

TIMOTEILAJIKKEEN JA NIITTOKERTOJEN LUKUMÄÄRÄN VAIKUTUS SINIMAILASEN JA PUNA-APILAN MENESTYMISEEN JA SATOISUUTEEN SEOSKASVUSTOISSA

Jenni Naukkarinen
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Kasvinviljelytiede
2018

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Jenni Naukkarinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Timoteilajikkeen ja niittokertojen lukumäärän vaikutus sinimailasen ja puna-apilan menestymiseen ja satoisuuteen seoskasvustoissa			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kasvinviljelytiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year 5 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 58 s.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Kiinnostus nurmipalkokasvien mahdollisuuksiin vähentää epäorgaanisten lannoitteiden käyttöä sekä lisätä nurmirehujen valkuaisomavaraisuutta on kasvussa. Nurmipalkokasvien lisäys nurmiheinien seokseen kasvattaa sadon määrää ja valkuaispitoisuutta. Sinimailanen (<i>Medicago sativa</i> L.) ja puna-apila (<i>Trifolium pratense</i> L.) yleisesti soveltuvat muita nurmipalkokasveja paremmin seoskasvustoihin kasvatavaltaan ei aggressiivisten nurmiheinien kutein timotein (<i>Phleum pratense</i> L.) kanssa. Timotein eteläisten ja pohjoisten lajikkeiden välillä satoisuudessa ja kasvurytmisissä on havaittu eroja, mutta lajikkeen vaikutuksista seoskasvustojen kasvurytmiin tarvitaan lisää tutkimustuloksia.</p> <p>Aineisto kerättiin Luonnonvarakeskuksen Ylistaron koemasalle perustetulta nurmiko-keelta ensimmäiseltä satovuodelta kasvukaudella 2017 osana vuonna 2016 alkanutta VAL-NURRE -hanketta. Tarkastelussa oli kahdeksan koejäsentä: sinimailasen, puna-apilan sekä timotein eteläisen ja pohjoisen lajikkeen puhdas- ja seoskasvustot, jotka niitettiin kaksi tai kolme kertaa. Kasvukaudella seurattiin kasvuston pituuden, lehtialaindeksin (LAI), kasvuasteen sekä biomassan kehitystä. Tuoresadosta tehtiin botaaninen analyysi sekä proteiini-analyysi. Mittaustulosten perusteella laskettiin kuiva-ainesato, pinta-alavastaavuussuhde (LER) sekä typen peltotase koejäsenittäin.</p> <p>Sinimailanen kärsi jopa 95 % talvituhoista, sen kasvuunlähtö oli hidasta eikä se kyennyt kilpailemaan puhdaskasvustossa rikkoja tai seoskasvustoissa timoteita vastaan. Puna-apila menestyi paremmin ja oli selvästi sinimailasta satoisampi seoskasvustoissa saavuttaen keskimäärin 12,1–13,8 t kg ka/ha kuiva-ainesadon, timotein lajikkeella ei kuitenkaan ollut merkitsevää vaikutusta. Kahden niiton menetelmässä suurimman sadon 14,3 t kg ka/ha tuotti eteläinen timotei, kun kolmen niiton menetelmässä satoisin oli pohjoinen timotei 14,8 t kg ka/ha. Botaanisessa analyysissä nurmipalkokasveja oli keskimäärin enemmän pohjoisen timotein seoksissa.</p> <p>Poikkeuksellisen viileä kasvukausi vaikutti nurmipalkokasvien menestymiseen puhdas ja seoskasvustoissa. Seoskasvustot eivät olleet satoisampia verrattuna timotein puhdaskasvustoihin eikä timotein lajikkeiden välillä ollut merkittävää eroa. Nurmipalkokasvit eivät merkitsevästi parantaneet sadon tai valkuaisen määrää. Seoskasvusto voi kuitenkin parantaa nurmipalkokasvien talvehtimistä ja säilymistä kasvustossa. Sinimailasen ja puna-apilan puhdas- ja seoskasvustojen tyypitase oli timoteikasvustoja parempi ja ne hyödynsivät tyyppiä selvästi tehokkaammin.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Timotei, sinimailanen, puna-apila, seoskasvusto, kuiva-ainesato, lehtialaindeksi, raakavalkuainen			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasivat: MMT Mervi Seppänen (HY) ja MMM Hanna Kekkonen (LUKE)			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Jenni Naukkarinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Effect of timothy cultivar and harvest strategy on the persistence and yield of alfalfa and red clover in mixtures			
Oppiaine — Läroämne — Subject Crop science			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year 5 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 58 p.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Interest in forage legumes and their possibilities to reduce the usage of inorganic fertilizers and in increasing self-sufficiency of protein production is raising. Forage legumes in mixtures with grasses can increase yields and protein content of harvested biomass. Compared to other forage legumes, alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) and red clover (<i>Trifolium pratense</i> L.) are better adapted in mixtures with nonaggressive grasses like timothy (<i>Phleum pratense</i> L.). Southern and northern cultivars of timothy have differences in their growth rhythm and yield production, but there is a need to understand how timothy cultivar effects on yield production of grass-legume mixtures.</p> <p>The research was conducted as the field experiment on the Ylistaro experimental station of the Natural Resources Institute Finland on first harvest year in 2017 as part of the VAL-NURRE -project that has started in 2016. Pure stands and legume-grass mixtures of alfalfa, red clover and two cultivars of timothy were included in experiment, with two or three harvest times during growing season. Growth was observed by measuring canopy height, leaf area index (LAI) and by following development. Samples from fresh yield were used for botanical and protein analysis. The results were used for the calculations of dry matter yield, land equivalent ratio (LER) and nitrogen balance.</p> <p>Addition of forage legumes to timothy swards did not increase leaf area index or yield. Alfalfa suffered severe winter damages, its growth started very slowly and it was not able to compete against weeds in pure stand or with timothy in the mixed swards. Red clover was higher yielding and its persistence was better compared to alfalfa. Red clover mixtures reached 12,1–13,8 t kg/ha dry matter yields and timothy cultivar did not have a significant effect on yield. In two cut harvest system, the highest yielding was southern cultivar of timothy 14,3 t kg /ha and in three times harvested plots highest yielding was timothy's northern cultivar 14,8 t kg/ha. Botanical analysis showed that in mixtures there was a higher proportion of legumes with northern timothy cultivar.</p> <p>Unusually cold growing season affected the persistence of legumes in pure and mixed stands. Mixtures were not higher yielding compared to pure stands of timothy. There was no significant difference between timothy cultivars. Legumes did not significantly increase dry matter or protein yields. However, crop mixtures may prevent winter damages of forage legumes and improve persistence in grass-legume mixtures. The nitrogen balance of alfalfa and red clover was better and nitrogen was used more efficiently compared to timothy stands.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Timothy, alfalfa, red clover, crop mixture, dry matter yield, leaf area index, crude protein			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: PhD Mervi Seppänen (UH), MSc Hanna Kekkonen (LUKE)			

SISÄLLYS

LYHENTEET.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 NURMIEN PUHDAS- JA SEOSKASVUSTOT	7
2.1 Nurmilajien ominaisuudet ja kasvutapa	7
2.1.1 Nurmiheinät	7
2.1.2 Nurmipalkokasvit	11
2.2 Nurmiheinien ja – palkokasvien seoksilla tavoiteltuja hyötyjä.....	15
2.3 Lajien ja lajikkeiden valinta seoksiin	17
2.4 Kasvuston biomassan ja seosshyödyn tarkastelemisen suureita.....	19
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	21
4 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	22
4.1 Kasvimateriaali ja koejärjestelyt	22
4.2 Kasvustohavainnot	24
4.3 Näytteiden käsittely ja analysointi	25
4.3.1 Botaaninen analyysi.....	25
4.3.2 Analyysinäytteet.....	25
4.3.3 Pinta-alavastaavuussuhde LER.....	25
4.3.4 Peltotase – Typpi	26
4.6 Tilastolliset analyysit	26
5 TULOKSET.....	27
5.1 Kasvukauden sääolosuhteet 2017	27
5.2 Kasvustohavainnot	27
5.2.1 Pituus.....	27
5.2.2 Lehtialaindeksi	28
5.2.3 Kasvuaste	31
5.3 Kuiva-ainesato.....	32
5.4 Raakavalkuainen ja sulava raakavalkuainen	34
5.5 Botaaninen koostumus.....	35
5.6 Pinta-alavastaavuussuhde LER	38
5.7 Typen peltotase	38
6 TULOSTEN TARKASTELU	40
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	45
8 KIITOKSET.....	46
LÄHTEET	47
LIITE 1 KARTTA JA KOEJÄRJESTELYT	54
LIITE 2 NURMIHEINIEN KASVUASTEET	55
LIITE 3 SINIMAILASEN JA PUNA-APILAN KASVUASTEET	56
LIITE 4 PITUUS	57
LIITE 5 RAAKAVALKUAINEN JA SULAVA RAAKAVALKUAINEN	58

LYHENTEET

KA	Kuiva-aine
Kg ka / ha	Kuiva-ainekiloa hehtaarille
LAI	Lehtialaindeksi, kasvuston pinta-ala / maapinta-ala neliömetrin alueella (Leaf Area Index)
LAI _{crit}	Kriittinen lehtialaindeksi. Kasvuston ihanteellinen lehtiala, jossa biomassan kertyminen ja säteilyn käyttö on tehokkainta, kasvusto sitoo 95 % säteilystä
LER	Pinta-alavastaavuussuhde (Land Equivalent Ratio), tässä kahden lajin seoksessa
ME	Muuntokelpoinen energia
N	Typpi
N Tase	Typen peltotase, eli kasvustoon lisätty lannoitetyppi – kasvuston mukana poistunut typpi
RV	Raaka-valkuainen
SRV	Sulava raakavalkuainen

1 JOHDANTO

Kestävän kasvintuotannon näkökulmasta etsitään yhä useammin keinoja, joilla voidaan välttää tai vähentää epäorgaanisten lannoitteiden käyttöä. Elgersman ym. (2016) mukaan kiinnostus nurmipalkokasveja kohtaan on kasvanut ja niillä pyritään korvaamaan epäorgaaninen lannoitetyppi nurmiheinien tuotannossa. Nurmipalkokasvien ja -heinien seoskäyttö nurmikasvustoissa monipuolistaa viljelykiertoa, parantaa peltojen viljelyominaisuuksia sekä lisää kotoperäisen valkuaisen tuotantoa. Nurmiheinien ja nurmipalkokasvien seosviljelyn lisääntyessä tarvitaan yhä enemmän lisätietoa esimerkiksi niittokertojen määrän vaikutuksesta puhdas- ja seoskasvustojen satoisuuteen.

Elgersman ym. (2016) mukaan ravitsemuksellisesti hyvälaatuisen rehun tuotannolla on merkittävä vaikutus ekosysteemien toimintoihin viljely-ympäristöissä. Nurmiheinien ja nurmipalkokasvien seoskasvustot ovat yleensä satoisampia kuin yhden lajin puhdaskasvustot. Nurmiheinä- ja nurmipalkokasvilajien valinta riippuu olennaisesti tavoiteltavista viljelyominaisuuksista sekä sadon käyttötarkoituksesta (Black ym. 2009). Esimerkiksi sinimailanen (*Medicago sativa* L.) ja puna-apila (*Trifolium pratense* L.) yleensä sopivat muita nurmipalkokasveja paremmin toistuvasti korjattavien nurmirehujen tuotantoon sekä seoskasvustoihin (Frame ym. 1987, Halling ym. 2004).

Nurmiheinistä ja nurmipalkokasveista koostuvien seoskasvustojen sato on usein suurempi ja laadultaan parempi kuin puhdaskasvustojen. Sadon määrällisten ja laadullisten ominaisuuksien merkitys korostuu erityisesti suurituotoksisilla lypsykarjatiljoilla (Elgersma ym. 2016). Typpi on yksi pääasiallisista kasvien kasvua rajoittavista tekijöistä ja nurmipalkokasvien lisäys kasvustoon voisi olla keino parantaa typpiomavaraisuutta kasvinviljelyssä (Canfield ym. 2010, Elgersma ym. 2016). Erilaisissa laidunnusjärjestelmissä onkin jo ymmärretty nurmipalkokasvien ja lauhkean vyöhykkeen nurmiheinien seosten tuomat hyödyt kasvillisuuden monipuolistamisessa ja ravinnetasapainon ylläpidossa (Rochon ym. 2004). Sadonmuodostukseen liittyvät tekijät ovat tärkeitä, kun tarkastellaan korkeiden satojen ja paremman ravitsemuksellisen laadun saavuttamista (Nelson 1996, Virkajärvi ym. 2001). Kasvuston tiheys ja yksittäisten kasvien massa määrää koko kasvuston massan muodostumisen nurmiheinäkasvustoissa. Elgersman ym. (2016) mukaan tavoiteltava seos kykenee ylläpitämään korkeaa typenkäytön tehokkuutta, on satoisa, sillä on suotuisa kausittainen sadontuotantokyky ja sadon ravitsemuksellinen laatu

on mahdollisimman hyvä. Sadon määrän kasvu kasvattaa poistuvaa ravinnemäärää ja siten parantaa ravinteiden hyödyntämistä. Epäorgaanisten lannoitteiden käytön lisäämisen myötä ravinnetaseen määrä kasvaa ja arvon noustessa suureksi riski ravinteiden huuhtoutumiselle kasvaa (MAVI 2008). Nurmipalkokasvien puhdas- ja seoskasvustojen typen peltotase jää pienemmäksi nurmiheinien puhdaskasvustoihin verrattuna, sillä kun lannoitusta kevennetään, joutuu kasvusto hyödyntämään typpeä tehokkaammin kasvuympäristöstään. Mitä vähemmän kasvustoon lisätään lannoitteena typpeä, sitä pienemmäksi muodostuu typen peltotase.

Tutkielman tavoitteina oli selvittää vaikuttaako timotein (*Phleum pratense* L.) lajike seoksissa puna-apilan tai sinimailasen kanssa viljeltäessä lajien väliseen kilpailuun ja sadonmuodostukseen. Lisäksi selvitettiin kahden tai kolmen niiton menetelmän vaikutusta seoskasvustojen sadonmuodostukseen. Tutkielmaan käytetty aineisto on peräisin VALNURRE -hankkeen Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevalta peltokokeelta. VALNURRE -hankkeessa (valkuaisnurmilla edullista rehua ja ympäristöhyötyjä) on tavoitteena selvittää erilaisten valkuaisrehuvaihtoehtojen tuotantoa Etelä-Pohjanmaalla. Hanke on osaprojekti Luonnonvarakeskuksen ohjaamassa TUOVA -hankkeessa (tuota valkuaista) ja toteutetaan yhteistyössä Helsingin yliopiston ja Savonia-ammattikorkeakoulun kanssa.

2 NURMIEN PUHDAS- JA SEOSKASVUSTOT

2.1 Nurmilajien ominaisuudet ja kasvutapa

2.1.1 Nurmiheinät

Yksittäiset versot muodostavat nurmiheinien sadon ja siten versojen ominaisuudet määräävät koko sadon määrän ja ravitsemuksellisen laadun (Virkajärvi ja Pakarinen 2012). Kasvukauden aikana kasvustoon muodostuu versoja ja kasvuston vanhetessa lehtiä ja versoja kuolee. Kasvu on aktiivista ja sen seurauksena kasvuston korsi:lehtisuhde vaihtelee, soluseinien sisältö ja kemialliset ominaisuudet muuttuvat (Moore & Moster 1995, Virkajärvi ja Pakarinen 2012). Kasvuston muutokset vaikuttavat rehun laatuun, kasvuston jälkikasvukykyyn, talvehtimiseen sekä seuraavan kasvukauden sadon määrään (Virkajärvi ja Pakarinen 2012). Nurmiheinillä kasviyksilöiden kyky tuottaa uusia versoja kuolleiden

tilalle on keskeinen tekijä kasvuston tiheyden muodostumisessa kasviyksilöiden lukumäärän lisäksi. Kasvusto on yleensä nurmiheinillä tiheä, korkea ja kriittinen lehtialaindeksi voi olla korkea (Virkajärvi ja Pakarinen 2012).

Virkajärven ja Pakarisen (2012) mukaan kasvupisteen sijainnilla on vaikutus jälkikasvukykyyn niiton jälkeen, sillä vegetatiivinen, eli kasvullinen, verso voi nopeasti kasvattaa uuden lehtialan, mutta sen lisäkasvukyky on rajallinen. Jos kasvupiste kuitenkin on leikkuukorkeuden yläpuolella, korren katkaiseminen johtaa verson kuolemaan ja jälkikasvu alkaa tyvellä sijaitsevista sivusilmuista (Virkajärvi ja Pakarinen 2012). Sivusilmujen aktiivisuus ja itämislevon vaihe vaikuttaa uuden kasvun nopeuteen. Sivusilmuista lähtevä kasvu on hitaampaa, mutta saavutettava lisäkasvu on usein suurempi (Virkajärvi ja Pakarinen 2012).

Nurmiheinillä kasvuston vanhenemisen myötä ilmenevä laadun ja sulavuuden heikkeneminen yleensä liitetään ligniinin määrän kasvuun solukoissa (Kärkönen ym. 2014). Timoteilla on yleensä säännöllinen suonisto lehtitupessa, joka muodostaa tukevan rakenteen kehittyville korsille. Jokaisen lehtitupen suonen yhteydessä on lignifioitunutta solukkoa. Korsien sisäosat lignifioituvat ensimmäisenä, jonka jälkeen myös soluseinän ulommat osat alkavat paksuuntua ja lignifioitua (Kärkönen ym. 2014). Timotein lehtituppien on havaittu sisältävän korsia enemmän ligniiniä. Kasvuston vanheneminen vaikuttaa kuivapainoon, korsien pituuteen sekä sulavuuteen. Timoteilla on havaittu lehtituppien sulavuuden olevan korsia heikompi suuremman ligniinipitoisuuden vuoksi, mutta myös ligniinin rakenteella voi olla vaikutusta (Kärkönen ym. 2014).

Nurmiheinillä sadonlisäyksen huippu ajoittuu tähkälle tulon vaiheeseen, jolloin korren kasvu on voimakasta. Tällöin voi kertyä jopa ensimmäisessä sadossa 220–240 kuivaainekiloa hehtaarille päivässä, toisessa sadossa noin 80–110 kg ka / ha ja syksyllä kuivaainemäärän nousu voi olla vain 60 kg ka /ha päivässä (Gustavsson ja Martinsson 2004, Nissinen ym. 2010). Säilörehuasteella versoista suurin osa on aitokorrellisia. Korret muodostavat suuren osan sadosta ja osuus voi olla 30–75 % ensimmäisessä ja 20–50 % toisessa niitossa (Gustavsson & Martinsson 2004, Nissinen ym. 2010). Korren muodostavat generatiiviset, eli suvulliset, versot ovat painavimpia ja voivat enemmän vaikuttaa nurmisadon määrään kuin elongoituneet, eli pidentyneet, tai vegetatiiviset versot (Gustavsson 2011, Virkajärvi ym. 2012a). Kukinta liittyy olennaisesti korren sulavuuden heikke-

nemiseen, vaikkakin lignifioituminen tapahtuu samantapaisesti kaikissa korren muodostavissa versoissa riippumatta kasvupisteen kehitysasteesta (Seppänen ym. 2010, Jokela ym. 2015). Gustavssonin ym. (1994) mukaan yleisimmät menetelmät joilla nurmiheinien sadon laatua ja määrää voidaan säädellä, ovat tyypilannoitteen määrän lisäys ja niittojen ajoitus. Lisätty tyypilannoite yleensä lisää kasvua ja niittoajankohdasta riippuen voi lisätä myös valkuaispitoisuutta. Niiton myöhästyminen lisää kuiva-ainesatoa, mutta johtaa energiasisällön (ME) ja raakavalkuaisen (RV) määrän laskuun. (Gustavsson ym. 1994).

Timotei on merkittävin nurmiheinä rehuntuotannossa lauhkealla viljelyalueella. Timoteille on tunnusomaista hiilihydraattien varastoelimenä toimiva sipulimainen laajentuma korren tyvässä (Andrews & Gudleifsson 1983, Jönsson ym. 1992, Berg ym. 1996, Stewart ym. 2011). Timotein kasvutapa ei ole aggressiivinen, sillä uudet versot muodostuvat sivusilmuista varren tyvestä (Casler ja Kallenbach 2007). Timotei on monivuotinen eikä se tarvitse vernalisaatiota, eli idunviritystä, kukinnan aikaan saamiseen, mutta vaatii päivän pidentymisen kukinnan aloittamiseen (Heide 1982, Hay ja Pedersen 1986). Kuitenkin aitorrellisten versojen kehitysnopeus kasvaa vernalisaation vaikutuksesta (Seppänen ym. 2010, Jokela ym. 2015).

Timotei on yksi talvenkestävimmistä lauhkean vyöhykkeen nurmiheinistä ja sitä viljellään usein säilörehuksi tai kuivaheinäksi (Burgess ja Grant 1974, Andrews & Gudleifsson 1983, Kunelius ja Halliday 1989). Tyypillisesti sato korjataan kahdesta kolmeen kertaan kasvukaudella. Timotein säilörehun laatu on yleensä hyvä aikaisissa kasvuvaiheissa, jolloin vesiliukoisten hiilihydraattien määrä on korkea (Burgess ja Grant 1974, Andrews ja Gudleifsson 1983, Kunelius ja Halliday 1989). Timotei kestää säännöllistä korjuuta viileissä kasvuoloissa ja sademäärän ollessa riittävä (Berg ym. 1996). Timoteilla voi esiintyä kasvitauteja ja -tuholaisia, mutta niillä ei ole havaittu merkittävää vaikutusta satotasojen alenemiseen, laatuun tai kasvuston säilyvyyteen. Kuivuuden ja lämmön aiheuttama stressi on tärkein kasvua rajoittava tekijä (Casler ja Kallenbach 2007).

Timotei on ristipölytteinen nurmiheinälaji ja populaatiot muodostavat eri lajikkeita, joiden sisällä esiintyy geneettistä vaihtelua (Tanhuanpää ja Manninen 2012). Esimerkiksi valojaksoisuuden tunnistamisen herkkyydessä esiintyy eroja alkuperältään erilaisten timoteigenotyypien välillä (Heide 1982, Junttila 1985, Fjellheim ym. 2015). Maantieteellinen alkuperä vaikuttaa kukinnan alkamiseen ja osa lajikkeista tarvitsee pideämmän vernalisaation kukinnan alkamiseen (Fiil ym. 2011, Jokela ym. 2014). Esimerkiksi yleisesti

Suomessa käytetyllä Tuure lajikkeella 10 viikon vernalisaatio tarvittiin tuottamaan runsaasti kukkivia versoja, mutta genotyypiltään eteläisempi Tuure kykeni ilman vernalisaatiota muodostamaan joitakin aitokorrellisia versoja kun valojakso oli 16 tuntia (Jokela ym. 2014).

Yleisesti timotein lajikkeiden eroja voidaan vertailla kasvutavan perusteella. Pohjoisen tyyppin timoteilajikkeiden kasvu on hitaampaa niiton jälkeen, ne aloittavat valmistautumisen talveen aikaisin pysäyttämällä kasvun ja ne ovat yleensä talvenkestävämpiä kuin eteläiset tyyppit (Isolahti 2010). Pohjoisen tyyppin timotei vaatii pidemmän päivän kukinnan aloittamiseen ja kukkii selvästi myöhemmin siirrettäessä eteläisemmille kasvualueille (Casler ja Kallenbach 2007). Eteläisen timotein kasvu on nopeampaa niiton jälkeen ja sen kriittinen päivänpituus on lyhempi. Se on satoisampi etenkin syksyllä, valmistautuu talveen myöhemmin ja seurauksena talvenkestävyys on heikompi (Isolahti 2010). Pohjoisista lajikkeista voidaan yleensä korjata kaksi ja eteläisistä kolme satoa kasvukauden aikana (Isolahti 2010). Seokseen lisättynä eteläisen tyyppin timotei nopeuttaa sadonmuodostusta ja jälleenkasvua (Isolahti 2010), mutta voi heikentää korjatun sadon ravitsemuksellista laatua, jos nopeampaa kasvurytmiä ei huomioida sadonkorjuun ajoituksessa (Seppänen ym. 2010, Jokela ym. 2015).

Nurmiheinien kasvu on kausittaista ja siten kasvu keväällä, kesällä ja syksyllä eroavat toisistaan (Jones ja Lazenby 1988, Robson ym. 1989, Virkajärvi ja Pakarinen 2012). Timotein kasvusto muodostuu erilaisista versotyypeistä ja eri-ikäisistä versoista (Seppänen ym. 2010, Gustavsson 2011, Virkajärvi ym. 2012a). Keväällä vernalisoituneet versot pyrkivät kukkimaan, korren kasvun seurauksena uudet lehdet ulottuvat parempiin valo-oloihin ja korrellisessa kasvustossa lehtien varjostus on vähäisempää kuin pelkkien lehtien muodostamassa kasvustossa, joka koostuu pääosin elongoituneista ja generatiivisista versoista (Virkajärvi ym. 2012b). Toinen ja kolmas sato koostuvat pääasiassa vegetatiivisista versoista ja lehdistä, jolloin lehtien ominaisuuksilla on suurempi merkitys myöhemmissä sadoissa (Robson ym. 1989, Virkajärvi ym. 2012b). Kesällä vuorokauden keskiarvolämpötila voi olla korkea, mutta valon määrä alkaa vähentyä (Virkajärvi ja Pakarinen 2012, Virkajärvi ym. 2012a). Muista nurmiheinistä poiketen timotei voi pitkän päivän kasvina muodostaa elongoituneita ja generatiivisia versoja myös myöhemmin kasvukaudella, vaikkakin korrellisia versoja on huomattavasti enemmän keväällä (Virkajärvi ja Pakari-

nen 2012). Syksyllä alhainen valon voimakkuus, kasvuston lakoontuminen, niiton myöhästyminen ja heikkenevät sääolosuhteet johtavat kasvukauden alkua helpommin kuolleen solukon määrän kasvuun (Virkajärvi ja Pakarinen 2012).

2.1.2 Nurmipalkokasvit

Nurmipalkokasvien kasvusto on yleensä matala ja kriittinen lehtialaindeksi jää huomattavasti nurmikasvustoja pienemmäksi (Frame 2005). Kuitenkin kasvuston laadulliset ominaisuudet voivat olla paremmat, sillä esimerkiksi sulavuuden aleneminen on hitaampaa. Apiloita yleisesti pidetään esimerkiksi sinimailasta viljelyvarmempina seoskasvustoissa (Frame 2005). Framen (2005) mukaan nurmipalkokasveille sopii yleisesti kasvualusta, jonka pH on 6,0–6,5, mutta puna-apila voi kasvaa myös 5,0–6,0 pH:ssa. Nurmipalkokasveilla typensidonta vähenee epäorgaanisen typen lisäyksen, maan happamuuden kasvamisen, kuivuuden tai sadonkorjuun myötä (Frame 2005). Kasvukauden ja talvikauden sääolosuhteilla on vaikutusta sinimailasen ja puna-apilan määriin kasvustoissa, sillä kylmyys ja kosteus haittaavat niiden kasvua (Frame 2005).

Puna-apilaa ja sinimailasta viljellään yleisesti lauhkeilla viljelyalueilla (Frame 2005, Mosberg ym. 2005). Sinimailanen ja puna-apila eivät kestä pitkään jatkuvaa liiallista kosteutta tai tulvimista. Näiden seurauksena juurten ja kasvuston kehitys heikkenee ja sato-taso pienenee. Liian kauan jatkunut liiallinen maan kosteus voi johtaa nurmipalkokasvien kuolemaan. Puna-apila pärjää monenlaisissa kasvuolosuhteissa, mutta ei menesty hyvin happamilla maa-alueilla (Frame 2005). Puna-apilan kasvu puhdaskasvustossa sekä seoksissa ei-aggressiivisten nurmiheinien kanssa voi olla voimakasta. Framen (2005) mukaan sinimailasta voidaan pitää satoisimpana nurmipalkokasvina puhdaskasvustossa, mutta se vaatii huolella perustetun kasvualustan. Myös Fickin ja Muellerin (1989) mukaan sinimailanen on satoisa ja hyvä valkuaisen lähde nurmirehuihin. Puna-apila ja sinimailanen kilpailevat heikosti rikkoja vastaan aikaisessa perustamisvaiheessa erityisesti puhdaskasvustoissa, mutta kasvuston vanhetessa kilpailukyky yleensä paranee (Frame 2005). Sinimailasen ja puna-apilan sadonmuodostus on samankaltaista, mutta puna-apilan sato on yleisesti laadullisesti parempaa ja sen kuitupitoisuus on alhaisempi verrattuna sinimailaseen (Elgersma ym. 2016). Kuten nurmiheinillä, myös nurmipalkokasveilla sadon ravitsemuksellinen laatu laskee kasvuston vanhetessa, esimerkiksi nuoressa sinimailaskasvustossa ravinteiden ja valkuaisen määrät voivat olla korkeita varsinaisen satotason ollessa matala (Fick ja Mueller 1989).

Puna-apila on monivuotinen, mutta lyhytikäinen rönsytön nurmipalkokasvi, jonka ontot varret kasvavat 60–80 cm pituisiksi (Robson ym. 1989, Frame 2005, Mosberg ym. 2005). Puna-apila on Pohjoismaissa yleinen myös luonnonvaraisena (Taylor ja Quesenberry 1996, Mosberg ym. 2005). Se muodostaa maanpinnan tuntumaan kruunun, jossa sijaitsevat uusien versojen silmut (Frame 2005). Tyviversoista muodostavat uudet varret ja niitä on enemmän myöhemmin kukkivissa lajikkeissa (Frame 2005). Kasvutapa on pysty, mutta kasvusto voi vanhetessa painua varsien massan kasvaessa. Lehdykät ovat noin 1–5 cm mittaisia, soikean suikeita, usein vaaleatäpläisiä ja pehmeäkarvaisia. Kukinto on lähes pallomainen ja perätön, jossa punaiset kukat 12–18 mm ja kukinnot voivat olla hyvin monimuotoisia (Mosberg ym. 2005). Puna-apila pysyy tyypillisesti satoisana kahdesta kolmeen vuotta, jonka jälkeen kasvusto alkaa harventua (Frame 2005). Kuitenkin Clavinin ym. (2016) mukaan kasvualue voi vaikuttaa satoisien vuosien määrään ja kasvusto voilla satoisampi pidempään suotuisissa olosuhteissa. Framen (2005) mukaan puna-apila sopii parhaiten kahden ja kolmen niittokerran menetelmiin. Puna-apilan säilyvyys kasvustossa ja sadonmuodostuskyky riippuu niittomenetelmästä ja rehun käyttötarkoituksesta sekä niittoajankohdasta. Myöhäinen korjuu syksyllä vähentää hiilihydraattien ja tyypen varastoja juuristossa, minkä seurauksena kasvusto voi altistua talvituholle ja seuraavan kasvukauden sato voi heiketä (Frame 2005).

Apiloiden talvenkestävyys on yleensä heikompi kuin lauhkealla vyöhykkeellä viljeltyjen nurmiheinien. Framen (2005) mukaan versot joissa on alle 6 lehteä, ovat herkkiä pakkaselle. Talvenkestävyys kuitenkin paranee kasvuston vanhetessa ja yleensä puna-apila kestää talvea hyvin. Talvenkestävyys paranee, jos viimeinen niitto ajoitetaan niin, että kukinnan jälkeen on riittävästi aikaa muodostaa riittävän suuri vegetatiivinen ruusuke. (Frame 2005). Puna-apila tarvitsee vähintään 14 tunnin päivänpituuden varsien pidentymiseen ja kukintaan. Syksyllä lyhenevä päivänpituus ja vähenevä valonmäärä johtavat talveen valmistautumiseen. Puna-apilalla tyypen sitominen tapahtuu juurinystryöissä tyypensitobakteerin *Rhizobium leguminosarum* var. *trifolii* avulla (Taylor & Quesenberry 1996, Frame 2005). Vuosittainen tyypen sitomisen tehokkuus vaihtelee suuresti, sillä siihen vaikuttavat sääolosuhteet, maaperä, juurinystryöiden sekä juuriston aktiivisuus ja kasvuston ikä. Tyypen sitominen vaihtelee välillä 76–389 kg N / ha vuosittain (Taylor & Quesenberry 1996).

Puna-apilakasvustossa voi esiintyä rikkoja erityisesti keväällä ennen kuin kasvusto ehtii kunnolla kehittyä (Frame 2005). Apilamätä (*Sclerotinia trifoliorum*) on vakavin apiloilla

esiintyvä kasvitauti, jonka tartunta saa alkunsa kosteissa olosuhteissa syksyisin ja ilmenee nekroosina lehdissä (Frame 2005). Taudin leviäminen on voimakkainta syksyllä ja talvikaudella kosteissa olosuhteissa, jolloin ilmestyy mustia mätiviä laikkuja ja kasvusto heikkenee (Frame 2005). Puna-apilan varsinainen sadon jakautuminen niittojen kesken riippuu käytetystä korjuuaikataulusta (Clavin ym. 2016). Puna-apilaa sisältävän rehun kuiva-ainesadon määrä yleensä pienenee kasvuston iän kasvaessa. Euroopassa kolmena onnistuneena satovuotena kuiva-ainesadot olivat hehtaarille 9000–18000 kg, 9000–15000 kg ja 4000–14000 kg (Laidlaw & Frame 1988 ref. Frame 2005). Ranskassa nurmiheinän ja puna-apilan seokset, joille annettiin 150 kg N / ha, tuottivat samankaltaisia satoja kuin nurmien puhdaskasvustot joille annettiin 300 kg N / ha (Guy 1989 ref. Frame 2005).

Puna-apilarehun ravitsemuksellinen laatu on riippuvainen kasvuasteesta korjuuhetkellä ja laatu heikkenee kasvuston vanhetessa ja varsi-lehtisuhteen kasvaessa (Frame 2005, Fales ja Fritz 2007), kuitenkin laadun heikkeneminen on hitaampaa kuin nurmiheinillä. Niiton aikaistaminen kasvukaudella ja niittokertojen lisääminen parantaa rehun sulavuutta ja valkuaispitoisuutta, mutta sadon määrä ei välttämättä kasva (Frame 2005). Ravinteiden kuten typen, kalsiumin, mangaanin, raudan, koboltin ja pektiinin pitoisuudet ovat usein suurempia kuin nurmiheinillä. Kuivaheinän tuotannossa lehtien variseminen kasvaa sadon käsittelyn myöhästyessä (Frame 2005).

Sinimailanen on monivuoinen, kasvutavaltaan pysty nurmipalkokasvi, joka kasvaa 30–90 cm korkuiseksi (Robson ym. 1989, Mosberg ym. 2005). Sinimailasta käytetään Pohjoismaissa rehukasvina, mutta voi esiintyä villiintyneenä. Yhdessä kasviyksilössä voi olla useita kaljuja tai lyhytkarvaisia varsia, jotka saavat alkunsa kruunun sivusilmuista (Frame 2005, Mosberg ym. 2005). Kasviyksilön vanhetessa kehitys voidaan havaita yksittäisten varsien kehityksestä: varret siirtyvät vegetatiivisesta generatiiviseen vaiheeseen ja samassa kasviyksilössä voi olla useita eri kasvuastevaiheissa olevia varsia (Fick ja Mueller 1989). Tämän vuoksi keskimääräinen kasvuaste kuvaa kasvuston kehitystilaa tarkimmin. Varsien kehityksen edetessä sivuversoja muodostuu alemmista lehtihangoista. Kruunu tuottaa suurimman osan varsista kasvuston korjuun jälkeen (Frame 2005). Lehdet ovat kolmisormiset ja kukinto on lyhyt, palleromainen terttu kooltaan jopa 4 cm, josta teriö karisee kukinnan jälkeen. Tertussa voi olla 5–30 kukkaa, jotka ovat 8–11 mm kokoisia ja yleensä väriltään sinisestä siniviolettiin (Mosberg ym. 2005). Sinimailanen pysyy yleensä satoisana keskimäärin neljästä kuuteen vuotta. Tiivistyneet, kuorettuneet ja keveät maa-lajit heikentävät kasvua. Nopein kasvu ajoittuu loppukevääseen ja alkukesään, jolloin

kasvu on sopivissa olosuhteissa voimakasta. Talvenkestävillä lajikkeilla on pidempi dormanssi, eli tyvisilmujen lepokausi, ja siten lyhempi kasvukausi (Frame 2005).

Sinimailanen sopii parhaiten muutaman niittokerran menetelmään. Kasvuasteet kuvaavat hyvin todennäköistä sadon laatua esimerkiksi sulavuuden ja raakavalkuaisen osalta (Fick ja Mueller 1989, Frame 2005). Framen (2005) mukaan sinimailanen tarvitsee riittävästi aikaa talveen valmistautumiseen, jotta hiilihydraatti- ja typpivarastot voivat täyttyä, sillä varastoja tarvitaan parantamaan talvenkestävyyttä. Myös kevätkasvu on riippuvainen ravinnevarastoista ja sivuversojen määrästä ennen talvikautta. Jos nämä tekijät vaurioituvat, haitat voivat heijastella seuraavalle kasvukaudelle. Tällöin sadon muodostuminen on riippuvainen varren haarojen sivuversoista, joille sopii paremmin pitkä 10–14 cm sänki lyhyeen verrattuna. Syksyllä jätetty pidempi sänki voi myös helpottaa talvehtimistä suojaamalla kruunun versoja pakkaselta (Frame 2005).

Sinimailanen kestää muita nurmipalkokasveja paremmin kuivuutta syvän juuristonsa ansiosta. Myös sinimailasella talvenkestävimmät lajikkeet aloittavat kasvunsa hitaammin ja lopettavat aikeisemmin, niillä on lyhempi kasvukausi, talvenkestävyys liittyy selvästi pienempään syysatoon (Perry ym. 1987 ref. Frame 2005, Frame 2005). Framen (2005) mukaan juurinyströiden typensidonta tapahtuu *Rhizobium meliloti* bakteerin avulla. Siementen ymppeä voi olla tarpeellista, jos sinimailasta viljellään alueella, jolla ei ole aiemmin viljelty nurmipalkokasveja (Robson ym. 1989, Frame 2005). Alhainen pH alle 6,0 vähentää merkittävästi *R. melilotin* luontaista esiintymistä. Sinimailanen kykenee sitomaan arviolta 85–360 kg N / ha riippuen viljelyalueesta (Frame 2005). Sinimailanen on herkkä tuholaisille ja niiden aiheuttamat haitat voivat olla merkittäviä. Vaurioita voi esiintyä kaikissa kasvunvaiheissa ja vaurioituneisiin kasvinosiin voi helposti tarttua bakteereja tai sieniä. Kasvitaudit voivat tarttua siemenvälitteisesti joko yksittäin tai yhdistelmänä ja koko kasvusto versosta juuriin voi saada tartunnan (Frame 2005).

Viljelykokeissa sinimailasen puhdaskasvustoista on saavutettu Iso-Britanniassa 9400–17600 kg /ha kuiva-ainesatoja ja Ranskassa 14500–19000 kg ka / ha. (Aldrich 1984 ref. Frame 2005, Frame & Harkes 1987, Guy 1993 ref. Frame 2005). Käytännön viljelyssä satotasot ovat todennäköisesti pienempiä (Frame 2005). Sinimailasesta valmistetut rehut ovat yleensä raakavalkuaispitoisia sekä mineraalirikkaita. Ravitsemuksellinen laatu riippuu merkittävästi kasvuasteesta niittohetkellä, laatu heikkenee kasvuston vanhetessa ja varsi:lehti suhteen kasvaessa (Keftassa & Tuvešson 1993 ref. Frame 2005). Soluseinissä

selluloosan, hemiselluloosan ja ligniinin määrä kasvaa 0,16 % kuiva-aineessa päivittäin kasvuasteen kasvaessa, mikä johtaa sulavuuden heikkenemiseen (Keftassa & Tuvešson 1993 ref. Frame 2005). Korjuu aikaisemmassa kasvuvaiheessa parantaa sulavuutta ja raakavalkuaisen pitoisuutta sekä vähentää kuidun pitoisuutta, mutta sato voi määrällisesti jäädä pienemmäksi (Brink & Marten 1989 ref. Frame 2005, Hesterman ym. 1993 ref. Frame). Sinimailasan sato on yleensä laadullisesti ja määrällisesti tasapainossa, kun korjuuhetkellä kukkanuput ovat havaittavissa varsien kärjissä. Kun kukinta ehtii tätä pidemmälle, sadon määrä voi kasvaa, mutta soluseinät alkavat kerätä ligniiniä ja sulavuus heikkenee (Fick ja Mueller 1989). Sadon korjuussa ja kuivauksessa lehdet varisevat helposti (Frame 2005). Fickin ja Muellerin (1989) mukaan sinimailaskasvustoon vaikuttaneet yhden kasvukauden olosuhteet vaikuttavat merkittävästi seuraaviin. Hyvinvoivan kasvuston saavuttamiseen vaikuttavat kasvualueelle sopivimman lajikkeen valinta, lannoituksen sopivuus, tarvittaessa tehtävä kalkitus, kasvintuholaisten torjunta sekä sadonkorjuun ajoittaminen niin, että kasvusto ehtii valmistautua talveen.

2.2 Nurmiheinien ja –palkokasvien seoksilla tavoiteltuja hyötyjä

Nurmiheinien ja -palkokasvien seoskasvustoilla tavoitellaan sadon laadun ja määrän paranemista, joka voivat olla lähtöisin paremmasta sadontuottokyvystä, säilöttävyydestä tai kohonneesta ravitsemuksellisesta laadusta (Frame 2005). Palkokasvien lisäys kasvattaa typpiomavaraisuutta (Elgersma ym. 2016). Typen siirtyminen seoksissa nurmipalkokasveilta nurmiheinien käyttöön tapahtuu juurten ja juurinyströiden muodostaman orgaanisen aineksen kuolemisen ja hajoamisen, sekä myöhemmin tapahtuvan mineralisaation kautta, jolloin typpi irrotetaan orgaanisesta aineksesta (Dubach & Ruselle 1994 ref. Frame 2005). Yleisesti typen siirtyminen sinimailaselta on pienempää kuin puna-apilalta (Heichel & Henjum 1991 ref. Frame 2005). Hayn ja Walkerin (1989) mukaan nurmipalkokasvit pystyvät hyödyntämään typen saatavuutta juurtensa sekä *Rhizobium* bakteerien avulla monipuolisemmin. Sen vuoksi nurmipalkokasvien typpilannoituksen tarve laskee merkittävästi ja seoksissa myös nurmiheinien epäorgaanisen typen tarve vähenee maan orgaanisen aineksen hajotuksessa vapautuvan typen määrän nousun myötä. Lisäksi nurmipalkokasvien kasvusto on yleensä hyvin sulavaa ja seoskasvustoissa ne voivat parantaa kokonaissulavuutta.

Esimerkiksi puna-apilan aikaisin kukkivat lajikkeet voivat sopia parhaiten leudoille nurmien viljelyalueille (Drobná ja Jančovič 2006). Framen (2005) mukaan rehuarvon ja rehun laadun aleneminen on yleensä hitaampaa nurmipalkokasveilla. Viljelyvarmuuden parantamista voidaan tavoitella nurmiheinien avulla, sillä kasvusto voi suojata nurmipalkokasveja talvituhoilta ja siten parantaa koko kasvuston talvenkestävyyttä (Frame 2005). Seoskasvustoissa eri nurmilajien erilaiset kasvutavat voivat kasvattaa kasvuston biomassaa kun pysty nurmi ja laajasti kasvava apila täydentävät toisiaan, myös kasvunopeudessa ja kasvurytmissä on eroja (Frame 2005).

Nurmipalkokasvien viljely seoksessa käyttötarkoitukseen sopivan nurmiheinän kanssa voi olla keino parantaa kokonaissatoja sekä kasvukauden aikana alku- ja loppupuolen satoja (Frame & Harkes 1987). Puna-apilan sadontuotto pidemmällä aikavälillä ei kuitenkaan ole yhtä varmaa kuin nurmiheinillä ja saavutettu sato yleensä pienenee kasvuston vanhetessa. Puna-apilan puhdaskasvuston säilöntä voi olla haasteellista ja kasvuston ylläpito täydennyskylvöllä voi olla tarpeen (Laidlaw & Frame 1988, Phelan ym. 2015). Puna-apila sisältää nurmiheiniin verrattuna vähemmän kuiva-ainetta ja se helpommin kärsii mekaanisesta käsittelystä, minkä vuoksi sadon valkuaisen laatu voi kärsiä varsinkin kylmissä ja kosteissa olosuhteissa (Hetta ym. 2003). Tällaisissa olosuhteissa sadon säilöminen heti niiton jälkeen voi vähentää hävikkiä. Puna-apilan ja nurmiheinien seoskasvustojen säilörehu hyötyy säilöntäaineista suuremman puskurointikapasiteetin ja nopeasti hajovien aineiden korkeamman määrän yhdysvaikutuksen vuoksi (Hetta ym. 2003).

Karjojen tuotoskyky riippuu nurmirehuista saadusta energiasta ja valkuaisaineiden määrästä. Näiden kuvaamiseen yleisesti käytetään kuiva-aine-, raakavaluais- ja sulavaa raakavaluaispitoisuutta (Clavin ym. 2016). Oikean niittoajankohdan määrittäminen on tärkeää, sillä korjuun myöhästyttäminen kasvattaa kuiva-ainesatoa, mutta alentaa sadon laatua (Thorvaldsson ja Andersson 1986, Solati ym. 2017). Verrattaessa nurmiheiniin nurmipalkokasveilla on yleensä korkeammat pitoisuudet valkuaisen, pektiinin, ligniinin, karotenoidien ja vitamiinien osalta sekä vähemmän selluloosaa ja hemiselluloosaa (Frame 2005). Nurmiheinien typpipitoisuus on yleensä korkeampi nurmipalkokasvien seoksissa puhdaskasvustoon verrattuna, ellei puhdaskasvustoon ole käytetty runsasta typpilannoitusta (Frame 2005). Nurmiheinien ja nurmipalkokasvien ravinteiden pitoisuuksien erot ovat yleensä pieniä, vaikkakin palkokasveilla voi olla enemmän joitakin makroravinteita (Mg, Ca) ja mikroravinteita (Fe, Mn, Zn, Se, Mo). Ravitsemuksellisen laadun heikkene-

minen tapahtuu ensimmäisessä sadossa pystyn kasvutavan omaavilla nurmipalkokasveilla hitaammin kuin nurmilla, vaikkakin kehitys on samankaltaista (Walker ja Hay 1989, Frame 2005).

2.3 Lajien ja lajikkeiden valinta seoksiin

Lajien valinta seoskasvustoihin riippuu käyttötarkoituksesta sekä viljelyalueesta. Viljelyolosuhteet vaikuttavat esimerkiksi timotein lajikkeen valintaan, sillä aikaisuudeltaan ja kestävyydeltään erilaiset lajikkeet voivat sopia seostarkoitukseen paremmin. Yleisesti lajivalintaa voidaan pitää merkittävimpänä tekijänä suurempien satojen tavoittelussa (Deak ym. 2007). Niittomenetelmien osalta tulee huomioida, että esimerkiksi kolmea satoa tavoitellessa tulee lajilla tai lajikkeella olla riittävää jälkikasvukykyä, kykyä hyödyntää syksyllä vähenevä säteilyn määrä tehokkaasti sekä riittävää talvenkestävyyttä (Virkajärvi ja Järvenranta 2001, Virkajärvi ym. 2012a) Yleisesti satoisuus syksyllä heikentää talvenkestävyyttä kylmäkaraistumisajan lyhentyessä sekä nurmiheinillä että nurmipalkokasveilla. Nurmiheiniä ja -palkokasvien seoksissa tulee huomioida typpilannoitteiden määrä, sillä epäorgaanisen typen lisäys alentaa typensidontaa (Frame 2005). Lisäksi seoskasvustoilla voidaan vähentää tuholaihaittoja tai suojata kasvustoa kuivuudelta kasvukaudella tai talvituhoilta (Frame 2005).

Yleisesti valtaosan nurmiseoskasvustojen biomassasta tuottaa yhdestä kolmeen vallitsevaa lajia, kun luonnossa kasvuston lisäys on suurimmillaan 1–6 lajin seoksissa, jonka jälkeen lajien lisäyksellä ei enää ole merkitsevää vaikutusta sadon määrään (Deak ym. 2007). Monilajiset seokset eivät ole merkittävästi satoisampia kuin yksinkertaiset nurmiheiniä ja -palkokasvien seokset (Annicchiarico 1995). Seoksissa menestyvät lajit vaikuttavat eniten kuiva-ainesadonmäärän muodostumiseen, eikä seoksen monilajisuudella välttämättä ole suoraa vaikutusta (Frame 2005, Deak ym. 2007). Kuiva-ainesadon vaihtelun on havaittu johtuvan ennemmin kasvukauden sääoloista ja sen vaihteluista, kuin lajien määrästä seoksissa vertailtaessa muutaman lajin sisältäviä seoksia useampilajisiin seoksiin (Deak ym. 2007). Deakin ym. (2007) mukaan usein oletetaan useampia lajeja sisältävien seosten tuottavan erilaisen kasvurytminsä kautta suuremman sadon kuin yksinkertaiset seokset. On kuitenkin havaittu, että rehun ravitsemukselliseen arvoon vaikuttaa enemmän heinä-palkokasvi suhde seoksessa, kuin seoksen sisältämien lajien määrä.

Nurmipalkokasvien pitoisuus seoksessa vaikuttaa sadon botaaniseen koostumukseen, määrään ja laatuun sekä palkokasvien että nurmiheinien osalta (Elgersma ym. 2016). Kasvuunlähtönopeus vaikuttaa erityisesti lajisuhteisiin. Niittojen määrä ja typpilannoitus vaikuttavat erityisesti lajien sisäisiin ja välisiin kilpailuihin kasvutilasta. On havaittu, että ihanteellinen palkokasvien osuus seoskasvustoissa on 40–60 % välillä sadon kuiva-ainesta (Pflimlin ym. 2003, Phelan ym. 2015). Nurmipalkokasvien vaikutukset tulevat esiin, kun niitä on kasvustossa 30–50 %, tällöin kokonaiskasvuston biomassan määrä kasvaa, kasvuston laadulliset ominaisuudet esimerkiksi valkuaispitoisuuden osalta kasvavat ja johtaa karjojen tuotoskyvyn kasvuun (Lüscher ym. 2014). Nurmilajit kilpailevat kasvustoissa lajin sisällä ja lajien välillä sekä rikkoja vastaan. Kilpailua käydään kasvuun tarvittavista resursseista kuten ravinteista, valosta ja vedestä, kilpailua tapahtuu sekä maanpäällisessä että maanalaisessa kasvussa (Pulli 1980c, Robson ym. 1989, Frame 2005). Puhdaskasvustoissa kasvilajin sisäinen kilpailu pyritään sopeuttamaan ympäröiviin kasvuolosuhteisiin, kun seoskasvustoissa laji- ja/tai lajikevalinnassa koetetaan löytää kasvien välistä kilpailua vähentäviä seoskumppaneita, joiden kasvutapa edistää voimakasta molempia seososapuolia hyödyttävää kasvua koko kasvukauden ajan (Pulli 1980b).

Lorentzenin ym. (2007) mukaan maanpäällisen kasvutilan käytössä kasvustojen kattavuus suurenee puhdaskasvustoista seoksiin siirryttäessä. Kasvuston kumulatiivisen peittävyuden kasvu liittyi pystysuoraan tiheyteen koko kasvuston rakenteessa ja johti kasvivyksilöiden korkeuskasvuun (Lorentzen ym. 2007). Yleisesti nurmiheinät kasvavat pidemmiksi, muodostavat enemmän biomassaa tukeviin solukoihin ja kasvattavat lehtialaa kun seoksiin lisätään palkokasveja. Lisäksi nurmiheinien lehdet kasvavat pidemmiksi (Gübsch ym. 2011). Puna-apilalla ja sinimailasella on pystytkö kasvutapa ja niillä voi olla etuasema lajien välisessä kilpailussa nurmiheiniä kohtaan verrattuna esimerkiksi valkoapilaan (*Trifolium repens* L.) (Rasmunssen ym. 2012). Laidunnukseen tarkoitetuissa nurmiseoksissa pääosassa on nurmiheinä ja vain pieni osa, muutama kilo hehtaarille, jotakin nurmipalkokasvia (Frame 2005). Sen sijaan rehuksi korjattavissa kasvustoissa nurmipalkokasveja voi olla suhteessa enemmän. Puhdaskasvustoissa nurmipalkokasveja voidaan käyttää esimerkiksi puna-apilaa 12–15 kg tai sinimailasta 12–18 kg hehtaarille. Seoksissa nurmipalkokasvien määrää voidaan vähentää, jos seoksiin lisätään esimerkiksi 3–6 kg/ha ei-aggressiivisesti kilpailevaa nurmiheinää, kuten timoteita (Frame 2005).

Caslerin ja Kallenbachin (2007) mukaan timotei sopii seoksiin useiden nurmipalkokasvien kanssa. Tällöin seoksissa timoteilajikkeen valinta perustuu kukinta-ajankohtaan,

jotta se sopisi kehitysvaiheeltaan yhteen seoksen nurmipalkokasvin kanssa. Puna-apila ja sinimailanen sopivat seoksiin kasvutavaltaan ei-aggressiivisten nurmiheinien kuten timotein kanssa (Fick ja Mueller 1989, Frame 2005). Sinimailasta voidaan viljellä myös seoksissa muiden palkokasvien kanssa (Fick ja Mueller 1989). Puna-apila selviytyy haasteellisista talvista paremmin seoskasvustossa nurmiheinien kanssa (Belzile 1987 ref. Frame 2005). Tuholaisilla ja kasvitaudeilla voi olla epäsuotuisa vaikutus puna-apilan esiintyvyyteen seoskasvustossa (Frame ym. 1998). Sinimailasen käyttö seoksessa nurmiheinien kanssa vähentää rikkojen aiheuttamaa haittaa, mutta tällöin ei voida käyttää herbisidejä heinämaisten rikkojen torjuntaan. Huolellisen perustamisen jälkeen voimakkaasti kasvava sinimailanen yleensä kykenee vastustamaan rikkoja tehokkaasti (Frame 2005).

2.4 Kasvuston biomassan ja seoshyödyn tarkastelemisen suureita

Lehtialaindeksi kuvaa mitatulla alueella kasvuston yhteyttävää pinta-alaa jaettuna maan pinta-alalla (Virkajärvi ja Pakarinen 2012). Kriittinen lehtialaindeksi kuvaa ihanteellista lehtialaa, jossa kasvusto sitoo 95 % säteilystä. Kasvuston saavutettua LAI_{crit} arvon, kasvu hidastuu ja kasvuston vanhetessa LAI alkaa pienentyä (Virkajärvi ja Pakarinen 2012). LAI on suurempi kasvutavaltaan pystyillä nurmilajeilla. Timotein LAI_{crit} arvona pidetään 6,5–8; sinimailasen 4,6 ja puna-apilan 4,8 (Pulli 1980a, Pulli 1980b, Virkajärvi & Pakarinen 2012). Bonesmon ja Bélangerin (2002) mukaan timoteilla lineaarinen kasvunvaiheeseen siirtyminen tapahtuu LAI:n saavutettua arvon 1,5 ($\pm 0,1-0,2$), jolloin alkukehityksen eksponentiaalinen kasvu hidastuu. LAI:n muodostumiseen vaikuttaa myös kasvuston massan kasvaessa varjostuksen kasvaminen: lehtiä alkaa kuolla kasvuston alaosissa, jonka jälkeen lehtien kuihtumisnopeuteen vaikuttaa voimakkaimmin lämpötila.

Lehtialaindeksin muodostumiseen liittyy yleensä lämpötila, joka vaikuttaa lehtien muodostumisen voimakkuuteen sekä lehtien kasvun ajanjakson kestoon. Lisäksi vaikuttaa käytettävissä oleva typpi, joka vaikuttaa lehtien kokoon ja versomiseen. Kasvuston tiheys puolestaan vaikuttaa kilpailuun kuten lehtien varjostukseen ja versomiseen (Hay ja Walker 1989). Yleensä ympäristöstä peräisin olevat tekijät, kuten ravinteiden puutos, korkeat lämpötilat, kuivuus, tuulisuus ja halla tai pakkasen kasvukaudella, johtavat lehtien vanhenemiseen (Hay ja Walker 1989). Sadonkorjuu vähentää kasvinyksilön lehtialaa hetkelisesti merkittävästi, mutta voi johtaa joissain tapauksissa lehtialan kasvuun, kun nuorempien lehtien poistaminen voi pidentää vanhempien kasvinosien ikää tai pääversojen vaurioituminen voi johtaa sivuversojen lisääntymiseen (Hay ja Walker 1989).

Kasvukausi vaikuttaa kasvuston saavuttamaan lehtialaindeksiin. LAI:n muodostumiseen voi vaikuttaa voimakkaastikin esimerkiksi kuiva- tai hyvin sateinen kasvukausi (Virka-järvi ym. 2012a). Esimerkiksi epäsuotuisat olosuhteet voivat aiheuttaa LAI:n kehityk-sessä tasaantumis- tai notkahdusvaiheen, mutta myös kasvuston tiheyden harventuminen, esimerkiksi kasvitautien vaikutuksesta, voi vaikuttaa lehtialaindeksin pienenemiseen. Höglindin ym. (2005) mukaan timoteilla LAI:n kehitys vaihtelee vuosittain. Jos ensim-mäistä niittoa ei tehdä ja timoteikasvuston annetaan kehittyä pidemmälle, LAI aleni noin asteelle 3 myöhäisen ensimmäisen niiton kohdalla kasvuston lehtien määrän vähentyessä ja kasvuston vanhetessa. Niiton yhteydessä LAI putosi lähelle nollaa, eikä eronnut mer-kitsevästi eri kasvustojen välillä (Höglind ym. 2005). Virkajärven ym. (2012a) mukaan timotei saavutti ensimmäisessä sadossa LAI:n maksimiarvon 7-8. Jälkisadoissa on ha-vaittu LAI:n kehityksen olevan suhteellisen tasaista lajin sisällä eikä LAI ole riippunut kasvuston kehitystasesta ensimmäisessä niitossa. Virkajärven ym. (2012a) mukaan en-simmäisen niiton myöhästyessä kasvustojen jälkikasvu ei pysty saavuttamaan yhtä kor-keita LAI lukemia toiseen niittoon mennessä verrattuna aikaisemmin niitettyjen kasvus-tojen jälkikasvuun.

Pinta-alavastaavuussuhde LER kuvaa kasvilajien ja/tai -lajikkeiden hyötymistä seoskas-vustossa kasvamisesta verrattuna samojen yksittäisten lajien puhdaskasvustoihin (Silver-town 1987). LER arvon laskennassa oletuksena on, että kasviyksilöiden määrät voivat kasvustoissa vaihdella. LER:n avulla voidaan verrata tavoitteellisesti viljellyn seoskas-vuston tarvitseman maa-alaa siihen maa-alaan, joka tarvittaisiin saman satotason saavut-tamiseen seoskasvilajien yksittäisissä puhdaskasvustoissa (Silvertown 1987). Kun LER arvo on suurempi kuin 1, voidaan katsoa lajien tai lajikkeiden hyötyvän seoskasvustossa kasvamisesta (Silvertown 1987).

LER arvon haasteena on lukuarvojen vaihtelu riippuen, siitä mihin yksittäiseen puhdas-kasvustoon arvoja vertaillaan (Silvertown 1987). Haasteeksi muodostuu myös se, ettei laskennassa huomioida lajien tai lajikkeiden suhteita seoskasvuston sadossa. Silvertow-nin (1987) mukaan seosviljelyn tuomat satohyödyt voivat muodostua monesta eri teki-jästä kuten: kasvitaudinaiheuttajien vähenemisestä tai lisääntymisestä, erilaisista olosuh-teista kasvituholaisille sekä erot ravinnetarpeissa kuten nurmiheinillä ja nurmipalkokas-veilla, sekä erilaisesta kasvuston rakenteesta. Hyöty voi olla pitkä- tai lyhytaikainen (Sil-vertown 1987).

Ravinnetaseella tarkoitetaan laskentamenetelmää, jolla voidaan seurata maatalouden ravinteiden kulkeutumista (Marttila ym. 2005, MAVI 2008). Menetelmiä on useita erilaisia, mutta esimerkiksi peltotaseen avulla voidaan selvittää kasvustoon lisättyjen ja sieltä sadon mukana poistuneiden ravinteiden määrien erotuksen kautta, kuinka kasvusto on hyödyntänyt esimerkiksi lannoitteena annetun typen (Seppänen ym. 2000, Rajala ym. 2001, Marttila ym. 2005, MAVI 2008). Ravinnetase vaihtelee vuosittain ja esimerkiksi viljelykasvin, lannoitustason, sadon ja kasvukauden sääolosuhteiden mukaan. Satotason nousu kasvattaa poistuvaa ravinnemäärää parantaen ravinteiden hyödyntämistä kasvukaudella. Kun lannoitusta lisätään, ravinnetaseen arvo kasvaa (MAVI 2008).

Laskennassa huomioidaan vain sadonkorjuun myötä poistunut sato. Jos sato jää korjaamatta, laskennassa käytetään 0 kg / ha (MAVI 2008). Ravinteiden lisäyksellä tarkoitetaan lannoitustasoa. Poistunut ravinnemäärä lasketaan esimerkiksi kuiva-ainesadon perusteella ja laskennassa käytetään satoanalyysin arvoja. Ravinnetaseen negatiivinen arvo kuvaa kasvuston lannoitteen lisäksi hyödyntäneen maasta tai kasvustosta peräisin olevaa ravinnetta (Rajala ym. 2001, Marttila ym. 2005, MAVI 2008). Eli kasvuston mukana poistuu esimerkiksi enemmän typpeä, kuin sinne on lannoitteena annettu. Mitä suurempi tase on, sitä todennäköisemmin kasvaa riski ravinteiden huuhtoutumiselle (MAVI 2008).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tavoitteena oli selvittää vaikuttaako timotein lajike sinimailasen ja puna-apilan menestymiseen ja satoisuuteen seoksissa. Tavoitteena oli selvittää niittokertojen määrän vaikutusta seosten sadonmuodostukseen sekä nurmipalkokasvien kestävyteen seoksissa, sekä tarkastella typen peltotaseita. Peltokokeella tarkasteltiin kasvuunlähtöä, lehtialaindeksin kehittymistä sekä sadon määrää ja botaanista koostumusta. Tavoitteena oli myös tehdä havaintoja seoskasvustojen sadonmuodostuksesta, sillä yleisesti on havaittu apiloiden sadontuoton painottuvan jälkisatoihin, kun sinimailanen voi tuottaa satoa tasaisemmin kasvukauden aikana. Hypotesina oli, että nurmipalkokasveja sisältävät seokset saavuttaisivat suuremman ja valkuaispitoisemman sadon. Lisäksi oletettiin toisen timoteilajikkeen olevan satoisampi seoskasvusoissa ja palkokasvien oletettiin talvehtivan paremmin seoskasvustoissa.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Peltokoe toteutettiin Luonnonvarakeskuksen Ylistaron koeasemalla Etelä-Pohjanmaalla (62,562°N, 22,293°E) osana vuonna 2016 alkanutta VALNURRE-hanketta. VALNURRE -hankkeen koe on sisällytetty TUOVA-hankkeen peltokokeeseen jossa on kaksi osaa: toisessa tutkitaan tallauksen vaikutusta seoskasvustojen menestymiseen ja toisessa niittokertojen määrän vaikutusta seos- ja puhdaskasvustoihin. Koe perustettiin vuonna 2016 ja tämä tutkielma käsittelee tallaamattoman osakokeen ensimmäistä satovuotta 2017. Peltokoe toteutettiin peruskokeen osalta osa-osa-ruutukokeena täydellisesti satunnaistettuna ja tähän tutkielmaan liittynyt osa toteutettiin osa-ruutukokeena lohkoittain satunnaistettuna kokeena kolmena kerranteena. Peltokokeessa oli mukana kaksi eri timotein lajiketta, nurminata, sinimailanen, alsikeapila ja puna-apila.

4.1 Kasvimateriaali ja koejärjestelyt

Peltokoe perustettiin vuonna 2016 kevätvehnä Demonstrant 330 kpl/m² suojaviljaan. Koealalla ei ollut viljelty vuosina 2014–2015 nurmipalkokasveja. Nurmiheinien ja -palkokasvien siemenet kylvettiin samaan aikaan suojaviljan kanssa. Koepaikan maalaji oli multava hiesu, jonka pH yli 6,0. Koealueella ei ollut juolavehneä tai muita rikkakasviongelmiä. Koealalla ei tehty rikkakasvien torjuntaa kesällä 2017, vaikka sinimailasen puhdaskasvustoissa esiintyi runsaasti rikkoja. Ruutujen kylvö ja lannoitus nurmivuosina tehtiin 1,5 m x 10 m eli 15 m² alalle ja niitettävien koeruutujen koko oli 1,5 m x 8 m eli 12 m². Koeruutuja oli koko kokeessa 108 kpl ja lisäksi suojaruudut (liite 1). Tähän tutkielmaan käytetyssä osassa oli koeruutuja yhteensä 66 kpl ja lisäksi suojaruudut kokeen ympärillä sekä lohkojen väleissä. Koe jakautui kahden ja kolmen niittokerran lohkoihin. Jokaisessa lohkoissa oli 11 koejäsentä ja lohkoja yhteensä kuusi. Kesällä 2017 tarkastelusta tämän tutkielman osalta jätettiin 11 koejäsenestä pois nurminataa ja alsikeapilaa sisältävät ruudut, sillä ne esiintyivät ainoastaan seoksissa, eikä kontrollina vaadittavia puhdaskasvustoja ollut. Varsinaisesti tarkasteltavia koejäseniä molemmissa niittomenetelmissä oli kahdeksan (taulukko 1). Timoteista valittiin kasvunopeudeltaan erilaiset lajikkeet, puna-apila- ja sinimailaslajikkeet olivat alueella yleisesti viljelyssä olevia lajikkeita. Tutkielman aineisto kerättiin vuonna 2017, joka oli peltokokeen ensimmäinen satovuosi.

Taulukko 1. Peltokokeen koejäsenet (kasvilajit, lajikkeet ja osuus seoksessa), niittojen lukumäärä ja niittoajankohdat.

Koejäsen	Niitot	Niittopäivät	Kasvilaji	Lajike	Seoksessa %
B201	2	1. niitto 28.6.	Sinimailanen	Nexus	100
B202	2	2. niitto 9.8.	Puna-apila	Saija	100
B203	2		Pohjoinen timotei	Tuure	100
B204	2		Eteläinen timotei	Bor0602	100
B206	2		Pohjoinen timotei	Tuure	60
			Puna-apila	Saija	40
B207	2		Eteläinen timotei	Bor0602	60
			Puna-apila	Saija	40
B210	2		Pohjoinen timotei	Tuure	60
			Sinimailanen	Nexus	40
B211	2		Pohjoinen timotei	Bor0602	60
			Sinimailanen	Nexus	40
B301	3	1. niitto 23.6.	Sinimailanen	Nexus	100
B302	3	2. niitto 26.7.	Puna-apila	Saija	100
B303	3	3. niitto 4.9.	Pohjoinen timotei	Tuure	100
B304	3		Eteläinen timotei	Bor0602	100
B306	3		Pohjoinen timotei	Tuure	60
			Puna-apila	Saija	40
B307	3		Eteläinen timotei	Bor0602	60
			Puna-apila	Saija	40
B310	3		Pohjoinen timotei	Tuure	60
			Sinimailanen	Nexus	40
B311	3		Pohjoinen timotei	Bor0602	60
			Sinimailanen	Nexus	40

Kevätlannoitus tehtiin 10.5. ja niittojen jälkeiset lannoitukset niittopäivänä tai sitä seuraavana päivänä (taulukko 2). Kasvustot lannoitettiin käsin kaksi tai kolme kertaa niitto- menetelmästä riippuen. Ruutukohtaiset lannoitemäärät punnittiin kasvukauden alussa ja varastoitii lannoitusajankohtaan saakka. Timotein puhdaskasvustot lannoitettiin kahden niiton yleisen lannoitustavan mukaan, seoskasvustot kevennetysti ja puhtaille nurmipal- kokasvustoille annettiin vain kevätlannoitus. Kahden niiton koeruuduille annettiin ensim- mäisen niiton jälkeen koeohjeesta poiketen tyypeä niittopäivänä timotein puhdaskasvus- toille 100 kg/ha ja seoskasvustoille 50 kg/ha, lisäksi noin kasvuasteella 24 annettiin timo- tein puhdaskasvustoille 40 kg/ha ja seoksille 20 kg/ha. Kahden niiton ruudut niitettiin ensimmäisen kerran timotein tähkälle tulon alussa kasvuasteella 52–56 ja toisen kerran kuusi viikkoa ensimmäisen niiton jälkeen. Kolmen niiton ruudut niitettiin ensimmäisen kerran timotein kasvuasteella 45, toisen kerran viisi viikkoa myöhemmin ja kolmannen kerran kuuden viikon kuluttua. Puhdistusniittoa ei tehty vuonna 2017. Kasvuasteiden määrityksessä käytettiin Simonin ja Parkin (1983) kasvuastemääritelmää timoteille (liite 2) ja palkokasvien osalta sovellettiin Fickin ja Muellerin (1989) sekä Ohlssonin ja We- dinin (1989) kasvuastemääritelmiä (liite 3).

Taulukko 2. Kasvukauden 2017 lannoitukset puhdaskasvustoille ja seoksille hehtaaria ja koeruutua kohti lannoituskerroittain koeohjeen mukaan.

		Puhtaat nurmiheinät	Seokset	Puhtaat nurmipalkokasvit
Lannoitus kevääällä	Lannoite	Yara Mila Y3	Yara Mila Y3	Yara Mila Y3
	Ravinteet	NPK 23 - 3 - 8	NPK 23 - 3 - 8	NPK 23 - 3 - 8
	N/ha	100 kg	50 kg	20 kg
	Lannoitetta kg/ha	434,78	217,39	86,96
	Lannoitetta kg/ruutu	0,652	0,326	0,130
1. niiton jälkeen	Lannoite	Yara Mila Y3	Yara Mila Y3	
	Ravinteet	NPK 23 - 3 - 8	NPK 23 - 3 - 8	
	N/ha	100 kg	50 kg	
	Lannoitetta kg/ha	434,78	217,39	
	Lannoitetta kg/ruutu	0,652	0,326	
2. niiton jälkeen	Lannoite	Suomen salpietari	Suomen salpietari	
	Ravinteet	NPK 26,8 - 0 - 0	NPK 26,8 - 0 - 0	
	N/ha	40 kg	20 kg	
	Lannoitetta kg/ha	149,25	74,63	
	Lannoitetta kg/ruutu	0,224	0,112	

4.2 Kasvustohavainnot

Kasvukaudella 2017 suoritettiin useita kasvua mittaavia mittauksia sekä kasvuunlähdössä että ennen niittoja. Kasvukauden alussa 17.5. ja 26.5. tehtiin talvituhojen havainnointi silmämääräisesti asteikolla 0-100. Kasvukauden alussa ja niittojen jälkeen LAI mitattiin kolme kertaa noin viikon välein, kunnes LAI ylitti arvon 3. Lehtialaindeksi mitattiin LAI-2000 -lehtialaindeksimittarilla (LI-COR Inc. Lincoln, Nebraska, USA, 1993) ruuduittain ja jokaisesta ruudusta otettiin viisi mittauspistettä, mittausturi asetettiin maata vasten kasvuston sekaan ja mittari laski ruutukohtaisen keskiarvon. Sääolosuhteiden ja aurinkoisuuden mukaan vaihdettiin sopiva linssinsuojus anturiin. LAI:n mittauksen yhteydessä mitattiin kasvuton ojennettu korkeus ruuduittain kolmesta kohtaa timoteista ja nurmipalkokasveista erikseen asettamalla mitta tasaisesti maahan ja lukemalla arvo suoraksi ojennettujen latvojen kohdalta. Ennen niittoja arvioitiin lakoisuuden prosentuaalinen osuus asteikolla 0-100, mitattiin LAI ja ojennettu korkeus koeruuduittain 1-3 päivää ennen niittoa. Ruutusadot punnittiin niittokoneen vaa'alla (Wintersteiger, Hege 140, Wintersteiger AG, Ried im Innkreis, Austria). Niittokorkeus oli noin 4 cm. Niitetystä sadosta otettiin näyte botaanista analyysiä sekä analyysinäytteitä varten. Niitetystä sadosta arvioitiin nurmen ja valkuaiskasvien kehitysasteet viidestä kasviyksilöstä.

4.3 Näytteiden käsittely ja analysointi

4.3.1 Botaaninen analyysi

Niitetystä sadosta kerättiin satunnaisesti poimittuna ruuduittain 5-16 kg tuoretta kasvustoa muovisäkkeihin botaanista analyysiä varten, josta varsinaiseen botaaniseen analyysiin otettiin 0,9-1,5 kg näyte. Tuoreita näytteitä pakastettiin näytteiden suuren määrän vuoksi. Botaanisessa analyysissä näytteestä eroteltiin kasvilajit viiteen ryhmään: kylvetyt heinät, kylvetyt nurmipalkokasvit, heinämäiset rikat, yrttimäiset rikat sekä kuollut kasviaines. Näytteistä kirjattiin jokaisen fraktion tuorepainot sekä +60 °C 24 h kuivauksen jälkeen kuivapainot. Tuoretta kasviainesta punnittiin kaksi 100 gramman rinnakkaisnäytettä kylvetyistä nurmiheinistä ja -palkokasveista, rikoista ja kuolleesta otettiin vain yksi suurimmillaan 100 gramman näyte. Kuivat näytteet pakattiin säilytykseen.

4.3.2 Analyysinäytteet

Analyysinäytteet tehtiin kahtena 100 gramman rinnakkaisnäytteenä, näyte otettiin samasta tuorenäytteestä kuin botaanisen analyysin näytteet, mutta kasvifraktioita ei lajiteltu eikä näytteitä pakastettu ennen näytteiden käsittelyä. Analyysinäytteet tehtiin 1-3 päivän kuluessa niitosta kylmiössä säilytetyistä näytteistä näytteiden suuren määrän vuoksi. Uuniin laitettava näyte punnittiin tuoreesta kasvustosta silppuamisen jälkeen. Näytteitä kuivattiin +60 °C 24 h ja näytteet pakattiin jatkoanalyysijä varten. Rehuanalyysin suoritti Seilab Oy. Erillistä +100 °C kuiva-ainemääritystä ei tehty. Näytteistä punnittiin kuivapainot, joiden avulla voitiin määrittää kuiva-aineprosentit ruuduittain. Niittojen tuoresatojen ja määritettyjen kuiva-ainetulosten perusteella laskettiin koejäsenittäin kuiva-ainesadot niitoissa ja kokonaissadot kuiva-ainekiloina hehtaarille.

4.3.3 Pinta-alavastaavuussuhde LER

Pinta-alavastaavuussuhde (LER) laskettiin koejäsenten satojen keskiarvoja käyttäen, jotka laskettiin kolmesta kerranteesta koejäsenittäin. LER arvo >1 kuvaa satohyötyä seoksessa (Silvertown 1987). Laskennassa käytettiin kahden lajin seoksen kaavaa, jossa x ja y esiintyvät samassa seoksessa:

$$\text{LER} = \frac{\text{Lajin x sato kg/ha seoskasvustossa}}{\text{Lajin x sato kg/ha puhdaskasvustossa}} + \frac{\text{Lajin y sato kg/ha seoskasvustossa}}{\text{Lajin y sato kg/ha puhdaskasvustossa}}$$

4.3.4 Peltotase – Typpi

Typpitaseet laskettiin seuraavien kaavojen avulla, kun huomioitiin lisätty ja sadon mukana poistunut typpi (Rajala ym. 2001, Marttila ym. 2005, MAVI 2008):

100 g raakavalkuaista sisältää 16g typpeä, josta saadaan indeksiluku 6,25

$$\text{N g / kg ka} = \frac{\text{näytteen raakavalkuainen g / kg ka}}{6,25}$$

$$\text{Korjattu N sato kg} = \text{kuiva-ainesato kg / ha} \times \frac{\text{N g / kg ka}}{1000}$$

N tase = lisätty lannoitetyppi kg – korjattu typpisato kg

4.6 Tilastolliset analyysit

Mittaustuloksista laskettiin keskiarvot, keskihajonnat ja keskivirheet (SD, SEM). Tilastollinen tarkastelu suoritettiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä kokeen osaruutukoeasettelu huomioiden Univariate- ja Multivariate menetelmillä SPSS -ohjelmistossa. Analyysissä oli kiusatekijänä (Fixed factor) kerranne ja selittävinä muuttujina (Independent variable) niittomenetelmä ja koejäsen. Parittainen vertailu tehtiin LSD -menetelmällä. Merkitsevyystaso oli $p < 0,05$. Tulosten laskennassa ja tilastollisessa analysoinnissa käytettiin tilasto-ohjelmaa IBM Statistics SPSS 23 -ohjelmaa (Armonk, NY, USA, IBM corp., 2016) ja kuvaajien laadinnassa Microsoft Excel 2015 -versiota.

5 TULOKSET

5.1 Kasvukauden sääolosuhteet 2017

Kasvukautta edeltävä talvi oli lumeton, sateinen ja lämpötilaolosuhteilta vaihteleva. Koealueen toistuva jäätyminen ja sulaminen johtivat talvituhoihin. Sääolosuhteet olivat 30 vuoden keskiarvosta poikkeavat koko kasvukauden. Kasvuunlähtö oli keväällä noin kolme viikkoa myöhässä 30 vuoden keskiarvosta ja lämpösumman kertyminen alkoi hitaasti. Sinimailanen kärsi keskimäärin 95 % talvituhoista ja sen kasvuunlähtö erittäin oli hidasta. Talvituhohavainnot tehtiin kahdesti viikon välein tavanomaista viileämmän kevään vuoksi (taulukko 3). Kasvukausi kokonaisuudessaan oli tavanomaista viileämpi ja lämpösumma jäi alle keskiarvon. Sademäärä oli alkukasvukaudella keskimääräistä alhaisempi, mutta loppukesästä keskimääräinen (Ilmatieteen laitos 2017, LUKE 2017).

Taulukko 3. Keskimääräiset talvituhot (%) koejäsenittäin (keskiarvo \pm SEM, n=3) (NH = nurmiheinä, NP = nurmipalkokasvi).

Seos	Talvituho % NH 17.5.		Talvituho % NP 17.5.		Talvituho % NH 26.5.		Talvituho % NP 26.5.	
	Mean	\pm SEM	Mean	\pm SEM	Mean	\pm SEM	Mean	\pm SEM
Sinimailanen			100	\pm 0,0			95	\pm 0,0
Puna-apila			45	\pm 14,4			0	\pm 0,0
P.timotei	15	\pm 2,9			0	\pm 0,0		
E.timotei	7	\pm 1,7			0	\pm 0,0		
P.timotei ja puna-apila	17	\pm 1,7	48	\pm 1,7	0	\pm 0,0	0	\pm 0,0
E.timotei ja puna-apila	10	\pm 2,9	50	\pm 14,4	0	\pm 0,0	0	\pm 0,0
P.timotei ja sinimailanen	10	\pm 2,9	100	\pm 0,0	3	\pm 1,7	95	\pm 0,0
E.timotei ja sinimailanen	15	\pm 2,9	100	\pm 0,0	7	\pm 1,7	95	\pm 0,0
Sinimailanen			100	\pm 0,0			93	\pm 1,7
Puna-apila			43	\pm 14,5			0	\pm 0,0
P.timotei	13	\pm 4,4			0	\pm 0,0		
E.timotei	7	\pm 3,3			0	\pm 0,0		
P.timotei ja puna-apila	25	\pm 5,0	58	\pm 7,3	0	\pm 0,0	0	\pm 0,0
E.timotei ja puna-apila	12	\pm 3,3	50	\pm 0,0	0	\pm 0,0	0	\pm 0,0
P.timotei ja sinimailanen	17	\pm 1,7	100	\pm 0,0	5	\pm 0,0	95	\pm 0,0
E.timotei ja sinimailanen	15	\pm 5,0	100	\pm 0,0	7	\pm 1,7	93	\pm 1,7

5.2 Kasvustohavainnot

5.2.1 Pituus

Ensimmäisessä sadossa niittoajankohdalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta timoteilajikkeiden tai nurmipalkokasvien pituuteen, eikä niittomenetelmien välillä ollut

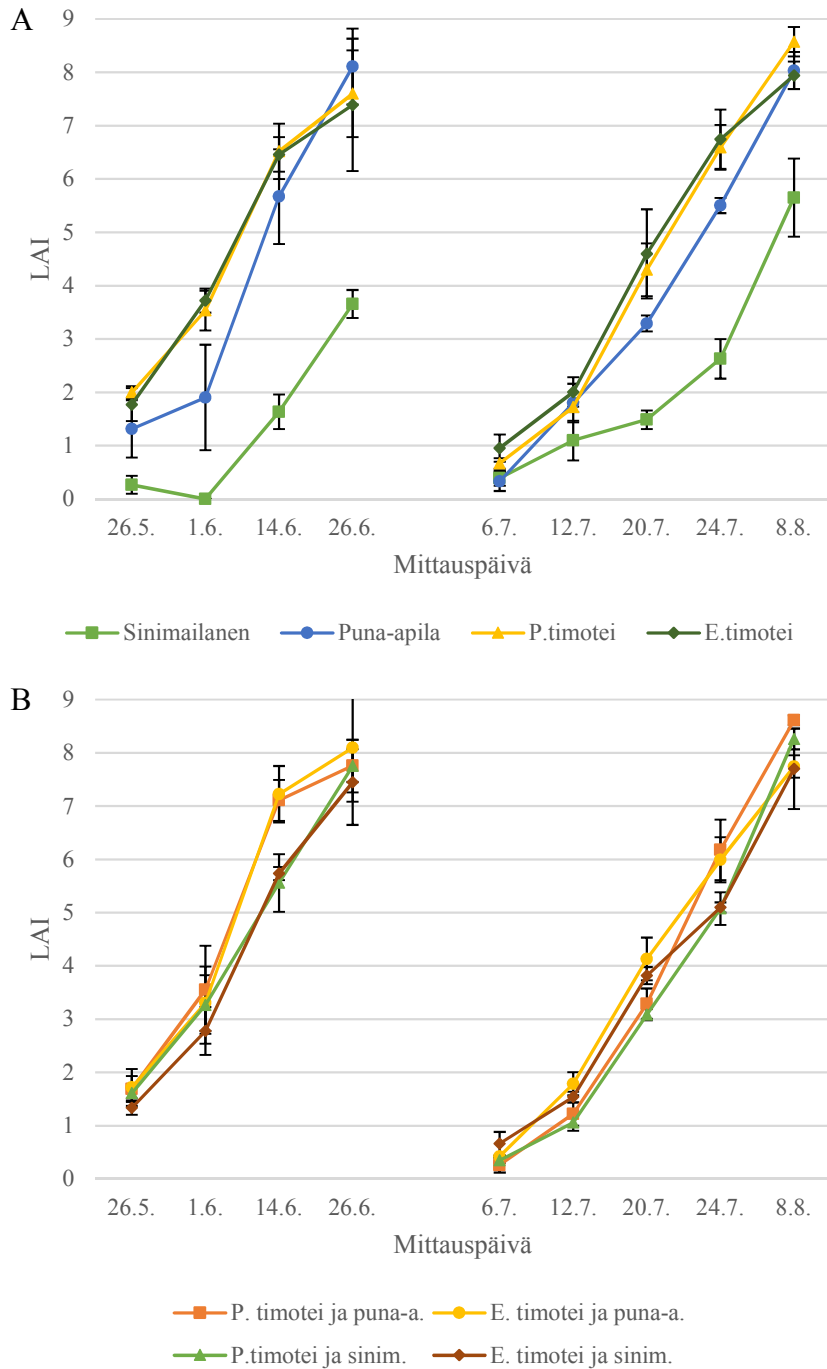
merkitsevää pituuseroa ($p > 0,05$) (liite 4). Kahden niiton menetelmässä timotei pohjoisen timotein puhdaskasvustossa sekä puna-apilan seoksessa oli pidempää kuin eteläisen timotein puhdaskasvustossa ($p = 0,012$ ja $p = 0,006$). Toisessa sadossa niittoajankohta vaikutti merkitsevästi sekä timotein että nurmipalkokasvien pituuteen ($p < 0,001$), jolloin timotein lajikkeiden ($p < 0,001$) sekä nurmipalkokasvien ($p = 0,006$) pituus oli selkeästi suurempi kahden niiton menetelmässä. Molemmissa niittomenetelmissä toisessa sadossa timotei eteläisen timotein puhdaskasvustossa oli pidempää ($p < 0,05$). Kolmannessa sadossa pohjoisen timotein puhdaskasvusto kasvoi pidemmäksi verrattuna muihin timoteita sisältäviin koejäseniin ($p < 0,05$). Koejäsenellä oli merkitsevä vaikutus sekä timotein lajikkeiden että nurmipalkokasvien pituuteen kaikissa sadoissa ($p < 0,001$). Ensimmäisessä sadossa koejäsenen ja niittoajankohdan välillä ei ollut merkitsevää yhdysvaikutusta timotein ja nurmipalkokasvien ojennettuun pituuteen ($p > 0,05$), toisessa sadossa yhdysvaikutus oli merkitsevä ($p < 0,001$). Liitteestä 4 löytyvät molempien niittomenetelmien pituustulokset.

5.2.2 Lehtialaindeksi

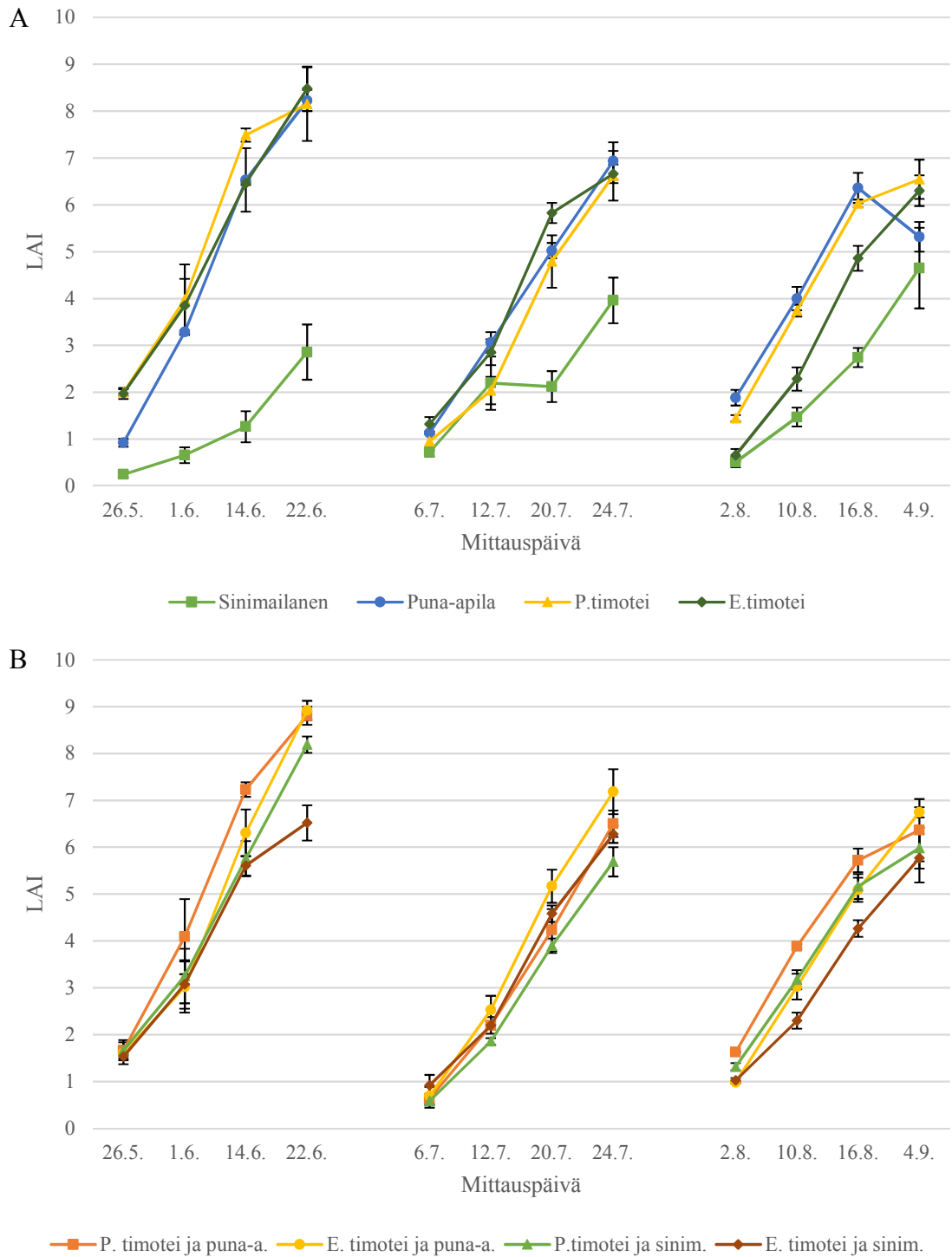
Ensimmäisessä sadossa niittoajankohdalla ei ollut vaikutusta LAI:hin, mutta toisessa sadossa vaikutus oli merkitsevä ($p < 0,001$) (kuva 1, kuva 2). Koejäsenellä oli merkitsevä vaikutus LAI:hin kahdessa ensimmäisessä sadossa ($p < 0,001$), mutta ei kolmannessa. Koejäsenen ja niiton ajankohdalla ei ollut yhdysvaikutusta ($p > 0,05$). Ensimmäisessä sadossa LAI ei eronnut niittomenetelmien välillä ($p > 0,05$). Toisessa sadossa kaikkien koejäsenten LAI oli kahden niiton menetelmässä merkitsevästi suurempi ($p < 0,05$), lukuun ottamatta eteläisen timotein ja puna-apilan seosta joka ei eronnut niittomenetelmien välillä.

Timoteit saavuttivat LAI_{crit} arvon 7-8 molemmissa sadoissa kahden niiton menetelmässä (kuva 1). Timotein lajikkeet saavuttivat kolmen niiton menetelmässä maksimiarvon 8 ensimmäisessä niitossa, toisessa ja kolmannessa niitossa LAI jäi välille 6,3–6,6 (kuva 2). Vaikka puna-apilan alkukehitys oli puhtaita nurmia hitaampaa, se saavutti molemmissa niittomenetelmissä hyvin korkean LAI arvon 8, kun apiloilla LAI_{crit} yleensä 3–4. Puna-apila ei parantanut seoskasvustojen LAI:ta. Sinimailasen puhdaskasvuston LAI oli merkitsevästi kaikkia muita koejäseniä pienempi ($p < 0,001$), sen kehitys oli hidasta ja koeruuduilla oli runsaasti rikkoja. Sinimailasen seosten LAI oli merkittävästi suurempi sinimai-

lasen puhdaskasvustoon verrattuna ($p < 0,05$). Suurimman LAI:n 4,6 sinimailasen puhdaskasvusto saavutti kolmannessa sadossa. LAI jäi kaikilla muilla koejäsenillä kolmannessa mittauskokonaisuudessa kesä- ja kevätkasvua pienemmäksi.



Kuva 1. Lehtialaindeksin kehitys alkukesällä ja niittojen jälkeen kahden niiton koejäsenillä (A) puhdas- ja (B) seoskasvustoissa. Hajontapalkit ilmaisevat keskivirheen (SEM, $n=3$).



Kuva 2. Lehtialaindeksin kehitys alkukesällä ja niittojen jälkeen kolmen niiton koejäsenillä (A) puhdas- ja (B) seoskasvustoissa. Hajontapalkit ilmaisevat keskivirheen (SEM, n=3).

5.2.3 Kasvuaste

Molempien niittomenetelmien ensimmäinen niitto myöhästyi suunnitellusta. Kahden niiton menetelmässä timotein kasvuasteet olivat asetetulla ylärajalla 56 ja kolmen niiton menetelmässä ylärajan 45 yläpuolella (taulukko 4). Niiton ajankohdalla oli merkitsevä vaikutus timotein kasvuasteisiin kahdessa ensimmäisessä sadossa ($p < 0,001$), mutta ei palkokasvien kasvuasteeseen. Koejäsen vaikutti kasvuasteisiin kaikissa sadoissa ($p < 0,001$). Koejäsenellä ja niittomenetelmällä oli yhdysvaikutusta timotein kasvuasteisiin kahdessa ensimmäisessä sadossa ($p < 0,05$), mutta ei palkokasvien kasvuasteisiin ensimmäisessä. Ensimmäisessä sadossa kahden niiton menetelmässä pohjoisen timotein kasvuaste oli merkitsevästi suurempi puna-apilan ja sinimailasen seoskasvustoissa kuin kolmen niiton menetelmässä ($p < 0,05$). Puna-apilan kasvuaste pohjoisen timotein seoksessa oli kahden niiton menetelmässä suurempi ($p = 0,026$). Kahden niiton menetelmässä sinimailasen puhdaskasvuston kasvuaste oli suurempi kuin timotein seoksissa ($p < 0,05$). Toisessa sadossa timoteita sisältävien koejäsenten kasvuasteet olivat kahden niiton menetelmässä suuremmat ($p < 0,05$). Puna-apilan ($p < 0,001$) ja sinimailasen ($p = 0,001$) puhdaskasvustojen, sekä pohjoisen timotein ja puna-apilan seoskasvuston ($p = 0,005$) palkokasvien kasvuasteet olivat merkitsevästi pienemmät kolmen niiton menetelmässä. Kolmen niiton menetelmässä kahdessa ensimmäisessä sadossa pohjoisen timotein kasvuasteet olivat seoksissa eteläisen timotein kasvuasteita merkittävästi pienemmät ($p < 0,001$).

Taulukko 4. Keskimääräiset kasvuasteet koejäsenittäin kahden ja kolmen niiton menetelmissä (keskiarvo \pm SEM, $n=3$) (NH = nurmiheinä, NP = nurmipalkokasvi).

Seos	Niitto 1		Niitto 2		Niitto 3	
	NH	NP	NH	NP	NH	NP
	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM
Sinimailanen		2 \pm 0,2		3 \pm 0,2		
Puna-apila		2 \pm 0,2		4 \pm 0,3		
P.timotei	56 \pm 0,9		39 \pm 2,1			
E.timotei	57 \pm 0,8		41 \pm 1,2			
P.timotei ja puna-apila	56 \pm 0,7	2 \pm 0,2	38 \pm 1,8	3 \pm 0,3		
E.timotei ja puna-apila	58 \pm 0,1	2 \pm 0,0	41 \pm 2,3	2 \pm 0,3		
P.timotei ja sinimailanen	58 \pm 0,1	1 \pm 0,4	38 \pm 0,3	2 \pm 0,2		
E.timotei ja sinimailanen	55 \pm 0,8	1 \pm 0,1	44 \pm 4,2	2 \pm 0,4		
Sinimailanen		2 \pm 0,1		2 \pm 0,1		2 \pm 0,1
Puna-apila		2 \pm 0,1		3 \pm 0,3		2 \pm 0,0
P.timotei	54 \pm 2,2		34 \pm 0,4		36 \pm 0,7	
E.timotei	57 \pm 1,2		34 \pm 1,1		36 \pm 0,3	
P.timotei ja puna-apila	48 \pm 3,4	1 \pm 0,7	25 \pm 0,7	2 \pm 0,2	36 \pm 0,0	2 \pm 0,1
E.timotei ja puna-apila	56 \pm 1,3	2 \pm 0,0	33 \pm 0,5	2 \pm 0,1	36 \pm 2,0	2 \pm 0,6
P.timotei ja sinimailanen	47 \pm 0,6	1 \pm 0,3	24 \pm 0,7	2 \pm 0,0	36 \pm 0,1	2 \pm 0,1
E.timotei ja sinimailanen	54 \pm 3,3	1 \pm 0,6	32 \pm 0,2	2 \pm 0,1	36 \pm 0,1	2 \pm 0,0

5.3 Kuiva-ainesato

Ensimmäisessä sadossa niittoajankohdalla ei ollut merkitsevää vaikutusta kuiva-ainesatoon, toisessa vaikutus oli merkitsevä ($p < 0,001$) (taulukko 5, taulukko 6). Koejäsenten kuiva-ainesadot erosivat toisistaan kaikissa niitoissa ($p < 0,001$). Ensimmäisessä sadossa ei ollut yhdysvaikutusta niittoajankohdan ja koejäsenen välillä, toisessa yhdysvaikutus oli merkitsevä ($p = 0,008$). Ensimmäisessä sadossa kuiva-ainesato ei eronnut niittomenetelmien välillä, mutta toisessa sadossa kaikkien koejäsenten sato oli kahden niiton menetelmässä suurempi ($p < 0,05$). Kahden niiton menetelmässä eteläisen timotein puhdaskasvusto oli satoisin (taulukko 5), kun kolmen niiton menetelmässä satoisin oli pohjoisen timotein puhdaskasvusto ($p < 0,05$) (taulukko 6). Nurmipalkokasvien puhdaskasvustojen sadot jäivät muita koejäseniä pienemmiksi. Toisessa sadossa eteläisen timotein ja puna-apilan seos tuotti muita seoksia suuremman sadon ($p < 0,05$). Keskimäärin eteläisen timotein puhdas ja seoskasvustot saavuttivat suurimmat sadot ($p < 0,05$).

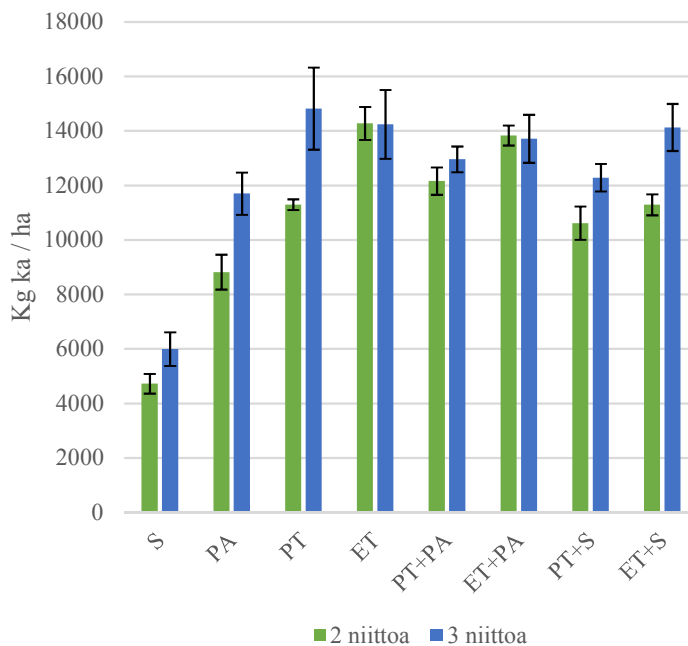
Taulukko 5. Kahden niiton kuiva-ainesadot koejäsenittäin (keskiarvo \pm SEM, $n=3$).

Koejäsen	1. sato kg ka / ha			2. sato kg ka / ha			Kokonaissato kg ka / ha		
	Mean	\pm	SEM	Mean	\pm	SEM	Mean	\pm	SEM
Sinimailanen	1953	\pm	237	2767	\pm	333	4721	\pm	363
Puna-apila	4861	\pm	649	3955	\pm	237	8816	\pm	640
Pohjoinen timotei	7209	\pm	313	4085	\pm	123	11294	\pm	194
Eteläinen timotei	8137	\pm	1051	6139	\pm	453	14276	\pm	605
P.timotei ja puna-apila	8282	\pm	378	3876	\pm	128	12158	\pm	504
E.timotei ja puna-apila	8468	\pm	266	5363	\pm	444	13831	\pm	367
P.timotei ja sinimailanen	7415	\pm	430	3199	\pm	285	10614	\pm	613
E. timotei ja sinimailanen	7280	\pm	469	4008	\pm	136	11289	\pm	386

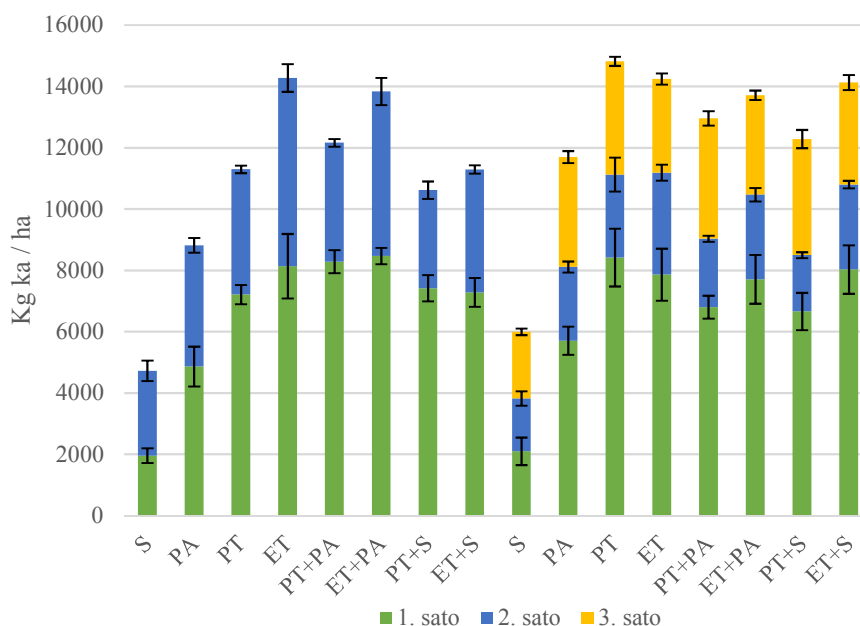
Taulukko 6. Kolmen niiton kuiva-ainesadot koejäsenittäin (keskiarvo \pm SEM, $n=3$).

Koejäsen	1. sato kg ka / ha			2. sato kg ka / ha			3. sato kg ka / ha			Kokonaissato kg ka / ha		
	Mean	\pm	SEM	Mean	\pm	SEM	Mean	\pm	SEM	Mean	\pm	SEM
Sinimailanen	2094	\pm	449	1724	\pm	237	2176	\pm	107	5994	\pm	616
Puna-apila	5703	\pm	462	2407	\pm	179	3587	\pm	195	11697	\pm	773
Pohjoinen timotei	8415	\pm	941	2708	\pm	556	3696	\pm	150	14819	\pm	1510
Eteläinen timotei	7860	\pm	847	3325	\pm	259	3054	\pm	184	14239	\pm	1264
P.timotei ja puna-apila	6798	\pm	374	2229	\pm	98	3929	\pm	237	12956	\pm	474
E.timotei ja puna-apila	7705	\pm	796	2762	\pm	219	3244	\pm	154	13711	\pm	881
P.timotei ja sinimailanen	6656	\pm	610	1840	\pm	96	3787	\pm	297	12283	\pm	506
E. timotei ja sinimailanen	8024	\pm	792	2772	\pm	123	3330	\pm	248	14127	\pm	864

Koejäsenellä ($p < 0,001$) sekä koejäsenen ja niittomenetelmän yhdysvaikutuksella (0,026) oli merkitsevä vaikutus kokonaissatoon (kuva 3, kuva 4). Eteläisen timotein ja sinimailaisen seos ($p = 0,002$), pohjoisen timotein ($p < 0,001$) sekä puna-apilan puhdaskasvustot ($p = 0,002$) hyötyivät kolmen niiton menetelmästä (kuva 3). Seoskasvusto kasvatti kahden niiton menetelmässä sekä puna-apilan että sinimailasen kokonaissatoa ($p < 0,001$), kolmen niiton menetelmässä seoskasvusto paransi vain sinimailasen kokonaissatoa ($p < 0,001$). Kahden niiton menetelmässä puna-apilan ja eteläisen timotein seos tuotti suuremman kokonaissadon ($p = 0,019$). Eteläisen timotein puhdaskasvusto tuotti pohjoista suuremman sadon kahden niiton menetelmässä ($p < 0,001$). Sinimailasen puhdaskasvuston sato oli merkitsevästi pienempi kuin timotein seoksissa ($p < 0,001$). Timoteilla molemmissa niittomenetelmissä ensimmäinen sato tuotti suurimman osan kokonaissadosta (kuva 4). Nurmi-palkokasvien ensimmäinen ja viimeinen sato olivat lähes yhtä suuret.



Kuva 3. Kokonaiskuiva-ainesadot koejäsenittäin kahden ja kolmen niiton menetelmissä (S = sinimailanen, PA = puna-apila, PT = pohjoinen timotei, ET = eteläinen timotei, + = seos). Hajontapalkki kuvaa keskivirheen (SEM, $n=3$).



Kuva 4. Kokonaiskuiva-ainesadon muodostuminen koejäsenittäin kahden ja kolmen niiton menetelmissä (S = sinimailanen, PA = puna-apila, PT = pohjoinen timotei, ET = eteläinen timotei, + = seos). Hajontapalkki kuvaa keskivirheen (SEM, n=3).

5.4 Raakavalkuainen ja sulava raakavalkuainen

Kaikissa sadoissa sekä kokonaissadossa niittoajankohdalla ja koejäsenellä oli merkitsevä vaikutus RV:n ja SRV:n määriin ($p < 0,001$), paitsi koejäsenellä kolmannessa sadossa RV:hen (liite 5). Koejäsenellä ja niiton ajankohdalla oli merkitsevää yhdysvaikutusta RV:n määrään ensimmäisessä sadossa ($p = 0,024$) sekä kokonaissadossa RV:n ja SRV:n määrään ($p = 0,001$). Ensimmäisessä sadossa pohjoisen timotein RV:n ($p = 0,022$) ja SRV:n ($p = 0,009$) määrä oli suurempi kolmen niiton menetelmässä, muuten ei eroja menetelmien välillä. Toisessa sadossa RV ja SRV pitoisuudet olivat suuremmat kahden niiton menetelmässä ($p < 0,05$), paitsi SRV eteläisen timotein ja sinimailasen seoksessa. Kahden niiton menetelmän toisessa sadossa eteläisen timotein puhdaskasvuston RV oli merkitsevästi pohjoista suurempi ($p = 0,007$). Kolmen niiton menetelmän kokonaissadossa pohjoisen timotein puhdaskasvuston SRV ja RV olivat suuremmat kuin eteläisen timotein ($p < 0,05$). Kokonaissadon SRV:n ja RV:n pitoisuus oli kaikilla koejäsenillä suurempi kolmen niiton menetelmässä ($p < 0,05$). Puna-apilan puhdaskasvuston RV ja SRV oli keskimäärin muita koejäseniä suurempi, mutta kahden niiton menetelmässä eteläisen timotein puhdaskasvuston tulokset olivat hyvin lähellä puna-apilaa. Sinimailasen puhdaskasvuston RV ja SRV jäi muita koejäseniä pienemäksi kaikissa sadoissa. Liitteestä 5 löytyvät molempien niittomenetelmien valkuaisadat.

Raakavalkuaisen pitoisuus kuiva-aineesta kahden niiton menetelmän ensimmäisen sadossa jäi alhaiseksi, paitsi sinimailasen ja puna-apilan puhdaskasvustoissa (taulukko 7). Toisessa sadossa nurmipalkokasvien ja pohjoisen timotein valkuaisprosentti oli jopa haitallisen korkea, muiden koejäsenten tulos oli tavoitearvojen ylärajalla. Kolmen niiton menetelmän ensimmäisessä sadossa puna-apilan arvo oli korkea, kun puna-apilan seokset ja pohjoinen timotei jäivät tavoitearvojen sisälle, muut jäivät alhaisiksi. Toisessa ja kolmannessa sadossa valkuaisen pitoisuudet olivat useilla koejäsenillä jopa haitallisen korkeita, lukuun ottamatta kolmannen sadon eteläisen timotein puhdaskasvustoa ja sinimailasen seoksia. Yleisesti raakavalkuaisen tavoitepitoisuutena kuiva-aineesta pidetään 13–17 %.

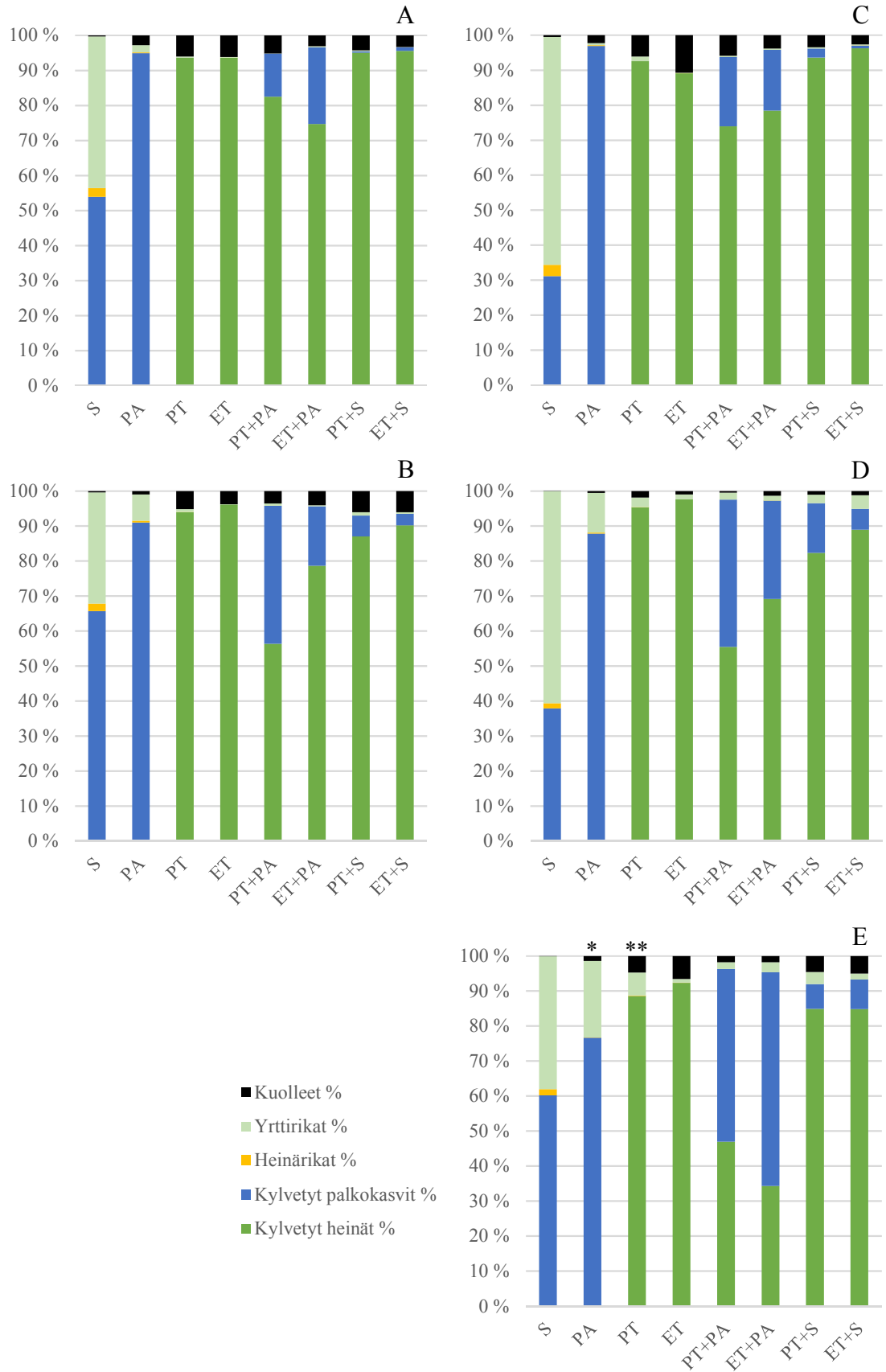
Taulukko 7. Raakavalkuaisen pitoisuus (%) kuiva-aineesta (n=3).

Koejäsen	RV % kuiva-aineesta				
	Kaksi niittoa		Kolme niittoa		
	1. sato	2. sato	1. sato	2. sato	3. sato
Sinimailanen	14	20	15	20	23
Puna-apila	19	21	21	24	22
Pohjoinen timotei	11	20	13	22	17
Eteläinen timotei	10	16	12	19	15
P.timotei ja puna-apila	10	18	14	22	20
E.timotei ja puna-apila	10	15	13	20	20
P.timotei ja sinimailanen	10	18	11	21	13
E. timotei ja sinimailanen	9	15	10	18	14

5.5 Botaaninen koostumus

Koejäsenellä oli merkitsevä vaikutus botaaniseen koostumukseen kaikissa sadoissa ($p < 0,001$) (kuva 5). Niittoaajankohta vaikutti yrttimäisten rikkojen esiintymiseen ensimmäisessä ($p = 0,002$) ja toisessa ($p = 0,006$) sadossa, sekä toisessa sadossa kuolleiden kasvinosien määrään ($p < 0,001$). Kuolleita kasvinosia oli vähiten sinimailasen puhdaskasvustossa ensimmäisessä sadossa ja toisessa sekä kolmannessa sadossa palkokasvien puhdaskasvustoissa ($p < 0,05$). Ensimmäisessä sadossa koejäsenen ja niittoaajankohdan yhdysvaikutus oli merkitsevä palkokasvi- ja yrttitikkapitoisuuteen ($p < 0,001$), toisessa palkokasvi- ($0,004$), yrttirikka- ($p = 0,008$) ja kuolleiden kasvinosien pitoisuuksiin ($p = 0,007$). Ensimmäisessä sadossa puna-apilaa pohjoisen timotein seoksessa oli enemmän kolmen niiton menetelmässä ($p = 0,027$).

Sinimailasen puhdaskasvuston palkokasvipitoisuus oli suurempi kahden niiton menetelmässä ($p < 0,001$). Sinimailasen puhdaskasvustossa oli enemmän yrttirikkoja kolmen niiton menetelmässä ($p < 0,001$) ja sinimailasen puhdaskasvustossa oli huomattavasti rikkoja koko kasvukauden ajan. Eteläisen timotein puhdaskasvustossa oli enemmän kuolleita kasvinosia kolmen niiton menetelmässä ($p = 0,006$). Toisessa sadossa eteläisen timotein pitoisuus puna-apilan seoksessa oli suurempi kahden niiton menetelmässä ($p = 0,018$). Molemmissa niittomenetelmissä toinen sato lisäsi nurmipalkokasvien osuutta seoksissa. Kasvuston vanhetessa kuolleen aineksen määrä kasvoi eniten kasvuasteeltaan pitkälle ehtineessä ensimmäisissä sadossa sekä syyskasvussa (kuva 5). Kahdessa ensimmäisessä sadossa pohjoisen timotein seoskasvustoissa esiintyi keskimäärin enemmän nurmipalkokasveja ($p < 0,05$).



Kuva 5. Niitoittain ja koejäsenittäin kasvilajien suhteet (%) seoksissa, A ja B ovat kahden niiton menetelmän ensimmäinen ja toinen niitto, C–E kolmen niiton menetelmän ensimmäinen, toinen ja kolmas niitto (n=3, paitsi n=1 merkitty * ja n=2 merkitty **) (S = sini-mailanen, PA = puna-apila, PT = pohjoinen timotei, ET = eteläinen timotei, + = seos).

5.6 Pinta-alavastaavuussuhde LER

Vain joissakin sadoissa puna-apila ja timotein lajikkeet hyötyivät seoskasvustoissa esiintymisestä, $LER > 1$ (taulukko 8). Sinimailanen vaikuttaa kolmen niiton menetelmässä jonkin verran hyötynneen seoskasvustosta pohjoisen timotein kanssa, mutta tulos ei ole luotettava, sillä botaanisen analyysin perusteella havaittiin sinimailasta olevan seoksissa vain 1-14 %. Sinimailasen tulokseen vaikuttaa myös sen puhdaskasvustojen pieni sato ja korkea rikkojen määrä. Puna-apilan seosten LER arvoissa ei ollut merkitsevää eroa timotein lajikkeiden välillä eikä niittomenetelmien välillä.

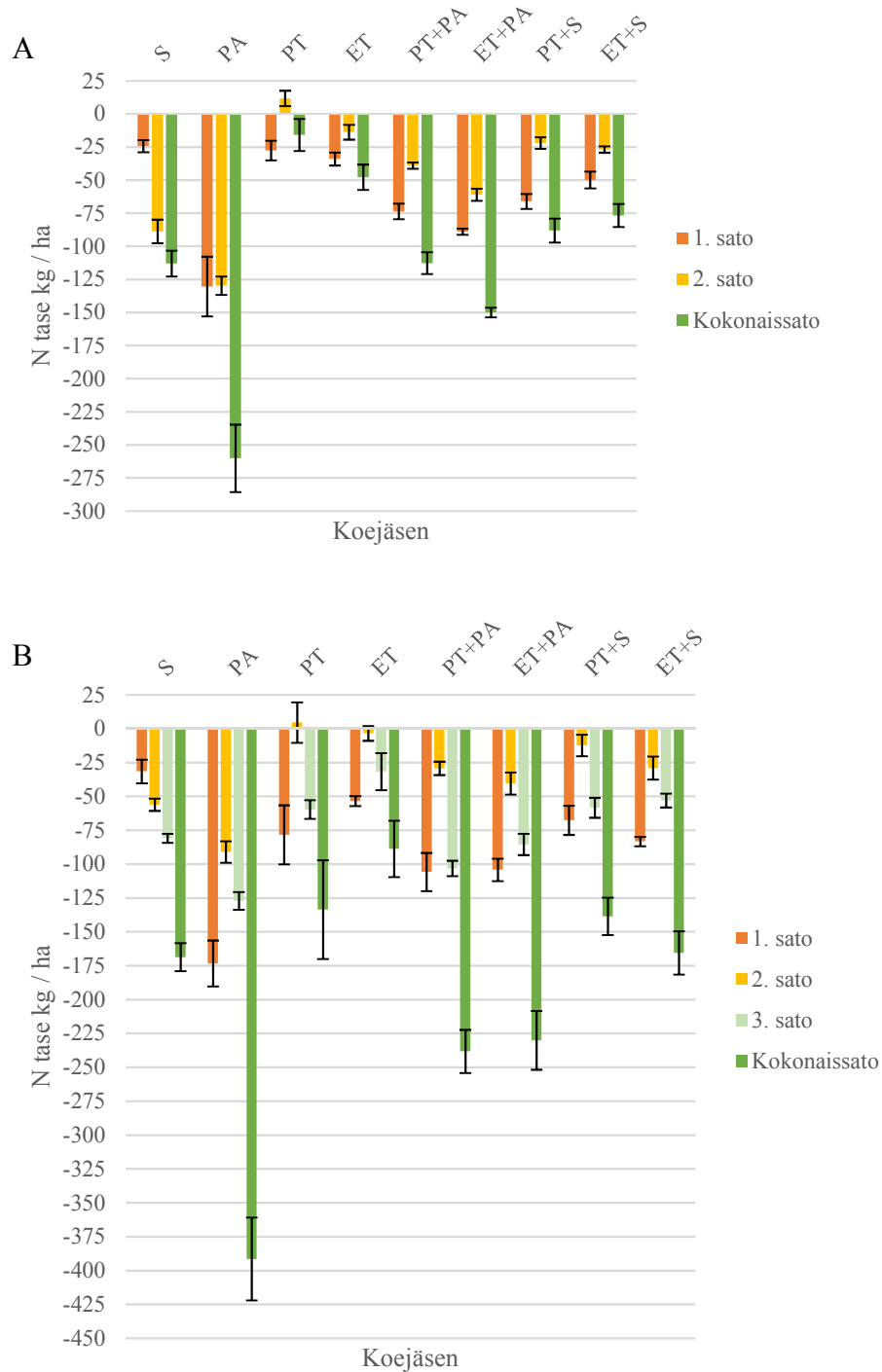
Taulukko 8. Pinta-alavastaavuussuhde (LER) kahden ja kolmen niiton seoskasvustoilla (keskiarvo \pm SEM, n=3).

Seos	LER sato 1			LER sato 2			LER sato 3			LER kokonais-sato			
	Mean	\pm	SEM	Mean	\pm	SEM	Mean	\pm	SEM	Mean	\pm	SEM	
Kaksi niittoa	P. timotei ja sinimailanen	1,0	\pm	0,09	0,8	\pm	0,03			0,9	\pm	0,03	
	E. timotei ja sinimailanen	0,8	\pm	0,03	0,8	\pm	0,00			0,8	\pm	0,03	
	P. timotei ja puna-apila	1,2	\pm	0,09	1,0	\pm	0,06			1,1	\pm	0,06	
	E. timotei ja puna-apila	1,0	\pm	0,00	1,0	\pm	0,00			1,0	\pm	0,00	
Kolme niittoa	P. timotei ja sinimailanen	1,1	\pm	0,15	1,1	\pm	0,12	0,8	\pm	0,03	1,1	\pm	0,06
	E. timotei ja sinimailanen	1,0	\pm	0,03	0,8	\pm	0,03	0,9	\pm	0,03	0,9	\pm	0,03
	P. timotei ja puna-apila	1,0	\pm	0,06	1,0	\pm	0,06	1,2	\pm	0,03	1,1	\pm	0,00
	E. timotei ja puna-apila	1,1	\pm	0,06	0,9	\pm	0,03	1,2	\pm	0,00	1,1	\pm	0,06

5.7 Typen peltotase

Koejäsenellä oli merkitsevä vaikutus typpitaseeseen kaikissa sadoissa sekä kokonaissadossa ($p < 0,001$) (kuva 6). Niittomenetelmällä ei ollut vaikutusta typpitaseisiin. Ensimmäisessä sadossa niittoajankohdalla ja koejäsenellä ei ollut yhdysvaikutusta, toisessa sadossa yhdysvaikutus oli merkitsevä ($p = 0,007$). Kokonaissadossa niittomenetelmä, koejäsen ja näiden yhdysvaikutus olivat tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,05$). Ensimmäisessä sadossa eteläisen timotein ja sinimailasen seoksen ($p = 0,034$), pohjoisen timotein puhdaskasvuston ($p = 0,002$), pohjoisen timotein ja puna-apilan seoksen ($0,042$) sekä puna-apilan puhdaskasvuston ($0,008$) taseet olivat suuremmat kahden niiton menetelmässä. Toisessa sadossa eteläisen timotein ja puna-apilan seoksen ($p = 0,020$) sekä puna-apilan ($0,000$) ja sinimailasen ($p = 0,001$) puhdaskasvustojen taseet olivat suuremmat kolmen niiton menetelmässä. Puna-apilan tase oli pienin kaikissa sadoissa ($p < 0,05$). Kokonaissatojen taseet olivat kahden niiton menetelmässä suuremmat lähes kaikilla koejäsenillä ($p < 0,05$). Ko-

konaissadon tase oli kahden niiton menetelmässä suurin pohjoisen timotein puhdaskasvustolla ja kolmen niiton menetelmässä eteläisen timotein puhdaskasvustolla ($p < 0,05$). Molemmissa niittomenetelmissä pohjoinen timotei ainoana saavutti toisessa sadossa positiivisen taseen. Sinimailasen puhdaskasvuston sekä seoskasvustojen typpitase oli keskimäärin suurempi kuin puna-apilan ($p < 0,05$).



Kuva 6. Kahden (A) ja kolmen (B) niiton menetelmän satojen ja kokonaissadon typpitaseet koejäsenittäin (S = sinimailanen, PA = puna-apila, PT = pohjoinen timotei, ET = eteläinen timotei, + = seos). Hajontapalkki kuvaa keskivirheen (SEM, $n=3$).

6 TULOSTEN TARKASTELU

Talvituhohavaintojen, lehtialaindeksimittausten sekä botaanisen analyysin perusteella sinimailanen oli puna-apilaa herkempi kasvukauden epäsuotuisille sääolosuhteille. Lisäksi poikkeuksellisen viileä kasvukausi aiheutti sinimailasen kasvuunlähdön myöhästymisen. Sen seurauksena sinimailasen kyky kilpailla rikkoja vastaan puhdas- ja seoskasvustoissa timotein lajikkeiden kanssa heikentyi. Vaikka kuiva-ainesato ja LER antoivat viitteitä timotein lajikkeiden ja sinimailasen hyötymisestä seoskasvustosta, tulos ei kuvaa olosuhteita pellolla, sillä sinimailasta oli seoskasvustoissa vain muutamia prosentteja koko kasvukauden ajan. Lisäksi laskennassa käytetyn sinimailasen puhdaskasvuston sato oli talvituhojen, viileän kasvukauden ja rikkojen runsaan esiintymisen vuoksi hyvin alhainen. Kolmen niiton menetelmässä seoskasvustoista kuiva-ainesadon perusteella oli satoisin eteläisen timotein ja sinimailasen seoskasvusto, mutta sinimailasen seoksissa ero johtuu mahdollisista timotein lajikkeen ominaisuuksista sinimailasen pienen määrän vuoksi, vaikka timotein lajikkeiden ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Puhdaskasvustossa pohjoinen timotei oli kuitenkin eteläistä satoisampi. Esimerkiksi Elgersman ym. (2016) mukaan kasvukauden lämpösumman kehitys tai korkeiden lämpötilojen esiintyminen uudelleenkasvuvaiheessa selittävät suuren osan eri seoskasvustojen satomäärien vaihtelusta. Sääolosuhteet heijastelevat etenkin nurmipalkokasvien myöhäisemmän niiton satotuloksiin (Clavin ym. 2016). Pullin (1980c) mukaan rikat ovat sopeutuvaisia erilaisiin kasvuolosuhteisiin sinimailaskasvustossa lajien monimuotoisuuden vuoksi.

Nurmipalkokasvien puhdaskasvustot tuottivat pienemmän kuiva-ainesadon verrattuna timotein puhdas- ja seoskasvustoihin. Puna-apila oli selvästi sinimailasta satoisampi puhdas- ja seoskasvustoissa. Samankaltaisia tuloksia esittää Elgersma ym. (2016) jonka mukaan puna-apilan ja sinimailasen puhdaskasvustot tuottivat keskimäärin pienemmän sadon kuin puhtaat nurmiheinät ja puna-apila oli sinimailasta tuottoisampi. Tässä kokeessa nurmipalkokasvit eivät merkittävästi parantaneet seoskasvustojen satoja ja suurimman sadon tuottivat timotein puhdaskasvustot. Aiemmissä tutkimuksissa on esitetty samankaltaisia tuloksia, joissa nurmiheinien ja -palkokasvien seoskasvustot eivät välttämättä tuota suurempia kuiva-ainesatoja kuin suurituottoiset puhtaat nurmikasvustot (Annicchiarico ym. 1995; Piano & Annicchiarico 1995).

Matalalla neljän senttimetrin niittokorkeudella on voinut olla vaikutusta sinimailasen kasvuunlähtöön niittojen jälkeen kasvukaudella, kun esimerkiksi Framen (2005) mukaan sinimailaselle sopii paremmin pidempi noin 10–14 cm niittokorkeus. Kuten nurmiheinillä, myös palkokasveilla erityisesti syksyllä viimeisen niiton korkeus vaikuttaa talvehtimiseen ja ravintovarastojen suuruuteen ja siten seuraavan kasvukauden kasvuunlähtöön ja satoon. Niittokorkeus ja talvehtimiseen valmistautumiseen jäävä aika vaikuttavat erityisesti nurmipalkokasvien sadonmuodostukseen niittojen välillä sekä kylmäkestävyyden kehittymiseen ja seuraavan kasvukauden sadonmuodostukseen (Frame 2005). Kesän 2017 kasvuolosuhteet voivat vaikuttaa merkittävästikin seuraavan kasvukauden tuloksiin, vaikka tuleva kasvukausi olisikin tavanomaisempi.

Sinimailasen RV ja SRV satoisuus jäi puhdaskasvustossa kaikkia muita koejäseniä pienemmäksi. Lisäksi sinimailasen raakavalkuaisen pitoisuus kuiva-aineesta oli huomattavasti pienempi kuin puna-apilan, mikä on todennäköisemmin seurausta sinimailasen puhdaskasvustossa esiintyneistä runsaasta määrästä yrttimäisiä ja heinämäisiä rikkoja. Timotein seoksissa puolestaan sinimailasta oli hyvin vähän ja näiden seosten typpilannoituksen taso oli timotein puhdaskasvustoja alhaisempi, minkä vuoksi sinimailasen seoskasvustojen RV ja SRV jäivät puna-apilan seoskasvustoja sekä timotein puhdaskasvustoja merkittävästi alhaisemmaksi. Sinimailasen seoskasvustojen pieni palkokasvipitoisuus ja timotein puhdaskasvustoja matalampi lannoitustaso ovat vaikuttaneet alhaiseen raakavalkuuisen pitoisuuden kuiva-aineesta, sillä kasvusto on koostunut pääosin vähän typpeä saaneesta timoteista.

Nurmiheinä-nurmipalkokasvi suhteen vaikutus ravitsemukselliseen laatuun, kuten valkuaispitoisuuteen, riippuu seoskasvuston lajien määrästä (Deak ym. 2007). Tutkimuksissa mainitaan kasvuasteen kehityksen ja kasvuston vanhenemisen nurmiheinillä ja -palkokasveilla aiheuttavan korjattavan sadon laadulliseen heikkenemisen (Pulli 1980b, Thorvaldsson ja Andersson 1986, Brink & Marten 1989 ref. Frame 2005, Hesterman ym. 1993 ref. Frame, Frame 2005, Kärkönen ym. 2014). Thorvaldssonin ja Anderssonin (1986) kokeissa typen lisäys kasvustoon kasvatti kuiva-ainesatoa korrellisten versojen määrän ja niiden painon kasvun myötä. Typpeä hyödynnetään aikaisessa kasvunvaiheessa jolloin johtaa raakavalkuuisen määrän kasvuun. Jos käytettävissä olevan typen määrä vähenee, typenotto ei pysy kasvun tahdissa, mikä johtaa kuiva-ainesadon kasvuun ja valkuaisen määrän laskuun (Thorvaldsson ja Andersson 1986).

Kokonaissadon RV ja SRV oli kaikilla koejäsenillä suurempi kolmen niiton menetelmässä, keskimäärin puna-apilan valkuaisadot olivat muita koejäseniä suuremmat. Kuitenkin timotein puhdaskasvustojen ja seoskasvustojen kokonaissadon valkuaisadot olivat hyvin lähellä puna-apilan tulosta tai jopa hiukan suuremmat, eikä puna-apilan valkuaisato merkittävästi eronnut timotein puhdas- tai seoskasvustoista. Tulos poikkeaa kirjallisuudesta, sillä yleensä nurmipalkokasvien lisäys kasvattaa sadon määrää ja valkuaispitoisuutta (Fick ja Mueller 1989, Frame 2005, Clavin ym. 2016). Frankow-Lindebergin ja Wrage-Mönningin (2015) tutkimuksessa nurmiheinien typpipitoisuus korreloi positiivisesti seoksen palkokasvipitoisuuden kanssa. Yleisesti typen määrän kasvu biomassassa liittyy valkuaisen määrän kasvuun.

LAI, LER, kuiva-ainesato, botaaninen analyysi ja typen peltotase osoittivat, että puna-apila menestyi sinimailasta paremmin seoksissa timotein kanssa, eikä tässä kokeessa timotein lajikkeella ollut merkittävää vaikutusta apilan menestymiseen tai satoisuuteen. Ero timotein lajikkeiden välillä ei ollut merkitsevä, vaikkakin kahdessa ensimmäisessä sadossa molemmissa niittomenetelmissä pohjoisen timotein seoksissa oli botaanisen analyysin perusteella enemmän palkokasveja. Kolmen niiton menetelmässä puna-apilan ja pohjoisen timotein RV ja SRV oli suurempi, kun taas kahden niiton menetelmässä timotein lajikkeiden välillä ei ollut merkitsevää eroa. Puna-apilan ja eteläisen timotein seos oli hiukan satoisampi kuiva-aineen osalta kuin puna-apilan pohjoisen timotein seos molemmissa niittomenetelmissä. Puna-apilan kasvuaste oli pohjoisen timotein seoksessa kahden niiton menetelmässä suurempi. Seoksissa pohjoisen timotein kasvuasteet olivat keskimäärin merkittävästi pienemmät kuin eteläisen timotein, puhdaskasvustoissa ei ollut merkittävää eroa. Sinimailaseen verrattuna puna-apila pystyi kilpailemaan timotein lajikkeiden kanssa seoksissa huomattavasti paremmin. Toiset kasvilajit menestyvät paremmin tiheiden kasvustojen aiheuttamassa korkeammassa kilpailutilanteessa ja toiset matalammassa (Deak ym. 2007).

Kokonaiskuiva-ainesadon ja RV:n osalta eteläisen timotein puhdaskasvusto saavutti kahden niiton menetelmässä suuremman sadon, kun kolmen niiton menetelmässä pohjoinen timotei oli satoisin kuiva-aineen, RV:n ja SRV:n osalta. Botaanisen analyysin myötä havaittiin eteläisen timotein kasvustossa enemmän kuolleita kasvinosia lähes jokaisessa niitossa, erityisesti pitkälle ehtineissä ensimmäisen ja kolmannen niiton sadoissa. Tämän peltokokeen tulokset poikkeavat kirjallisuudesta, sillä yleisesti pohjoisen tyyppin lajikkeet

tuottavan parhaiten satoa kahden niiton menetelmässä ja eteläiset kolmen niiton menetelmässä (esim. Isolahti 2010). Keskimäärin eteläisen timotein seos- ja puhdaskasvustot tuottivat suuremman kuiva-ainesadon kasvukaudella 2017 kahden niiton menetelmässä, kun kirjallisuudessa eteläisen tyyppin timotein mainitaan olevan satoisampi etenkin syksyllä, mikä voi johtaa heikompaan talvenkestävyyteen (Isolahti 2010). Eteläinen timotei nopeuttaa seosten sadonmuodostusta ja jälleenkasvukykyä, mutta voi heikentää laatua jos sadonkorjuuta ei ajoiteta nopeampaa kasvurytmiä huomioiden (Isolahti 2010, Seppänen 2010). Peltokokeella eteläinen timotei kasvoi keskimäärin nopeammin ja sadossa oli enemmän kuolleita kasvinosia.

Timotein pohjoinen lajike kasvoi seos- ja puhdaskasvustossa eteläistä pidemmäksi niittohetkeen mennessä ensimmäisessä ja kolmannessa sadossa kolmen niiton menetelmässä. Toisessa sadossa eteläinen timotei oli pidempää. Eteläinen timotei kuitenkin kasvatti pituuttaan keskimäärin nopeammin pohjoiseen verrattuna. Keskimäärin timotei oli pidempää puhdaskasvustoissa, kun esimerkiksi Gübschin ym. (2011) tutkimuksessa havaittiin nurmipalkokasvien lisäyksen seoskasvustoon johtaneen nurmiheinien pituuskasvun lisääntymiseen. Puna-apilaa oli timotein seoksissa keskimäärin suhteellisen vähän vaikka määrä oli selkeästi sinimalasta suurempi. Seoskasvustojen matala palkokasvipitoisuus on voinut johtaa timotein puhdaskasvustoja matalamman lannoitustason kanssa siihen, ettei käytössä ole välttämättä ollut riittävästi tyypeä samanlaiseen kasvun kehitykseen kuin timotein puhdaskasvustoilla, eikä kasvustoon välttämättä ole muodostunut molempia seoskumppaneita hyödyttävää kilpailua. Nurmipalkokasvien pitoisuus seoskasvustoissa jäi keskimäärin alhaiseksi, kun ihanteellisena palkokasvien osuutena seoskasvustoissa voidaan pitää 40–60 % kuiva-aineesta (Pflimlin ym. 2003, Lüscher ym. 2014, Phelan ym. 2015). Rasmunssenin ym. (2012) tutkimuksessa englanninraiheinä (*Lolium perenne* L.) puhdaskasvustossa lannoitettuna 300 kg N / ha saavutti pienemmän kuiva-ainesadon kuin lannoittamattomat nurmiheinä-nurmipalkokasviseokset. Kasvilajien välinen kilpailu vaikuttaa seoskasvuston laatuun sekä palkokasvien että nurmiheinien osalta (Elgersma ym. 2016) ja typpilannoitus vaikuttaa lajin sisäisiin ja välisiin kilpailutilanteisiin kasvuun tarvittavista resursseista (Robson ym. 1989, Frame 2005).

Kuiva-ainesatojen perusteella eteläisen timotein ja sinimailasen seoskasvusto sekä pohjoisen timotein ja puna-apilan puhdaskasvustot hyötyivät kolmen niiton menetelmästä. Seoskasvusto kasvatti LAI:n ja kuiva-ainesadon perusteella molemmissa niittomenetel-

missä nurmipalkokasvien satoa, mutta nurmipalkokasvien puhdaskasvustot todennäköisimmin viieleen kesän vuoksi saavuttivat tavanomaista heikomman sadon. Timotein lajikkeilla ensimmäinen sato tuotti suurimman osan kokonaissadosta, kun puna-apilalla sadonmuodostus oli tasaisempaa. LAI:n ja kuiva-ainesadon perusteella sinimailanen tuotti suurimman sadon kolmannessa niitossa, kun puna-apilan ensimmäinen sato oli suurin, jolloin myös sen LAI oli suurin. Vaikka puna-apilan LAI oli korkea ja lähes yhtä suuri kuin timotein puhdaskasvustoilla, sen kuiva-ainesato jäi selvästi pienemmäksi. Timotein molemmat lajikkeet saavuttivat tyypillisen LAI_{crit} arvon, mutta puna-apilan saavuttama LAI 8 oli merkittävästi korkeampi kuin yleensä nurmipalkokasveilla. Myös puna-apilan myöhempien niittojen LAI oli hyvin korkea eikä se eronnut timotein kasvustojen LAI:sta merkittävästi. Tässä kokeessa saatu puna-apilan lehtialaindeksi eroaa merkittävästi tyypillisestä kirjallisuudessa esitetystä LAI_{crit} arvosta 3-5 (Virkajärvi ja Pakarinen 2012).

Puna-apila seoksissa ei merkittävästi parantanut lehtialaindeksiä, vaikka yleisesti apiloiden lisääminen seoksiin lisää sadon biomassaa. Tässä kokeessa saadut timotein LAI arvot vastaavat Virkajärven ja Pakarisen (2012) tuloksia. Timotein tulokset vastaavat myös vanhemmissa tutkimuksissa esiintyviä nurmiheinien LAI arvoja 7-8 (Pulli 1980a, Pulli 1980b). Sinimailaselle mitattu matala lehtialaindeksi poikkeaa esimerkiksi Frankow-Lindbergin ja Wrage-Mönningin (2015) tutkimuksesta, jonka mukaan sinimailanen muodosti tiheään kasvuston ja kasvustoon ulottui vain vähän valoa, mikä johti LAI:n kasvuun. Seoskasvustoissa valon kulkeutuminen kasvustossa oli yleisesti vähäistä. Frankow-Lindbergin ja Wrage-Mönningin (2015) tutkimuksessa havaittiin kasvuston läpi kulkeutuvan valon määrän korreloivan negatiivisesti palkokasvipitoisuuden kanssa ja positiivisesti nurmiheinien kanssa. Palkokasvien lisäys seoskasvustoon siis yleensä kasvattaa biomassaa ja siten lehtialaindeksiä, kun vähemmän valoa kulkeutuu kasvuston alaosiin.

Nurmipalkokasvien puhdas- ja seoskasvustojen typen peltotaseet olivat pienemmät kuin timotein puhdaskasvustojen taseet kaikissa niitoissa sekä kokonaissadossa. Puhtaille nurmipalkokasveille annettiin kesällä 2017 vain kevätlannoitus ja seoskasvustot lannoitettiin kevennetysti, tämän vuoksi kasvustot ovat joutuneet hyödyntämään tyypeä kasvuympäristöstään. Lannoitusmäärän kasvaessa myös ravinnetaseiden arvot kasvavat (MAVI 2008). Typensitojakasveina puna-apila ja sinimailanen ovat hyödyntäneet tehokkaasti tyypeä ympäristöstään ja niiden taseet ovat hyvin negatiiviset, puna-apilan tase oli selvästi pienin. Sinimailasen puhdaskasvustojen tase on jäänyt merkittävästi korkeammaksi puna-apilaan verrattuna, mikä johtunee runsaista rikkaesiintymistä koeruuduilla. Puna-

apilan seoskasvuston tyypitaseet olivat pienemmät verrattuna sinimailasen seoksiin, minkä vuoksi puna-apila voi olla parempi seoskumppani timoteille, kuten myös botaanissa analyysissä havaittiin. Keskimäärin tyypitaseet olivat tällä kokeella suuremmat kahden niiton menetelmässä. Kasvilaji, lannoitustaso, kasvukauden sääolosuhteet sekä sadonmäärä vaikuttavat olennaisesti ravinnetaseiden vaihteluun ja tyypillisesti ravinnetaseet typen osalta saavat positiivisia arvoja (Seppänen ym. 2000, Rajala ym. 2001, Marttila ym. 2005, MAVI 2008).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkielmassa selvitettiin timotei lajikkeen vaikutusta sinimailasen ja puna-apilan menestymiseen ja satoisuuteen seoskasvustoissa. Lisäksi tarkasteltiin niittokertojen määrän vaikutusta sadonmuodostukseen. Mukana oli kaksi timotein lajiketta, joista Tuure edusti pohjoista ja BOR0602 eteläistä tyyppiä. Vaikka timotein lajikkeiden kasvutavassa ja sadonmuodostuksessa on yleisesti havaittu eroja, tämän ensimmäisen satovuoden tulosten perusteella timotein lajikkeiden välillä ei ollut merkittäviä eroja tai vaikutuksia seoskasvustoissa. Nurmipalkokasvien lisäys yleensä parantaa seoskasvustojen valkuais- ja kuivaainesatoa, tässä kokeessa ei kuitenkaan havaittu merkitsevää vaikutusta. Puna-apila Saija osoittautui paremmaksi seoskumppaniksi timotein kanssa ja oli kestävämpi talvituhoja sekä kasvukaudella rikkoja vastaan kuin sinimailanen Nexus, vaikka yleisesti sinimailasta pidetään satoisimpana nurmipalkokasvina. Toisaalta apiloita pidetään sinimailasta viljelyvarmempina. Yleisesti kasvutavaltaan ei aggressiivisia nurmiheiniä, kuten timoteita, pidetään parempina seoskumppaneina nurmipalkokasveille. Kasvukaudella 2017 nurmipalkokasvit kuitenkin jäivät timotein lajikkeiden varjoon seoskasvustoissa. Puna-apilan korkea lehtialaindeksi ei näkynyt suurempana satona ja korkea lehtialaindeksi voi johtua käytetyn mittaustavan soveltumattomuudesta nurmipalkokasveille. Mielenkiintoinen havainto oli, että pohjoinen timotei oli satoisampi kolmen niiton menetelmässä, vaikka yleensä eteläinen lajike kasvattaa satoisuutta syksyllä.

Talvenkestävyyden parantamiseksi, kasvuunlähdön varmistamiseksi ja nopeuttamiseksi sekä nurmipalkokasvien kilpailukyvyn varmistamiseksi tulee kiinnittää huomiota kasvuston käsittelyyn kasvukaudella. Nurmipalkokasvien puhdaskasvustossa rikkatorjunta voi olla tarpeen, mutta voi olla haasteellista toteuttaa seoskasvustoissa nurmiheinien kanssa.

Niittokorkeuden säätäminen kasvukauden olosuhteisiin sekä kasvilajille sopivaksi voi parantaa kasvuunlähtöä käsittelyssä olevalla kasvukaudella, mutta myös seuraavan kasvukauden kasvuunlähdössä keväällä ja niittojen jälkeen. Talvituhojen vaurioittamien nurmipalkokasvien puhdas- ja seoskasvustojen täydennyskylvö voi olla tarpeen kasvuston kilpailukyvyn ylläpitämiseksi ja parantamiseksi. Kasvuasteen tarkastelu on hyödyllinen apuväline valkuaispitoisen ja laadullisesti hyvän nurmisadon tavoittelussa. Karjojen tuotoskyvyn ylläpitämiseksi rehun laadun ylläpitäminen voi olla merkityksellisempää kuin sadon määrän kasvattaminen esimerkiksi valkuaispitoisuuden kustannuksella.

Tämän ensimmäistä satokautta käsittelevän aineiston tuloksia ei voida yleistää pelto-olosuhteisiin, vaan seuraavan satokauden tulokset sekä jatkotutkimuksia tarvitaan edelleen. Vaikka satohyötyä nurmipalkokasvien lisäyksellä ei saavutettu, kasvukaudella 2017 havaittiin nurmipalkokasveja sisältävien kasvustojen hyödyntävän tyyppiä tehokkaammin. Nurmipalkokasvien lisäyksellä sadonmuodostus oli resurssitehokkaampaa, kun seoskasvustoihin annettavaa tyypilannoitemäärää voitiin keventää ja puhtaille nurmipalkokasvustoille annettiin vain kevätlannoitus.

8 KIITOKSET

Suuret kiitokset ohjaajalleni MMT Mervi Seppäselle ystävällisestä, asiantuntevasta, kannustavasta ohjauksesta, palautteesta sekä neuvoista koko prosessin aikana. Suuret kiitokset MMM Hanna Kekkoselle aineistonkeruun ohjauksesta ja neuvoista kirjoitusprosessin eri vaiheissa sekä MMT Frederick Stoddardille neuvoista ja ohjeista. Haluan kiittää myös muita aineiston keruuseen ja käsittelyyn osallistuneita. Kiitän Helsingin yliopistoa työn tukemisesta.

LÄHTEET

- Aldrich, D. T. A. 1984. Lucerne, red clover and sanfoin: herbage production. Teoksessa: Thomson, D. J. (toim.). Forage legumes. British Grassland Society 16:126-131.
- Andrews, C. J. & Gudleifsson, B. E. 1983. A comparison of cold hardiness and ice encasement tolerance of timothy grass and winter wheat. Plant Science 63:429-435.
- Annicchiarico, P., Bozzo, F., Parente, G., Gusmeroli, F., Mair, V., Marguerattaz, O. & Orlandi, D. 1995. Analysis of grass/legume mixtures to Italian alpine and subalpine zones through an additive main effects and multiplicative interaction model. Grass Forage Science 50:405–413.
- Black, A. D., Laidlaw, A. S., Moot, D. J. & O’Kiely, P. 2009. Comparative growth and management of white and red clovers. Irish Journal of Agricultural and Food Research 48:149-166.
- Belzile, L. 1987. Effect of companion timothy on winter survival of red clover. Canadian Journal of Plant Science 67:1101-1103.
- Berg, C. C., McElroy, A. R. & Kunelius, H. T. 1996. Timothy. Teoksessa: Moser, L. E. (toim.). Cool-season forage grasses. Agronomy Journal 34:643-664.
- Bonesmo, H. & Belanger, G. 2002. Timothy yield and nutritive value by the CATIMO Model: I. Growth and Nitrogen. Agronomy Journal. 94:337-345.
- Brink, G. E. & Marten, G. C. 1989. Harvest management of alfalfa – nutrient yield vs. forage quality and relationship to persistence. Journal of Production Agriculture 2:26-32.
- Burgess, P. L. & Grant, E. A. 1974. A grassland system for dairy cattle based on ensiled timothy (*Phleum pratense*) cultivars. Teoksessa: Iglovikov, V. G. & Movsisyants, A. P. (toim.). Proceedings 12th Intl. Grassland Congress 3:78-86.
- Canfield, D. E., Glazer, A. N. & Falkowski, P. G. 2010. The evolution and future of Earth’s nitrogen cycle. Science 330:192-196.
- Casler, M. D. & Kallenbach, R.L. 2007. Cool-season grasses for humid areas. Teoksessa: Barnes, R. F., Nelson, C. J., Moore, K. J. & Collins, M. (toim.). Forages. The science of grassland agriculture. Vol. II. Blackwell Publishing, Ames, IA. 6:211-220.
- Clavin, D., Crosson, P., Grant, J. & O’Kiely, P. 2016. Red clover for silage: management impacts on herbage yield, nutritive value, ensilability and persistence, and relativity to perennial ryegrass. Grass and forage Science. 72:414-431.

- Deak, A., Hall, M. H., Sanderson, M. A. & Archibald, D. D. 2007. Production and nutritive value of grazed simple and complex forage mixtures. *Agronomy Journal* 99:814-821.
- Drobná, J. & Jančovič, J. 2006. Estimation of red clover (*Trifolium pratense* L.) forage quality parameters depending on the variety, cut and growing year. *Plant Soil Environ* 52, 10:468-475.
- Dubach, M. & Ruselle, M. P. 1994. Forage legume roots and nodules and their role in nitrogen transfer. *Agronomy Journal* 86:259-266
- Elgersma, A. & Sørensen, K. 2016. Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy* 78:73-83.
- Fales, S. L. & Fritz, J. O. 2007. Factors affecting forage quality. *Teoksessa: Barnes, R. F., Nelson, C. J., Collins, M. & Moore, K. J. (toim.). Forages. The science of grassland agriculture* 6:569–571.
- Fick, G. W. & Mueller, S. C. 1989. Alfalfa – quality, maturity and mean stage of development. Information bulletin 217. Cornell University.
- Fiil, A., Jensen, L. B., Fjellheim, S., Lübberstedt, T. & Andersen, J. R. 2011. Variation in the Vernalization Response of a Geographically Diverse Collection of Timothy Genotypes. *Crop Science* 51:2689-2697.
- Fjellheim, S., Tanhuanpää, P., Marum, P., Manninen, O., & Rognli, O. A. 2015. Phenotypic or molecular diversity screening for conservation of genetic resources? An example from a gene bank collection of the temperate forage grass timothy. *Crop Science* 55:1646-1659.
- Frame, J. 2005. Forage legumes for temperate grasslands. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Frame, J. & Harkes, R. D. 1987. The productivity of four forage legumes sown alone and with each of five companion grasses. *Grass and Forage Science* 42:213-223.
- Frame, J., Charlton, J. F. L. & Laidlaw, A. J. 1998. Red clover. *Temperate forage legumes* 181-224.
- Frankow-Lindberg, B. E. & Wrage-Mönning, N. 2015. Light availability is improved for legume species grown in moderately N-fertilized mixtures with non-legume species. *Basic and Applied Ecology* 16:403-412.
- Gustavsson, A. M. 2011. A developmental scale for perennial forage grasses based on the decimal code framework. *Grass Forage Science* 66:93–108.

- Gustavsson, A. M. & Martinsson, K. 2004. Seasonal variation in biochemical composition of cell walls, digestibility, morphology, growth and phenology in timothy. *European Journal of Agronomy*. 20:293-312.
- Guy, P. 1989. Multilocation trials of red clover/grass associations. *Fourrages*. 117:29-47.
- Guy, P. 1993. Lucerne in Europe: statistical elements. Teoksessa: Rotili, P & Zannone, L. (toim.). The future of Lucerne biotechnology and variety constitution, Proceedings of the X International Conference of EUCARPIA, *Medicago* 13-17.
- Gübsch, M., Buchmann, N., Schmid, B., Schulze, E-D., Lipowsky, A. & Roscher, C. 2011. Differential effects of plant diversity on functional trait variation of grass species. *Annals of Botany* 107:157-169.
- Halling, M. A., Hopkins, A., Nissinen, O., Paul, C., Tuori, M., & Soelter, U. 2002. Forage Legumes – productivity and composition. *Landbauforschung Voelkenrode* 234:5-15.
- Hay, R. K. M. & Pedersen, K. 1986. Influence of long photoperiods on the growth of timothy (*Phleum pratense* L.) varieties from different latitudes in northern Europe. *Grass Forage Science* 41:311-317.
- Hay, R. K. M. & Walker, A. J. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical 17-235.
- Heichel, G. H. & Henjum, K. I. 1991. Nitrogen fixation, nitrogen transfer and productivity of forage legume-grass communities. *Crop Science* 31:202-208.
- Heide, O. M. 1982. Effects of photoperiod and temperature on growth and flowering in Norwegian and British timothy cultivars (*Phleum pratense* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica* 32:241-252.
- Hesterman, O. B., Kells, J. J. & Tiffin, P. L. 1993. Interaction among harvest frequency, fertilizer and herbicide use with intensively managed alfalfa in the north-central USA. Teoksessa: Baker, M. J. (toim.). Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia, 8-21 February 1993. Palmerston North, New Zealand 1:885-819.
- Hetta, M., Cone, J. W., Gustavsson, A. M. & Martinsson, K. 2003. The effect of additives in silages of pure timothy and timothy mixed with red clover on chemical composition and *in vitro* rumen fermentation characteristics. *Grass and Forage Science* 58:249-257.
- Höglind, M., Hanslin, H. M. & Van Oijen, M. 2005. Timothy regrowth, tillering and leaf area dynamics following spring harvest at two growth stages *Field Crops Research* 93: 51-63.

- Ilmatieteen laitos. 2017. Kasvukausi 2017. Viitattu: 15.12.2017. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/kasvukausi-2017>
- Isolahti, M. 2010. Timotein maantieteelliset geenipoolit ja niiden käyttö jalostusohjelmissa. Teoksessa: Happonen, A. (toim.). Maataloustieteen päivät 2010. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja nro 26.
- Jokela, V., Trevaskis, B. & Seppänen, M. M. 2015. Genetic variation in the flowering and yield formation of timothy (*Phleum pratense* L.) accessions after different photoperiod and vernalization treatments. *Frontiers in Plant Science* 6 (465):1-15.
- Jokela, V., Virkajärvi, P., Tanskanen, J. & Seppänen, M. M. 2014. Vernalization, gibberellic acid and photo period are important signals of yield formation in timothy (*Phleum pratense*). *Physiologia Plantarum* 152 (1):152-163.
- Jones, M. B. & Lazenby, A. 1988. The grass crop: the physiological basis of production. Chapman and Hall cop.
- Junttila, O. 1985. Experimental control of flowering and vivipary in timothy (*Phleum pratense*). *Physiologia Plantarum* 63:35-42.
- Jönsson, H. A., Kristiansson, U., Nilsson, C. & Sjödin, J. 1992. Morphological characters in spaced plants associated with forage yield under sward conditions in timothy (*Phleum pratense* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica* 42 (1): 18-25.
- Keftassa, D. & Tuveesson, M. 1993. The nutritive value of Lucerne (*Medicago sativa* L.) in different development stages. *Swedish Journal of Agricultural Research* 23:153-159.
- Kunelius, H. T. & Halliday, L. 1989. Nutritive value and production of cool season grasses under two harvest regimes. Teoksessa: Desroches, D. (toim.). Proceedings. 16th Intl. Grassland Congress 4-11 Oct. 1989, France. Dauer, Montrgue 827-828.
- Kärkönen, A., Tapanila, T., Laakso, T., Seppänen, M. M., Isolahti, M., Hyrkäs, M., Virkajärvi, P. & Saranpää, P. 2014. Effect of lignin content and subunit composition on digestibility in clones of timothy (*Phleum pratense* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62:6091-6099.
- Laidlaw, A. S. & Frame, J. 1988. Maximizing the use of the legume in grassland systems. Proceedings: 12th General meeting of the European grassland federation. Dublin, Ireland s. 199–203.
- Lorentzen, S., Roscher, C., Schumacher, J., Schulze, E-D. & Schmid, B. 2007. Species richness and identity affect the use of aboveground space in experimental grasslands. *Plant Ecology, Evolution and Systematics* 10:73-87.
- LUKE. 2017. Kasvukauden seuranta. Luonnonvarakeskus Seinäjoki/Ylistaro.

- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J. F., Rees, R. M. & Peyraud, J. L. 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science* 69:206-228.
- MAVI. 2008. Ravinnetaseet. Ympäristötuen lisätoimenpide lannoituksen ja sadon ravinnemäärien seurantaan. Maaseutuvirasto, Edita Prima Oy. Viitattu: 9.3.2018. Saatavissa: http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijä/Documents/Ravinnetase-ohje_2008.pdf
- Marttila, J., Vahtera, H., Granlund, K. & Lahti, K. Ravinnetase vesiensuojelun apuvälineenä. Uudenmaan ympäristökeskus – monisteita 155.
- Mosberg, B., Stenberg, L. Vuokko, S. & Väre, H. 2005. Hernekasvit. Suuri Pohjolan kasvio. Tammi s. 336-360.
- Nelson, C. J. 1996. Physiology and developmental morphology. Teoksessa: Moser, L. E., Buxton, D.R., & Casler, M. D. (toim.). Cool season forage grasses. *Agronomy Monograph* 34:87-125.
- Nissinen, O., Kalliainen, P. & Jauhiainen, L. 2010. Development of yield and nutritive value of timothy in primary growth and regrowth in northern growing conditions. *Agricultural and Food Science* 19:252-268.
- Ohlsson, C. & Wedin, W. F. 1989. Phenological staging schemes for predicting red clover quality. *Crop Science* 29:416-240.
- Perry, M. C., McIntosh, M. S., Weibold, W. J. & Welterlen, M. 1987. Genetic analysis of cold hardiness and dormancy in alfalfa. *Genome* 29:144-149.
- Pflimlin, A., Arnaud, J. D., Gautier, D. & Le Gall, A. 2003. Les légumineuses fourragères, une voie pour concilier autonomie en protéines et préservation de l'environnement. *Fourrages* 174:183-203.
- Phelan, P., Moloney, A. P., McGeough, E. J., Humphreys, J., Bertilsson, J., O'Riordan, E. G. & O'Kiely, P. 2015. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. *Critical Reviews in Plant Sciences* 34(1-3):281-326.
- Piano, E. & Annicchiarico, P. 1995. Interference effects in grass varieties grown as a pure stand, complex mixtures and binary mixtures with white clover. *Crop Science* 174:301-308.
- Pulli, S. 1980a. Growth factors and management technique used in relation to the developmental rhythm and yield formation pattern of a pure grass stand. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 52:281-330.

- Pulli, S. 1980b. Growth factors and management technique used in relation to the developmental rhythm and yield formation pattern of a forage stand. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 52:185-214.
- Pulli, S. 1980c. Seeding year alfalfa population development as influenced by weed competition and density of establishment. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 52:403-422.
- Rajala, J., Myyrinmaa, J., Vuori, T., Kitula, J., Vahtera, H., Ahtela, I., Lankoski, J. & Santapukki, A. 2001. Ravinnetaseopas. Uudenmaan ympäristökeskus.
- Rasmunssen, J., Søegaard, K., Pirhofer-Walzl, K. & Eriksen, J. 2012. N₂-fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species. *European journal of agronomy* 2012 36(1):66-74.
- Robson, M. J., Parsons, A. J. & Williams, T. E. 1989. Herbage production: grasses and legumes. Teoksessa: Holmes, W. (toim.). Grass – its production and utilization 7-88.
- Rochon, J. J., Doyle, C.J., Greef, J. M., Hopkins, A., Molle, G., Sitzia, M., Scholefield, D. & Smith, C. J. Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science* 59:197-214.
- Simon, U. & Park, B. H. 1983. A descriptive scheme for stages of development in perennial forage grasses. Teoksessa: Smith, J. A. & Hays, V. W. (toim.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, USA s. 416-418.
- Silvertown, N. 1987. Introduction to plant population ecology. Longman scientific & Technical 86-27835.
- Seppänen, L., Muuttomaa, E., Granstedt, A. & Pehu, E. 2000. Viljelyn, neuvonnan ja tutkimuksen keskellä. Osallistuva luomuvihannestilojen kehittäminen. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 75.
- Seppänen, M., Pakarinen, K., Jokela, V., Andersen, J. R., Fiil, A., Santanen, A. & Virkajärvi, P. 2010. Vernalization response of *Phleum pratense* and its relationships to stem lignification and floral transition. *Annals of Botany* 106:697-707.
- Solati, Z., Jørgensen, U., Eriksen, J. & Søegaard, K. 2017. Dry matter yield, chemical composition and estimated extractable protein of legume and grass species during the spring growth. *Journal of The Science of Food and Agriculture* 97:3958-3966.
- Stewart, S. V., Ellison, N. & Joachimiak, A. 2011. “*Phleum*” Teoksessa: Kole, C. (toim.). Wild crop relatives: Genomic and breeding resources millets and grasses s. 257–274.
- Tanhuanpää, P. & Manninen, O. 2012. High SSR diversity but little differentiation between accessions of Nordic timothy (*Phleum pratense* L.). *Hereditas* 149:114-127.

- Taylor, N. L. & Quesenberry, K. H. 1996. Red clover science. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
- Thorvaldsson, G. & Andersson, S. 1986. Variations in timothy dry matter yield and nutritional value as affected by harvest date, nitrogen fertilization, year and location in northern Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica* 36 (4): 367-385.
- Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Pakarinen, K. & Rinne, M. 2012a. Timotein ja ruokonadan erot sadontuotto-prosessissa. Teoksessa: Hyrkäs, M. & Virkajärvi, P. (toim.) 2012. MTT Raportti 56, Nurmen kasvu- ja kehitysprosessit.
- Virkajärvi, P. & Järvenranta, K. 2001. Leaf dynamics of timothy and meadow fescue under Nordic conditions. *Grass and Forage Science* 56:294-304.
- Virkajärvi, P. & Pakarinen, K. 2012. Nurmen kasvuprosessin esittely. Teoksessa: Hyrkäs, M. & Virkajärvi, P. (toim.) 2012. MTT Raportti 56, Nurmen kasvu- ja kehitysprosessit.
- Virkajärvi, P., Pakarinen, K., Hyrkäs, M., Seppänen, M. & Bélanger, G. 2012b. Tiller Characteristics of Timothy and Tall Fescue in Relation to Herbage Mass Accumulation. *Crop Science* 52:970-980.

LIITE 1 KARTTA JA KOEJÄRJESTELYT

901-16

Valkeaisnurmien tallaus ja nitronkesto

2 nittoa										3 nittoa										2 nittoa										3 nittoa										2 nittoa																																												
sr	B205	B211	B207	B202	B201	B210	B209	B206	B208	B204	B203	sr	B308	B304	B307	B303	B309	B311	B301	B306	B305	B310	B302	sr	A302	A309	A307	A305	A311	A304	A301	sr	A201	A202	A209	A204	A205	A207	A211	sr	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
3 nittoa										2 nittoa										3 nittoa										2 nittoa										3 nittoa																																												
sr	B307	B303	B309	B306	B305	B310	B308	B304	B311	B301	B302	sr	B209	B211	B210	B203	B205	B201	B202	B206	B208	B204	B207	sr	A307	A311	A302	A301	A304	A305	A309	sr	A201	A207	A211	A202	A209	A204	A205	sr	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
2 nittoa										3 nittoa										2 nittoa										3 nittoa										2 nittoa																																												
sr	A205	A211	A207	A202	A201	A204	A209	sr	A301	A307	A304	A305	A302	A309	A311	sr	B208	B201	B207	B203	B202	B204	B210	B209	B211	B205	B206	sr	B307	B311	B301	B303	B305	B304	B302	B306	B308	B310	B309	sr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44

Tallaus (2017-2018)

HUOMI! PERUSTAMISVUONNA (2016) EI TALLAUSTA

A. Runsas tallaus

Tallataan kasvusto 5 kertaa/sato ajamalla traktorilla kasvuston tai sängen päältä (ks. koeohje). Tallausajon voi tehdä rututuin nähdessä polkkipäin.

B. Ei tallausta

Ei tallata, toimii kontrollina ja HY:n koekenttänä.

Nitrojen määrä (2017-2018)

HUOMI! PERUSTAMISVUONNA (2016) VAIN YKSI SADONKORJUU KÄIKISTÄ KOKOVILJÄSÄILÖREHUUSI

2 nittoa

Ruudut perustetaan nuokalla suojavälillä (kevätvehnä Demonstrant, 300 kp/ha + nurmisseos).

3 nittoa

Nurmi- ja kasvit

1	Sinimailanen (puhdas)	Sinimailanen (Nexus)
2	Puna-apila (puhdas)	Puna-apila (Salja)
4	Timotei 2 (puhdas)	Eteläisen tyyppin timotei (Bor0602)
5	Timotei 2 + nurminata	Timotei (Bor0602) - nurminata (Valteri)
7	Timotei 2 + puna-apila	Timotei (Bor0602) - puna-apila (Salja)
9	Timotei 2 + aliskeapila	Timotei (Bor0602) - aliskeapila (Frida)
11	Timotei 2 + sinimailanen	Timotei (Bor0602) - sinimailanen (Nexus)
3	Timotei 1 (puhdas)	Pohjoisen tyyppin timotei (Tuure)
6	Timotei 1 + puna-apila	Timotei (Tuure) - puna-apila (Salja)
8	Timotei 1 + aliskeapila	Timotei (Tuure) - aliskeapila (Frida)
10	Timotei 1 + sinimailanen	Timotei (Tuure) - sinimailanen (Nexus)
sr	suoja-ruutu	Timotei Tuure

Peruskoejärjestely: split-split-plot täydelläisesti arvottuna

HY:n koejärjestely: split-plot lohkoittain arvottuna (ei-tallatut rivit ovat lohkoja)

LIITE 2 NURMIHEINIEN KASVUASTEET

Monivuotisten nurmiheinien kasvuasteiden määrittäminen (mukaan Simon & Park 1983).

Tunnus	Kuvaus	Huomioita
	<u>Versominen</u>	Vanhemman kasvuston tarkasteluun
20	Tuppi ei pidentynyt	
21	1 pidentynyt tuppi	
22	2 pidentynyttä tuppea	
23	3 pidentynyttä tuppea	
...	...	
29	≥ 9 pidentynyttä tuppea	
	<u>Varren pidentyminen</u>	
31	1. solmu	Solmujen lisääntyminen
32	2. solmu	Versot eroteltavissa (steriilit, fertiilit)
33	3. solmu	
34	4. solmu	
35	5. solmu	
37	Lippulehti näkyvissä	
39	Lippulehden kieleke näkyvissä	
40	<u>Tupen turpoaminen</u>	
45	Tuppi turvonnut	
	<u>Röyhyn/tähkän esilletulo</u>	
50	ylin 1-2 cm röyhystä/tähkästä näkyvissä	
52	1/4 näkyvissä	
54	2/4 näkyvissä	
56	3/4 näkyvissä	
58	Röyhyn/tähkän tyvi näkyvissä	
	<u>Kukinta</u>	
60	Kukinta aluillaan	Kukinon alla nivelväli näkyvissä, ponsia ei näy
62	Kukinta alkaa	Ensimmäiset ponnet näkyvissä
64	Täysi kukinta	Siitepöly enimmillään
68	Kukinta loppuu	Siitepöly ei irtoa
	<u>Siementen muodostuminen</u>	
75	Siemenvalkuainen maitomainen	Kukinto vihreä
85	Siemenvalkuainen jauhoinen ja pehmeä	Siemeniä ei irtoa
87	Siemenvalkuainen jauhomainen ja kova	Siemeniä alkaa irrota, tuleentuminen alkaa
91	Siemenvalkuainen kova	Siemeniä irtoaa runsaasti, tuleentuminen etenee
92	Siemenvalkuainen kova ja kuiva	Suurin osa siemenistä varissut

LIITE 3 SINIMAILASEN JA PUNA-APILAN KASVUASTEET

Koodi, kasvuasteet sekä rakenteellinen kuvaus nurmipalkokasveille (mukaillen Fick & Mueller 1989, Ohlsson ja Wedin 1989).

Tunnus	Kasvunvaihe	Kuvaus	
		Sinimailanen	Puna-apila
<u>Vegetatiivinen vaihe</u>			
0	Aikainen	Varren pituus ≤ 15 cm, ei nuppuja, kukkia tai siemenkotia	Varren pituus ≤ 15 cm, ei nuppuja, kukkia tai siemenkotia
1	Keskivaihe	Varren pituus 16–30 cm, ei nuppuja, kukkia tai siemenkotia	Varren pituus 16–30 cm, ei nuppuja, kukkia tai siemenkotia
2	Myöhäinen	Varren pituus ≥ 31 cm, ei nuppuja, kukkia tai siemenkotia	Varren pituus ≥ 31 cm, ei nuppuja, kukkia tai siemenkotia
<u>Nuppujen muodostuminen</u>			
3	Aikainen	1-2 solmua ja nuppuja, ei kukkia tai siemenkotia	1-2 solmua ja nuppuja, ei kukkia tai siemenkotia
4	Myöhäinen	≥ 3 solmua ja nuppuja, ei kukkia tai siemenkotia	≥ 3 solmua ja nuppuja, ei kukkia tai siemenkotia
<u>Kukinta</u>			
5	Aikainen	1 solmu ja 1 auennut kukka, ei siemenkotia	Auennut kukka päävarressa, ei siemeniä
6	Myöhäinen	≥ 2 solmua ja auenneita kukkia, ei siemenkotia	Auenneita kukkia pää- ja sivuvarsissa, ei siemeniä
<u>Siementen muodostuminen</u>			
7	Aikainen	1-3 solmua ja siemenkodat vihreitä	Siemeniä muodostumassa päävarren kukinnoissa
8	Myöhäinen	≥ 4 solmua ja siemenkodat vihreitä	Siemeniä muodostumassa pää- ja sivuvarsissa
9	Tuleentunut	Solmuja sekä kypsiä ruskeita siemenkotia	Verholehdet ruskeita

LIITE 4 PITUUS

Taulukko 1. Kahden niiton menetelmän ojennettu pituus kasvuunlähdössä ja juuri ennen niittoa (keskiarvo \pm SEM, n=3).

Seos	Mittauspäivä				1. niitto				2. niitto			
	1.6.	8.6.	14.6.	26.6.	12.7.	20.7.	24.7.	8.8.	12.7.	20.7.	24.7.	8.8.
	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM
Sinimailanen	9,4 \pm 0,5	12,9 \pm 1,2	23,9 \pm 1,6	38,3 \pm 2,3	14,7 \pm 2,9	24,9 \pm 3,0	26,9 \pm 1,4	50,8 \pm 1,7	14,7 \pm 2,9	24,9 \pm 3,0	26,9 \pm 1,4	50,8 \pm 1,7
Puna-apila	10,3 \pm 1,2	15,6 \pm 1,1	28,3 \pm 3,9	53,8 \pm 3,2	14,8 \pm 1,1	20,4 \pm 0,4	25,7 \pm 1,5	44,6 \pm 1,6	14,8 \pm 1,1	20,4 \pm 0,4	25,7 \pm 1,5	44,6 \pm 1,6
P. timotei	27,9 \pm 2,0	42,9 \pm 1,0	65,7 \pm 2,5	83,1 \pm 1,7	17,4 \pm 1,6	34,4 \pm 2,1	38,6 \pm 2,3	70,8 \pm 2,1	17,4 \pm 1,6	34,4 \pm 2,1	38,6 \pm 2,3	70,8 \pm 2,1
E. timotei	33,3 \pm 1,0	44,1 \pm 0,6	65,1 \pm 0,8	78,8 \pm 0,8	25,2 \pm 1,1	43,2 \pm 2,7	54,2 \pm 4,3	78,6 \pm 0,8	25,2 \pm 1,1	43,2 \pm 2,7	54,2 \pm 4,3	78,6 \pm 0,8
P.timotei	30,2 \pm 2,1	37,6 \pm 1,5	61,1 \pm 1,9	83,6 \pm 0,3	15,9 \pm 0,9	29,8 \pm 1,1	38,0 \pm 1,3	65,7 \pm 1,5	15,9 \pm 0,9	29,8 \pm 1,1	38,0 \pm 1,3	65,7 \pm 1,5
Puna-apila	15,8 \pm 0,6	21,2 \pm 1,0	35,9 \pm 0,8	47,6 \pm 3,8	14,3 \pm 0,3	20,3 \pm 0,7	26,0 \pm 1,0	39,7 \pm 2,8	14,3 \pm 0,3	20,3 \pm 0,7	26,0 \pm 1,0	39,7 \pm 2,8
E. timotei	29,1 \pm 0,3	37,6 \pm 0,5	65,2 \pm 1,1	79,4 \pm 1,4	19,3 \pm 2,2	37,4 \pm 2,4	45,8 \pm 1,3	71,4 \pm 3,6	19,3 \pm 2,2	37,4 \pm 2,4	45,8 \pm 1,3	71,4 \pm 3,6
Puna-apila	16,2 \pm 0,8	19,9 \pm 0,6	33,1 \pm 2,9	45,9 \pm 2,9	16,6 \pm 0,9	22,7 \pm 0,9	30,9 \pm 2,3	42,2 \pm 2,6	16,6 \pm 0,9	22,7 \pm 0,9	30,9 \pm 2,3	42,2 \pm 2,6
P. timotei	28,8 \pm 1,3	38,7 \pm 1,2	58,7 \pm 0,7	81,1 \pm 0,7	15,9 \pm 0,1	28,8 \pm 1,3	36,9 \pm 2,6	62,9 \pm 1,2	15,9 \pm 0,1	28,8 \pm 1,3	36,9 \pm 2,6	62,9 \pm 1,2
Sinimailanen	15,5 \pm 0,9	17,6 \pm 1,8	30,2 \pm 3,1	45,4 \pm 3,3	11,1 \pm 1,3	23,2 \pm 1,3	29,1 \pm 0,8	48,1 \pm 1,6	11,1 \pm 1,3	23,2 \pm 1,3	29,1 \pm 0,8	48,1 \pm 1,6
E. timotei	28,8 \pm 1,7	38,9 \pm 1,6	61,4 \pm 1,6	82,9 \pm 1,6	18,4 \pm 0,8	35,7 \pm 1,3	42,3 \pm 3,0	71,3 \pm 1,8	18,4 \pm 0,8	35,7 \pm 1,3	42,3 \pm 3,0	71,3 \pm 1,8
Sinimailanen	13,0 \pm 1,3	19,7 \pm 0,9	36,6 \pm 2,2	38,1 \pm 1,6	12,6 \pm 1,0	24,9 \pm 1,6	29,0 \pm 0,9	53,2 \pm 0,7	12,6 \pm 1,0	24,9 \pm 1,6	29,0 \pm 0,9	53,2 \pm 0,7

Taulukko 2. Kolmen niiton menetelmän ojennettu pituus kasvuunlähdössä, ja juuri ennen niittoa (keskiarvo \pm SEM, n=3).

Seos	Mittauspäivä					1. niitto			2. niitto			3. niitto		
	1.6.	8.6.	14.6.	19.6.	22.6.	12.7.	20.7.	24.7.	10.8.	16.8.	4.9.	10.8.	16.8.	4.9.
	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM
Sinimailanen	11,0 \pm 1,9	13,3 \pm 1,3	21,4 \pm 0,1	33,9 \pm 3,4	45,0 \pm 1,5	15,3 \pm 0,6	25,7 \pm 0,5	36,3 \pm 1,2	13,3 \pm 0,4	25,6 \pm 1,9	40,3 \pm 2,1	13,3 \pm 0,4	25,6 \pm 1,9	40,3 \pm 2,1
Puna-apila	10,8 \pm 0,7	14,1 \pm 1,6	30,3 \pm 0,7	42,7 \pm 3,0	50,0 \pm 1,1	16,0 \pm 0,8	25,0 \pm 0,3	34,6 \pm 1,6	24,7 \pm 1,2	28,0 \pm 1,2	43,6 \pm 2,3	24,7 \pm 1,2	28,0 \pm 1,2	43,6 \pm 2,3
P. timotei	32,5 \pm 0,4	32,5 \pm 0,9	65,6 \pm 0,7	81,4 \pm 0,6	78,9 \pm 1,0	23,1 \pm 0,7	38,3 \pm 1,5	49,7 \pm 1,0	35,0 \pm 1,7	46,3 \pm 0,8	63,4 \pm 2,1	35,0 \pm 1,7	46,3 \pm 0,8	63,4 \pm 2,1
E. timotei	32,4 \pm 1,5	44,4 \pm 1,6	64,8 \pm 0,2	76,6 \pm 3,2	77,1 \pm 1,6	27,4 \pm 0,6	47,4 \pm 2,0	56,3 \pm 1,1	25,4 \pm 1,6	37,0 \pm 2,7	52,0 \pm 2,3	25,4 \pm 1,6	37,0 \pm 2,7	52,0 \pm 2,3
P.timotei	28,0 \pm 1,0	37,1 \pm 1,0	57,9 \pm 3,5	80,8 \pm 1,1	79,2 \pm 1,5	21,0 \pm 1,0	33,3 \pm 1,5	40,4 \pm 1,7	29,4 \pm 2,6	39,9 \pm 0,8	54,6 \pm 3,2	29,4 \pm 2,6	39,9 \pm 0,8	54,6 \pm 3,2
Puna-apila	16,2 \pm 1,7	22,3 \pm 1,2	34,6 \pm 0,4	38,1 \pm 2,9	52,8 \pm 5,6	15,2 \pm 0,9	24,4 \pm 0,9	29,1 \pm 1,3	22,8 \pm 1,0	28,9 \pm 0,4	40,2 \pm 0,1	22,8 \pm 1,0	28,9 \pm 0,4	40,2 \pm 0,1
E. timotei	30,3 \pm 1,2	38,6 \pm 2,4	63,9 \pm 0,4	79,9 \pm 0,6	76,9 \pm 1,9	23,4 \pm 0,6	39,0 \pm 1,9	48,8 \pm 2,4	28,0 \pm 1,2	31,8 \pm 3,8	50,4 \pm 3,2	28,0 \pm 1,2	31,8 \pm 3,8	50,4 \pm 3,2
Puna-apila	16,4 \pm 1,2	21,6 \pm 0,8	31,9 \pm 0,6	44,3 \pm 0,4	40,0 \pm 2,4	15,9 \pm 1,1	27,3 \pm 0,3	32,1 \pm 1,7	22,2 \pm 0,2	25,2 \pm 0,6	38,7 \pm 2,0	22,2 \pm 0,2	25,2 \pm 0,6	38,7 \pm 2,0
P. timotei	30,2 \pm 0,9	36,1 \pm 0,7	57,9 \pm 1,0	81,1 \pm 0,4	81,8 \pm 2,3	21,0 \pm 0,5	37,3 \pm 2,8	39,2 \pm 4,4	32,8 \pm 1,4	40,9 \pm 1,3	52,9 \pm 2,5	32,8 \pm 1,4	40,9 \pm 1,3	52,9 \pm 2,5
Sinimailanen	15,7 \pm 1,2	23,2 \pm 2,6	34,2 \pm 1,7	42,9 \pm 5,7	48,1 \pm 3,3	16,9 \pm 0,9	25,8 \pm 1,4	32,2 \pm 1,9	17,9 \pm 1,4	25,7 \pm 0,5	38,4 \pm 2,3	17,9 \pm 1,4	25,7 \pm 0,5	38,4 \pm 2,3
E. timotei	30,0 \pm 1,2	39,5 \pm 0,9	64,8 \pm 1,1	81,9 \pm 0,5	81,8 \pm 5,3	24,1 \pm 0,3	38,8 \pm 0,4	46,7 \pm 3,3	28,0 \pm 0,7	37,2 \pm 0,8	44,9 \pm 2,0	28,0 \pm 0,7	37,2 \pm 0,8	44,9 \pm 2,0
Sinimailanen	14,9 \pm 0,9	20,7 \pm 0,3	30,0 \pm 0,7	40,2 \pm 2,4	43,3 \pm 5,0	17,6 \pm 0,9	30,7 \pm 0,5	35,9 \pm 2,3	12,9 \pm 1,3	23,8 \pm 1,0	35,3 \pm 0,7	12,9 \pm 1,3	23,8 \pm 1,0	35,3 \pm 0,7

LIITE 5 RAAKAVALKUAINEN JA SULAVA RAAKAVALKUAINEN

Taulukko 3. Kahden niiton menetelmän keskimääräiset raakavalkuaisen ja sulavan raakavalkuaisen pitoisuudet kuiva-aineesta niitoittain ja kokonaissadossa (keskiarvo \pm SEM, n=3).

Koejäsen	1. sato RV kg ka	1. sato SRV kg	2. sato RV kg ka	2. sato SRV kg	Kokonaissato	Kokonaissato
	/ ha	ka / ha	/ ha	ka / ha	RV kg ka / ha	SRV kg ka / ha
	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM
Sinimailanen	277 \pm 28	200 \pm 19	555 \pm 55	438 \pm 42	832 \pm 61	638 \pm 45
Puna-apila	940 \pm 141	737 \pm 113	811 \pm 43	644 \pm 37	1751 \pm 159	1381 \pm 132
Pohjoinen timotei	798 \pm 46	521 \pm 44	802 \pm 36	629 \pm 33	1599 \pm 75	1150 \pm 75
Eteläinen timotei	838 \pm 31	529 \pm 32	961 \pm 35	714 \pm 30	1799 \pm 60	1243 \pm 58
P.timotei ja puna-apila	869 \pm 112	524 \pm 100	682 \pm 15	523 \pm 10	1551 \pm 150	1047 \pm 100
E.timotei ja puna-apila	869 \pm 15	547 \pm 5	820 \pm 29	605 \pm 11	1688 \pm 23	1152 \pm 8
P.timotei ja sinimailanen	726 \pm 35	444 \pm 20	575 \pm 27	444 \pm 17	1301 \pm 56	888 \pm 35
E. timotei ja sinimailanen	624 \pm 39	355 \pm 29	605 \pm 15	444 \pm 19	1230 \pm 55	799 \pm 47

Taulukko 4. Kahden niiton menetelmän keskimääräiset raakavalkuaisen ja sulavan raakavalkuaisen pitoisuudet kuiva-aineesta niitoittain ja kokonaissadossa (keskiarvo \pm SEM, n=3).

Koejäsen	1. sato RV kg ka	1. sato SRV kg	2. sato RV kg ka	2. sato SRV kg	3. sato RV kg ka	3. sato SRV kg	Kokonaissato	Kokonaissato
	/ ha	ka / ha	/ ha	ka / ha	/ ha	ka / ha	RV kg ka / ha	SRV kg ka / ha
	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM	Mean \pm SEM
Sinimailanen	323 \pm 55	238 \pm 37	351 \pm 28	279 \pm 20	506 \pm 21	412 \pm 17	1179 \pm 65	929 \pm 42
Puna-apila	1208 \pm 106	969 \pm 87	569 \pm 50	463 \pm 43	795 \pm 41	642 \pm 32	2572 \pm 191	2074 \pm 157
Pohjoinen timotei	1115 \pm 136	783 \pm 97	597 \pm 93	481 \pm 71	623 \pm 43	473 \pm 36	2335 \pm 228	1737 \pm 167
Eteläinen timotei	959 \pm 23	654 \pm 9	647 \pm 34	507 \pm 29	448 \pm 85	326 \pm 75	2055 \pm 130	1486 \pm 91
P.timotei ja puna-apila	974 \pm 88	704 \pm 71	496 \pm 31	399 \pm 27	770 \pm 35	604 \pm 26	2240 \pm 100	1707 \pm 80
E.timotei ja puna-apila	964 \pm 52	662 \pm 33	565 \pm 51	449 \pm 42	639 \pm 120	560 \pm 100	2168 \pm 150	1671 \pm 180
P.timotei ja sinimailanen	736 \pm 67	481 \pm 47	391 \pm 49	313 \pm 44	490 \pm 46	341 \pm 36	1616 \pm 86	1135 \pm 66
E. timotei ja sinimailanen	833 \pm 22	524 \pm 8	495 \pm 53	380 \pm 47	457 \pm 32	325 \pm 29	1785 \pm 100	1228 \pm 68