muksellisista tarpeistaan märehtijät saavat toteutettua säilörehuruokinnalla. Säilöre-
hun laatu ja ominaisuudet vaihtelevat kuitenkin merkittävästi kasvilajien, lannoituk-

sen ja korjuuajankohdan mukaan. Nurmirehun lisäksi syötettävien väkirehujen käyttömäärät määrittyvät nurmirehun rehuarvojen perusteella (Niemi 2016, Seppänen & Yli-Halla 2012, 105). Täten laadukkaalla nurmirehulla voidaan vähentää valkuaispitoisten väkirehujen kuten soijan tai viljan määrää ruokinnassa. Erityisesti lihanaudan kasvatuksessa täydennysrehuina käytettävien väkirehujen, kuten rypsirouheen, antamisen kannattavuudesta on kiistelty ja niiden käyttöä on myös kyseenalaistettu (Aronen & Vanhatalo 1991).

2.2 Liiallinen valkuaisen saanti

Märehtijälle syötettävän säilörehun raakavalkuaispitoisuus on sopiva, kun pötsimikrobit saavat käyttöönsä tarpeeksi typpeä (N). Rehuannoksen sopiva raakavalkuaispitoisuuden on arvoitu olevan tällöin 13-14 % kuiva-aineesta eli 130-140 g/kg kuiva-ainetta. MTT:n fysiologisten kokeiden mukaan esimerkiksi puna-apilan sisältämän valkuaisen imeytyminen on kuitenkin heikompaa kuin nurmiheinien, jolloin apilapitoista säilörehua syötettäessä raakavalkuaispitoisuuden suositellaan olevan hieman korkeampi eli noin 160 g/kg/ka. (Rinne 2010.)

Vaikka raakavalkuaisella on merkittävä rooli rehuannoksessa, on ruokinnassa kuitenkin huomioitava, että liiallinen raakavalkuaisen saanti kuormittaa sekä eläimen aineenvaihduntaa että ympäristöä (Huuskonen 2011, 12). Liian suuri valkuaispitoisuus eläinten ruokinnassa lisää ei-toivottujen vaivojen, kuten ripulin ja puhaltumisen riskiä. Tämä riski on syytä huomioida myös laidunkaudella, jolloin ruokinta ei ole yhtä kontrolloitua ja rehun korsimaisen osuuden määrä on vähäistä (Kohijoki 2014; Kousa, Nykänen & Sormunen-Cristian 2008, 1). Valkuaisen syöttäminen yli pötsimikrobien typentarpeen on ongelma myös siksi, että ylimääräisestä valkuaisesta muodostuu ammoniumtyppeä, joka poistuu lehmän ruoansulatuksen kautta ympäristöön (Rinne 2010). Ammoniakki- ja ammoniumtyppi voivat aiheuttaa ympäristössä rehevöitymistä ja happamoitumista (Grönroos 2014, 14).

2.3 Valkuaisomavaraisuus

Tällä hetkellä lähes koko Euroopassa ollaan jossain määrin riippuvaisia tuontivalkuaisesta. Esimerkiksi Suomessa tuotettujen väkirehujen täydennysrehuvalkuainen kattaa vain 15 % eläinten ruokinnan täydennysvalkuaisen määrästä. Loput valkuaisen tarpeesta täydennetään ulkomailta Suomeen tuotavalla täydennysvalkuaisella, joka on pitkälti soijaa ja rapsia. Sika- ja siipikarjatililla käytössä on pitkälti rouhesojjaa, kun taas nautakarjatilojen täydennysrehuna käytetään rapsirouhetta. (Niemi 2016.) Suomeen tuotiin 0,13 miljoonaa tonnia soijaa vuonna 2013. Myös muualla Euroopassa tilanne valkuaisen suhteen on samankaltainen kuin Suomessa, sillä EU:n ulkopuolelta tuotiin myös vuonna 2013 EU:hun 32 miljoonaa tonnia soijaa. Koko Euroopan kotieläintuotanto onkin myös pitkälti riippuvainen tuontivalkuaisesta. (Mannonen 2015, 2.)

Soijan viljelyyn liitetään kuitenkin monia eettisiä kysymyksiä, kuten geenimuuntelu ja viljelyalueiden laajentaminen luonnonvaraisten sademetsäalueiden hakkuiden uhallla. Suomen, kuten muidenkin Euroopan valtioiden, valkuaisomavaraisuutta olisi-kin mahdollista parantaa muun muassa nurmipalkokasvien kaltaisten kasvien viljelyn lisäämisellä, sillä täten voitaisiin vähentää edellä mainittuja eettisiä haittoja ja markkinariskejä. (Niemi 2016; Stoddard, Puhakainen, Lindström, Vanhatalo 2012, 88-90.)

Luonnonvarakeskuksen professori Jarkko Niemen (2016) mukaan täydennysvalkuaisen tarkastelu ei kuitenkaan anna yksiselitteistä kuvaa Suomen kotieläintuotannon kokonaisvalkuaisilanteesta, sillä täydennysvalkuaisen käytöstä huolimatta ruokinnan valkuaisesta merkittävä osa täyttyy kotimaisten nurmien ja viljojen muodossa. Nurmien ja viljojen sisältämän valkuaisen osuus koko rehuannoksen valkuaisesta on jopa noin 80 %. Kotovaraiset nurmet ja viljat huomioituna kaiken kaikkiaan kasviperäisen valkuaisen omavaraisuus on Suomessa Niemen mukaan 80-85 % tuntumassa. Vaikka nurmien ja viljojen valkuaispitoisuus on täydennysrehujen valkuaispitoisuuteen verrattuna alhainen, ne ovat suurten käyttömäärien vuoksi merkittävässä roolissa Suomen valkuaisomavaraisuuden kokonaisuutta tarkastellessa.

Valkuaisomavaraisuus on ollut lähivuosina myös ajankohtaisten hankkeiden teemana Suomessa. Aiheen tärkeys on ollut esillä muun muassa vuonna 2010 laaditussa kan-

sallisessa ruokastrategiaehdotuksessa, jossa on mainittu tavoite, että rehuvalkuaisomavaraisuus olisi pyrittävä nostamaan nykyisestä 15 prosentista 30 prosenttiin. (Andersen, Borg, Kurppa, Marttila, Palokangas, Parkkinen, Pyykkönen & Turunen 2010, 17) Omavaraisuuden kehittämiseen on havahduttu myös Euroopan parlamenttia myöten, jossa tehtiin lausuma valkuaisomavaraisuuden lisäämisen merkityksestä Euroopan alueella. (Mannonen 2015.)

3 Nurmien viljely

3.1 Nurmikasvit ja niiden viljelytilanne Suomessa

Suomessa nurmikasveilla viljeltyä pinta-alaa on noin 30 % kokonaispeltopinta-alasta (Seppänen & Yli-Halla 2012, 87). Tämä tarkoittaa, että Suomessa rehunurmella viljeltyä pinta-alaa oli vuoden 2016 tietojen mukaan yhteensä 687 600 hehtaaria (Partala 2017). Viljelyssä olevat nurmikasvilajit jaetaan ominaisuuksiensa perusteella nurmiheiniin ja nurmipalkokasveihin. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT:n arvioiden mukaan vuonna 2013 apilapitoisten nurmien osuus nurmialasta olisi ollut 170 000-180 000 hehtaaria. Määrä on kasvanut ainakin 2000-luvun alusta, sillä vuosien 2002-2013 välillä apilanurmien osuus nurmialasta oli neljännesosaa pienempi. (Kässi & Niskanen 2014.) Koska nurmet hyödynnetään Suomessa pääsääntöisesti eläinten rehuna, pääpaino Suomen nurmien viljelyssä on Keski- ja Järvi-Suomessa, jossa sijaitsee paljon nautakarjaa kasvattavia tiloja (Seppänen & Yli-Halla 2012, 87).

Nurmet perustetaan usein suojaviljaan. Tällöin viljan lakoontumisen ehkäisemiseen on syytä paneutua, sillä laossa oleva viljakasvusto aiheuttaa nurmeen helposti aukko- paikkoja. Tavanomaisesti kylvetty nurmi kestää melko satoisana kolme vuotta, mutta hyvin hoidettuna nurmi voi kestää hyvin tuottavana jopa neljä satovuotta. Tällöin täydennyskylvö ja rikkakasvintorjunta voi olla kuitenkin tarpeen. (Punkki 2010, 4-6.)

3.2 Timotei ja nurminata – Suomen yleisimmät nurmiheinälajit

Suomen tärkeimmät nurmiheinälajit ovat timotei ja nurminata. Heinäkasvien viljelyn suosio perustuu pitkälti siihen, että viljelyvarmuus on ollut tavanomaisesti Suomen olosuhteissa parempi kuin nurmipalkokasvien. (Stoddard, Puhakainen, Lindström &

Vanhatalo 2012, 93.) Timotein ja nurminadan lajikkeet voidaan jakaa eteläisen ja pohjoisen tyyppin lajikkeisiin. Eteläisen tyyppin lajikkeille tyypillistä on vahva jälkikasvukyky niittojen jälkeen, kun taas pohjoisen tyyppin lajikkeiden vahvuutena on parempi talvehtimiskyky. (Ravantti 1986, 4.)

Timoteilla on heinäkasveille tyypillinen, matala juuristo, joten se kärsii kuivuudesta usein palkokasveja herkemmin (Seppänen & Yli-Halla 2012, 88). Muutoin se on kasvulosuhteiltaan vaatimaton, nopeasti kasvava ja märehitijöille maittava heinälaji, mikä on vaikuttanut osaltaan sen yleisyyteen nurmissa. Timoteita viljellään usein seoksena nurminadan sekä puna-apilan kanssa. Nurminadan etuna puolestaan on, että se kestää kuivuutta ja tauteja timoteita paremmin. (Hakkola 1998, 21-22.) Nurminadan jälkikasvukyky on timoteita voimakkaampaa, mistä voi olla hyötyä, jos kasvupaikalla on haittaa rikkakasveista tai nurmesta tavoitellaan useampaa kuin kahta niittoa (Seppänen & Yli-Halla 2012, 88). Vastaavasti satopotentiaali on yleensä nurminadalla timoteita suurempi. Nurminata on myös kenttäkokeiden perusteella talvehtinut paremmin kuin timotei ja rikkakasvien kanssa kilpaileminen on sille timoteita helpompaa. (Kempainen, Aniszewski & Miettinen 1991, 1-10).

3.3 Nurmipalkokasvit

Yleisesti suositun puna-apilan lisäksi Suomessa yleistymässä olevia nurmipalkokasveja ovat muun muassa valkoapila, alsikeapila, sinimailanen ja vuohenherne (Nykänen & Aaltonen 2011, 28). Nurmipalkokasvit ovat lähtökohtaisesti kasvupaikan suhteen vaateliaampia kuin heinäkasvit tai viljat (Peltonen 2011, 21). Nurmipalkokasvit tarvitsevat optimaalisesti menestyäkseen korkeamman pH:n ja paremman kasvualustan kuin heinäkasvit (Kempainen, Aniszewski & Miettinen 1991, 2; Kousa, Nykänen & Sormunen-Cristian 2008).

Nurmipalkokasveille tyypillistä on tiheä ja syväle ulottuva juuristo. Laajan juuriston kuoltua ja lahottua maaperän rakenteeseen muodostuu huokoisverkostoja. Huokoisverkostot parantavat maan kuntoa, sillä ne edistävät kasvien juurien tarvitseman veden ja ilman kulkemista maaperässä. Syväle ulottuva juuristo muodostaa maaperää kuohkeuttavia onkaloita ja parantaa siten maaperän mururakennetta. (Stoddard, Pu-

hakainen, Lindström & Vanhatalo 2012, 88.) Mitä pidemmälle juuristo yltää, sitä suuremmalta alueelta kasvi kykenee ravinteita ja vettä hyödyntämään. (Mattila 2018). Huokoisessa maassa myös seuraavien viljelykasvien juurten kasvu helpottuu (Peltonen 2011, 23). Yhdysvalloissa tehdyissä viljelykokeissa on saatu tuloksia, joissa sinimailasen juurten on mitattu ulottuvan joillakin maatyypeillä jopa 4,5 metrin syvyyteen (Putnam 2015). Muokkausvaikutus voi olla jopa niinkin suuri, että se vähentää koneellisen maanmuokkauksen tarvetta (Stoddard, Puhakainen, Lindström, Vanhatalo 2012, 88-89).

Palkokasvien juurista erittyvät sokerit ja orgaaniset hapot lisäävät hyödyllisten mikro-organismien kasvua maaperässä. Näitä mikro-organismeja ovat muun muassa mykorrhizasienet ja vetyä sitovat bakteerit. (Stoddard, Puhakainen, Lindström, Vanhatalo 2012, 88.) Vedyn määrä lisääntyy maaperässä palkokasvien typensidonnan sivutuotteena, sillä vetyä siirtyy ympäristöstä diffuusion myötä palkokasvien juurinyströiden lähetyville, jossa sitä tarvitaan juurinyströiden bakteerien typensidontaprosessiin (Dong, Wu, Kettlewell, Caldwell & Layzell 2003). Myös mykorrhizasienet kasvavat kasvin juurten kanssa symbioosissa. Mykorrhizat hyötyvät kasvin tuottamasta energiasta, ja ne puolestaan tuovat kasvin käyttöön ravinteita ja vettä kasvin juuria laajemmalle ylettyvien rihmastojensa avulla. (Rajala 2006, 58) Mikro-organismit kilpailevat kasvien tauteja aiheuttavien bakteerien kanssa maassa olevista ravinteista, mikä voi vähentää kasvinsuojelutarvetta ja hyödyttää myös seuraavaa viljelykasvia (Stoddard, Puhakainen, Lindström, Vanhatalo 2012, 88).

Kivennäisainekoostumus on kaksisirkkaisilla kasveilla, kuten apiloilla, erilainen kuin yksisirkkaisilla heinälajeilla. Kaksisirkkaisten lajien, kuten nurmipalkokasvien, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet voivat olla jopa kolminkertaisia nurmiheiniin verrattuna. (Seppänen & Yli-Halla 2012, 93.) Korkeista kalsium- ja magnesiumpitoisuuksista on hyötyä, sillä ne vaikuttavat usein positiivisesti rehun kivennäisainetasapainoon, koska magnesium on huonosti imeytyvä hivenaine ja esimerkiksi lypsylehmillä sen puutos on vaarallista. Kalsiumin edistää magnesiumin imeytymistä eläinten ruoansulatuselimestössä. (Pyörälä & Tiihonen 2005.) Säilörehulle on usein tyypillistä, että se sisältää runsaasti kaliumia, jolla puolestaan on entisestään magnesiumin imeytyvistä heiken-

tävä vaikutus. (Kykkänen & Virkajärvi 2014) Nurmilla ensimmäisen vuoden sadon ravinnepitoisuudet ovat yleensä suurempia kuin myöhemmän sadon tai satojen pitoisuudet (Kleemola & Yli-Halla 2009, 28).

3.3.1 Puna-apila

Nurmipalkokasveista tärkein ja viljellyin laji Suomessa on puna-apila (Seppänen & Yli-Halla 2012, 88-89). Vaikka puna-apilan suosiota on hieman rajoittanut sen heinälajeja heikompi talvehtimiskyky, on puna-apila ollut perinteisesti nurmipalkokasveista parhaiten Suomen kasvuoloissa menestyvä nurmipalkokasvilaji. Sen käyttö seoksissa on ollut kasvussa 2000-luvulla. (Seppänen & Yli-Halla 2012, 88; Stoddard, Puhakainen, Lindström & Vanhatalo 2012, 94.) Yksi syy puna-apilan viljelyn lisääntymiselle on palkokasvien tuomat maan rakenteen ja laadun parantumisen hyödyt muun muassa viherlannoituksessa (Kässi & Niskanen 2014).

Nurmipalkokasveille tyypillisesti puna-apilalla on syväle ulottuva juuristo. Puna-apilan etuna on, että se sietää paalujuurensa ansiosta melko pitkään jatkuvia poutajaksoja. (Niskanen 2016, 74.) Siitä huolimatta puna-apilan viljelyssä on ollut riskinsä, sillä talvehtimisongelmien lisäksi puna-apila ei kestä liiallista kosteutta tai tallausta (Seppänen & Yli-Halla 2012, 89). Puna-apilan viljelyssä jopa kovia pakkasia haitallisempaa pidetään lumipeitteen sulamista jääpeitoksi kasvuston päälle (Seppänen, Yli-Halla, Stoddard, Mäkelä 2012, 13). Lisäksi apiloiden suosiota on rajoittanut niiden sisältämät kasviestrogeenit, joiden pelätään aiheuttavan lypsykarjalla pötsin häiriöitä, kuten puhaltumista (Nykänen 2014).

Puna-apilaa ei lähes koskaan viljellä puhtaana kasvustona, vaan sitä viljellään lähinnä seoksissa heinäkasvien kanssa. Esimerkiksi timotei sopii hyvin puna-apilan ja ruokonadan kanssa seosviljelyyn kasvurytmiensä puolesta. (Niskanen 2016, 73.) Seoksen etuna rehustuksessa on, että puna-apila parantaa rehun maittavuutta ja rehuarvoja verrattuna yhtä lajia tai pelkkiä heinälajeja sisältävään nurmisäilörehuun. Tämä johtuu ainakin osittain siitä, että kasvukauden aikana puna-apilan sulavuus laskee hitaammin kuin heinänurmien. Etu on olennaisin etenkin, mikäli rehun korjuun ajankohta jää myöhäiseksi. (Stoddard, Puhakainen, Lindström & Vanhatalo 2012, 94.)

3.3.2 Alsikeapila

Suomen oloihin monivuotisesti soveltuvia alsikeapilan lajikkeita on tällä hetkellä tiedossa vain yksi, Frida, joten se on viljelykäytössä puna- ja valkoapilaa harvinaisempi. Alsikeapila on kasvuolosuhteiltaan puna-apilaa vaatimattomampi, sillä se kestää lähtökohtaisesti puna-apilaa paremmin kosteita olosuhteita, mutta kovaa laiduntamista se ei puna-apilan tapaan kestä. Alsikeapila sisältää valkoapilan tavoin vähemmän kasviestrogeeneja kuin puna-apila. Kasvurytmiltään alsikeapila on hieman puna-apilaa nopeampi, mutta satopotentiaali sillä on hieman puna-apilaa matalampi. (Alsikeapila, n.d; Kousa, Nykänen & Sormunen-Cristian 2008, 2; Niskala 2013)

3.3.3 Sinimailanen

Sinimailasella on potentiaalia saavuttaa suurempi satotaso ja samalla korkeampi valkuaispitoisuus kuin muilla palkokasveilla (EIP-AGRI Focus Group Protein crops). Tärkein tekijä sinimailasen korkean satotason saavuttamiseksi on kalkitus. Kalkitus on olennainen osa viljelyn onnistumista, sillä Yhdysvalloissa tehdyissä kenttäkokeissa sinimailasen satoisuus väheni merkittävästi pH:n laskiessa alle 6,7 (Cosgrove, Cullen, Grau, Renz, Rice, Sheaffer, Shewmaker, Sulc & Undersander 2011, 6).

Sinimailaskasvusto tulisi perustaa kasvupaikalle, josta rikkakasvit on torjuttu hyvissä ajoin ennen sinimailaskasvuston perustamista, sillä rikkakasvien kanssa kilpaileminen voi haitata sinimailasen kasvuun lähtöä. Sinimailasen kasvuun lähtö on usein nopeaa niittojen jälkeen, jolloin se kilpailee rikkakasvien kanssa paremmin. Rikkakasvien torjunta voi olla kuitenkin tarpeen, mikäli rikkakasveja esiintyy ja sinimailasen kasvu vaikuttaa hitaalta. (Cosgrove, Cullen, Grau, Renz, Rice, Sheaffer, Shewmaker, Sulc & Undersander 2011, 11-14.)

Sinimailasen viljelyssä haasteena on ollut talvehtimiseen liittyvät ongelmat. Talvehtimisessä onnistuneet, syvään lepotilaan talveksi menneet lajikkeet ovat vaatineet paljon aikaa lähteäkseen kasvukaudella kasvuun. Ongelmaa on hieman saatu korjattua jalostuksen myötä. (Cosgrove, Cullen, Grau, Renz, Rice, Sheaffer, Shewmaker, Sulc & Undersander 2011, 9.) Huonosta talvehtimisestä huolimatta tutkimuksissa on saatu hyviä tuloksia sinimailasen menestymisestä Pohjois-Suomessakin asti (Nissinen, Iso-lahti, Hakkola, Tuori, Heikkilä & Syrjälä-Qvist 2001).

Sinimailasen niittoajankohtaan vaikuttaa se, millaista säilörehua tavoitellaan. Mikäli rehussa tavoitellaan erinomaisia rehunlaadullisia ominaisuuksia, kuten sulavuutta ja korkeaa valkuaispitoisuutta, tulee ensimmäinen niitto suorittaa aikaisin nuppuvaiheessa. Niittojen välillä aikaa suositellaan olevan karkeasti 30-35 päivää, ja kun kasvustossa on nupun alkua. Laadultaan sinimaisesta tulee parempaa viileänä kasvukautena kuin kuumana kasvukautena. (Cosgrove, Cullen, Grau, Renz, Rice, Sheaffer, Shewmaker, Sulc & Undersander 2011, 52.) Ominaisuus on kiinnostava Suomen kasvuolosuhteiden kannalta.

3.4 Seokset osana monipuolista viljelykiertoa

Nurmikasveja viljellään lähes aina erilaisina seoksina tilan tarpeisiin perustuen. Erilaisia lajeja yhdistelemällä voidaan vaikuttaa rehuna käytettävän nurmen ominaisuuksiin ja viljelyvarmuuteen. (Seppänen & Yli-Halla 2012, 87.) Seoskasvustojen etuna on muun muassa se, että ne hyödyntävät kasvuympäristön resursseja monipuolisemmin, koska ne jakavat eri resursseja erilaisten kasvutapojensa vuoksi tasaisemmin, sekä kestävät kasvitauteja ja tuholaisia puhtaita kasvustoja paremmin. On huomioitu, että heinälajien ja typensitojakasvilajien seoskasvustot tuottavat lähtökohtaisesti suuremman ja laadukkaamman sadon kuin yhden nurmilajin kasvustot tai muut seoskasvustot (Stoddard, Puhakainen, Lindström & Vanhatalo 2012, 89). Haasteena seoskasvustoissa on kuitenkin parhaimman korjuuajankohdan määrittäminen. (Mäkelä & Seppänen 2012, 43-44.)

Nurmen lajisuhteet muuttuvat usein kasvukauden aikana, sillä niiden kasvutavat eroavat toisistaan. Tavallisesti nurmipalkokasvien kasvuun lähtö on keväällä hitaampaa kuin nurmiheinien. Apilat eivät myöskään hyödy voimakkaasta typpilannoituksesta samoissa määrin kuin heinäkasvit, vaan lannoituksesta on niille jopa haittaa. Mikäli nurmia ei ole kasvukaudella lannoitettu voimakkaasti, loppukesästä heinälajien määrä seoksessa vähenee ja samalla apilan osuus lisääntyy. Vastaavasti voimakas lannoitus kasvattaa heinälajien osuutta seoksessa. (Kousa, Nykänen & Sormunen-Cristian 2008, 3.) Puna-apila häviää kuitenkin helposti nurmista jo kahden vuoden jälkeen, joten se vaatii usein melko nopeaa uudistamisrytmiä (Nissinen, Isolahti, Hakola, Tuori, Heikkilä & Syrjälä-Qvist 2001).

4 Nurmipalkokasvien typensidonta

Nurmipalkokasveille ominaista on elää *Rhizobium*-sukuisten juurinysträbakteerien kanssa symbioosissa. Nurmipalkokasvit tuottavat typensitobakteereille auringonvalosta saatavan energian avulla sokereita, joita bakteerit hyödyntävät muodostaen tyypeä kasville käyttökelpoiseen muotoon. (Nykänen 2014.) Bakteerit muodostavat kasvien käyttöön ammoniumtyyppiä ilmakehän N^2 -tyyppiä ja vetyä yhdistämällä (Jääskeläinen 2015). Nurmipalkokasveja viljeltäessä siemenet suositellaankin ympäröiväksi *Rhizobium*-bakteerilla, jotta typensidonnasta hyöty saataisiin heti tehokkaasti hyödynnettyä kasvustossa (Nykänen 2010, 20).

Nurmipalkokasvien sitoman typen määrä riippuu olennaisesti siitä, kuinka nurmipalkokasvivaltainen nurmiso on kyseessä. Apilanurmen on tutkittu sitovan ilmakehää juurinysträbakteeriansa avulla 10-100 kg/ha vuodessa. (Niskanen 2016, 74.) Typensidonnasta määrään vaikuttaa myös se, onko nurmi tavanomaisesti väkilannoitteilla vai luonnonmukaisesti viljelty, sillä luonnonmukaisella nurmella typensidonta on suurempaa (Luukkonen 2014). Mikäli maassa on kasvien saatavilla jo valmiiksi lannoitteiden mukana annettua tyyppiä, kasvin ei kannata kuluttaa energia- eli sokerivojiaan biologisen typensidonnasta tarpeisiin (Nykänen 2014).

Typensitokasvien typensidontaominaisuutta hyödyntämällä voidaan vähentää väkilannoitteiden käytön tarvetta myös seuraavien viljelykasvien osalta, sillä typensitobakteerien sitomaa tyyppiä voi jäädä maaperään nurmipalkokasvien korjuun jälkeen jopa 30-60 kg/ha seuraavan viljelykasvin hyödynnettäväksi. Tämä on ostolannoitteiden käytön vähentämisen kannalta arvokasta, ja syytä huomioida myös seuraavan vuoden lannoituksessa. (Stoddard, Puhakainen, Lindström & Vanhatalo 2012, 86-88.)

Nurmipalkokasvien sitomaa tyyppiä voidaan käyttää hyödyksi myös viherlannoituksena muokkaamalla kasvusto maahan. Nurmipalkokasvien juurista ja sängestä sekä muista kasvin osista vapautuu tyyppiä seuraavan viljelykasvin käyttöön. (Yli-Halla 2009, 14.) Jos viherlannoitus suoritetaan kyntämällä kasvusto maahan, se on suoritettava mahdollisimman myöhään loppukesästä paljaasta maasta aiheutuvien ravinteiden ehkäisemiseksi (Hartikainen 1992, 314). Maatiloille suoritettuna kyntelyn perusteella palkokasvien typensidontaominaisuuksia tai viherlannoitusta ei ole

osattu aina hyödyntää optimaalisesti. Typensidontaan kykeneviä kasvustoja on kyselyn perusteella helposti lannoitettu liikaa, jolloin nurmipalkokasvien viljelyn typensidontan edut eivät pääse oikeuksiinsa ja nurmipalkokasvien määrä kasvustossa heikenee. (Kemppainen, Aniszewski & Miettinen 1991, 2; Suvanto & Lähdesmäki 2017, 20-21.)

5 Ravinteet nurmikierroissa

5.1 Lannoitteiden käytön historiaa Suomessa

Teollisten typpilannoitteiden valmistaminen aloitettiin vuonna 1909, kun typestä ja vedystä onnistuttiin syntetisoimaan ammoniakkia Haber-Bosch-menetelmä (Paull 2009). Väkilannoitteiden käyttö Suomessa oli suurimmillaan 60-80-luvuilla, jolloin lannoitteita käytettiin reilusti kasvien tarpeita suurempi määrä. Liiallisen lannoitteiden käytön ongelmiin on kuitenkin havahduttu, sillä viimeisten 20 vuoden aikana ravinteiden käyttö on jatkuvasti vähentynyt. (Alakukku 2012, 71.) Lannoitefosfaatin käyttö on vähentynyt Suomessa vuodesta 2002 vuoteen 2014 mennessä noin 65 %. Samalla ajanjaksolla typpilannoitteiden käytön määrä on vähentynyt 12 %. (Fertilizers n.d.) Lannoitushistorian vuoksi Suomen maaperään on monin paikoin kertynyt runsasta fosforivarantoa (Alakukku 2012, 72).

5.2 NPK-ravinteiden merkitys kasvien kehityksessä

Ravinteet ovat peltoympäristössä usein kasvien kasvua eniten rajoittava tekijä eli ns. minimitekijä (Yli-halla 2009, 157). Minimitekijä joko itse tai jonkin muun tekijän kanssa rajoittaa kasvia täyttämästä suurinta mahdollista bioottista potentiaaliaan (Kanerva, Soinne, Hartikainen, Palojarvi & Alakukku 2017). Yleensä eniten kasvien kasvua rajoittaa pääravinteiden eli typen, fosforin ja kaliumin puutos (Yli-halla 2009, 9).

5.2.1 Typpi

Typpi (N) vaikuttaa ravinteena erityisesti kasvuston massan muodostumiseen, joten typen puutos hidastaa kasvin kasvua. Typpi vaikuttaa myös olennaisesti sadon valkuaispitoisuuteen, vaikkakin pötsimikrobien kannalta tavoiteltu yli 13 % valkuaispitoisuus saavutetaan nurmissa helposti jo 50 kg/ha typpilannoituksella. Kun typpilannoitusta nostetaan 1 kg/ha, nousee vastaavasti rehun raakavalkuaisen määrä noin 0,05 prosenttiyksikköä. (Kykkänen & Virkajärvi 2014.)

On havaittu, että viljelykasvit pystyvät hyödyntämään 60-80 % kasvukaudella saatavilla olevasta lannoitetypestä. Typellä on suuri merkitys sadonmuodostumiseen, joten sadon jäädessä heikoksi, on myös typen hyödyntäminen myös vain kohtalaista. (Puustinen 2009, 89.) Typen riittävä saanti vaikuttaa myös muiden ravinteiden saantiin. Mikäli kasvilla ei ole saatavilla tarpeeksi typpeä, heikkenee muun muassa kaliumin ja fosforin saanti. (Kykkänen & Virkajärvi 2014.)

5.2.2 Fosfori

Fosfori (P) vaikuttaa erityisesti kasvin juurten kasvuun sekä kasvin tuleentumiseen (Mäntylähti, Jaakkola & Kari 2009, 53). Fosforilla on kuitenkin merkittävä rooli myös kasvien aineenvaihdunnassa, joten se vaikuttaa typen tavoin sadon määrään sekä laatuun (Jaakkola 1992, 223). Fosforitilanne muuttuu maassa hitaasti (Pesonen, Kaivosoja & Suomi 2010, 16). Suomen maaperään monin paikoin kerääntynyt fosfori lisää vesistöjen kuormitusriskiä (Alakukku 2012, 72). Fosforin osalta karkeana ohje- arvona voidaan pitää, että fosforin määrän ollessa maassa vähintään 10-12 mg/l ei erillisellä fosforilannoituksella saada enää sadonlisää nurmien osalta (Pesonen, Kaivosoja & Suomi 2010, 16).

Kasvien fosforin tarpeen tyydyttämisessä olennaista on huolehtia maan kasvukunnosta ja kalium- ja typpilannoituksen riittävydestä. Fosforin käyttökelpoisuuteen nimittäin vaikuttaa olennaisesti maan pH, sillä happamilla mailla kasveille käyttökelpotoman fosforin osuus suurenee. (Kykkänen & Virkajärvi 2014.) Ongelmana ovat erityisesti happamissa oloissa haitallisiksi muodostuvat vapaat alumiinin ja mangaanin ionit, jotka vaikeuttavat juurten kasvua sekä fosforin ottoa. (Kykkänen & Virkajärvi

2014.) Lisäksi fosfori muodostaa maassa sidoksia maa-aineksen kanssa, joissa se on kasveille käyttökeltotonta. (Jaakkola 1992, 225-226.)

Koska fosforin huuhtoutumisen riski on suurinta syksyllä runsaiden sateiden vuoksi, on lannoituksen suorittamista ohjeistettu ympäristötuen ehtojen mukaisesti tehtäväksi alkukesällä (Seppänen 1998, 10). Nurmille suositellaan fosforia pinta-lannoituksena vain kevätlevityksenä, sillä tällöin kostea maa imee annetut ravinteet parhaiten (Yli-halla 2009, 164.).

5.2.3 Kalium

Kalium (K) osallistuu kasveissa moniin elintoimintoihin. Kasvin vesitalouden säätelyssä ja kylmänkestävyydessä kaliumilla on merkittävä rooli. Mikäli kasveille on tarjolla runsaasti kaliumia, ne saattavat käyttää sitä tarpeidensa yli. Ilmiötä on nimitetty termillä luksusotto. Liiallisen kaliumin määrä voi olla ongelmallinen, sillä se haittaa magnesiumin normaalia toimintaa, mikä on epäedullista rehuna käytettäessä. (Jaakkola 1992, 229-231.)

Nurmet reagoivat kaliumin puutteeseen herkästi. Lannoituksen suunnittelussa kaliumin osalta olennaista on tarkastella maan viljavuuden ohella rehun sisältämää kaliumipitoisuutta. Mikäli nurmirehussa kaliumin määrä on alle 17g/kg ka, suositellaan kaliumin lisäystä huolimatta siitä, vaikka sitä olisi maan reservissä reilusti. Ylärajana säilörehun kaliumille pidetään 30g/kg ka, jotta se ei haittaa muiden ravinteiden imeytymistä. Myös typen ja kaliumin suhdetta voidaan tarkkailla, sillä runsas typpilannoitus nostaa kaliumin tarvetta. (Kykkänen & Virkajärvi 2014.)

5.3 Nurmikasvien ravinteiden käyttö nurmikiirroissa

Heinät käyttävät viljojen tapaan tehokkaasti maan varastossa olevia typpivaroja. Vastaavasti heinäkasvit hyötyvät palkokasvien typensidontakyvystä, sillä palkokasvien sitomaa typpeä vapautuu seoksessa viljeltävän tai palkokasvin jälkeen mahdollisesti viljelyksissä olevien heinäkasvien käyttöön. Myös palkokasvien juurten liuottama fosfaatti on heinille käyttökelpoisessa muodossa. (Puustinen 2009, 89.) Oikein järjestetty viljelykierto mahdollistaa sen, että biologisen typensidontan hyödyt tulevat op-

timaalisesti käyttöön. Hyvin suunniteltu viljelykierto siis parantaa ravinteiden saata-
vuutta seuraavien viljeltävien kasvien käyttöön. (Kleemola, Partanen, Kari & Peltonen
2009, 38.) Puna-apiloiden viljely on usein kuulunut tärkeäksi osaksi erityisesti luon-
nonmukaisesti viljelevien tilojen viljelykiertoa, sillä se korvaa luonnonmukaisessa vil-
jelyssä kiellettyjä, teollisten väkilannoitteiden käyttöä. Yleistynyt trendi on ollut viime
aikoina se, että myös tavanomaiset, väkilannoitteita käyttävät tilat ovat havahtuneet
lisäämään puna-apilaa nurmiseoksiinsa. Trendiin on vaikuttanut se, että mineraalilan-
noitteiden viime vuosien hintakehitys oli epäedullinen pitkän aikaa. (Kleemola, Parta-
nen, Kari & Peltonen 2009, 32; Niskanen 2016, 73.)

6 Ravinnetaseet

6.1 Ravinnetaseita käytetään apuna lannoituksen suunnittelussa

Ravinnetaseet tuovat ilmi kuinka hyvin peltoon laitettujen ravinteiden määrä saa-
daan korjattua pellolta pois lähtevän kasvuston mukana. Peltomittakaavassa ravinne-
taseista tarkastellessa käytetään ravinnetaseiden laskemisesta termiä peltotase.
(Kaasinen 2010, 5.) Negatiivinen ravinnetasetulos kertoo siitä, että kasvit ovat käyttä-
neet maassa olevia, pitkälti lannoituksen mukana tuotuja tai mahdollisesti typensito-
jakasvien sitomia ravinteita hyödykseen kasvussaan niin paljon, että kasveissa pois-
tuu ravinteita enemmän kuin niitä on lannoitteen mukana annettu. Mikäli ravinne-
tase on positiivinen, ovat kasvit todennäköisesti jättäneet lannoitteena annettuja ra-
vinteita käyttämättä. (Pesonen, Kaivosoja & Suomi 2010, 10.) Huomioitava seikka on,
että osa kasvien käyttämistä ravinteista voi kuitenkin jäädä peltoon kasvin juurten tai
sängen myötä (Kaasinen 2010, 41).

Ravinnetaseiden laskeminen on ollut ainakin vuosina 2007-2013 maatalouden ympä-
ristötuen lisätoimenpiteenä. (Turtola, Salo, Miettinen, Iho, Valkama, Rankinen, Virka-
järvi, Tuomisto, Sipilä, Muurinen, Turakainen, Lemola, Jauhiainen, Uusitalo, Grön-
roos, Mylly, Heikkinen, Merilaita, Bernal, Savela, Kartio, Salopelto & Jaakkola 2017,
3). Ravinnetaseiden tarkkailu on kuitenkin yhä olennainen osa kestävästä viljelyä siitä
syystä, että mikäli ravinteita on käytössä jatkuvasti liikaa, niitä kertyy ylimäärin maa-
perään, josta ne ovat alttiina haihtumaan ilmaan sekä kulkeutumaan vesistöihin (Yli-

Halla 2009, 180). Ravinnetarkastelusta on hyötyä viljelyssä, sillä maan ravinnevarastot on syytä huomioida seuraavan vuoden lannoituksessa (Pesonen, Kaivosoja & Suomi 2010, 10). Ravinteiden hävikkiä minimoidaan kasvien tarpeen mukaisella lannoituksella, josta hyöttyy ympäristön lisäksi viljelijän kukkaro. Ravinnetaseiden perusteella saadaan myös viitteitä lannoitteiden minimimääristä, joita kasvilla on oltava käytettävissään sadon muodostumiseksi. Vaikka ravinnetaseita käytetään lähtökoh-tana sopivan lannoituksen määrittämiseksi, laskennassa olevat kasvien ravinteet voi-vat olla peräisin myös olemassa olevista maan luontaisista ravinnevaroista. Siksi täy-sin aukotonta lannoitustarvetta ei ole mahdollista selvittää ravinnetaseiden perus-teella. (Kleemola & Yli-Halla 2009, 30.)

Ravinnetaseiden laskennassa voidaan ottaa huomioon hyvin monenlaisia tekijöitä, sillä ravinteita päätyy peltoon esimerkiksi siementen, lannoitteiden, karjan lannan, biologisen typensidonnan sekä laskeuman välityksellä (Kaasinen 2010, 3). Ravinnetaseiden laskeminen tulisi olla jatkuvaa, eikä yhden vuoden aikana tehdyn ravinnetasei-den tarkastelun perusteella ei voida tehdä luotettavia päätelmiä esimerkiksi ravinteiden huuhtoutumisen määristä (Saarijärvi, Virkajärvi & Heinonen-Tanski 2006, 32). Pitkän aikatahtäimen tarkastelu on olennaista myös sen takia, että ravinnetaseiden laskeminen ei huomioi peltomaan vaihtelevia lähtötilanteita, vaan periaatteessa olet-taa, että peltomaan ravinnetila on tällä hetkellä melko neutraalilla eli tyydyttävällä tasolla (Mattila 2018).

6.2 Ravinnetaseet nurmiviljelmissä

Lannoitus-suositusten mukaisella lannoituksella nurmien ravinnetaseiksi on saatu MTT:n tutkimusten mukaan nollan lähetyvillä olevia arvoja (Kykkänen & Virkajärvi 2014). Typpilannoituksen suositeltu maksimimäärä on ollut kolmen korjuun strategi-assa 230-240 kg/ha/v. Lannoitus suositellaan kohdistettavaksi niin, että suurin osa lannoituksesta annetaan ensimmäiselle ja toiselle sadolle. (Kykkänen & Virkajärvi 2014.) Pitkällä tähtäimellä nollan tuntumassa olevia ravinnetaseiden tuloksia voidaan pitää viljelyssä siinä mielessä turvallisena tilanteena, sillä tällöin annetut ja poistu-neet ravinteet ovat tasapainossa. Esimerkiksi luonnonmukaisesti viljelevillä tiloilla ra-vinnetaseet ovat kuitenkin nurmipalkokasvien myötä normaalisti viljelevien tilojen

ravinnetaseita alijäämäisempiä, sillä biologinen typensidonta vaikuttaa ravinnetasetulokseen, eikä ravinnetasetulos anna tällöin selkeää kuvaa pellon ravinnetilanteesta. Biologisen typensidonnan vaikutuksesta pellon ravinnetasetulosten tulkintaan onkin vielä melko vähän tutkimustietoa Suomessa. (Kaasinen 2010, 24-31.)

TEHO-hankkeen ravinnetasetutkimuksissa on havaittu, että voimakkaalla typpilannoituksella on suoraan verrannollinen yhteys typpitaseen arvon nousuun (Kaasinen 2010, 18). Toisaalta lannoituksella on vaikutusta satomääriin ja suuren sadon mukana ravinteita lähtee pellolta enemmän. Sadon raakavalkuaispitoisuus viestii, onko typpeä ollut tarpeeksi kasvin käytettävissä. Mikäli sadon raakavalkuaispitoisuus on korkea, on typpeä ollut riittävästi saatavilla, vaikka typpitase olisi negatiivinen. Alhainen raakavalkuaispitoisuus vastaavasti kertoo alimitoitetusta ravinteiden saannista, jolla on todennäköisesti alentava vaikutus myös korjatun kokonaissadon suuruuteen. (Pesonen, Kaivosoja & Suomi 2010, 14.) Ravinnetasetarkastelun ohella tärkeää onkin tarkastella myös sadon ominaisuuksia, sillä nurmirehun teossa tärkeimpiä tavoitteita ovat usein sadon määrä ja laatu (Seppänen & Yli-Halla 2012, 92).

Fosforitaseen osalta nurmenviljelyssä päästään usein negatiiviseen lukemaan, mikäli vain nurmesta saavutetaan hyviä satotasoja. Hyvät satotasot puolestaan vaativat onnistuneen typpilannoituksen, jolla on myös vaikutusta kasvin fosforin käyttöönottoon. Negatiivinen ravinnetase ei ole ongelmallinen, mikäli maan fosforitilanne on hyvä tai tyydyttävä. Negatiivisen ravinnetasetuloksen saaminen on jopa tavoiteltavaa, etenkin, mikäli pellon fosforimäärät ovat korkeita. Tällöin nurmi on käyttänyt kasvussaan maan olemassa olevia fosforivarantoja, jolloin huuhtoutumisriski on vähäisempi ja lannoitekuluissa on voitu säästää. (Kaasinen 2010, 6; Kykkänen & Virkajärvi 2014.)

Kaliumia ei pidetä yhtä riskialttiina ravinteena ympäristön suhteen kuin typpeä tai fosforia. Kaliumin suhteen nurmien ravinnetaseet ovat lähes poikkeuksetta negatiivisia, sillä kasvit käyttävät maan varastossa olevaa kaliumia hyvin hyödykseen. (Kykkänen & Virkajärvi 2014.) Kaliumin ravinnetaseiden laskemista ei ole näistä syistä koskaan edellytetty myöskään maatalouden ympäristötuen lisätoimenpiteessä.

6.3 Hyötysuhdetarkastelu

Hyötysuhteella voidaan tarkastella sitä, kuinka hyvin viljelykasvit pystyvät hyödyntämään maahan lisättyjä ravinteita. Hyötysuhde lasketaan selvittämällä kasvien mukana poistuneiden ravinteiden suhde peltoon lisättyihin ravinteisiin. Hyötysuhde ilmoitetaan usein prosentteina. Mikäli tulokseksi saadaan yli 100%, pellolta poistuu ravinteita kasvuston mukana enemmän kuin sinne on laitettu. (Luukkonen 2014.) Hyötysuhteiden tarkastelu ei ole kuitenkaan tehokkain ravinteiden optimoinnin mittari, sillä hyötysuhde kuvaa vain suhteellista osaa hyödynnetyistä ravinteista. Suhdeluku voi antaa tuloksen, joka on lähellä 100% lukua, mutta käyttämättömiä ravinteita saattaa jäädä peltoon silti huomattavia määriä, mikäli lannoitusta on annettu esimerkiksi reilusti yli kasvin tarpeiden. Toisaalta hyötysuhde voi olla reilusti yli 100%, mikäli lannoitusta on annettu kasvien tarpeiden kannalta liian vähän. Sen avulla ei siis voida tehdä myöskään täysin luotettavia päätelmiä ympäristönäkökulmista. (Marttila 2005.)

7 Heinä- ja valkuaisnurmien vaikutuksia ympäristöön

7.1 Maatalous vaikuttaa ympäristöön

Ravinteita huuhtoutuu vesistöihin luonnollisista ja ihmisperäisistä lähteistä. Ympäristössä tapahtuu luonnollisesti ravinteiden kulkeutumista, kuten huuhtoutumista ja haihtumista. Myös ihminen vaikuttaa etenkin ravinteiden kierron nopeuteen toiminnallaan. (Antikainen, Homberg, Kauppila, Kauppila, Ketola, Korpinen, Lepistö, Lepistö, Pietiläinen, Pitkänen, Rantanen, Rekolainen, Räike, Santala, Similä, Tamminen & Vuorenmaa 2008, 26-31.) Viljelytoimenpiteet samoin kuin muutkin ihmisen aiheuttamat muutokset maapallolla ja ympäristössä, aiheuttavat nopeita muutoksia ravinteiden kierrossa. Viljelyn ympäristövaikutuksia tarkastellessa huomio kiinnittyykin ravinteiden liikkumiseen ympäristössä (Hartikainen 1992, 302). Ravinteiden kulku pelto- mailta ja metsäympäristöstä vesistöihin on ainakin kolminkertaistunut ihmisen toiminnan seurauksena. (Hanski, Lindström, Niemelä, Pietiläinen & Ranta 1998, 60.) Ympäristöongelmia syntyykin pitkälti siitä, kun ravinteiden kiertokulku on hallitsema- tonta ja häiriintynyttä (Seuri 2017).

Maatalouden ympäristöön kohdistuvia kuormituksia on tutkittu vuosikymmenten ajan. Vuonna 2009 maatalouden osuus Suomen N₂O-päästöistä oli 67 %. (Alakukku 2012, 71-72.) Suurin osa näistä päästöistä aiheutuu turvemailta (Regina 2017). Maatalouden osuus pintavesien typpi- ja fosforikuormituksesta on myös ollut suuri. Maatalouden vesistöön kohdistuvissa ravinnekuormituksissa keskeisessä tarkastelussa on ollut typen ja fosforin aiheuttamat vaikutukset, sillä peltomaan tavoin nämä ravinteet ovat myös vesistöissä selkeitä tuotantoa rajoittavia tekijöitä (Hartikainen 1992, 308). Ravinteita kulkeutuu peltomaasta lähinnä hajakuormituksena ja haihtumalla (Antikainen, Homberg, Kauppila, Kauppila, Ketola, Korpinen, Lepistö, Lepistö, Pietiläinen, Pitkänen, Rantanen, Rekolainen, Räike, Santala, Similä, Tamminen & Vuorenmaa 2008, 26). Vuoden 2005 tilastojen mukaan ihmisperäisestä typpikuormituksesta 52,7 % aiheutui maataloudesta. Vastaavasti fosforikuormituksesta 63,4 % aiheutui maataloudesta. (Antikainen, Homberg, Kauppila, Kauppila, Ketola, Korpinen, Lepistö, Lepistö, Pietiläinen, Pitkänen, Rantanen, Rekolainen, Räike, Santala, Similä, Tamminen & Vuorenmaa 2008, 27.)

Ravinteita poistuu peltoympäristöstä huomaamattomasti huuhtoutumalla muun muassa valuntavesien mukana vesistöihin (Alakukku 2012, 71-72). Huuhtoutumisessa maan ravinteita kulkeutuu ekosysteemistä vajoveden tai pintavirtausvesien myötä vesistöihin. Ravinteet ovat huuhtoutuessaan liukoisessa muodossa, joten niiden vaikutus vesistöiden kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin on välitön. Huuhtoutumisen lisäksi ravinteet voivat kulkeutua myös kiintoaineksen eli ns. suurempien partikkelien kulkeutumisen myötä vesistöihin. Tätä ilmiötä kutsutaan eroosioksi. (Hartikainen 1992, 303-308.)

Fosforia saadaan maatalouden käyttöön louhimalla sitä maaperästä (Alakukku 2012, 71). Suomen sisävesien ravinnekuormituksen kannalta fosforia pidetään haitallisimpana ravinnekuormittajana (Kykkänen & Virkajärvi 2014). Peltomaassa oleva fosfori lähtee kulkeutumaan helpoiten sadevesien mukana (Hakkola 1998, 43).

Kun typpeä vapautuu orgaanisen aineksen hajotessa, se on vielä melko pidättyvässä ammonium-muodossa (NH₄⁺). Maaperän bakteeritoiminnan vaikutuksesta se muuttaa olomuotoaan kuitenkin nopeasti nitraattimuotoon (NO₃⁻), jolloin se varauksen muuttuessa on alttiimpi huuhtoutumiselle. (Hartikainen 1992, 310.) Maahan kertynyt liukoinen typpi on herkeimpänä huuhtoutumiselle kasvukauden loputtua, kun maa on

vielä lämmintä ja sademäärä ovat suuria (Yli-halla 2009, 161). Jopa 40 % lannan tai lannoitteiden mukana peltomaahan tuodusta mineraalitypestä huuhtoutuu kasvien käyttämättömiin, vesistöihin tai pohjavesiin (Stoddard, Puhakainen, Lindström & Vanhatalo 2012, 86). Ammoniikki-muodossa (NH_3) tyypeä vapautuu kaasuna pelto- maasta haihtumalla. Ammoniakkia vapautuu ympäristöön muuan muassa laidunta- misen myötä sekä virtsan tai lannalla peltomaata lannoitettaessa. Haihtuvasta am- moniakista 20-60 % on todettu laskeutuvan takaisin maahan jo 2 metrin säteellä. (Ross & Jarvis 2001.)

7.1.1 Ravinteiden huuhtoutumisen aiheuttaa rehevöitymistä

Ravinteiden huuhtoutuminen vesistöihin aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä. Rehe- vöitymisessä vesistön ravinnetasot nousevat ja aiheuttavat täten vesistöön plankto- neiden määrän nousun, jolloin vesistön happitilanne muuttuu vahingollisesti. (Harti- kainen 1992, 320-321.) Hapen määrän väheneminen vahingoittaa monia vesistöissä eliöitä sekä aiheuttaa pohjaan sedimentoituneen fosforin vapautumista vesistöön. (Puttonen 2017, 1.)

7.1.2 Ravinteiden huuhtoutumisen ehkäiseminen

Viljelytoimissa tärkeää ympäristöriskien ennaltaehkäisyä on lannoitteiden oikeanlai- nen käyttö. Kenttäkokeissa nurmen typpilannoituksen kaksinkertaistaminen lisäsi myös typen huuhtoutumista kaksinkertaisesti. (Puustinen 2009, 89.) Peltomaa on al- tis ravinteiden huuhtoutumiselle heti muokkaustoimenpiteiden jälkeen, joten tehok- kaasti tyypeä hyödyntävien ja nopeasti kasvavien lajien käyttö muokkaustoimenpitei- den jälkeen on suotavaa. Esimerkiksi suojaviljaan perustettu nurmi tai raiheinä ovat tällöin hyviä vaihtoehtoja ympäristönäkökulmasta. (Saarijärvi, Virkajärvi, Heinonen- Tanski & Taipainen 2006, 16.) Maan huokoisrakenteesta huolehtiminen pidättää kui- tenkin pintavaluntana kulkeutuvien ravinteiden kulkeutumista (Korpinen, Puustinen & Peltonen 2008, 20). Taloudellisuuden ja ympäristöystävällisyyden vuoksi tavoitelta- vaa on saada ravinnekierron mahdollisimman suljetuiksi, jossa apuna voi toimia nur- mipalkokasvien viljely. Tällä hetkellä maataloustutkimuksen tavoitteena on myös pa- rantaa viljeltävien kasvien ravinteiden hyväksikäyttöä. (Alakukku 2012, 72.)

Vaikka nurmipalkokasvien viljelyä pidetään hyvänä vaihtoehtona viljelykiertojen monipuolistamiseksi, suositellaan huuhtoutumiselle herkimmillä alueilla, kuten suoja-kaistoilla ja jyrkillä rinteillä, vesiensuojelun näkökulmasta kerääjä- ja aluskasveiksi heinäkasveja. Heinäkasvien viljely ei sido uutta typpeä ilmakehästä maahan samoin kuin nurmipalkokasvit, vaan heinäkasvit hyödyntävät maassa olevia typpivaroja ehkäisten niiden huuhtoutumista pois pelloilta. (Niskanen, Kempainen, Känkänen & Nemeläinen 2016, 67.)

Joka tapauksessa nurmien kaltaisten monivuotisten viljelykasvien viljelyn etuna on, että eroosioriski on pienempi kuin yksivuotisten viljelykasvien ja että maa on usein ympäri vuoden kasvipeitteinen (Yli-halla 2009, 163). Eroosioriskin on tutkittu olevan suurimmillaan silloin, kun maa on paljas. MTT Pohjois-Savon tutkimusasemalla tehtyjen nurmikokeiden mukaan satovuonna nurmien typpikuormitus on vähäistä. Nurmen uusimisen yhteydessä laiturilla typpikuormituksen havaittiin kuitenkin kasvavan. (Saarijärvi, Virkajärvi, Heinonen-Tanski & Taipainen 2006, 11-12.) Monivuotisten viljelykasvien etuna on se, että kasvien osat pidättävät pelloilta virtaavaa vettä, jolloin vesi vajoaa alaspäin maaperässä. (Karcauskiene & Kinderiene 2016, 342). Myös kasvihuonekaasuja aiheutuu paljaalta maalta enemmän kuin kasvipeitteiseltä, sillä muokatussa maassa, happitilanteen muuttuessa, vilkastuu samalla myös maan mikrobitointi (Kekkonen 2018).

7.1.3 Nurmien energiankulutus ja kasvihuonekaasut

Maataloudessa käytettävä energia voidaan jakaa suoraksi tai epäsuoraksi energiaksi. Suoraa energiaa käytetään välittömästi tilalla suoritettavissa toimenpiteissä. Epäsuoraa energiaa kuluu puolestaan tuotannossa tarvittavien tarvikkeiden kuten lannoitteiden ja palveluiden valmistamiseen tilan ulkopuolella. (Ahokas & Mikkola 2012, 57.)

Maatalouden merkittävä fossiilisen energian kulutuskohde on maatalouskemikaalien käyttö, sillä niiden valmistaminen on paljon energiaa kuluttava prosessi. Erityisesti lannoitetypen valmistaminen kuluttaa merkittävästi energiaa, sillä yhden typpikilon valmistamiseen kuluu energiaa 11-14 kWh, joka vastaa 1,1-1,4 litraa polttoöljyä. (Rajaniemi n.d, 2.) Mineraalilannoitetyppeä valmistetaan maakaasusta peräisin olevasta energiasta ja vedystä, joten väkilannoitetypen tuotannosta on haastavaa saada ym-

päristöystävällisempää (Ahokas & Mikkola 2012, 58). Lisäksi usein lannoitteiden pitkät kuljetusmatkat ja levittäminen aiheuttavat päästöjä (Stoddard, Puhakainen, Lindström & Vanhatalo 2012, 88).

Koska kasvintuotannossa tavoitteellista olisi saada energia- ja ravinnekiertoista suljettuja, ideaalilanteessa biomassat eli kasvustot sitoisivat itseensä myös ilmakehän hiilidioksidia saman verran kuin kasvustojen viljely ja muu hyödyntäminen hiilidioksidipäästöjä aiheuttaa. (Mäkelä, Santanen, Mikkola, Helenius & Stoddard 2012, 67.)

Tehokkaaseen ja kannattavaan viljelyyn kuluu kuitenkin väistämättä uusiutumaton energiaa muun muassa tuotantopanosten vuoksi. Lannoitteiden, kasvinsuojeluaineiden tai koneiden käyttö eivät ole ainoita päästöjen lähteitä, vaan peltomaa itsessään vapauttaa myös kaasuja ilmastoon. (Mäkelä, Santanen, Mikkola, Helenius & Stoddard 2012, 67.) Monivuotisten nurmikasvien viljelyn energiankulutusta vähentää vuosittaisten muokkaus- ja kylvötoimenpiteiden välttäminen. Seoskasvustoissa tauti- ja tuhohaispaine on usein pienempi, joten parhaimmassa tapauksessa voidaan välttyä kasvinsuojeluaineiden käytöltä. (Mäkelä, Santanen, Mikkola, Helenius & Stoddard, 68.)

Väkilannoitteita pellolle levitettäessä noin 1,2 % typestä haihtuu kasvihuonekaasu dityppioksidina (N_2O) ilmakehään (Stoddard, Puhakainen, Lindström & Vanhatalo 2012, 86). Dityppioksidi on kasvihuonekaasuna tehokas ja se osaltaan vaikuttaa yläilmakehän otsonikatoon (Prather & Ehhalt 2001, 247.) Vuonna 1997 Kanadassa tehtyjen hiilidioksidimittausten perusteella sinimailasen sisällyttämisellä viljelykiertoon voitaisiin vähentää dityppioksidipäästöjen määrää. Päästöjen vähentäminen perustuisi pitkälti väkilannoitteiden käytön vähentämiseen (MacKenzie, Fan & Cadrin 1997). Nurmipalkokasveja viljeltäessä N_2O päästöjen määrä on tutkimusten mukaan kolminkertaisesti vähäisempi kuin väkilannoitettujen kasvien N_2O päästöt (Nykänen 2014). Samoin luonnonmukaisen kasvintuotannon hehtaarialat aiheuttavat vähemmän ravinnekuormitusta ympäristöön kuin tavanomaisesta viljelystä aiheutuu. Syy lienee yhä pitkälti se, ettei luonnonmukaisessa tuotantotavassa käytetä teollisia väkilannoitteita. (Helenius 2008, 191.) Luomussa kasvien tarvitsemat ravinteet saadaan peltoon pitkälti karjanlannan ja monipuolisen viljelykierron avulla. Toisaalta luonnonmukaisesta peltoviljelystä saadut satotasot ovat myös tavanomaiseen tuotantoon verrattuna keskimäärin 42 % pienempiä (Konttila 2016).

7.2 Muita ympäristövaikutuksia

Monilla valkuaiskasveiksi luokiteltavilla palkokasveilla on tiivis suhde ympäristön pölyttäjiin. Pölyttäjät voivat olla edellytys kasvien siementuotannolle. Muun muassa apilat ja sinimailaset vaativat lähes aina mesipistiäisen suorittamaa pölytystä. Toisaalta kasvit tarjoavat siitepölyä ja mettä pölyttäjien ravinnoksi ja monipuolistavat täten kasveille tärkeiden pölyttäjien monimuotoisuutta. (Stoddard, Puhakainen, Lindström & Vanhatalo 2012, 89.)

8 TUOVA-hankkeen peltokokeet

8.1 Lähtötietoja TUOVA-hankkeen peltokokeista

TUOVA (Tuota Valkuaista) –hankkeeseen liittyen vuonna 2016 perustettiin Ylistaroon Luonnonvarakeskuksen koeaseman pelloille laaja 108 koeruudun nurmipeltokoe, jossa tarkoituksena oli tarkastella valkuaispitoisten ja -valtaisten nurmien tallauksen ja niittokertojen kestoa. Nurmi perustettiin ensimmäisenä vuonna 2016 suojaviljaan, jolloin kokeessa tutkittiin kokoviljasäilörehusatoa ja sen ominaisuuksia. Tämän opinnäytetyön aiheessa keskitytään ensimmäisenä nurmivuotena 2017 tehtyihin havaintoihin, mittauksiin ja niistä saatuihin tuloksiin. Kokeen tarkoituksena on tarkastella tallauksen ja niittokertojen vaikutus erilaisten nurmiseoksien sato-ominaisuuksiin. Samalla mahdollistui tähän opinnäytetyöhön liittyvä erilaisten lajien ja seosten ravinteiden hyödyntämisen tarkastelu.

Vuonna 2016 koe perustettiin lohkolle, jossa maalajina oli vähämultainen hiesu. Esi-kasvina ennen kokeen perustamista lohkolla oli viljelyksessä suojaviljana ohra. Lohkon pH:n arvo oli tyydyttävällä tasolla 6,1. Fosforin osalta lohkon tilanne oli myös tyydyttävä 11 mg/l.

Koeasetelmaan kuului 11 koejäsentä (ks. taulukko 1). Eri koejäsenet koostuivat erilaisista heinä- tai valkuaisnurmikasvilajeista tai niiden seoksista. Eri koejäsenet koeruidut jaettiin satunnaisesti peltokokeella split-split-plot eli osa-osa-ruutukoe-menettelmällä. Kokeessa tarkasteltiin nykyaikaisia ja Suomessa yleisimpiä nurmenviljelyssä käytettyjä lajeja ja lajikkeita, kuten timoteita, sinimailasta, puna-apilaa, nurminataa ja

alsikeapilaa niin puhtaina kuin seoskasvustoina. Seosten osalta tavoitteena oli valkuaispitoinen kasvusto, jossa valkuaiskasvien määräksi tavoiteltiin 15-30 % osuutta kasvustosta.

Koejäsenet ovat ryhmitelty puhtaisiin valkuaiskasvustoihin, heinäkasvustoihin ja seoskasvustoihin. Seoskasvustot määritetään sisältävän sekä heinä- ja valkuaisnurmilajin seoksen, joten pelkkiä heinälajeja sisältävä timotei-nurminata-seoskasvusto kuuluu tämän opinnäytetyön tarkastelussa heinäkasvustoihin. Tällä luokittelulla on merkitystä erityisesti lannoitusmäärien osalta.

Taulukko 1. Kokeen erilaiset koejäsenet ja lajikkeet listattuna. Väriytykset havainnollistavat eri kasvustojen tyyppin jaottelua.

NRO	KOEJÄSEN	LAJIKE	Tyyppi
1	Sinimailanen (puhdas)	Sinimailanen (nexus)	puhdas valkuaiskasvusto
2	Puna-apila (puhdas)	Puna-apila (Saija)	puhdas valkuaiskasvusto
3	Timotei 1 (puhdas)	Pohjoisen tyyppin timotei (Tuure)	puhdas heinäkasvusto
4	Timotei 2 (puhdas)	Eteläisen tyyppin timotei (Bor0602)	puhdas heinäkasvusto
5	Timotei 2 + nurminata	Timotei (Bor0602) - nurminata (Valtteri)	heinäseoskasvusto
6	Timotei 1 + puna-apila	Timotei (Tuure) - puna-apila (Saija)	seoskasvusto
7	Timotei 2 + puna-apila	Timotei (Bor0602) - puna-apila (Saija)	seoskasvusto
8	Timotei 1 + alsikeapila	Timotei (Tuure) - alsikeapila (Frida)	seoskasvusto
9	Timotei 2 + alsikeapila	Timotei (Bor0602) - alsikeapila (Frida)	seoskasvusto
10	Timotei 1 + sinimailanen	Timotei (Tuure) - sinimailanen (Nexus)	seoskasvusto
11	Timotei 2 + sinimailanen	Timotei (Bor0602) - sinimailanen (Nexus)	seoskasvusto

Koeasetelma muodostui osa-osaruutukokeesta, jossa eri laji- ja lajikeominaisuuksien lisäksi tarkasteltiin 2. niiton ja 3. niiton sekä tallauksen vaikutusta kasvustoihin.

Osaruutukokeessa eri tavoin käsiteltyjä koeruutuja satunnaistettiin peltokokeelle ryhminä, jotta käsittelyjen, eli niittojen ja tallauksen, suorittaminen helpottuisi.

Kokeella osatekijänä oli niin kutsuttuja tallattuja ja tallaamattomia ruutuja, joista jälkimmäisiä käsiteltiin kasvukauden aikana raskaalla kalustolla yli ajamalla korjuun ja lannoituksen yhteydessä. Tässä opinnäytetyössä erilaisia käsittelyjä ei juurikaan ole eritelty tuloksia tarkastellessa, vaan tarkastelu rajattiin ainoastaan eri koejäseniin.

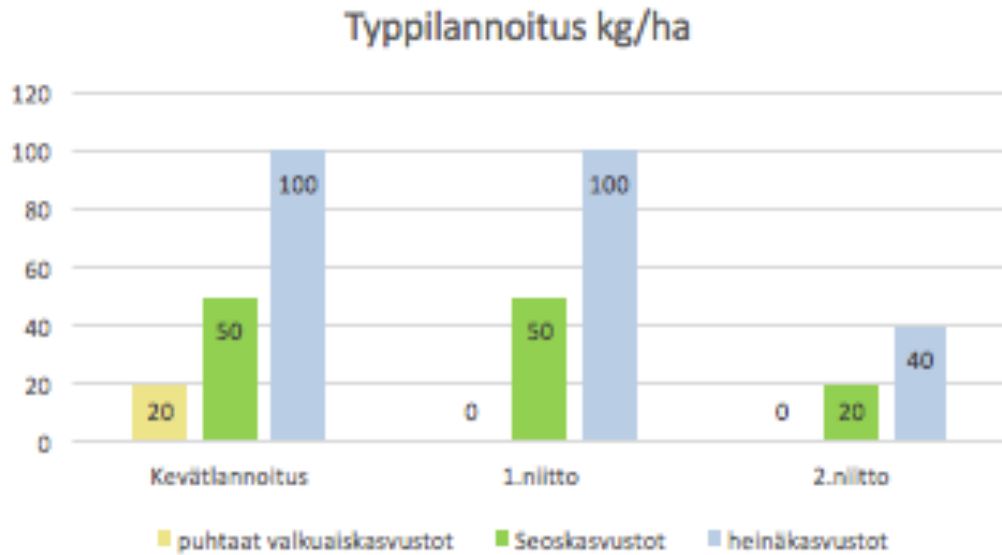
Koeruudut kylvettiin ja lannoitettiin kooltaan 10 metrin * 1,5 metrin kokoisena, mutta niittoja varten ruudut rajattiin niitettäväksi kooltaan 8 metrin * 1,5 metrin suuruisiksi, jotta kylvöjen ja niittojen ajoittamisen aiheuttamat epätasaisuudet olisivat

mahdollisimman vähäisiä ja täten aineisto olisi mahdollisimman tasalaatuinen. Aineiston luotettavuuden varmistamiseksi koeruudut jaettiin kolmeen kerranteeseen, joiden välille jätettiin suojakaistat muun muassa helpottamaan viljelytoimien suorittamista kokeella ja vähentämään mahdollisesti eri käsittelyjen aiheuttamaa reunavai-
kutusta.

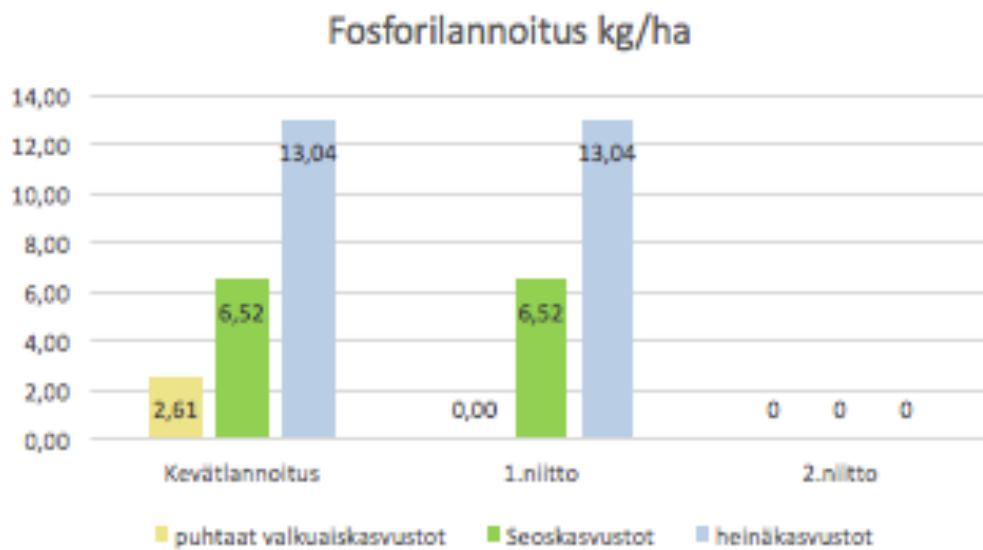
8.2 Lannoitus

Koejäsenet saivat erilaisia määriä lannoitteita kasvilajin ja niiden lannoitusvaatimusten perusteella ja lannoitus suunniteltiin typen määrän suhteen. Puhtaille heinäkasvustoille ja timotei-nurminata heinäseoskasvustolle lannoitusta annettiin kasvukaudella eniten (240 kg/N/ha/v) ja puhtaille valkuaiskasveille vähiten (20 kg/N/ha/v). Seoskasvustojen lannoitusmäärä oli näiden lannoitusmäärien väliltä (120 kg/N/ha/v). Lannoitusmäärät olivat lopulta kahden ja kolmen niiton ruuduille samat, vaikka alun perin kahden niiton ruuduille ei oltu suunniteltu kolmatta lannoituskertaa.

Erilaisille kasvustoille tarkoitetut lannoitteet punnittiin keväällä valmiiksi muovipusseihin odottamaan eri lannoituskertojen ajankohtia. Kevään starttilannoituksen lisäksi lannoitukset suoritettiin pitkälti 1. ja 2. niiton yhteydessä. Suurimmat lannoitusmäärät annettiin kahden ensimmäisen lannoituskerran aikana. Jokainen lannoituskerta suoritettiin käsin, sillä oikeiden lannoitusmäärien kohdistaminen satunnaisesti sijoitetuille koeruuduille oli käsin helpointa. Käsin lannoitteita levittäessä oli kiinnitettävä huomiota, että lannoite levittyisi koeruudulle tasaisesti.



Kuvio 1. Typen lannoitusmäärät kasvustotyypeittäin



Kuvio 2. Fosforin lannoitusmäärät kasvustotyypeittäin

Lannoitteena käytettiin kevätlannoituksessa ja 1. niiton jälkeen tehtävässä lannoituksessa Yara Mila Y3 –lannoitetta, jossa on typpeä 23 %, fosforia 3 % ja kaliumia 8 %.

Kolmannella lannoituskerralla 2. niiton jälkeen lannoitteena käytettiin Suomensalpietaria, jossa ravinteena oli vain typpeä 26,8 %. Fosforia ja kaliumia Suomensalpietariassa oli 0%.

Kevään starttilannoitus annettiin kasvukauden alussa 10.5.2017 kaikille koejäsenille. Keväällä typpilannoitukseksi tavoiteltiin heinäkasvustoille 100 kg/ha, seoskasvustoille 50 kg/ha ja puhtaille valkuaisnurmikasvustoille 20 kg/ha. Kevätlannoituksessa fosforin määrä oli heinäkasvustoille vastaavasti suurin 14,04 kg/ha. Seoskasvustoille annettun fosforin määrä oli 6,52 kg/ha ja puhtaille valkuaiskasvustoille 2,61 kg/ha. Heti ensimmäisen niiton jälkeen kesäkuun lopulla suoritettussa toisessa lannoituksessa heinäkasvustojen ja seoskasvustojen lannoitusmäärät pidettiin samoissa kuin keväällä. Lannoitteena käytettiin yhä Yara Mila Y3-lannoitetta. Puhtaat valkuaisnurmikasvustot jätettiin tällöin kokonaan lannoittamatta.

Puhtaiden heinäkasvustojen ja seoskasvustojen viimeinen eli kolmas lannoitus, tehtiin kolmen niiton ruuduille toisen niiton jälkeen. Myös kahden korjuun strategian ruutujen lannoitusmäärät olivat kokonaisuudessaan samat kuin kolmen niiton ruuduilla, joten viimeinen, kolmas lannoitus suoritettiin aiemmin, noin pari viikkoa ennen toista niittoa. Lannoitemääriä oli viimeisessä lannoituksessa vähäisempi kuin aiemmissa, sillä kolmannelta niitolta tavoiteltavat satomäärät eivät ole enää yhtä suuria kuin kahdessa ensimmäisessä niitossa. Heinäkasvustoille tavoiteltiin tällöin 40 kg/ha typpilannoitusta ja seoskasvustoille 20 kg/ha typpilannoitusta Suomen salpietaria käyttämällä. Fosforilannoitusta ei viimeisessä lannoituksessa annettu millekään kasvustolle. Puhtaat valkuaisnurmikasvustot jätettiin tällöin toistamiseen kokonaan lannoittamatta sekä typen että fosforin suhteen.

8.3 Kasvukauden aikana tehdyt havainnot ja mittaukset

Havaintoja tehtiin kasvukauden aikana yksitellen jokaiselta koeruudulta. Mittausten yhteydessä kirjattiin ylös, mikäli koeruudulla oli havaittavissa jotakin poikkeavaa, kuten rikkakasveja, ravinnepuutoksia tai tauteja, millä olisi voinut olla merkitystä koetulosten kannalta.

Kasvukauden alussa keskityttiin tarkkailemaan eri koejäsenten kasvuunlähtöä. Havaintoja tehtiin ensin kasvustojen talvehtimisen onnistumisesta silmämääräisesti arvioimalla. Toukokuun lopulla koeruuduilta kirjattiin ylös arvio siitä, kuinka suuri prosenttiosuus kasvustosta oli kärsinyt talvituhoista. Kasvuunlähtöä tutkittiin myös lehtialaindeksi eli LAI-mittauksilla, joita suoritettiin LAI 2000-mittarilla. Lehtialaindeksi kuvaa kasvuston lehtialan suhdetta sen peittämään maa-alaan (Mäkelä & Seppänen 2012, 39).



Kuvio 3. Kasvustojen tilanne 2.6.2017. Sinimailaskasvustot (oikealla) erottuvat muista koejäsenistä selvästi.

Kasvukauden aikana kasvustosta otettiin pituusmittauksia. Ensimmäiset pituusmittaukset suoritettiin kesäkuun alusta lähtien ja mittauksia jatkettiin lähes viikoittain.

Pituusmittaukset otettiin kasvia pystysuunnassa suoristaen maanpinnasta kasvin leh-
tien kärkeen asti. Puhtaissa kasvustoissa pituusmittaus tehtiin kolmesta kasvusta.
Seoskasvustoissa mittoja otettiin puolestaan kuusi kappaletta, jolloin sekä heinä- että
palkokasvista saatiin kolme mittaustulosta.

Ennen kasvuston niittoa suoritettavia mittauksia ja havaintoja tehtiin 1-3 päivää en-
nen kasvuston niittämistä. Kasvustosta tehtiin tuolloin aiempien kasvuunlähtömit-
tauksen kaltaiset pituusmittaukset, LAI-mittaukset sekä lakohavainnot. Laossa olevan
kasvuston määrä arvioitiin silmämääräisesti määrittämällä laossa olevan kasvuston
prosenttiosuus koko kasvustosta. Lisäksi juuri ennen niittoa tai niitetystä kasvustosta
määritettiin kasvuasteet. Heinäkasveista määritettiin keskimääräinen kehitysaste Si-
mon & Park –menetelmän avulla (Simon & Park 1981, 416). Nurmipalkokasvien kehi-
tysasteen määrittämiseen sovellettiin Yhdysvalloissa kehitettyä sinimailasen kehitysas-
temääritelmää (Fick & Mueller 1989, 6-7).

8.4 Koeruutujen niitto

Koeruudut jaettiin niittomäärän perusteella kahden ja kolmen niittokerran ruutuihin,
joissa niittoajankohdat luonnollisesti poikkesivat toisistaan. Kolmen ruudun niitoilla
niittotahdin suunniteltiin olevan hieman kahden niiton ruutuja nopeampi. Kolmen
niiton ruuduilla ensimmäiseksi niittoajankohdaksi tavoiteltiin hetkeä, jolloin timotei
on pääosin kehitysasteeltaan noin 45. Tässä vaiheessa timoteilla on tuppi turvoksissa,
jolloin sen tähkä on tuloillaan korkealla kasvin varressa lippulehden tuntumassa. Kol-
men niiton ruutujen ensimmäinen niitto suoritettiin 23.6.2017. Osittain sateisista
olosuhteista johtuen niittoajankohta jäi ensimmäisen niiton osalta hieman tavoitel-
tua myöhäisemmäksi, sillä suurin osa kasvustosta oli niittohetkellä kehitysasteeltaan
jo 58 kehitysasteen tuntumassa. Tällöin timotein tähkä on jo kokonaan näkyvillä.
Myöhästyvällä niitolla voi olla merkitystä rehun sulavuuden heikkenemisen osalta.
Toisen niiton ajankohta kolmen niiton ruuduilla kaavailtiin ja suoritettiin viiden viikon
kuluttua ensimmäisestä niitosta ja kolmannen niiton ajankohta 6-7 viikkoa toisesta
niitosta.

Kahden niiton ruuduilla ensimmäisen niiton ajankohtana kehitysaste sai suunnitellusti olla hieman pidemmällä kuin kolmen niiton ruuduilla. Tavoitteena oli tehdä ensimmäinen niitto, kun timotein kehitysaste on 52-56, jolloin 1/4-3/4 timotein tärkystä on esillä. Myös toisen niiton osalta tavoitellusta kehitysasteesta hieman myöhästettiin, sillä kehitysasteet olivat hyvin samantapaisia kuin kolmen niiton ruutujen ensimmäisessä niitossa, kun ensimmäinen niitto suoritettiin 28.6.2017. Toisen niiton ajankohta laskelmoitiin 6-7 viikon päähän ensimmäisestä niitosta.

Niittotoimenpiteet aloitettiin niittämällä suojakasvusto koeruutujen ympäriltä ja samalla lyhentämällä koeruudut haluttuun 1,5 m * 8 m kokoon. Koeruudut niitettiin yksi kerrallaan, jolloin niittokone punnitsi ja ilmoitti koeruudulta niitettävän sadon painon koneen kuljettajalle. Niitetty kasvusto kipattiin koeruudun viereen, josta pyrittiin ottamaan saman päivän tai viimeistään seuraavan päivän aikana reilun kokoinen niitonäyte muovipussiin sadosta tehtäviä analyysejä varten. Muovipussit merkattiin numeroilla, jotka merkittiin myös kenttäkarttaan, jotta pysyttiin selvillä, mistä koeruudulta näyte on peräisin.

8.5 Näytteiden käsittely

Ruuduilta otetut niitonäytteet vietiin kylmiöön odottamaan näytteiden käsittelyä. Tuoreet niitonäytteet haluttiin saada käsitellyiksi kolmen päivän kuluessa niitosta, joten vähitellen osa näytteistä jouduttiin laittamaan pakastimeen odottamaan botaanista käsittelyä ajanpuutteen vuoksi. Pakastamisella pyrittiin ehkäisemään sitä, ettei näytteet ehtisi muuttua eri käsittelyaikojen vuoksi.

Koeruuduilta kerätyistä niitonäytteestä silputtiin ja punnittiin kemiallisia näytteitä varten kaksi 100 gramman näytettä. Kemialliset analyysinäytteet käsiteltiin jo ennen pakastamista, sillä mitä pidemmän aikaa näytteet joutuvat korjuun jälkeen käsittelyä odottamaan, sitä suurempi on todennäköisesti riski näytteiden ominaisuuksien muuttumiselle erityisesti typen ja sokereiden osalta. Kahdella näytekappaleella varmistettiin kokeen onnistumista ja luotettavuutta. Näytteet numeroitiin ruutunumeron mukaisesti lapuilla ja laitettiin kuivumaan omissa astioissaan 60 asteen lämpötilaan vähintään 24 tunnin ajaksi. Näytteet punnittiin uudelleen kuivauksen jälkeen.

Kuivauksen jälkeinen näytteen paino kertoi sadon kuiva-ainemäärän. Näytteet pakattiin koejäsenen tiedoilla merkittyihin paperipusseihin, joista näytteet lähetettiin Seilab Oy:lle ravinneanalyysia varten.

Kemiallisten näytteiden lisäksi niitetystä kasvustosta otettiin erilleen 1-2 kg kokoinen näyte, josta lajiteltiin eli botanisoiitiin erilleen viljellyt nurmipalkokasvit, heinäkasvit, kuolleet osat sekä heinämäiset ja yrittämäiset rikat. Erottelun avulla saatiin tietoa kasvuston lajisuhteista. Eri jakeet punnittiin ja laitettiin myös kuivauskaappiin +60 asteen lämpötilaan vähintään vuorokauden ajaksi. Myös botanisoidut näytteet punnittiin uudelleen kuivauksen jälkeen, jotta satojen lajisuhteista voitiin tehdä luotettavia vertailuja.



Kuvio 4. Näytteiden botanisointia

8.6 Koejäsenten sadon ominaisuuksien perusteella tehdyt laskut

8.6.1 Laskennan lähtökohdat

Nurmisatojen eroja vertailtiin pitkälti koejäsenille keskiarvoisia lukuja laskemalla, jotta saatiin yksittäisten ruutujen vaihtelut tasoitettua yleisluontoiseksi koejäsenen tulokseksi. Jokaisesta ruudusta laskettiin niitoittain erikseen kuiva-ainesatotasot, ravinnetaseet ja hyötysuhteet, joista saatiin laskettua jokaiselle koejäsenelle keskimääräiset arvot.

Kuiva-ainesadoissa, ravinnetase- ja hyötysuhdelaskuissa oli siis mukana kaikki ruudut, jolloin mukana oli myös tallattuja, tallaamattomia sekä 2. ja 3. korjuun strategialla niitetyjä ruutuja. Tulosten tarkastelu fokusoidaan kuitenkin koejäsenten tarkasteluun. Laskennoissa jouduttiin hylkäämään niittojen tuloksista kolme kappaletta, sillä näytteiden tiedot puuttuivat tai olivat selkeästi muuten kelpaamattomia. Hylätyissä tuloksissa oli kaksi kappaletta pohjoisen tyyppin timotein ja puna-apilan kahden korjuun strategialla niitetyjen seosruutujen ensimmäiset niitot. Kolmas hylätty niittotulos oli eteläisen tyyppin timotein ja puna-apilan seoksen kolmannen niittokerran tulos. Tällä voi olla hieman vaikutusta koetuloksiin kyseisten koejäsenten osalta.

8.6.2 Kuiva-ainesadon laskeminen

Niittokoneella koeruudulta punnitun sadon painosta laskettiin ensin yhden neliön satotaso vastaava paino. Yhdeltä neliöltä saatavasta sadon painosta pystyttiin kertomaan hehtaarin alaa vastaava satotaso. Kuiva-ainesatotasot selvitettiin yhä kertomalla niitetyn märkäsadon määrä kuiva-aineprosentilla, joka määritettiin heti niiton yhteydessä otetusta näytteestä.

8.6.3 Ravinnetaseiden ja hyötysuhteiden laskeminen

Ravinnetaseet ja hyötysuhteet laskettiin ympäristönäkökulmien kannalta olennaisimpien ravinteiden, typen ja fosforin, osalta. Ravinnetaseet laskettiin yksinkertaisella peltotaseen mallilla, jossa vähennettiin lannoitteiden mukana peltoon tuoduista ravinteista sadon mukana poistuneet ravinteet. Hyötysuhteet puolestaan saatiin jakamalla rehun myötä poistuneet ravinteet lannoitteen sisältämän ravinteen määrällä. Prosenttiosuutena hyötysuhde saadaan kertomalla tulos luvulla 100.

Ravinnetaseet laskettiin ensin jokaiselle koeruudun niittokerralle erikseen, josta saatiin niittojen ravinnetasetulokset summaamalla ruudun kasvukauden ravinnetasetulokseksi. Myös hyötysuhteet laskettiin ruuduittain. Näistä tuloksista laskettiin jokaiselle koejäsenelle keskimääräinen ravinnetase ja hyötysuhde koejäsenten keskinäistä vertailua varten.

Laskuissa ei huomioitu muita pellossa tapahtuvia ravinnevirtoja, kuten ravinteiden kulkeutumista tai haihtumista. Laskennassa ei myöskään huomioitu siementen myötä peltoon tulevia ravinteita tai kasvien biomassan, kuten juurten, mukana maahan jääviä ravinteita. Rajaus tehtiin kattamaan vain lannoitteiden mukana tuomat ravinteet ja sadon kautta poistuvat ravinteet, jottei opinnäytetyössä tehdyt laskut olisivat laajentuneet liian työläiksi ja vaativiksi.

8.6.4 Ravinnetaseiden laskeminen typen suhteen

Rehun sisältämä typpipitoisuus laskettiin rehun raakavalkuaispitoisuudesta, sillä 100g raakavalkuaista sisältää 16g typpeä. Tällöin sadon typpimäärä saadaan jakamalla raakavalkuaisen määrä luvulla 6,25. (Ravinnetaseet n.d) Sadon mukana poistuvan typen määrä laskettiin hehtaarisolulle, sillä ravinnemääriä peltomittakaavassa käsiteltäessä se on usein käytettävä muoto. Hehtaarilta poistuvan rehun sisältämän typen määrää laskettaessa tarvittiin tieto kuiva-ainesadon määrästä hehtaarilla.

$$100g / 16g = 6,25$$

jolloin

$$\text{typpimäärä} = \text{raakavalkuainen} / 6,25$$

Kuvio 5. Typen määrän laskentakaava

Peltomittakaavassa ravinnetaseen suuruuteen typen osalta vaikuttaa olennaisesti se, kuinka suuri kuiva-ainesato pellolta saadaan sekä kuinka suuri on sadon valkuaispitoisuus. Suuri kuiva-ainesato ja rehun korkea valkuaispitoisuus nostavat pellolta poistuvan typen määrää, joka myös vaikuttaa laskevasti ravinnetasetulokseen.

Taulukko 2. Typen ravinnetaseen esimerkkilaskentamalli yhden niiton osalta

Ruutu ja koejäsen:	30	Timotei 1 + pa
Niitto:	1	
Ravinteiden lisäys:	50	kg/ha N
Ravinteiden poisto		
Satotaso kg/ha:	40083,33	Niiton 1 satotaso
Kuiva-aine%:	21,55	
Kuiva-ainesato kg/ka/ha:	8637,95762	kuiva-aine%/100*satotaso
Raakavalkuainen g/kg ka:	94	rehunäytteestä
Raakavalkuais%:	9,4	
Sadon typpipitoisuus %:	1,504	raakavalkuais%/6,25
Sadon typpimäärä kg/ha	129,914883	sadon typpipitoisuus%/100*kuiva-ainesato
Ravinnetase:	-79,914883	=ravinteiden lisäys - sadon typpimäärä

8.6.5 Ravinnetaseiden laskeminen fosforin suhteen

Fosforin suhteen ravinnetaseiden laskeminen oli typen laskentaan verrattuna yksinkertaisempaa, sillä rehun fosforimäärä saatiin suoraan rehun ravinneanalyysistä. Pellolta poistuvan fosforin määrä kerrottiin yhä hehtaaritason luvuksi samalla tavoin kuin typen ravinnetaseita laskettaessa.

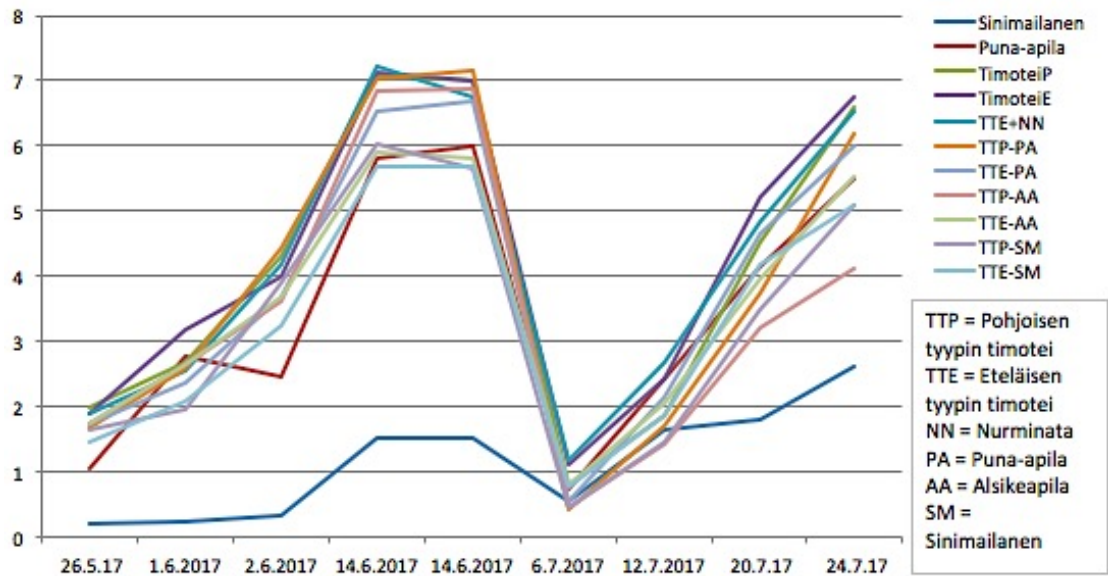
Taulukko 3. Fosforin ravinnetaseen esimerkkilaskentamalli yhden niiton osalta

Ruutu ja koejäsen:	30	timotei 1 + pa
Niitto:	1	
Ravinteiden lisäys:	6,52	kg/ha/P
Kuiva-ainesato kg/ha:	8637,95762	
Ravinteiden poisto		
Rehun fosforipitoisuus:	2,3	g/kg/ka rehunäytteestä
Sadon fosforimäärä g:	19867,3025	=kuiva-ainesato*rehun fosforipitoisuus
kg	19,8673025	
Ravinnetase P:	-13,347303	=ravinteiden lisäys - sadon fosforimäärä

9 Tulokset

9.1 Kasvuunlähtö

Varhaisessa vaiheessa kevättä oli huomattavaa, että sinimailasta sisältävät koeruudut näyttivät hyvin paljailta hitaasta kasvuunlähdöstä ja heikosta talvehtimisestä johtuen. Lopulta toukokuun puolivälissä sinimailasruudut saivat talvituhoarvioiksi poikkeuksetta 100%, sillä sinimailasia ei tällöin ruuduilta löytynyt muutamaa sinimailaseksi epäiltyä yksilöä lukuun ottamatta. Toukokuun lopulla muutamia sinimailasia oli jo mahdollista erottaa helposti silmämääräisesti koeruuduilta. Kasvuunlähtö oli kuitenkin sinimailasten osalta heikkoa, ja kasvusto jäikin merkittävästi muista koejäsenistä jälkeen myös LAI-mittausten tulosten perusteella (ks. Kuvio 5).



Kuvio 6. Lehtialaindeksi (LAI) kasvuunlähdössä (Kekkonen 2017)

Myös muiden nurmipalkokasvien, toisin sanoen apiloiden kohdalla varhain keväällä tehdyissä talvehtimishavainnoissa arvioidut talvituhoasteet olivat korkeampia kuin heinälajeilla. Pelkkiä heinälajeja sisältävillä ruuduilla kasvuston talvituhoiksi arvioitu korkein arvo oli 40 %, joka annettiin vain yhdelle ruuduista. Nurmipalkokasveja sisältävistä ruuduista arvon 40 % tai yli sai jopa 69 ruutua, mikä tarkoittaa 88 % osuutta nurmipalkokasveja sisältävistä ruuduista.

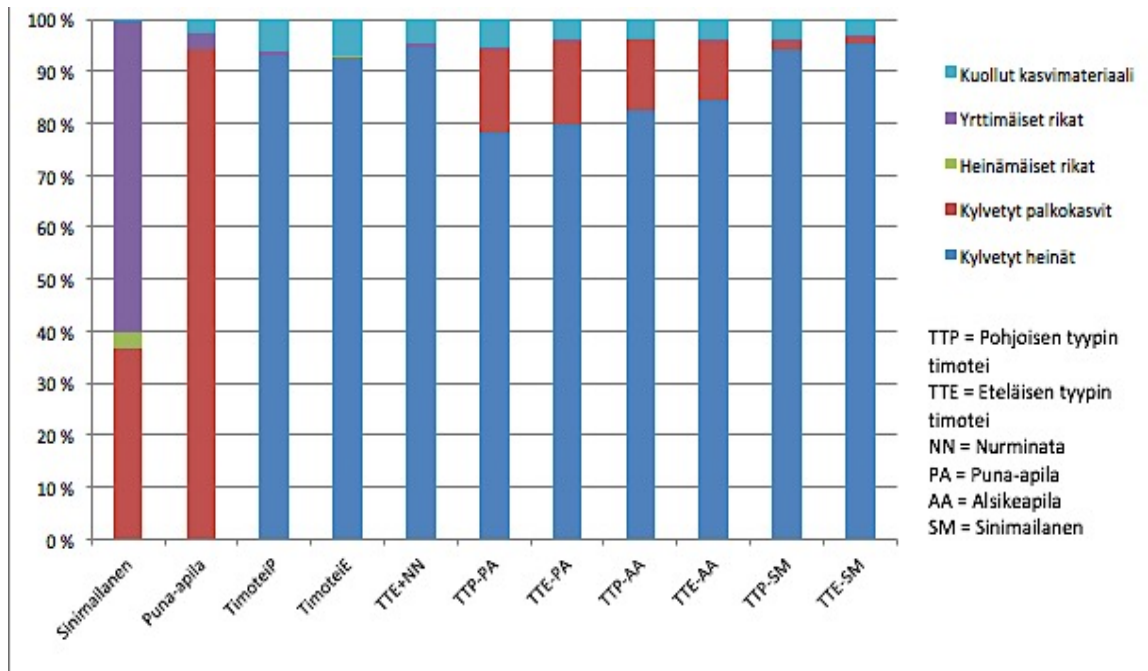
9.2 Lajisuhteet

Kasvukauden aikana harvalta näyttäneet kasvustot tasaantuivat hieman ja alkukevään aikana havaittuja tyhjiä paikkoja oli harvemmassa. Harvoin kasvustoihin ilmestyi kuitenkin tiheitä kasvustoja helpommin rikkakasveja, joita oli reilusti muun muassa juuri puhtaiden sinimailaskasvustojen koeruuduilla. Lajiteltujen näytteiden punnituksista havaittiin, että yli puolet sinimailasen kasvustosta koostui yrttimäisistä rikkaruohoista (ks. kuviot 5 & 4). Yrttimäiset rikkaruohot olivat lähinnä peltosauniota ja voikukkaa, mikä kuvaa osaltaan myös lohkon rikkasiemenpankin tilannetta.



Kuvio 7. Sinimailanen on jäämässä peltosaunion varjoon koeruudulla. Sinimailasta sisältävän koeruudun tilanne 19.6.2017

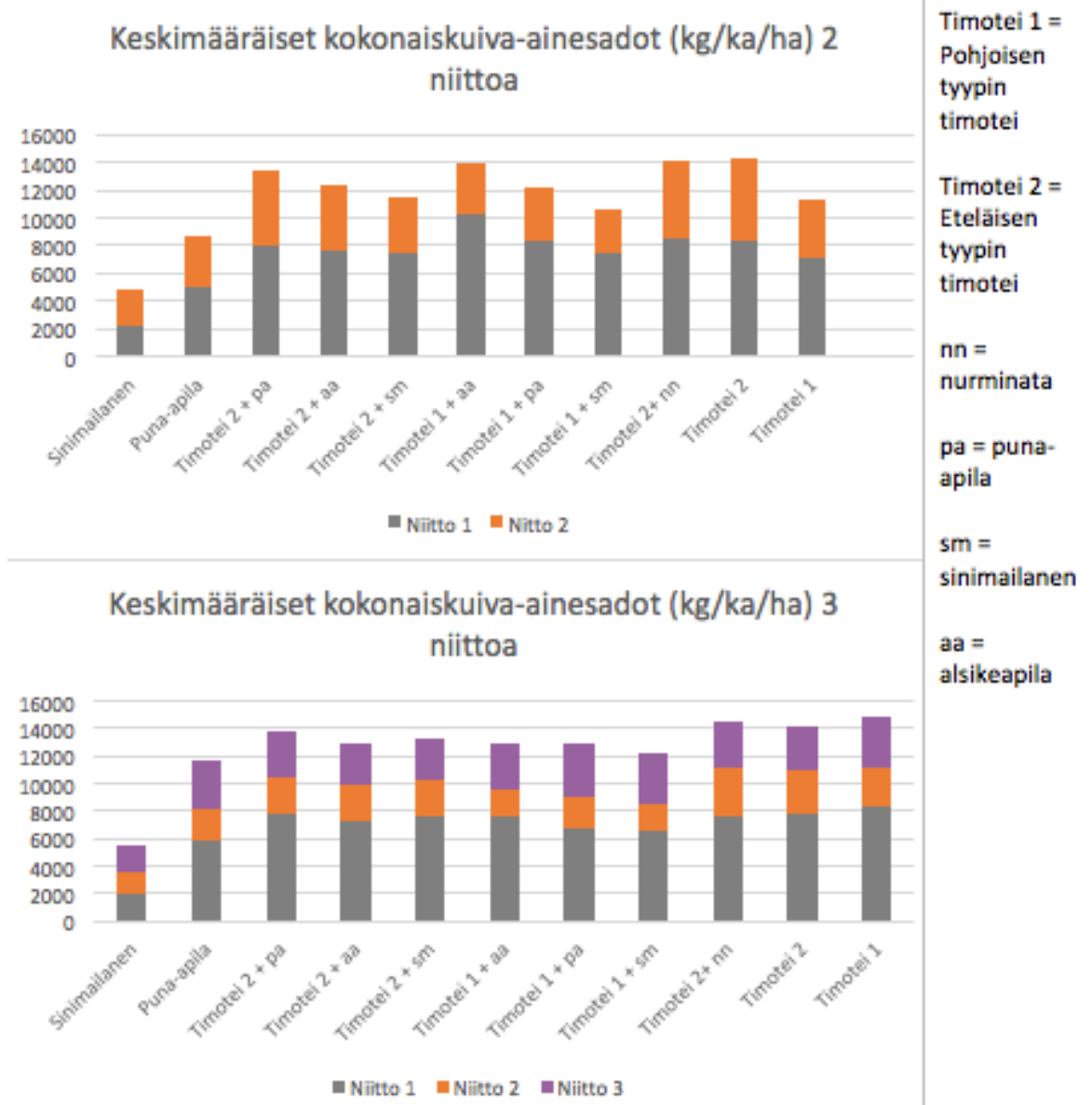
Botaanisen lajittelun tulosten perusteella sinimailasia oli niitetyissä seoskasvustoissa hyvin vähän. Sinimaisen osuus seosten kokonaiskasvustoista oli alle viisi prosenttia. Puolestaan puna- ja alsikeapilan osuudet seoskasvustoissa olivat hieman suurempia, noin 10-16 % luokkaa, mutta nurmiheinälajien osuus oli selkeästi jokaisessa seoskasvustossa tavoitellusti vallitseva (ks. Kuvio 7).



Kuvio 8. Pylväsdiagrammi botanisoiduista sadoista (Kekkonen 2017.)

9.3 Kuiva-ainesato

Selkeästi heikoimmat keskimääräiset kuiva-ainesadot tuottivat puhtaan sinimailasen kasvustot. Kasvustot jäivät ainoana koejäsenenä kokonaiskuiva-ainesatotasoiinsa selkeästi alle 6 000 kg hehtaarisadon. Puhtaiden puna-apila kasvustojen keskimääräiset kuiva-ainesadot jäivät koejäsenistä toiseksi alhaisimmiksi, sillä kahden niiton strategialla kuiva-ainesadoiksi saatiin noin 8 600 kg/ha ja kolmen niiton strategialla noin 11 800 kg/ha. Korkeimpia satotasoja saatiin heinäkasvustoista, josta suurin satotaso saatiin niukasti kahden niiton strategiassa eteläisen tyyppin timotein puhdaskasvustosta, jossa kuiva-ainesadoksi saatiin noin 14 200 kg/ha. Pohjoisen tyyppin timotei sai puolestaan kolmen niiton strategiassa parhaat satotasot arvolla 14 800 kg/ha. Seosten ja puhtaiden heinäkasvustojen välillä satotasot olivat melko kuitenkin melko taseisia erityisesti kolmen niiton ruutujen osalta. (ks. Kuvio 8.)



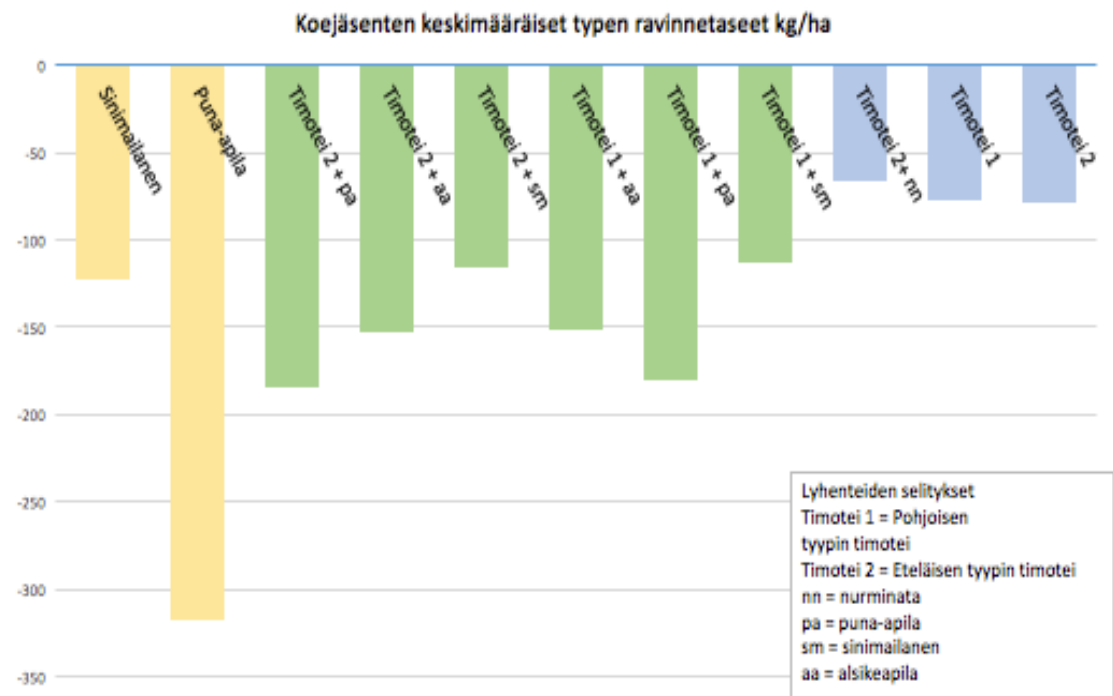
Kuvio 9. Koejäsenten kokonaiskuiva-ainesadot pylväsdiagrammina

9.4 Ravinnetaset

9.4.1 Typen ravinnetase

Kaikilla koejäsenillä typen ravinnetase oli keskimäärin negatiivinen eli typpeä poistui sadon mukana enemmän kuin sitä oltiin ravinteiden mukana annettu. Selkeästi alijäämäisin lukema saatiin puna-apilan osalta, jonka keskimääräinen typpitase oli yli -

300 kg/N/ha. Myös seoksista puna-apilaa sisältävät kasvustot olivat negatiivisilta arvoiltaan suurimpien joukossa. Alsikeapilaa sisältävät seokset jäivät hieman jälkeen puna-apilaa sisältävistä seoksista. Puhtaat heinät ja timotei-nurminata heinäseos jäivät koejäsenistä lähimmäksi nollan tuntumaa, mutta niidenkin osalta arvot olivat selkeästi alijäämäisiä, lähellä -70 kg/N/ha tuntumaa. Sinimailanen ei päässyt puhtaista heinäkasvustoista kauaksi, sillä sinimailasen ravinnetase oli vain hieman puhtaita heinäkasvustojen arvoja matalampi (123,40 kg/N/ha).

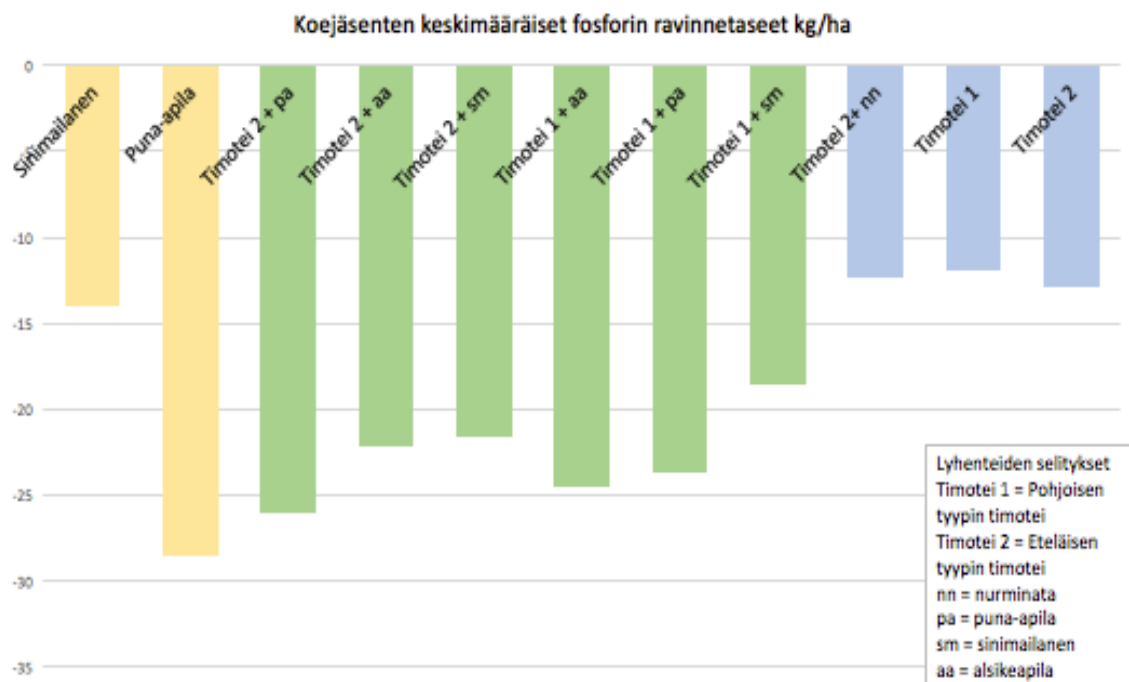


Kuvio 10. Koejäsenten ravinnetaset typen osalta

9.4.2 Fosforin ravinnetase

Fosforin osalta ravinnetaseista saatiin negatiivisia tuloksia jokaisen koejäsenen osalta. Tulokset olivatkin samansuuntaisia kuin typen taseista saadut tulokset, sillä kuvion trendi muistuttaa pääpiirteittäen paljon typen ravinnetaseiden kuviota. (ks. Kuvio 8 ja 9).

Fosforin ravinnetaseissa puna-apila oli koejäsenistä eniten alijäämäinen. Ero puhtaan puna-apilakasvuston (-28,59 kg/P/ha) sekä eteläisen tyyppin timotein ja puna-apilan seoksen (-25,00 kg/P/ha) välillä ei kuitenkaan ole kovin suuri. Ero tyyppien ravinnetaseisiin onkin se, että puhtaan puna-apilan kasvuston fosforin alijäämäinen tulos ei erotu yhtä selkeästi seoskasvustojen tuloksesta kuin tyyppien osalta. (ks. Kuvio 8 ja 9). Heinäkasvustoissa fosforitaseet olivat hieman yli -11 kg/P/ha ja seoskasvustot asettuivat puhtaiden kasvustojen välille -20 kilogramman molemmin puolin. Sinimailasen osalta fosforin ravinnetaseissa jäätin lähelle heinäkasvustojen lukemia, sillä sinimailaselle fosforitaseeksi jäi -14 kg/P/ha.



Kuvio 11. Koejäsenten ravinnetaseet fosforin osalta

9.5 Hyötysuhteet

Hyötysuhteeksi saatiin kaikilla koejäsenillä yli 100 %. Kuten ravinnetaseiden perusteellakin voitiin jo todeta, kasvustot hyödynsivät ravinteita vähintään lannoitteiden

mukana annetun määrän verran. Suurimmat hyötysuhdearvot saivat typen osalta puhtaat puna-apilakasvustot, joiden hyötysuhde oli 1689,0 %. Puna-apilan hyötysuhde oli moninkertaisesti suurempi kuin heinä- tai seoskasvustoilla typen hyötysuhteet olivat. Puhtaat sinimailasen kasvustot saivat keskimääräiseksi tulokseksi 783,9 %, joka oli typen hyötysuhdearvoltaan koejäsenistä toiseksi suurin. Seoskasvustojen typen hyötysuhteet olivat melko tasaisesti 200 %:n molemmin puolin eli seoskasvustojenkin mukana poistunut typpimäärä oli kaksinkertaisesti suurempi kuin lannoitteissa typpeä annettiin. Alhaisimmat arvot saivat typen osalta puhtaat heinäkavustot, joissa eteläisen tyyppin timotei sai arvon 144,5%, eteläisen tyyppin timotein ja nurminadan seoskasvusto arvon 148,5 % sekä pohjoisen tyyppin timotei arvon 142,9%.

Fosforin suhteen hyötysuhteet noudattelivat samankaltaista rakennetta, sillä myös fosforin suhteen puhdas puna-apilakasvusto sai keskimääräiseksi hyötysuhdearvokseen 1195,2 %, joka oli selkeästi koejäsenten vertailussa suurin arvo. Puna-apilaan verrattuna melkein puolta pienemmän hyötysuhdearvon fosforin ravinnetaseissa sai sinimailaskasvusto arvolla 648,3 %. Seoskasvustoissa hyötysuhde asettui pienillä vaihteluilla karkeasti 240-300 %:n tuntumaan. Pienimmän arvon fosforin hyötysuhteen osalta sai eteläisen tyyppin timotein ja nurminadan seos arvolla 148,0 %.

10 Johtopäätökset

Nurmipalkokasvien ja erityisesti sinimailasten kevään kasvunlähdön heikko tilanne saattoi johtua osin vuoden 2016 haasteellisesta ja nurmipalkokasvien viljelyn kannalta ankarasta talvesta, jolloin sademäärä oli harvinaisen korkea. Muuten lämpötiloiltaan lauhan talven keskeytti tammikuun pakkasjakso. (Vuoden 2016 sää, n.d.) Vuonna 2016 lunta oli heikonlaisesti ja koekentän päälle jäätyi jääkerros. Yli 15 cm suojaava lumikerros olisi voinut ehkäistä sinimailasen talvituhon jääpeittoa paremmin (Cosgrove, Cullen, Grau, Renz, Rice, Sheaffer, Shewmaker, Sulc & Undersander 2011, 53). Sato jäi todennäköisesti ainakin sinimailasen osalta tämän vuoksi heikoiksi, vaikka sinimailasesta on saatu joidenkin tutkimusten perusteella runsaitakin satotasoja. Kasvuunlähde oli keväällä hidasta, joten nurmipalkokasvien viljelyn haasteena on siis yhä niiden herkkyys ja talvehtimisvaikeudet.

Sinimailasta sisältävien ruutujen osalta huomattavaa on, että rikkakasvien korkea osuus kokonaiskasvustosta ei anna monelta osin luotettavaa tietoa sinimailasten ominaisuuksista. Esimerkiksi johtopäätöksiä satotasojen ja ravinneanalyysien perusteella ei voida luotettavasti sinimailasen osalta tehdä, sillä rikkakasvien osuudet kasvuston kokonaissadosta ovat suuria. Rikkakasvien suuri määrä osoittaa, että tarpeen vaatiessa sinimaiskasvustoissa olisi todella syytä käyttää täydennyskylvöä ja kasvin-suojeluaineita. Kasvuunlähtö oli keväällä niin hidasta, ettei sinimailaskasvustoille voitu suorittaa puhdistusniittoa, josta voisi kiivaamman kasvuunlähdon yhteydessä olla hyötyä. Viljelyolosuhteissa satoisuuteen oltaisiin voitu vaikuttaa täydennyskylvöllä, mutta kokeessa tämä jätettiin suorittamatta kasvustojen todellisten erojen esilletuomisen vuoksi. Vähiten rikkakasveja niukoilla eroilla oli pohjoisen tyyppin timotein ja puna-apilan seoskasvustoissa.

Puna-apilan suhteen saatiin reilusti negatiivisia ravinnetaseita ja suuria hyötysuhdelukemia. Biologisella typensidonnalla on varmasti ollut vaikutusta, mutta pienet lannoitusmäärät vaikuttavat myös osaltaan tuloksiin, joissa negatiivinen ravinnetase ja korkea hyötysuhde on helpompi saavuttaa. Kiinnostavaa kuitenkin on, ettei sinimailaskasvustojen ravinnetaseet olleet läheskään yhtä negatiivisia kuin puna-apilan ravinnetaseet, vaikka lannoitus oli näillä koejäsenillä saman suuruinen. Tämä selittyy osittain sillä, että sinimailaskasvustoissa satotasot olivat heikommat, mutta myös rikkakasvit olivat kasvustoissa suhteellisesti vallitsevina. Tällöin biologisen typensidonnan tehoa ollut samoissa määrin kuin puna-apilan kasvustoissa.

Satotasojen perusteella seoskasvustot eivät kuitenkaan jääneet olennaisesti jälkeen puhtaista heinäkasvustoista, joten lannoitus todennäköisesti korvaantuu ainakin osittain biologisen typensidonnan myötä. Täytyy huomioida, että seoskasvustoissa nurmipalkokasvien määrät jäivät heikosta talvehtimisestä johtuen vähäisiksi, joten varmasti potentiaalia suurempaan biologisen typensidonnan hyötyyn on olemassa.

Seoskasvustojen satotasot saavutettiin puolet pienemmällä typen lannoitusmäärällä kuin heinäkasvustojen, joten ympäristön kannalta erityisesti seoskasvustot vaikuttavat ekologiselta vaihtoehdolta nurmien viljelykiertoon. Seoskasvustot ovat satotasojen ja lannoituksen vähentämisen myötä potentiaalisia ympäristön ja viljelijän näkökulmasta. Vähäisessä lannoituksessa taloudellisena ja ympäristön kannalta etuna

on, että ravinteiden hävikkiä myös haihtumalla ja huuhtoutumalla syntyy todennäköisesti vähemmän sekä lannoitteiden käytöstä aiheutuvia päästöjä voitaisiin pitkällä aikatahtaimella vähentää.

Satotasojen osalta tavoiteltavana voidaan pitää 6000 kg/ka/ha satotasoja, joka olisi suositeltava taso kannattavuutta tarkastellessa (Säilörehunurmi, n.d). Satotasotulokseen päästiin kaikkien koejäsenten osalta lukuun ottamatta puhtaan sinimailasen kasvustoa. Toisaalta satotasojen osalta koetoiminnassa saatetaan päästä jonkin verran normaaleja viljelyolosuhteita korkeampiin satotasotuloksiin, sillä olosuhteet yritetään pitää optimaalisina ja tasaisina. Seoskasvustojen satotasoja oltaisiin voitu saada kasvatettua hieman suuremmilla lannoitusmäärillä tai nurmipalkokasviosuukilla. Toisaalta lannoitusmäärän lisääminen olisi voinut vaikuttaa ravinnetaseiden tuloosiin ja nurmipalkokasvien määrään epäedullisesti.

11 Pohdinta

Palkokasvien viljely on usein koettu kannattamattomammaksi verrattuna muihin peltokasveihin (Stoddard, Puhakainen, Lindström, Vanhatalo, 89). Toisaalta ei-rahallisia hyötyjä, kuten vaikutuksia maaperään tai suljettua ravinnekiertoa, ei liene osattu myöskään arvottaa tarpeeksi. Nurmipalkokasvit tekevät teollisten väkilannoitteiden kaltaista typensidontaa käyttämällä energiakseen auringosta saatavaa valoenergiaa, joten ne ovat hyvä lisä ja vaihtoehto viljelykierron monipuolistamiseksi. Valkuaiskasvien viljelyn onnistumisessa avainasemassa on myös oikeanlaiset viljelytoimet.

Väkilannoitteiden valmistuksesta aiheutuvat epäsuorat ympäristökuormitukset eivät välttämättä pelkästään motivoi viljelijöitä valitsemaan viljelykseen typensidontaan kykeneviä lajeja. Viljelijän tarkastelussa on usein tärkeässä roolissa taloudelliset seikat, kuten satotasot, tukipolitiikka tai lannoitteiden hinnat, joiden perusteella viljeltävät lajit pitkälti valitaan. Avainasemassa nurmipalkokasvien viljelyn lisääntymisen kannalta on varmasti myös tulevaisuuden kasvinjalostus, sillä nykyisiä lajikkeita yhä leimaa niiden viljelyn epävarmuus.

Nurmipalkokasvien negatiiviset ravinnetaset olivat pitkälti odotettavissa aiemman tutkimustiedon perusteella. Vaikka nollan tuntumassa olevia ravinnetaseita pidetään

viljelyssä yleisesti suositeltavana, ei tavoitetta voida asettaa samaksi nurmipalkokasveille biologisen typensidonnan vuoksi, mikäli tavoitteena on saada ympäristöhyötyjä väkilannoitteiden vähentämisen muodossa. Optimaalista ravinnetasetulosta on nurmipalkokasvien viljelyn myötä sitoutuvan typen vuoksi haastavaa määrittää. Erityisesti kokeen heinä-apilaseoksista saatiin satotasojen puolesta hyviä tuloksia ja samanaikaisesti merkittävästi negatiivisia ravinnetasetuloja, joten ympäristöhyötyjä voidaan saavuttaa väkilannoitteiden käytön vähentämisen ja monimuotoisuuden lisäämisen myötä. Puna-apilan alijäämäinen ravinnetasetulos oli muista koejäsenistä poikkeava ja viitaisi onnistuneeseen typensidontaan, jonka myötä olisi mahdollista saavuttaa heinäkiertoja suljetumpi ravinnekierto. Hieman yllättävää oli kuitenkin aikaisempien tutkimusten varjolla se, että myös heinälajien ravinnetaset olivat myös selkeästi negatiivisen puolella. Negatiivisten ravinnetasetoiden perusteella nurmien viljely yleisesti kokeen mukaisilla lannoitemäärillä vaikuttaa ympäristön kannalta hyvältä ratkaisulta. Nurmipalkokasvien viljelyn myötä maahan jää tutkimusten mukaan tyyppiä, joka on myös syytä hyödyntää viljelyssä, jotta ominaisuudesta saadaan kaikki hyöty irti. Viljelyn suunnittelu on tärkeää. Nurmipalkokasveja ei myöskään kannata viljellä aivan vesistöjen lähistöillä tai muutoin merkittävästi huuhtoutumiselle herkkillä alueilla, vaan näille alueille soveltuu parhaiten heinäkasvit.

Kokeen luotettava arvioidessa täytyy todeta se, että aineisto on todella suuri ja erilaisina variaatioinaan haasteellinen. Kokeen alussa tehty virhe voi jäädä virheenä kulkemaan kokeen vaiheesta seuraavaan. Nurmipalkokasvien siemeniä ei ympätty kylvön yhteydessä, mikä olisi voinut yhä vaikuttaa ravinnetasetuloksiin. Kahden niiton ruutujen osalta satomääriin ja ravinnetaseteisiin vaikutti varmasti tarkoitettua suurempi lannoitusmäärä, mikä hieman vaikuttaa erityisesti heinä- ja seoskasvustojen ravinnetaseteissa, muttei olennaisesti hetkauta kokonaistuloksiin tai niiden perusteella tehtyihin johtopäätöksiä. Riski kopiointi- tai ajatusvirheille on myös laajaa aineistoa käsiteltäessä suuri. Toisaalta suuressa aineistossa virhe ei välttämättä muuta tulosta merkittävästi suuntaan tai toiseen. Myös käytettävien laitteiden ja koneiden toimiminen halutulla tavalla on olennainen osa tutkimuksen onnistumista. Peltokokeiden luonteeseen liittyy aina kasvuolosuhteiden vaihtelut, jotka voivat tehdä oman vaikutuksensa tuloksiin. Tämän vuoksi toistot ovat tarpeen tämän kaltaisessa peltokoetutkimuksessa.

Opinnäytetyön tulosten tulkinnassa haasteena on se, että rehun ominaisuuksissa monet asiat vaikuttavat toisiinsa. Yhtä ominaisuutta tarkastelemalla voidaan tehdä yksinkertaisia johtopäätöksiä jostakin asiasta, mutta se ei välttämättä laisinkaan kerro koko totuutta rehun laadusta. Opinnäytetyössä keskityttiin nimenomaan yleisimpien ja ympäristönäkökulmista oleellisimpien ravinteiden tarkasteluun ja vertailuun, jolloin muut rehun kannalta tärkeät ominaisuudet, kuten sulavuus, pötsin valkuaisosa tai kuidun määrä, jäivät tarkastelun ulkopuolelle. Aiheen rajaaminen on kuitenkin opinnäytetyön kannalta tärkeää, joten laajempi tarkastelu jätettäkään seuraaviin tutkimuksiin.

Opinnäytetyön tutkimuksen otannassa oli mukana kaikki koejäsenet. Mukana oli myös kasvukauden aikana raskaalla koneyhdistelmällä tallattuja ruutuja, joten lajit, jotka kärsivät eniten tallauksesta, ovat koeasetelmassa heikommassa asemassa. Tällä voisi olla vaikutusta esimerkiksi puna-apilan ja sinimailasen satotasoihin, sillä lajit ovat perinteisesti todettu tallaukselle herkimmiksi. Kekkosen (2017) tekemien satotasovertailujen perusteella TUOVA:n tallatuilla ruuduilta saatiin jopa talleamattomia ruutuja korkeampia satotasoja, joten käsittelyjen vaikutus opinnäytetyön tuloksiin lienee vähäinen.

Antoisaa opinnäytetyötä tehdessä on ollut se, että pääsin kesällä 2017 työskentelemään peltokokeen parissa. Samalla oli mahdollista nähdä konkreettisesti kasvukauden eri vaiheet ja käsittelytoimenpiteet. Tästä onkin ollut myös merkittävästi apua tutkimuksen vaiheita kuvaillessa ja kokeen luotettavuutta pohdittaessa.

Ympäristön ja taloudellisuuden kannalta kiinnostavaa olisi ollut tarkastella myös maaperään jäävien ravinteiden eroavaisuudet koejäsenillä. Selvittämättä opinnäytetyön kokonaisuuden kannalta jäi vielä se, kuinka paljon maaperään jäi kasvukauden jälkeen vielä ravinteita siitä huolimatta, että ravinnetaseiden arvot olivat negatiivisia. Kokonaisvaltaisten ympäristönäkökulmien tarkastelussa ja viljelyn suunnittelemisessa myös maahan jäävillä ravinnemäärillä on olennaisesti merkitystä.

Valkuaisomavaraisuuden nostaminen nurmipalkokasvien viljelyn lisäämisellä voi olla hidasta verrattuna täydennysvalkuaisien käyttöön alhaisemman valkuaispitoisuuden vuoksi. Tulevaisuudessa nurmipalkokasvien puhtaat kasvustot voivat olla aiempaa houkuttelevampia, kun yleistymässä on seosrehuruokinta, jossa erilaisia rehujakeita

yhdistetään syötettäväksi rehuseokseksi (Ilola 2014). Kuitenkin syötetyn nurmirehun ja täten myös nurmen viljelyn määrän ollessa Suomessa suuri, jo pienellä valkuaiskasvien viljelyn määrän nostamisella on väliä sekä ruokinnan, valkuaisomavaraisuuden ja ympäristönäkökulmien suhteen.

Lähteet

- Ahokas, J. & Mikkola H. 2012. Maatalous ja energia. Teoksessa Maailma muuttuu – muuttuuko maatalous? Toim. M. Seppänen. Nurmijärvi: Helsingin yliopisto, 57-67.
- Alakukku, L. 2012. Maatalous ja ympäristökuormitus. Teoksessa Maailma muuttuu – muuttuuko maatalous? Toim. M. Seppänen. Nurmijärvi: Helsingin yliopisto, 71-72.
- Alsikeapila. N.d. Naturcom Oy:n nettisivujen tuote-esittely. Viitattu 5.3.2018. <http://naturcom.fi/tuote/apilat/alsikeapila/>.
- Andersen, T., Borg, P., Kurppa, S., Marttila, J., Palokangas, S., Parkkinen, M., Pyykkönen, R. & Turunen, S. 2010. Huomisen ruoka – Esitys kansalliseksi ruokastrategiaksi. Helsinki: Vammalan kirjapaino Oy, 17.
- Antikainen, R., Homberg, M., Kauppila, J., Kauppila, P., Ketola, T., Korpinen, P., Lepistö, A., Lepistö, I., Pietiläinen, O-P., Pitkänen, H., Rantanen, P., Rekolainen, S., Räike, A., Santala, E., Similä, J., Tamminen, T. & Vuorenmaa, J. 2008. Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila. Toim. O-P Pietiläinen. Suomen ympäristökeskuksen julkaisu. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Aronen, I.P. & Vanhatalo, A.O. 1991. Rapeseed meal as protein supplement for growing cattle: effect on voluntary feed intake and animal performance. Viitattu 8.3.2018. <http://gcirc.org/fileadmin/documents/Proceedings/IRC1991vol5/P2-050.pdf>.
- Clarke, M. & Mikkolainen, P. 2016. Metsät ja maatalous nosteessa Pariisin sopimuksen toimeenpanossa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. Policy Brief 16/2016. Viitattu 18.3.2016. <http://tietokayttoon.fi/documents/1927382/2116852/Mets%C3%A4t+ja+maatalous+nosteessa+Pariisin+sopimuksen+toimeenpanossa/9e6d4c50-4577-4a92-9f4e-61ae010da237?version=1.0>.
- Cosgrove, D., Cullen, E., Grau C., Renz, M., Rice, M. E., Sheaffer, C., Shewmaker, G., Sulc, M. & Undersander D. 2011. Alfalfa Management Guide. Toim L. Al-Amoodi & L. Deith. USA. Viitattu 5.3.2018. <https://www.agronomy.org/files/publications/alfalfa-management-guide.pdf>.
- Dong, Z., Wu, L., Kettlewell, B., Caldwell, C.D. & Layzell, D.B. 2003. Hydrogen fertilization of soils – is this a benefit of legumes in rotation? Plant, Cell & Environment, 26, 11, 1875-1879. Viitattu 9.2.2018. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3040.2003.01103.x/full>.
- EIP-AGRI Focus Group Protein crops. 2014. Final report. European Commission. Luettu 8.9.2017. https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/fg2_protein_crops_final_report_2014_en.pdf.
- Fertilizers. N.d. YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestön data. Viitattu 31.10.2017. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RF>.
- Fick, G.W. & Mueller, S.C. 1989. The stages of alfalfa development. Teoksessa Quality, maturity and mean stage of development. Toim. A. Lucinda. Department of Agronomy, College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, 6-7.

Grönroos, J. 2014. Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämismahdollisuudet ja –kustannukset. Ympäristöministeriön raportteja 26. Helsinki: Ympäristöministeriö. Viitattu 11.1.2018.

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/152766/YMra_26_2014.pdf?sequence=1.

Hakkola, H. 1998. Monivuotisten nurmien kasvilajit ja lajikevalinta. Teoksessa nurmenviljely. Toim. E. Poutanen, E. Kemppainen, H. Seppänen, M. Siitonen, M. Jern & M. Komulainen. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 920. 2. Uud. painos. Kokemäki: Satakunnan Painotuote Oy.

Hakkola, H. 1998. Nurmen perustamisvaiheen lannoitus. Teoksessa nurmenviljely. Toim. E. Poutanen, E. Kemppainen, H. Seppänen, M. Siitonen, M. Jern & M. Komulainen. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 920. 2. Uud. painos. Kokemäki: Satakunnan Painotuote Oy.

Hanski, I., Lindström, J., Niemelä, J., Pietiläinen, H. & Ranta, E. 1998. Ekologia. Juva: WSOY.

Hartikainen, H. 1992. Maatalous ja ympäristönsuojelu. Teoksessa Maa, viljely ja ympäristö. Toim. R. Heinonen. Porvoo: WSOY, 301-334.

Helenius, J. 2012. Kestävyys kasvintuotannossa. Teoksessa peltokasvien tuotanto. Toim. M. Seppänen. Nurmijärvi: Juvenes Print Oy, 168-193.

Huuskonen, A. 2011. Naudanlihantuotanto. Teoksessa Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö. Tieto Tuottamaan –sarjan julkaisu. Toim. R. Aaltonen & S. Peltonen. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 12-13.

Ilola, M. 2014. Rehuteollisuus myllytyksessä. Artikkelit Käytännön Maamiehestä. Viitattu 11.3.2018. <http://kaytannonmaamies.fi/rehuteollisuus-myllytyksessa/>.

Jaakkola, A. 1992. Kasvinravitseminen. Teoksessa Maa, viljely ja ympäristö. Toim. R. Heinonen. Porvoo: WSOY, 173-254.

Jääskeläinen, M. 2015. Maaperän dityppioksidipäästöt ja biologinen typensidonta nurmipalko- ja heinäkasvien seosviljelyssä. Pro Gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos. Viitattu 9.2.2018. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/155835>.

Kaasinen, S. 2010. Ravinnetaseet TEHO-tiloilla. TEHO-hankkeen julkaisu 3/2011. Toim. K. Riiko & M. Yli-Renko. Viitattu 8.3.2018. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94229/TEHO-hankkeen%20raportteja_osa2.pdf?sequence=2.

Kanerva, S., Soenne, H., Hartikainen, H., Palojärvi, A. & Alakukku, L. 2017. Maan käyttökelpoisten ravinnevarojen arviointi vaatii testattua tietoa. Artikkelit Käytännön Maamiehestä. Viitattu 10.3.2018. <http://kaytannonmaamies.fi/share/15537/d56917>.

Karcauskiene, D. & Kinderiene, I. 2016. Assessment of soil erosion processes as influenced by different land-use systems on hilly rolling landscape of Western Lithuania, 103, 4, 339-346. Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry. Viitattu 12.1.2018. http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/wp-content/uploads/2016/11/103_4_str43.pdf.

- Kaukovirta-Norja, A., Leinonen, A., Mokka, M., Wessberg, N. & Niemi, J. 2015. Tiekartta Suomen proteiini-omavaraisuuden parantamiseksi. Teknologian tutkimuskeskus VTT OY:n julkaisu. Toim. M. Mokka. Kuopio: Grano. Viitattu 18.3.2018. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/visions/2015/V6.pdf>.
- Kekkonen, H. 2017. Luonnonvarakeskuksen tutkija. Sähköpostiviesti 17.10.2017. Vastaanottaja M. Moisio. TUOVA-hankkeen aineistoja.
- Kekkonen, H. 2018. Luonnonvarakeskuksen tutkija. Sähköpostiviesti 1.3.2018. Vastaanottaja M. Moisio.
- Kempainen, E., Aniszewski, T. & Miettinen, E. 1991. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kainuussa. Maatalouden tutkimuskeskuksen tiedote 20/91. Viitattu 5.3.2018. http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/441987/maatut20_91.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Keränen. 2013. Vastuullinen soijan hyödyntäminen Suomessa vielä heikkoa. Viitattu 8.3.2017. <https://yle.fi/uutiset/3-6554460>.
- Kleemola, J. & Yli-Halla M. 2009. Ravinteet eri kasvin kehitysvaiheissa. Teoksessa Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan –sarjan julkaisuja. Toim. J. Peltonen & T. Harmoinen. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 25-31.
- Kleemola, J., Partanen, E., Kari, M. & Peltonen, J. 2009. Ravinlähteet. Teoksessa Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan –sarjan julkaisuja. Toim. J. Peltonen & T. Harmoinen. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 32-47.
- Kohijoki, P. 2014. Lypsylehmien laiduntamiskäytäntöjen edistäminen Proagria Länsi-Suomen alueella. Opinnäytetyö, AMK. Hämeen ammattikorkeakoulu, maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Viitattu 10.3.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014111715821>.
- Konttila, M. 2016. Kirjallisuuskatsaus satotasojen eroista luomuviljelyn ja tavanomaisen viljelyn välillä. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Viitattu 2.3.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016060912532>.
- Korpinen, S., Puustinen, M. & Peltonen, S. 2008. Vesistökuormitus. Teoksessa Maatilarityksen ympäristöopas. Tieto tuottamaan –sarjan julkaisuja. Toim. K. Tolonen & T. Harmoinen. Porvoo: WS Bookwell Oy, 15-21.
- Kousa, M., Nykänen, A. ja Sormunen-Cristian, R. 2008. Nurmipalkokasvit laitumella. Nurmitieto 3.2.5. Suomen Nurmiyhdistyksen ja MTT:n julkaisusarja. Viitattu 5.10.2017. http://www.nurmiyhdistys.fi/Nurmitieto/NT_3-2-5.pdf.
- Kykkänen, S. & Virkajärvi, P. 2014. Nurmen lannoitussuositukset muuttuvat. Nauta-ammattilehti, 44, 5, 32-37. Viitattu 11.1.2018. https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopankki/Peltokasvituotanto/Nurmikasvit/Nurmen%20lannoitussuositukset_%20kykk%C3%A4nen.pdf.
- Kässi, P. & Niskanen, O. 2014. Apilapeltojen määrä kasvussa. Maaseudun tiede, 3, 12 Viitattu 26.12.2017. https://issuu.com/mttelo/docs/maaseudun_tiede_3-2014/12.

- Laine, A. 2016. Härkäpapu. Teoksessa peltokasvilajikkeet 2016. Tieto tuottamaan – sarjan julkaisuja. Toim N. Toukoluoto & A. Laine. Porvoo: Bookwell Oy, 48-51.
- Luukkonen, V. 2014. Tilojen ravinnetaseita ja –tehokkuuksia. Artikkelin Helsingin yliopiston blogi-sivuilta. Viitattu 16.1.2017. <http://blogs.helsinki.fi/sustainableintensification/2014/09/04/ravinnetaseet-esimerkkituloilla/>.
- MacKenzie, A. F., Fan, M. X. & Cadrin, F. 1997. Nitrous oxide emission as affected by tillage corn-soybean-alfalfa rotations and nitrogen fertilization. Department of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus of McGill University. Viitattu 14.1.2017. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/S96-104>.
- Mannonen, L. 2015. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi asetuksen (EY) n:o 1829/2003 muuttamisesta siltä osin kun on kyse jäsenvaltioiden mahdollisuudesta rajoittaa muuntogeenisten elintarvikkeiden ja rehujen käyttöä tai kieltää se alueellaan. Maa- ja metsätalousaliokunnan muistio 9.12.2015. Viitattu 29.10.2017. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2015-AK-34804.pdf>.
- Marttila, J. 2005. Ravinnetaseet maatalouden vesistökuormituksen arviointikeinona. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Viitattu 25.9.2017. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/18895/ravinnet.pdf?sequence=1>.
- Mattila, T. 2018. Kilpiän tilan isäntä ja Neuvo2020 järjestelmän mukainen neuvoja. Menestyvä suomalainen nautakarjatila –seminaarin esitys 28.2.2018.
- Mäkelä, P., Santanen, A., Mikkola, H., Helenius J. & Stoddard, F. 2012. Miten tuotannon kestävyyttä ja energiataseita voidaan parantaa? Teoksessa Maailma muuttuu – muuttuuko maatalous? Toim. M. Seppänen. Nurmijärvi: Helsingin yliopisto, 67-71.
- Mäkelä, P. & Seppänen, M. 2012. Vljelykasvien sadon muodostumisen perusteet. Teoksessa Peltokasvien tuotanto. Toim. M. Seppänen. Nurmijärvi: Juvenes Print Oy, 27-46.
- Mäntylähti, V., Jaakkola, A. & Kari, M. 2009. Ravinteiden puutosoireet. Teoksessa Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan –sarjan julkaisuja. Toim. J. Peltonen & T. Harmoinen. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 51-62.
- Niemi, J. 2016. Hyvä valkuaisomavaraisuus turvaa huoltovarmuutta. Viitattu 7.11.2017. <https://www.luke.fi/blogi/hyva-valkuaisomavaraisuus-turvaa-huoltovarmuutta/>.
- Niskala, L. 2013. Bionurmien ravinnetaseet. Opinnäytetyö, AMK. Hämeen ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Viitattu 5.3.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305087135>.
- Niskanen, M. 2016. Puna-apila. Teoksessa Peltokasvilajikkeet 2016. Tieto tuottamaan –sarjan julkaisuja. Toim N. Toukoluoto & A. Laine. Porvoo: Bookwell Oy, 73-75

- Niskanen, M., Kemppainen, J., Känkänen, H. & Niemeläinen, O. 2016. Timotei. Teoksessa Peltokasvilajikkeet 2016. Tieto tuottamaan –sarjan julkaisuja. Toim N. Toukoluoto & A. Laine. Porvoo: Bookwell Oy.
- Nissinen, O., Isoahti, M., Hakkola, H., Tuori, M., Heikkilä, R. & Syrjälä-Qvist, L. 2001. Nurmipalkokasvit vertailussa – puna-apila satoisin, vuohenherne pitkäikäisin. Koetoiminta ja käytäntö. Viitattu 8.9.2017. <http://www.mtt.fi/koetoiminta/pdf/mtt-kjak-v58n4s08.pdf>.
- Nousiainen, J., Huuskonen, A., Niemi, J. & Aaltonen, R. 2011. Valkuaisrehujen taloudellinen käyttö. Teoksessa Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö. Tieto Tuottamaan –sarjan julkaisu. Toim. R. Aaltonen & S. Peltonen. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 4-20.
- Nykänen, A. 2010. Apila on arvokas rehukasvi. Teoksessa Pohjois-Savon nurmiopas. Toim. A-M. Heikkinen, K. Pakarinen, P. Punkki, A. Rossi, T. Puurunen, A. Sairanen. P. & Virkajärvi. Pelto tuottamaan – Pohjois-Savoon valtakunnan parhaat nurmet – hanke, 20. Viitattu 8.1.2018. <https://portal.mtt.fi/portal/pls/mttdocspub/docs/F328498331/POHJOIS-SAVON%20NURMIOPAS%202007.PDF>.
- Nykänen, A. 2014. Typen kierto ja palkokasvit ilmastoystävällisinä ruoan, rehun, lannoituksen ja energian tuottajina. Hiilitase, typpitase ja energiatase – miten hallita niitä maatilalla ilmastoviisaasti ja kustannustehokkaasti? –työpaja. 14.1.2017. <https://www.ilmase.fi/site/videot/>.
- Nykänen, A. & Aaltonen, R. 2011. Apilat säilörehunurmissa. Teoksessa Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö. Toim R. Aaltonen & S. Peltonen. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 27-35.
- Partala, A. 2017. Käytössä oleva maatalousmaa 2016. Tilastointi Luonnonvarakeskuksen sivuilta. Viitattu 20.12.2017. <http://stat.luke.fi/k%C3%A4yt%C3%B6ss%C3%A4-oleva-maatalousmaa-2016-fi-1>.
- Paull, J. 2009. A century of Synthetic Fertilizer: 1909-2009. ELEMENTALS – Journal of Bio-Dynamics Tasmania. Viitattu 10.3.2018. <http://orgprints.org/15797/1/15797.pdf>.
- Peltonen, S. 2011. Valkuaisrehujen tuotannon edellytykset. Teoksessa Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö. Teoksessa Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö. Toim R. Aaltonen & S. Peltonen. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 21-26.
- Pesonen, L., Kaivosoja, J. & Suomi, P. 2010. Täsmäviljely ja ravinteiden käytön tarkentaminen. Teho-hankkeen julkaisu 5/2010.
- Prather, M. & Ehhalt D. 2001. Atmospheric chemistry and greenhouse gases. Viitattu 16.1.2018. <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/pdf/TAR-04.PDF>.
- Punkki, P. 2010. Pohjoissavolaista peltoviljelyä. Teoksessa Pohjois-Savon nurmiopas. Toim. A-M. Heikkinen, K. Pakarinen, P. Punkki, A. Rossi, T. Puurunen, A. Sairanen. P. & Virkajärvi. Pelto tuottamaan – Pohjois-Savoon valtakunnan parhaat nurmet – hanke, 4-6. Viitattu 8.1.2018. <https://portal.mtt.fi/portal/pls/mttdocspub/docs/F328498331/POHJOIS-SAVON%20NURMIOPAS%202007.PDF>.

Putnam, D. H. 2015. Why alfalfa is the best crop to have in a drought. UC Cooperative Extension about alfalfa and forage production. Viitattu 13.1.2018.
<http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=17721>.

Puttonen, I. 2017. Phosphorus in the Sediments of the Northern Baltic Sea Archipelagos – Internal P Loading and Its Impact on Eutrophication. Pro Gradu – tutkielma. Viitattu 11.1.2018.
http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/131068/puttonen_irma.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Turku: Painosalama Oy.

Puustinen, M. 2009. Lannoitus ympäristön kannalta. Teoksessa Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan –sarjan julkaisuja. Toim. J. Peltonen & T. Harmoinen. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 87-92.

Pyörälä, S. & Tiihonen, T. 2005. Magnesiumin saantiin liittyvät häiriöt. Viitattu 8.1.2018.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/1975/544/03_magnesiumin_saantiin_liittyvat_hairiot.pdf?sequence=17.

Rajala, J. 2006. Maan viljavuus. Teoksessa Luonnonmukainen maatalous. Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus Mikkeli. 2.korj. p. Julkaisuja no 80. Toim. J. Rajala. Mikkeli: Helsingin yliopisto, 51-102.

Rajaniemi, M. N.d. Energiankulutus broilerituotannossa. Energia-akatemia opas, 2. Viitattu 12.1.2018. http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/74/broilerintuotanto_netiti.pdf.

Ravantti, S. 1986. Iki-timotei. Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvinjalostusosaston tiedote 21/86. Viitattu 12.3.2018.
https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/438565/maatut21_86.pdf?sequence=1.

Ravinnetaseet. 2008. Ympäristötuen lisätoimenpide lannoituksen ja sadon ravinnemäärien seurantaan. Maaseutuviraston nettijulkaisu. Viitattu 10.6.2017.
http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijä/Documents/Ravinnetaseohje_2008.pdf.

Regina, K. 2017. Turvepeltojen ympäristöhaasteet. Luonnonvarakeskuksen tutkimusprofessorin dia-esitys. Viitattu 2.3.2018. http://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2017/11/Regina_Turvemaiden-ymp%C3%A4rist%C3%B6haasteet.pdf.

Rinne, M. 2010. Monipuolinen kotovarainen ruokinta – palkokasveja nurmissa, kokoviljasäilörehussa ja väkirehussa hyödyntäen. MTT:n diasarja. Viitattu 11.1.2018.
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopaikki/Naudanlihantuotanto/Artturi_palkokasvit_naudoille.pdf.

Ross, C.A. & Jarvis S.C. 2001. Measurement of emission and deposition patterns of ammonia from urine in grass swards. Teoksessa Atmospheric Environment 35, 867-875.

Saarijärvi, K., Virkajärvi P. & Heinonen-Tanski H. 2006. Heinä- ja apilalaitumen tuotto ja ympäristövaikutukset. Teoksessa Laitumen ja suojavähykkeiden ravinnekierto ja ympäristökuormitus. Toim. P. Virkajärvi & J. Uusi-Kämpä. Jokioinen: MTT, 18-36.

- Saarijärvi, K., Virkajärvi, P., Heinonen-Tanski, H. & Taipalinen I. 2006. Säilörehu- ja laidunnurmen pohjavesikuormitus. Teoksessa Laitumen ja suojavyöhykkeiden ravinnekierto ja ympäristökuormitus. Toim Toim. P. Virkajärvi & J. Uusi-Kämpä. Jokioinen: MTT, 7-17.
- Seppänen, H. 1998. Nurmet osana maatalan ympäristöä. Teoksessa nurmenviljely. Toim. E. Poutanen, E. Kemppainen, H. Seppänen, M. Siitonen, M. Jern & M. Komulainen. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 920. 2. Uud. painos. Kokemäki: Satakunnan Painotuote Oy, 10-11.
- Seppänen, M. & Yli-Halla, M. 2012. Nurmet ja nurmipalkokasvit. Teoksessa Peltokasvien tuotanto. Toim. M. Seppänen. Nurmijärvi: Juvenes Print Oy, 87-106.
- Seppänen, M., Yli-halla, M., Stoddard, F. & Mäkelä, P. 2012. Kasvutekijät. Teoksessa Peltokasvien tuotanto. Teoksessa Peltokasvien tuotanto. Toim. M. Seppänen. Nurmijärvi: Juvenes Print Oy, 21-26.
- Seuri, P. 2017. Mitä ravinnetehokkuus tarkoittaa? Luonnonvarakeskuksen tutkijan diaesitys 27.10.2017. Viitattu 8.2.2018. http://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2018/01/Seuri_mustiala3_valmis.pdf
- Simon, U. & Park, B. H. 1981. A descriptive scheme for stages of development in perennial forage grasses. Teoksessa In proceeding of the 14th international grassland congress at Lexington. Toim. J.A. Smith. Kentucky: University of Kentucky, 416-418.
- Stoddard, F., Puhakainen, T., Lindström, K. & Vanhatalo, A. 2012. Palkokasvit osana tulevaisuuden kestävää maataloutta. Teoksessa Maailma muuttuu – muuttuuko maatalous? Toim. M. Seppänen. Nurmijärvi: Helsingin yliopisto. 85-94.
- Suvanto, H. & Lähdesmäki, M. 2017. Sopimustuotanto kiinnostaa. Farmi-aikakauslehden artikkeli. 6, 20-21. Viitattu 24.1.2018. <http://www.lehtiluukku.fi/lue/farmi-6-2017/166720.html>.
- Säilörehunurmi. N.d. Farmit-nettisivujen artikkeli. Viitattu 23.1.2018. <https://www.farmit.net/kasvinviljely/nurmikasvit/sailorehunurmi>.
- Turtola, E., Salo, T., Miettinen, A., Iho, A., Valkama, E., Rankinen, K., Virkajärvi, P., Tuomisto, J., Sipilä, A., Muurinen, S., Turakainen, M., Lemola, R., Jauhiainen, L., Uusitalo, R., Grönroos, J., Myllys, M., Heikkinen, J., Merilaita, S., Bernal, J., Savela, P., Kartio, M., Salopelto, J., Finer, A. & Jaakkola, M. 2017. Hyötyä taseista – Ravinnetaseiden tulkinta ympäristön ja viljelyn hyödyksi. Luonnonvarakeskuksen julkaisu. Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- Vuoden 2016 sää. N.d. Yhteenveto ilmatieteenlaitoksen sivuilta. Viitattu 19.1.2018. <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2016>.
- Yli-Halla, M. 2012. Kasviravinteiden ympäristövaikutukset. Teoksessa peltokasvien tuotanto. Toim. M. Seppänen. Nurmijärvi: Juvenes Print Oy, 157-167.
- Yli-Halla, M. 2009. Kasviravinteet. Teoksessa Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan –sarjan julkaisuja. Toim. J. Peltonen & T. Harmoinen. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 6-25

Liitteet

Liite 1. Peltokokeen kenttäkartta

