



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2025

Nurmipalkokasviviljelyn optimointi Pohjois-Pohjanmaan nautakarjatilolla

OptiPalko

Arto Huuskonen ja Katariina Manni (toim.)



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2025

Nurmipalkokasviviljelyn optimointi Pohjois-Pohjanmaan nautakarjatililla

OptiPalko

Arto Huuskonen ja Katariina Manni (toim.)

**Marcia Franco, Sanna Hietala, Arto Huuskonen, Juha Hyvönen,
Erkki Joki-Tokola, Katariina Manni, Maiju Pesonen, Marketta Rinne ja Tapio Salo**



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Viittausohje:

Huuskonen, A. & Manni, K. (toim.) 2025. Nurmipalkokasviviljelyn optimointi Pohjois-Pohjanmaan nautakarjatiloiilla : OptiPalko. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2025. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 78 s.

Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:

Manni, K., Salo, T., Joki-Tokola, E., Hyvönen, J. & Huuskonen, A. 2025. Puna-apilan viljely puhdaskasvustona ja apila-heinäkasviseoksissa eri tyypilannoitustasoilla. Julkaisussa: Huuskonen, A. & Manni, K. (toim.). Nurmipalkokasviviljelyn optimointi Pohjois-Pohjanmaan nautakarjatiloiilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2025. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 10-50.

Arto Huuskonen ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0003-0938-5675>



ISBN 978-952-419-017-6 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-017-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Toimittajat: Arto Huuskonen ja Katariina Manni

Kirjoittajat: Marcia Franco, Sanna Hietala, Arto Huuskonen, Juha Hyvönen, Erkki Joki-Tokola, Katariina Manni, Maiju Pesonen, Marketta Rinne ja Tapio Salo

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2025

Julkaisu vuosi: 2025

Kannen kuva: Katariina Manni

Alkusanat

Nurmipalkokasviviljelyn optimointi Pohjois-Pohjanmaan nautakarjataloilla (OptiPalko) -hanke oli Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Nautasuomi Oy:n toteuttama yhteishanke, joka käynnistyi 1.6.2021 ja päättyi 31.10.2024. Hankkeen ydintavoitteena oli edistää nautakarjatalouden kilpailukykyä ja tehokasta tuotantopanosten käyttöä kehittämällä nurmipalkokasvien viljelyä ja rehukäyttöä. Yksityiskohtaisina tavoitteina oli tuottaa ratkaisuja, joiden avulla voitaisiin tehostaa ravinteiden hyväksikäyttöä viljelyssä ja nautojen ruokinnassa, edistää suunnitelmallista nurmentuotantoa, vähentää rehuhävikkiä säilöntämenetelmiä kehittämällä ja selvittää nurmipalkokasvien käytön kannattavuutta. Tässä julkaistava raportti kokoaa yhteen hankkeessa toteutettujen tutkimusosioiden tulokset, joiden toivotaan omalta osaltaan palvelevan suomalaisen nautakarjatalouden kehittämistä.

OptiPalko-hanketta rahoitettiin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta, ja tuki myönnettiin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen kautta. Hankkeen yksityisrahoittajina toimivat Nautasuomi Oy ja Eastman. Hankkeen etenemiseen myötävaikutti ohjausryhmä, joka antoi arvokasta palautetta hankkeen työntekijöille. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Hanna Laurell ja jäseninä olivat Hanne Aho, Marko Jokinen, Tuomas Kallio, Kukka Kukkonen, Maiju Pesonen, Arja Seppälä ja Marika Sohlo. Hankkeen toteuttajat kiittävät kaikkia rahoittajia, ohjausryhmän jäseniä ja yhteistyökumppaneita erittäin hyvin toimineesta yhteistyöstä.

Vesannolla 21.1.2025

Arto Huuskonen

Luonnonvarakeskus

Tiivistelmä

Arto Huuskonen¹ ja Katariina Manni² (toim.)

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Maaninka

² Luonnonvarakeskus (Luke), Jokioinen

Raportti kokoaa yhteen Nurmipalkokasviljelyn optimointi Pohjois-Pohjanmaan nautakarjailoilla -hankkeen tutkimusten tulokset. Raportissa keskitytään erityisesti puna-apilan viljelyyn ja rehukäyttöön. Raportissa käsitellään puna-apilan viljelyä puhdas- ja seoskasvustoina eri lannoitustasoilla, puna-apilan säilöntää sekä puna-apilasäilörehun käyttöä loppukasvatettavien sonnien ruokinnassa.

Ensimmäinen tutkimus käsitteli puna-apilan viljelyä kivennäismaalla puhdaskasvustona ja apila-heinäkasviseoksissa eri lannoitustasoilla. Luke Siikajoen tutkimusasemalla Ruukissa vuosina 2021–2023 tehdyssä ruutumittakaavan kokeessa oli timoteita ja puna-apilaa puhdaskasvustoina ja niiden lisäksi mukana oli timotein ja puna-apilan sekä timotein, nurminadan ja puna-apilan seosnurmet. Typpilannoitustasot olivat 0, 50, 100, 150 ja 200 kiloa typpeä hehtaarille. Nurmet perustuivat hyvin, mutta puna-apila kärsi merkittäviä talvituhoja. Molempina vuosina nurmen kokonaiskuiva-ainesadot lisääntyivät typpitasoon 150 kg/ha saakka. Typen satovaste oli molempina vuosina ensimmäisessä nurmisadossa toista satoa suurempi. Typpilannoitus vähensi selkeästi apilan osuutta seoskasvustoissa. Typpitase oli negatiivinen kaikilla typpitasoilla nurmen ensimmäisen satovuoden kahta korkeinta typpitasoa lukuun ottamatta. Tulosten perusteella typpilannoituksessa kannattaa panostaa ykkössatoon. Kokeessa korostui apilan talvenkestävyyden merkitys. Suuret talvituhot altistivat rikkakasveille. Typen huuhtoutumisriski oli syksyllä mitattujen alhaisten maan epäorgaanisen typen pitoisuuksien perusteella vähäinen.

Toisessa tutkimuksessa keskityttiin puna-apilan säilönnälliseen laatuun. Tutkittavia tekijöitä olivat kasvilaji (puhdas puna-apila, puhdas timotei ja niiden 1:1 seos), säilöntä tuoreena tai esikuivattuna ja eri säilöntäaineiden käyttö (kontrolli ilman säilöntäainetta, heterofermentatiivinen maitohappobakteeriympäristö sekä kolme muurahaishappopohjaista säilöntäainetta AIV2 Plus Na, AIV VIA ja AIV OIVA). Sateisen korjuusään vuoksi molempien kasvilajien kuiva-ainepitoisuus tuoreena oli erittäin matala. Esikuivaus tasokuivurissa nosti kuiva-ainepitoisuutta. Sokereita oli niukasti kaikissa säilöttävissä raaka-aineissa, ja säilönnän jälkeen ne olivat kuluneet loppuun kaikista ilman muurahaishappopohjaista säilöntäainetta tehdyistä rehuista. Kasvilajien väliset erot jäivät vähäisiksi. Märkien ilman säilöntäainetta tehtyjen rehujen säilönnällinen laatu oli huono. Esikuivaus ja happosäilöntäaine paransivat säilönnän onnistumista. Puna-apilan säilöntä onnistuu haastavissakin olosuhteissa, kun valitaan oikeat menetelmät. Happosäilöntäaineiden käyttö varmistaa säilöntälaadun erityisesti, jos rehu jää märäksi.

Kolmannessa tutkimuksessa selvitettiin puna-apilasäilörehun tuotantovaikutuksia kasvavien sonnien ruokinnassa. Kokeessa oli 50 simmental-sonnia ja 50 hereford-sonnia. Koe sisälsi kaksi ruokintakoetta, joista ensimmäisessä puna-apilasäilörehua verrattiin timoteisäilörehuun ja toisessa ohrakokoviljasäilörehuun. Säilörehun osuus seosrehun kuiva-aineesta oli 60 %. Molemmissa kokeissa väkirehuna oli ohra. Kokeessa 1 laskettiin tuotantotulosten lisäksi kokeen aikana tuotetun naudanlihan ilmastovaikutus sekä rehevöittävät ja happamoittavat päästöt. Korjuuajan sateisen sään takia puna-apila- ja timoteisäilörehut olivat tavoitetta määrempiä ja D-arvot jäivät tavoiteltua matalammiksi. Lisäksi puna-apilan valkuaispitoisuus oli

odotettua matalampi. Ohrakokoviljasäilörehun rehuarvot edustivat melko tyypillisiä kokoviljasäilörehujen arvoja. Kokeessa 1 ruokinta ei vaikuttanut sonnien rehun syöntiin eikä tuotantotuloksiin muutoin kuin että puna-apilasäilörehun korvaaminen timoteisäilörehulla lisäsi hie-man ruhojen rasvaisuutta. Puna-apilasäilörehun sisällyttäminen ruokintaan vähensi tuotetun naudanlihan ilmastovaikutusta ja rehevöittäviä päästöjä. Kokeessa 2 puna-apilasäilörehun korvaaminen ohrakokoviljasäilörehulla lisäsi sonnien rehun syöntiä ja energian saantia. Parhaat kasvut saavutettiin ruokinnalla, jossa oli puna-apilasäilörehua seoksena ohrakokoviljasäilörehun kanssa. Heikointa kasvu oli ruokinnalla, jossa ohrakokoviljasäilörehu oli ainoana karkearehuna. Muihin tuotantotuloksiin ruokinnalla ei ollut vaikutusta. Puna-apilan suurimmat edut lienevätkin naudanlihantuotannossa lunastettavissa peltoviljelyn kautta typpilannoituksen tarpeen vähenemisen ja viljelykierron monipuolistumisen kautta.

Asiasanat: palkokasvi, naudanlihantuotanto, ruokinta, säilörehu, säilöntä, typpensidonta, ympäristövaikutukset

Abstract

Arto Huuskonen¹ ja Katariina Manni² (eds.)

¹ Natural Resources Institute Finland (Luke), Maaninka

² Natural Resources Institute Finland (Luke), Jokioinen

This report summarises the results of the research in the project "Optimizing forage legume production at cattle farms in the Northern Ostrobothnia region". The report focuses on the cultivation and feed use of red clover. The topics cover the cultivation of red clover as pure and mixed crops at different fertilisation levels, the preservation of red clover as silage and the use of red clover silage in the feeding of finishing bulls.

The first study dealt with the cultivation of red clover on mineral soils as a pure crop and in clover-grass mixtures at different fertilisation levels. In a plot-scale experiment at Luke Siikajoki research station in Ruukki between 2021 and 2023, timothy and red clover were grown as pure crops and as mixtures, and a mixture of timothy, meadow fescue and red clover was also included. Nitrogen application rates were 0, 50, 100, 150 and 200 kg N/ha. The leys established well, but red clover suffered significant winter damage. In both years, total dry matter yields of the leys increased up to 150 kg nitrogen/ha. In both years, the nitrogen yield response in the primary growth was better than in the regrowth. Nitrogen fertilization reduced the proportion of clover in mixed leys. The nitrogen balance was negative at all nitrogen levels except for the two highest nitrogen levels in primary growth. The results suggest that the best response of nitrogen fertilisation is achieved in primary growth. The experiment highlighted the importance of winter hardiness of clover. High winter losses exposed the ley to weeds. The low soil inorganic nitrogen concentrations measured in the autumn indicated a low risk of nitrogen leaching.

The second study focused on the preservation quality of ensiled red clover. Factors studied were the plant species (pure red clover, pure timothy and their 1:1 mixture), fresh vs. pre-wilting and the use of different silage additives (control without additive, heterofermentative lactic acid bacteria inoculant and three formic acid-based additives AIV2 Plus Na, AIV VIA and AIV OIVA). Due to the humid harvesting conditions, the dry matter content of both crops was very low when fresh. Pre-wilting in a dryer increased the dry matter content. Sugars were low in all raw materials and were exhausted in all silages made without formic acid-based additives. Differences between plant species were negligible. Wet silages without additives had a poor preservation quality. Wilting and use of formic acid based additives improved the preservation quality. Red clover can be successfully ensiled even under challenging conditions if correct methods are chosen. The use of formic acid based additives ensures preservation quality, especially in low dry matter material.

The third study investigated the effects of red clover silage in the feeding of growing bulls. There were 50 Simmental and 50 Hereford bulls in the trial. The study consisted of two feeding trials. The first trial compared red clover silage with timothy silage and the second trial with whole crop barley silage. The proportion of silage in the total mixed ration was 60% on dry matter basis. In both trials, barley was used as the concentrate feed. In trial 1, the climate impact of the beef produced during the experiment and the eutrophication and acidification emissions were calculated in addition to the production results. Due to the rainy weather during the harvest period, the red clover and timothy silages had lower dry matter

concentrations and D-values than targeted. In addition, the protein content of red clover was lower than expected. The feed values for whole crop barley silage were fairly typical. In trial 1, feeding did not affect the feed intake or production results of the bulls, except that replacing red clover silage with timothy silage slightly increased carcass fatness. The inclusion of red clover silage in the diet reduced the climate impact and eutrophication emissions of the beef produced. In trial 2, replacing red clover silage with whole crop barley silage increased the feed intake and energy intake of bulls. The best growth was achieved by feeding red clover silage mixed with whole crop barley silage. The poorest growth was achieved with whole crop barley silage as the only roughage. Other production results were not affected.

Keywords: legume, beef production, feeding, silage, ensiling, nitrogen fixation, environmental impacts

Sisällys

1. Puna-apilan viljely puhdaskasvustona ja apila-heinäkasviseoksissa eri typpilannoitustasoilla	10
1.1. Johdanto	11
1.2. Aineisto ja menetelmät	12
1.2.1. Koekäsittelyt.....	12
1.2.2. Kokeen toteutus	13
1.2.3. Sadosta tehdyt analyysit	15
1.2.4. Maanäytteiden analyysit	15
1.2.5. Tilastollinen analyysi	15
1.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	16
1.3.1. Sääolot kasvukausina 2021–2023.....	16
1.3.2. Suojakasvin sato ja nurmikasvustojen perustuminen.....	20
1.3.3. Nurmikasvustojen kuiva-ainesadot.....	22
1.3.4. Typen hyväksikäyttö	38
1.4. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	49
Viitteet.....	50
2. Keinoja puna-apilasäilörehun laadun varmistamiseksi.....	51
2.1. Puna-apilan potentiaali täysimääräisesti käyttöön.....	52
2.2. Kokeen suoritus.....	52
2.3. Tulokset ja niiden tarkastelu.....	55
2.4. Johtopäätökset	61
Viitteet.....	62
3. Puna-apilasäilörehu kasvavien lihanautojen ruokinnassa	63
3.1. Johdanto	64
3.2. Aineisto ja menetelmät	65
3.2.1. Koepaikka ja eläimet.....	65
3.2.2. Koeruokinnat	65
3.2.3. Koerehut	66
3.2.4. Rehunäytteiden otto, esikäsittely ja analysointi.....	66
3.2.5. Koe-eläinten punnitukset, teurastus ja ruhon laatu	67
3.2.6. Tuotannon ympäristövaikutukset.....	67
3.2.7. Tulosten tilastollinen käsittely.....	68
3.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	69

3.3.1. Koerehut	69
3.3.2. Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti	70
3.3.3. Kasvu- ja teurastulokset	73
3.3.4. Tuotannon ympäristövaikutukset	74
3.4. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	75
Viitteet.....	76

1. Puna-apilan viljely puhdaskasvustona ja apila-heinäkasviseoksissa eri typpilannoitustasoilla

Katariina Manni¹, Tapio Salo¹, Erkki Joki-Tokola², Juha Hyvönen³ ja Arto Huuskonen⁴

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Jokioinen

² Luonnonvarakeskus (Luke), Ruukki

³ Luonnonvarakeskus (Luke), Rovaniemi

⁴ Luonnonvarakeskus (Luke), Maaninka

Tiivistelmä

Typpi on usein eniten sadon määrään vaikuttava yksittäinen tekijä. Lisäksi se on merkittävä ympäristöä kuormittava ravinne. Typpilannoituksen optimointi on perusteltua niin tuotannon, ympäristön kuin taloudenkin kannalta. Yksi teollisten typpilannoitteiden vaihtoehto on biologisesti tyypeä sitovat palkokasvit. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää eri lannoitustasojen vaikutusta puna-apilaa sisältävien nurmien satoon ja typen huuhtoutumisriskiin.

Kolmivuotinen kenttäkoe toteutettiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen tutkimusasemalla. Nurmikasvustot perustettiin karkealle hietamaalle vuonna 2021. Suojakasvina ollut vilja korjattiin kokoviljana. Vuodet 2022 ja 2023 olivat nurmen satovuosia. Nurmikasveista timoteita ja puna-apilaa viljeltiin puhdaskasvustoina. Lisäksi käsiteltynä olivat timotein ja puna-apilan sekä timotein, nurminadan ja puna-apilan seosnurmet. Typpilannoitustasot molempina vuosina olivat 0, 50, 100, 150 ja 200 kiloa tyypeä hehtaarille, joka jaettiin puoliksi kahdelle lannoituskerralle. Nurmisadoista mitattiin kuiva-ainesadot, määritettiin koostumus sekä laskettiin sadon typpipitoisuus ja typpitase. Lisäksi määritettiin kasvilajien jakaumia.

Nurmet perustuivat hyvin. Puna-apila kärsi kuitenkin merkittäviä talvituhoja, mikä lisäsi rikkakasvien määrää. Molempina vuosina nurmen kokonaiskuiva-ainesadot lisääntyivät typpitasoon 150 kg/ha saakka. Yli typpilannoitustasojen tarkasteltuna seosnurmet lisäsivät kuiva-ainesatoja. Pelkkään puna-apilaan verrattuna typpilannoituksen lisääminen lisäsi suhteessa enemmän timotein ja nurmiseosten kuiva-ainesatoja. Kaikilla nurmikasveilla toisen satovuoden kokonaiskuiva-ainesato oli numeerisesti suurempi kuin ensimmäisenä vuonna. Typen satovaste oli molempina vuosina ensimmäisessä nurmisadossa toista satoa suurempi. Selkeä trendi oli myös, että typpilannoitus vähensi apilan osuutta seoskasvustojen sadoissa. Ensimmäisenä vuonna typpisato lisääntyi typpitasoon 150 kg N/ha/v saakka ja toisena vuotena suurimpaan typpitasoon saakka. Typpitase oli negatiivinen kaikilla typpitasoilla nurmen ensimmäisen satovuoden kahta korkeinta typpitasoa lukuun ottamatta. Tällöin suurimmalla typpitasolla typpitase oli positiivinen kaikilla nurmikasveilla ja timoteilla ja puna-apilalla myös toiseksi suurimmalla typpitasolla. Puna-apilalle tyypillinen biologinen typensidonta ei ole laskennassa mukana. Molempina vuosina typen satovasteet olivat paremmat ensimmäisessä kuin toisessa niitossa. Siten typpilannoituksessa kannattaa panostaa ykkössatoon. Lisäksi typpillisesti toisen sadon typpilannoituksen pienentäminen suosii apilan kasvua. Tehdyssä koeksessa korostui apilan talvenkestävyyden merkitys. Suuret talvituhot altistivat rikkakasveille. Typen huuhtoutumisriski oli syksyllä mitattujen alhaisten maan epäorgaanisen typen pitoisuuksien perusteella vähäinen.

Asiasanat: nurmi, nurmipalkokasvi, lannoitus, typpitase

1.1. Johdanto

Typpi on yksi kasvien pääravinteista ja usein eniten sadon määrään vaikuttava yksittäinen tekijä. Siksi riittävän typensaannin varmistaminen onkin nurmenviljelyn peruslähtökohtia. Korkea satotaso on tärkeässä roolissa säilörehun tuotantokustannusten hallinnassa. Vaikka sato-tason nosto yleensä lisää viljelykustannuksia ainakin jonkin verran, niin samanaikaisesti hehtaarikohtaiset tuotantokustannukset kuitenkin alenevat suhteessa niin paljon, että se kannustaa panostamaan hyvään satoon. Lisäksi satotason noustessa nurmialan tarve pienenee, jolloin peltoalaa jää muiden viljelykasvien käyttöön.

Typpi on myös merkittävä ympäristöä kuormittava ravinne, sillä teollisesti tuotettujen typpilannoitteiden valmistus kuluttaa paljon energiaa ja aiheuttaa päästöjä. Käyttämättä jäänyt lannoitetyppi voi myös huuhtoutua syksyn ja talven aikana. Vaikka lannoitteet ovat monesti hyvän satotason edellytys, ne ovat myös merkittävä viljelyn kustannuserä. Siksi on tärkeää pyrkiä optimoimaan typen käyttöä, ja vähintäänkin yhtä tärkeää on etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja teollisten typpilannoitteiden käytölle. Yksi ratkaisu on palkokasvit, jotka kykenevät biologisesti sitomaan ilmakehän tyypeä omiin tarpeisiinsa.

Palkokasveihin perustuva nurmiviljely liitetään usein luomutuotantoon, jossa erityisesti palkokasvien biologisen typensidonnan ja maan kasvukuntoa parantavien ominaisuuksien merkitys korostuu. Monissa yhteyksissä on kuitenkin todettu, että nurmipalkokasvien käyttö on suositeltavaa myös tavanomaisessa tuotannossa.

Nurmipalkokasveja voidaan viljellä sekä puhdaskasvustoina että seoksina heinäkasvien kanssa. Perinteisesti rehuntuotannossa on suosittu nurmipalkokasvien ja heinäkasvien seosviljelyä. Kiinnostus puhdaskasvustojen viljelyä kohtaan on kuitenkin lisääntynyt viime aikoina. Molemmissa viljelytavoissa on etunsa ja haasteensa. Seosviljelyä on perusteltu erityisesti parantuneella viljelyvarmuudella, tautiriskien vähenemisellä ja typen hyväksikäytön tehostumisella puhtaiden nurmipalkokasvien viljelyyn verrattuna. Puhdaskasvuston etuna puolestaan on, että lannoitus, korjuu ja säilöntä sekä rehukäyttö erityisesti seosrehuruokinnassa voidaan tehdä palkokasvien erityisominaisuudet huomioiden. Seoskasvustoissa näiden osalta joudutaan tekemään monia kompromisseja. Lisäksi alueilla, missä on runsaasti eloperäisiä maita, kuten Pohjois-Pohjanmaalla, ravinteiden käyttö tilamittakaavassa saattaisi olla optimaalisempaa, jos nurmipalkokasveja viljeltäisiin puhtaina kasvustoina kivennäismailla ja eloperäiset maat käytettäisiin nurmiheinäkasvien viljelyyn. Nurmipalkokasvien puhdasviljelyn yksi merkittävä haaste kuitenkin on talvenkestävyys, mikä saattaa vaihdella huomattavasti eri lajikkeiden ja vuosien välillä. Seoskasvustoissa talvituhojen riski on pienempi, kun sadontuotto ei ole yhden rehuksien varassa.

Seosviljelyä hankaloittaa heinäkasvien erilainen kasvurytmi nurmipalkokasveihin verrattuna. Esimerkiksi timoteille on tyypillistä voimakas kasvu alkukesällä, koska sen kasvurytmiä ohjaillee ensisijaisesti päivän pituus. Nopeassa kasvuvaiheessa timotein hehtaarikohtainen kuiva-ainesadon lisäys saattaa olla jopa 240 kiloa vuorokaudessa (Virkajärvi 2004). Kasvukauden edetessä ja päivänpituuden lyhetessä timotein kasvu kuitenkin hiipuu ollen syyskesällä vain muutamia kymmeniä kuiva-ainekiloja vuorokaudessa. Nurmipalkokasveista esimerkiksi apilat käyttäytyvät kasvurytminsä osalta nurmiheinäkasveihin verrattuna päinvastoin, sillä niiden kasvu painottuu ensisijaisesti keski- ja syyskesälle. Tämä luontainen kasvurytmien vaihtelu aiheuttaa seoskasvustoissa kasvilajeiltaan erilaisia nurmikasvustoja eri korjuukertojen satoihin, mikä vaikuttaa mm. sadon koostumukseen ja laadullisiin ominaisuuksiin.

Nurmipalkokasvien viljelyn yksi merkittävä hyöty liittyy niiden juurinystyräbakteerien kykyyn sitoa ilmakehän typpeä, minkä seurauksena ne ovat typpiomavaraisia. Lisäksi ne jättävät typpeä maaperään seuraavan vuoden kasville. Biologisen typensidonnan merkitys on korostunut erityisesti viimeisten vuosien aikana, kun typpilannoitteiden saatavuudessa on ajoittain ollut vaikeuksia ja niiden hintavaihtelut ovat lisääntyneet. Biologisesti ilmakehän typpeä sitovien palkokasvien, kuten apilan, käytöllä on mahdollista vähentää kemiallisesti tuotetun lannoitetyypin käyttöä nurmentuotannossa.

Palkokasvipitoisten nurmien lannoitukseen liittyy kuitenkin runsaasti epätietoisuutta. Apilanurmien typpilannoitukseen ei ole olemassa yhtä yleispätevää ohjetta, sillä typen määrää tulisi säädellä ensisijaisesti kasvuston apilapitoisuuden perusteella (Mustonen ym. 2022). Seoskasvustoissa ensimmäinen sato lannoitetaan yleensä nurmiheinien tarpeen mukaan ja myöhemmät sadot apilan osuus huomioituna. Biologisen typensidontakykyä vuoksi apila ei kaipaa runsasta typpilannoitusta. Liiallinen typpilannoitus heikentää apilan omaa typensidontaa ja lisää seoksessa olevien heinien kilpailukykyä. Typpilannoitusta ei kuitenkaan kannata jättää kokonaan pois, varsinkin jos apilan määrä seoksessa on vähentynyt, sillä lannoituksella voidaan tukea seoksessa olevien heinien kasvua ja siten varmistaa satoa. Jos apilan osuus kasvustossa on yli 60 %, silloin typpilannoituksen voi jättää pois (Mustonen ym. 2022).

Tässä tutkimuksessa selvitettiin puhtaiden apila- ja timoteikasvustojen sekä apila-heinäkasvi-seoskasvustojen satotasoja ja typen hyväksikäyttöä kivennäismaalla eri lannoitustasoilla. Lisäksi selvitettiin typen huuhtoutumisriskiä syksyllä otettujen maan epäorgaanisen typen näytteiden avulla.

1.2. Aineisto ja menetelmät

1.2.1. Koekäsittelyt

Puna-apilan (*Trifolium pratense*) viljelyä puhdaskasvustona sekä seoksissa timotein (*Phleum pratense*) ja nurminadan (*Festuca pratensis*) kanssa eri lannoitustasoilla tutkittiin kolmivuotisessa kenttäkokeessa. Ensimmäisenä vuonna nurmikasvustot perustettiin suojaviljaan ja seuraavat kaksi vuotta olivat varsinaisia nurmikasvustojen koevuosia. Koekäsittelyinä olivat eri kasvilajit ja niiden seokset sekä eri typpilannoitustasot.

Kasvilajit:

- Timotei
- Puna-apila
- Timotein ja puna-apilan seos
- Timotein, nurminadan ja puna-apilan seos

Typpilannoitustasoja oli viisi: 0, 50, 100, 150 ja 200 kiloa typpeä hehtaarille molempina nurmen satovuosina. Kokonaistyppimäärät jaettiin kahteen lannoituskertaan molempina kasvukausina. Puolet typpeä annettiin ensimmäiselle nurmisadolle ja puolet toiselle.

1.2.2. Kokeen toteutus

Koepaikkana oli Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen tutkimusasema, joka sijaitsee Revonlahden kylässä Ruukissa (N 64°68' E 25°09'). Koe perustettiin vuonna 2021 ja vuodet 2022 ja 2023 olivat nurmen satovuosia. Koelohkon maalajina oli karkea hietamaa, jonka multavuusluokka oli erittäin runsasmultainen ja pH oli 6,3. Taulukossa 1 on koelohkon keskeiset viljavuusarvot perustuen vuonna 2021 lohkolta otetun kokoomamaanäytteen analyysituloksiin.

Taulukko 1. Koelohkon maalaji ja keskeiset viljavuusarvot vuonna 2021 lohkolta otetun kokoomamaanäytteen perusteella.

Maalaji	Multavuus	pH	Kalsium, mg/l	Fosfori, mg/l	Kalium, mg/l	Magnesium, mg/l	Rikki, mg/l
KHt	erm	6,3	2 200	8,1	200	210	20

Koe toteutettiin ruutumittakaavan kokeena ja neljänä toistona eli kerranteena. Kunkin koeruudun pinta-ala oli 12 m². Koe perustettiin kynnettyyn ja rullaäkeellä muokattuun peltoon 16.6.2021. Koeruudut kylvettiin koeruutukylvökoneella, jonka työleveys oli 1,5 m ja jyrättiin kylvön yhteydessä. Kokeet lannoitettiin mineraalilannoitteilla kylvön yhteydessä. Lannoitteena käytettiin 407 kg/ha NPK-lannoitetta (YaraMila Y 6, 15–6,5–12,5). Perustamisvuoden typpilannoitustaso oli 61 kg N/ha. Sillä haluttiin välttää perustetun kasvuston lakoontumista, mutta kuitenkin turvata riittävä typen saanti.

Nurmikasvustot perustettiin suojaviljaan. Suojaviljana oli Armas-ohra, jonka kylvösiemenmääränä oli 150 kg/ha (350 kpl/m²). Sato korjattiin kokoviljana taikinatulementumisasteella 9.9.2021. Puhtaita nurmikasvustoja oli kaksi, timotei ja puna-apila. Puhdaskasvustojen lisäksi oli kaksi nurmiseosta. Timotein ja puna-apilan seoksessa timotein osuus oli 80 % ja puna-apilan 20 % kylvösiemenen määrästä. Timotein, nurminadan ja puna-apilan seoksessa timotein ja nurminadan osuudet olivat 40 % ja puna-apilan 20 % kylvösiemenen määrästä. Nurmikasvien kylvömäärät on esitetty Taulukossa 2.

Taulukko 2. Nurmikasvustojen perustaminen suojaviljaan vuonna 2021.

Kasvi	Lajike	Kylvösiemen, kg/ha	Kylvösiemen, kpl/m ²	Kylvö, pvm.	Korjuu, pvm.
Suojavilja					
Ohra	Armas	150	350	16.6.2021	9.9.2021
Nurmi					
Timotei	Tryggve	25	tp ²⁾	16.6.2021	-
Puna-apila	Saija	10	tp	16.6.2021	-
Timotei, 80 % ¹⁾	Tryggve	25	tp	16.6.2021	-
Puna-apila, 20 % ¹⁾	Saija				
Timotei 40, % ¹⁾	Tryggve	25	tp	16.6.2021	-
Nurminata 40, % ¹⁾	Ilmari				
Puna-apila 20, % ¹⁾	Saija				

¹⁾ Osuus kylvösiemenen määrästä.

²⁾ Tieto puuttuu.

Kokovilja- ja nurmikasvustot korjattiin punnitsevilla Haldrup-nurmenkorjuukoneella. Nurmen satovuosina nurmikasvustot lannoitettiin ja sato korjattiin kaksi kertaa vuodessa (Taulukko 3).

Taulukko 3. Nurmikasvustojen lannoitus- ja niittoajankohdat nurmen satovuosina 2022 ja 2023.

Vuosi	Lannoitus		Niitto	
	1. lannoitus	2. lannoitus	1. niitto	2. niitto
2022	23.5.	24.6. ^{1), 2)}	20.6.	1.8.
2023	26.5.	27.6. ¹⁾ ja 28.6. ²⁾	26.6.	1.8.

¹⁾ Suomensalpietari.

²⁾ Kaliumsuola ja superfosfaatti.

Koeasetelman mukainen nurmien lannoituksen kokonaistyyppimäärä jaettiin puoliksi kahdelle eri lannoituskerralle. Lannoitteena käytettiin yksiravinteisia lannoitteita (suomensalpietari, fosforiravinne ja kaliumsuola), joilla yksittäisten ravinteiden määrät saatiin säädettyä Taulukon 4 mukaisiksi. Fosforin ja kaliumin määrä haluttiin pitää samana kaikilla koejäsenillä. Mikäli kokeessa olisi käytetty NPK-lannoitteita, olisivat myös fosforin ja kaliumin käyttömäärät kasvaneet tyyppi määrää lisättäessä. Lannoitettaessa fosforiravinne ja kaliumsuola levitettiin ensin koeruutujen pinnalle ja salpietari annettiin lannoitevantaiden kautta.

Taulukko 4. Nurmen satovuosien typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitus jaettuna kahdelle lannoituskerralla ja kahdelle nurmisadolle.

Koejäsen	Typpilannoitus, kg N/ha/sato		Fosforilannoitus, kg P/ha/sato		Kaliumlannoitus, kg K/ha/sato	
	Sato 1	Sato 2	Sato 1	Sato 2	Sato 1	Sato 2
N 0 kg/ha/v	0	0	5	5	50	80
N 50 kg/ha/v	25	25	5	5	50	80
N 100 kg/ha/v	50	50	5	5	50	80
N 150 kg/ha/v	75	75	5	5	50	80
N 200 kg/ha/v	100	100	5	5	50	80

Perustettujen nurmikasvustojen onnistumista arvioitiin määrittämällä perustamisvuoden syksyllä nurmen syystiheys ja nurmen ensimmäisenä satovuotena kevättiheys. Nurmen tiheys määritettiin virallisten lajikekoeohjeiden mukaisesti. Syystiheys (%) ilmoittaa peittävyuden kasvun päätyttyä ja kevättiheys (%) ilmoittaa peittävyuden kasvun selvästi alettua (Laine ym. 2017). Asteikkona käytettiin 0–100, jossa 100 kuvaa täystiheää ja 0 täysin tuhoutunutta kasvustoa.

Rikkakasvien torjuntaa erityisesti savikkaa vastaan tehtiin kerran kokeen perustamisvuonna. Kasvinsuojeluaineena käytettiin Basagrana. Kasvunsäädettä ei käytetty. Nurmen satovuosina kasvinsuojelutoimenpiteitä ei tehty.

Joka koeruudulta otettiin maanäytteet ennen kokeen perustamista kesäkuussa 2021 sekä joka syksy vuosina 2021–2023. Näytteet otettiin perusmuokkauskerroksesta (syvyys 0–20 cm).

1.2.3. Sadosta tehdyt analyysit

Jokaisen koeruudun sato punnittiin korjuun yhteydessä. Kaikista vilja- ja nurmikasvustoista otettiin korjuun yhteydessä näytteet kuiva-ainesadon määrittämistä varten. Lisäksi nurmisadoista määritettiin kasvuston lajikoostumus.

Kuiva-aineen (ka) määrittäminen tehtiin kuivaamalla näytteet kahden vuorokauden ajan 60 °C lämmössä. Kuiva-ainepitoisuuden perusteella laskettiin kunkin koeruudun hehtaarikohtainen kuiva-ainesato.

Nurmikasvustojen näytteistä määritettiin tuhka, raakavalkuainen, kuitu (NDF), sulamaton kuitu (iNDF), sokerit ja sulavuus (D-arvo) Valion NIR-laitteella (FOSS NIRSystems 6500 spectrometer, Tanska). Laite oli kalibroitu nurmirehuja varten. Lisäksi nurmille laskettiin energia- ja valkuaisarvot.

Nurmisadon typpipitoisuus laskettiin jakamalla raakavalkuaispitoisuus luvulla 6,25. Typpipitoisuuden ja kuiva-ainesadon perusteella laskettiin hehtaarikohtainen typpisato. Typpitase laskettiin typpilannoituksen ja sadon mukana poistuneen typen erotuksena.

Osasta nurmikasvustoja tehtiin botanisoinnit eli määritettiin lajijakaumat. Vuonna 2022 botanisointi tehtiin ainoastaan molemmista nurmiseoksista, vuonna 2023 kaikista eri nurmikasvustoista. Botanisointia varten näytteet kerättiin kahdesta kerranteesta molempien niittojen yhteydessä. Näytteistä eroteltiin nurmikasvit ja rikkakasvit. Niiden osuudet kasvuston kuiva-aineessa laskettiin painoon perustuen. Kuiva-aineen määrittämistä varten näytteitä kuivattiin uunissa 100 °C lämpötilassa yhden vuorokauden ajan.

1.2.4. Maanäytteiden analyysit

Viljavuusanalyysin mukaiset pH ja johtoluku vesiutolla ja liukoiset ravinteet ammoniumasetaattiutolla teetettiin Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n laboratoriossa kesän 2021 aloitusnäytteistä ja syksyn 2023 päätösäytteistä. Maan orgaaninen aines määritettiin hehkutuskevennyksenä (550 °C) Luke Jokioisten laboratoriossa kesän 2021 ja syksyn 2023 maanäytteistä. Maan epäorgaaninen typpi (NH₄-N ja NO₃-N) uutettiin kaikista maanäytteistä 2 M KCl-liuoksella, ja uutossa käytettiin 100 g maata ja 250 ml liuosta. Tämän jälkeen epäorgaanisen typen pitoisuudet mitattiin Skalar San++ -autoanalysaattorilla. Syksyn 2023 maanäytteistä määritettiin myös 2 M KCl-liuoksen uuttama orgaaninen typpi. Uuttoliuoksen orgaaninen aines hajotettiin autoklaavissa ja vapautunut epäorgaaninen typpi määritettiin Skalar San++ -autoanalysaattorilla.

1.2.5. Tilastollinen analyysi

Koe toteutettiin osaruutukokeena (split-plot), jossa typpilannoitus oli pääruututekijä ja nurmikasvi osaruututekijä (4 kerrannetta/kasvilaji eri lannoitustasoilla). Koeruuduilta mitatut kasvustojen ominaisuusmuuttujat (kuiva-ainesato, sadon koostumus, typpisato, typpitase) analysoitiin erikseen käyttämällä lineaarisia sekamalleja (SAS 9.4 -ohjelmisto, GLIM-MIX-proseduuri), joissa huomioitiin mittaustulosten mahdollinen riippuvuus toisistaan (saman vuoden ja kerranteen mittauksissa). Typpilannoitustasoa käytettiin myös jatkuvana selittäjänä arvioitaessa optimaalista lannoitusmäärää. Koekäsittelyiden parivertailut toteutettiin Bonferroni-testillä. Ominaisuusmuuttujien muunnosten tarvetta malleissa arvioitiin erilaisilla residuaalikuvilla tavoitteena normaalijakautuneet residuaalit, joiden vaihtelun suuruus olisi vakio.

Koekäsittelyiden tulokset ovat yksittäisten satovuosien keskimääräisiä malliennusteita. Nurmen perustamisvuonna oli vain yhden korjuukerran aineisto, kun taas nurmen molempina satovuosina vuosittainen aineisto koostui kahdesta korjuukerrasta. Tulosten yhteydessä ilmaisu "tilastollisesti merkitsevä" tai " $P < 0,05$ " voidaan tulkita siten, että koekäsittelyiden välillä oli todellista eroa eikä vain sattuman aiheuttamaa. Eron suuruuden käytännön merkitystä on kuitenkin arvioitava erikseen.

Johtoluvun, pH:n, orgaanisen aineksen ja viljavuusuuton liukoisten ravinteiden pitoisuuksia kesän 2021 ja syksyn 2023 näytteissä sekä erotusta niiden välillä verrattiin tilastollisessa analyysissä. Samoin kuin satoon liittyvien tulosten analyysissä, typpilannoitus oli pääruututekijä ja nurmikasvi osaruututekijä. Kerranne ja typpilannoitus x kerranne olivat satunnaistekijöitä. Ohjelmistona käytettiin SAS EG:n Mixed proseduuria. Epäorgaanisen typen pitoisuuksia analysoitiin yhdistämällä kaikki näytteenotokerrat, ja typpilannoitustaso oli pääruututekijä ja nurmikasvi osaruututekijä. Mittaustulosten mahdollinen riippuvuus otettiin huomioon toistuvien näytteenottojen kohdistumisessa yksittäiselle ruudulle. Epäorgaanisen typen pitoisuudet analysoitiin myös omina näytteenotokertoinaan. Syksyn 2023 näytteistä analysoitiin liukoisen orgaanisen typen pitoisuudet. Koekäsittelyiden parivertailut toteutettiin kaikissa vertailuissa Bonferroni-testillä.

1.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

1.3.1. Sääolot kasvukausina 2021–2023

Kasvukausien 2021–2023 sääaineisto perustuu Luke Siikajoen tutkimusasemalla Ruukissa sijaitsevan Ilmatieteen laitoksen automaattisen sääaseman keräämään tietoon. Taulukoissa 5–7 on kasvukausien 2021–2023 kuukausikohtaiset keskilämpötilat, tehoiset lämpösummat ja sademäärät aikavälillä toukokuu–syyskuu sekä näiden pitkäaikaiset keskiarvot. Lisäksi Kuvissa 1, 3 ja 4 on esitetty graafeina tehoisa lämpösumma ja sadesumma Ruukissa aikavälillä toukokuu–syyskuu kasvukausilla 2021–2023 sekä näiden pitkän aikavälin keskiarvot jaksolta 1991–2020. Sadesumma on laskettu alkaen toukokuun nollatilanteesta. Kuvissa 2, 5 ja 6 on esitetty päivittäiset keskilämpötilat, päivittäiset minimi- ja maksimilämpötilat sekä vuorokausikohtaiset sademäärät Ruukissa aikavälillä toukokuu–syyskuu kasvukausina 2021–2023.

Taulukko 5. Sääolot Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukaudella 2021 ja pitkäaikaiset keskiarvot jaksolta 1991–2020. Lähde: Ilmatieteen laitos.

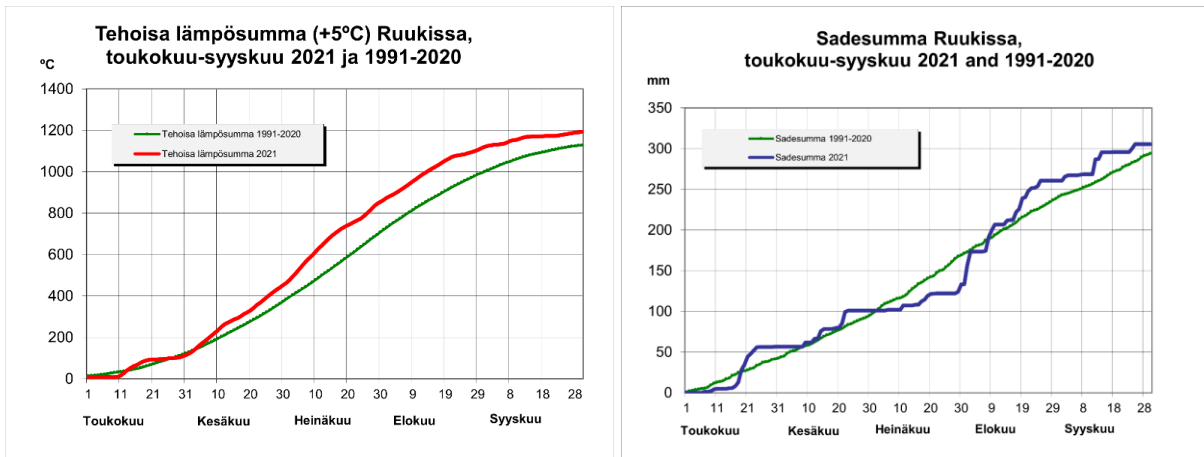
	Keskilämpötila, °C			Tehoisa lämpösumma, °C			Sademäärä, mm		
	2021	1991–2020	Poikkeama	2021	1991–2020	Poikkeama	2021	1991–2020	Suhdeluku
Toukokuu	7,7	8,0	-0,3	107	111	-5	57	42	135 %
Kesäkuu	16,3	13,3	3,0	338	250	88	45	53	84 %
Heinäkuu	18,3	16,2	2,1	413	347	66	32	77	42 %
Elokuu	13,3	14,0	-0,7	256	280	-24	127	70	182 %
Syyskuu	7,3	9,0	-1,7	73	128	-55	45	53	85 %
Summa				1 186	1116	69	306	295	104 %

Taulukko 6. Sääolot Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukaudella 2022 ja pitkäaikaiset keskiarvot jaksolta 1991–2020. Lähde: Ilmatieteen laitos.

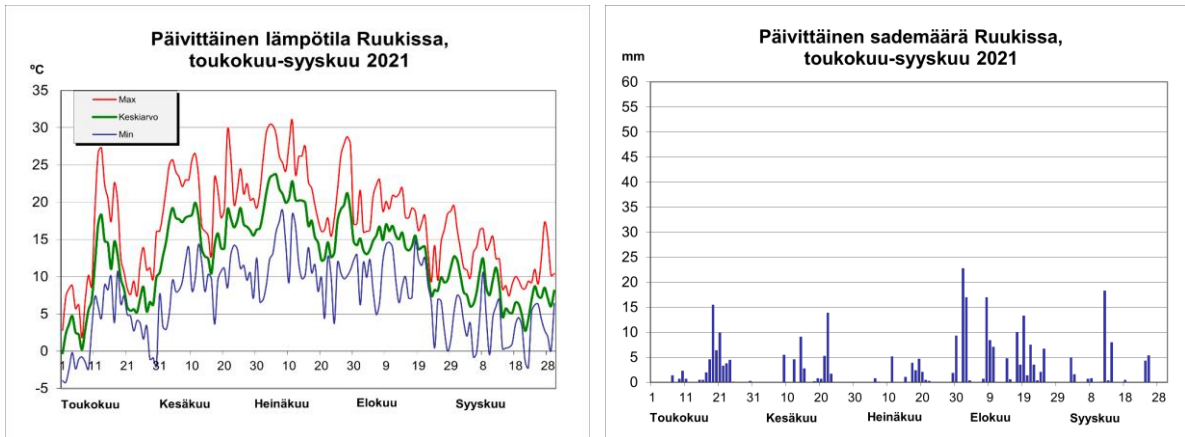
	Keskilämpötila, °C			Tehoisa lämpösusuma, °C			Sademäärä, mm		
	2022	1991–2020	Poikkeama	2022	1991–2020	Poikkeama	2022	1991–2020	Suhdeluku
Toukokuu	8,3	8,0	0,3	117	111	6	32	42	76 %
Kesäkuu	15,1	13,3	1,8	302	250	52	58	53	110 %
Heinäkuu	16,6	16,2	0,4	358	347	11	40	77	52 %
Elokuu	15,5	14,0	1,5	325	280	44	121	70	172 %
Syyskuu	8,0	9,0	-1,0	91	128	-37	27	53	50 %
Summa				1 193	1 116	71	278	295	94 %

Taulukko 7. Sääolot Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukaudella 2023 ja pitkäaikaiset keskiarvot jaksolta 1991–2020. Lähde: Ilmatieteen laitos.

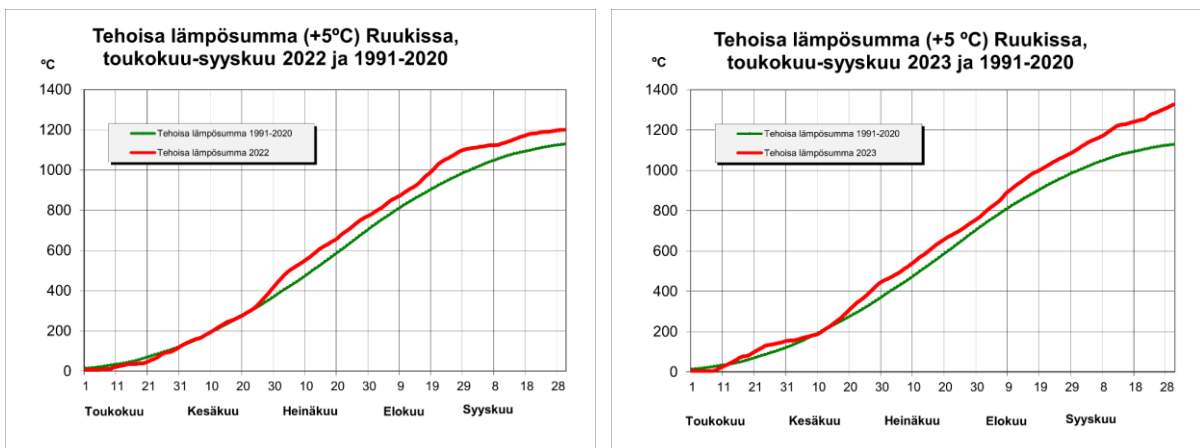
	Keskilämpötila, °C			Tehoisa lämpösusuma, °C			Sademäärä, mm		
	2023	1991–2020	Poikkeama	2023	1991–2020	Poikkeama	2023	1991–2020	Suhdeluku
Toukokuu	9,3	8,0	1,3	151	111	39,9	30	42	70 %
Kesäkuu	14,8	13,3	1,5	294	250	43,9	17	53	31 %
Heinäkuu	15,4	16,2	-0,8	322	347	-24,4	75	77	98 %
Elokuu	15,8	14,0	1,8	336	280	56,2	69	70	99 %
Syyskuu	12,3	9,0	3,3	219	128	90,3	61	53	114 %
Summa				1 322	1 116	205,9	251	295	85 %



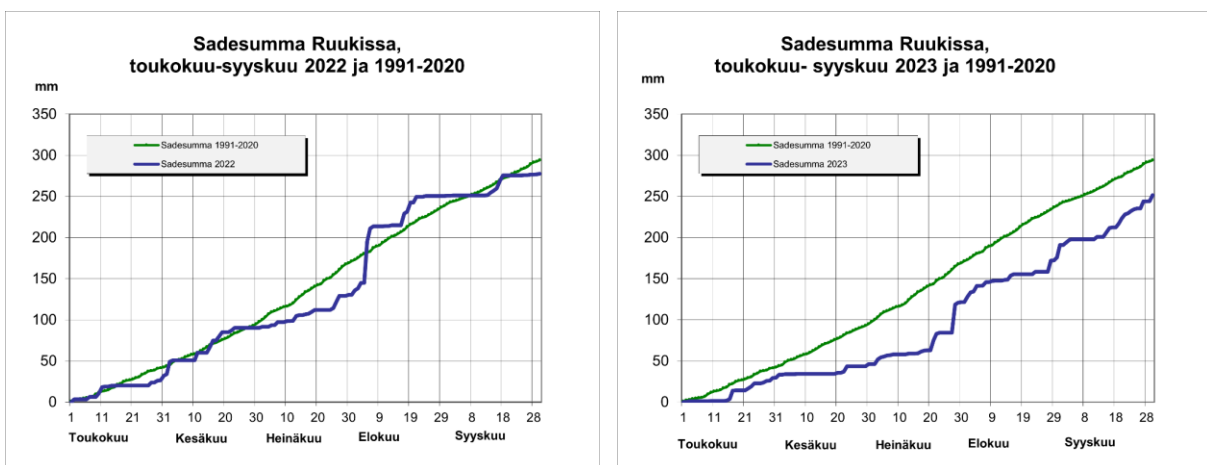
Kuva 1. Vasemmanpuoleisessa kuvassa tehoisa lämpösusuma ja oikeanpuoleisessa kuvassa sadesumma Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukaudella 2021 ja pitkäaikaiset keskiarvot jaksolta 1991–2020 aikavälillä toukokuu–syyskuu. Sadesumma on laskettu alkaen toukokuun nollatilanteesta. Lähde: Ilmatieteen-laitos.



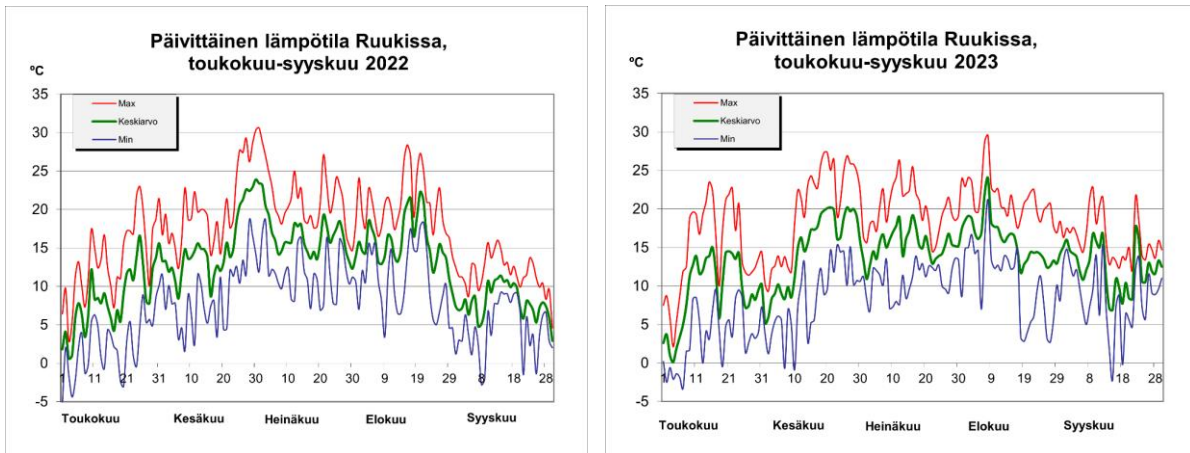
Kuva 2. Vasemmanpuoleisessa kuvassa päivittäinen lämpötila ja oikeanpuoleisessa kuvassa päivittäinen sademäärä Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukaudella 2021 aikavälillä toukokuu–syyskuu. Lähde: Ilmatieteen laitos.



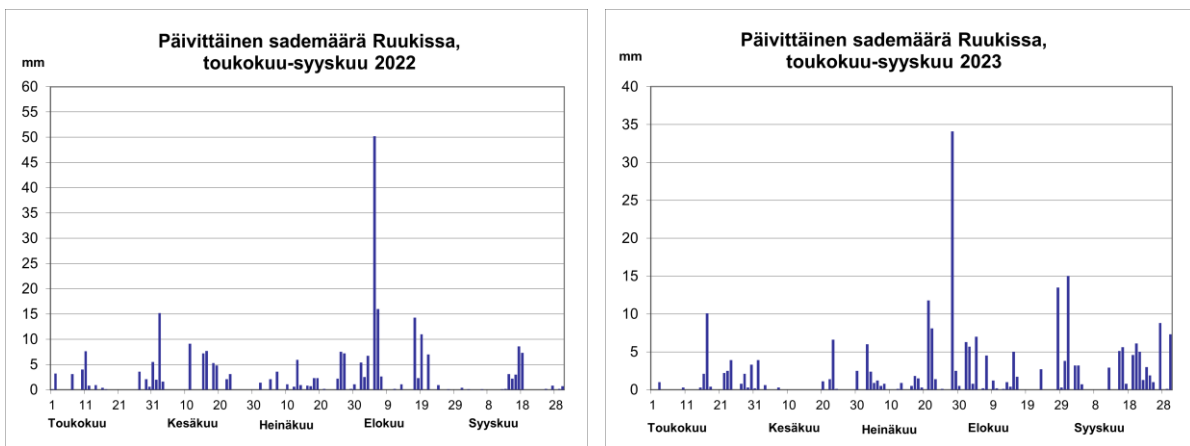
Kuva 3. Tehoisa lämpösomma Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukausina 2022 ja 2023 ja pitkäaikainen keskiarvo jaksolta 1991–2020 aikavälillä toukokuu–syyskuu. Lähde: Ilmatieteen laitos.



Kuva 4. Sadesumma Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukausina 2022 ja 2023 ja pitkäaikainen keskiarvo jaksolta 1991–2020 aikavälillä toukokuu–syyskuu alkaen toukokuun alun nolatilanteesta. Sadesummat on laskettu alkaen toukokuun nolatilanteesta. Lähde: Ilmatieteen laitos.



Kuva 5. Päivittäinen lämpötila Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukausina 2022 ja 2023 aikavälillä toukokuu–syyskuu. Lähde: Ilmatieteen laitos.



Kuva 6. Päivittäinen sademäärä Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukausina 2022 ja 2023 aikavälillä toukokuu–syyskuu. Lähde: Ilmatieteen laitos.

Tarkasteltavalla ajanjaksolla kaikki kolme kasvukautta olivat tehoisalta lämpösummaltaan jonkin verran pitkäaikaista keskiarvoa lämpimämpiä (Taulukot 5–7, Kuvat 1 ja 3). Tarkasteltaessa tehoisaa lämpösomua aikavälillä toukokuusta syyskuuhun nurmien perustamisvuonna 2021 kesä- ja heinäkuu olivat pitkäaikaiseen keskiarvoon verrattuna lämpimämpiä kuukausia ja touko-, elo- ja syyskuu viileämpiä. Nurmien ensimmäisenä satovuotena 2022 kesä- ja elokuu ja toisena satovuotena 2023 kaikki muut kuukaudet paitsi heinäkuu olivat selvästi tavanomaisia lämpimämpiä kuukausia.

Kolmen eri vuoden kasvukausien sademäärät toukokuusta syyskuuhun olivat lähellä pitkän aikavälin keskiarvoa vuosina 2021 ja 2022, mutta vuonna 2023 sademäärä oli edellisiä vuosia pienempi (Taulukot 5–7, Kuvat 1 ja 3). Kuukausikohtaisissa sademäärissä oli kuitenkin merkittäviä eroja tavanomaiseen verrattuna (Taulukot 5–7). Nurmien perustamisvuonna 2021 toukokuu oli keskimääräistä sateisempi, kesä- ja erityisesti heinäkuu tavanomaisia kuivempia ja elokuussa satoi lähes kaksinkertainen määrä tavanomaiseen verrattuna. Nurmen ensimmäisenä satovuotena 2022 toukokuussa satoi keskimääräistä vähemmän, kesäkuun sademäärä oli melko lähellä pitkän aikavälin keskiarvoa, heinäkuu oli tavanomaisia vähäsateisempi ja elokuussa satoi selvästi normaalia enemmän. Nurmen toisena satovuotena 2023 touko- ja erityisesti kesäkuussa satoi keskimääräistä vähemmän, minkä jälkeen sademäärä heinäkuusta syyskuuhun oli lähellä pitkän aikavälin keskiarvoa.

1.3.2. Suojakasvin sato ja nurmikasvustojen perustuminen

Nurmien suojakasvina ollut ohrakasvusto korjattiin kokoviljana taikinatuleentumisasteella samana päivänä kaikilta koeruuduilta. Koeruutujen satojen perusteella laskettu hehtaarikohtainen kuiva-ainesato vaihteli välillä 4,8–5,2 tn (Taulukko 8). Ainoa tilastollisesti merkitsevä ero ohrakokoviljan kuiva-ainesadossa oli puhtaiden puna-apila- ja timoteinurmien välillä. Puna-apilan ollessa ohran aluskasvina ohrakokoviljan kuiva-ainesato oli suurempi kuin timotein ollessa aluskasvina ($P < 0,05$).

Taulukko 8. Nurmen suojakasvina olleen kokoviljana korjatun ohran kuiva-ainesadot ja kuiva-ainepitoisuudet koejäsenittäin sekä nurmikasvustojen perustamisen jälkeinen syystiheys vuonna 2021 ja kevättiheys vuonna 2022.

Koejäsen	Timotei	Puna-apila	Timotei-Puna-apila	Timotei-Nurminata-Puna-apila	SEM ¹	P-arvo
Suojakasvi, Armas-ohra						
Kuiva-ainesato, kg/ha	4 762 ^b	5 199 ^a	4 857 ^{ab}	5 115 ^{ab}	241,8	0,012
Kuiva-aine, g/kg	318 ^a	292 ^b	300 ^{ab}	284 ^b	9,2	<0,001
Nurmikasvi						
Syystiheys v. 2021, %	95	95	99	99	-	-
Kevättiheys v. 2022, %	98	48	98	96	-	-

¹ Keskiarvon keskivirhe.

Taulukossa 8 on esitetty nurmikasvustojen perustamisen jälkeiset syys- ja kevättiheydet. Kaikki nurmet perustuivat hyvin ja niiden perustamisvuoden syystiheydet olivat seoskasvustoissa 99 % ja puhtaissa kasvustoissa 95 %. Puhdas puna-apila kärsi kuitenkin merkittäviä talvituhoja ja sen kevättiheys ensimmäisenä satovuotena oli vain 48 %. Muissa nurmikasvustoissa talvituhot olivat vähäisiä ja niissä ensimmäisen satovuoden kevättiheys vaihteli välillä 96–98 %. Kuvissa 7–8 on koeruutujen toisen satovuoden nurmikasvustoja toukokuun lopussa (Kuva 7) ja kesäkuun lopussa (Kuva 8).



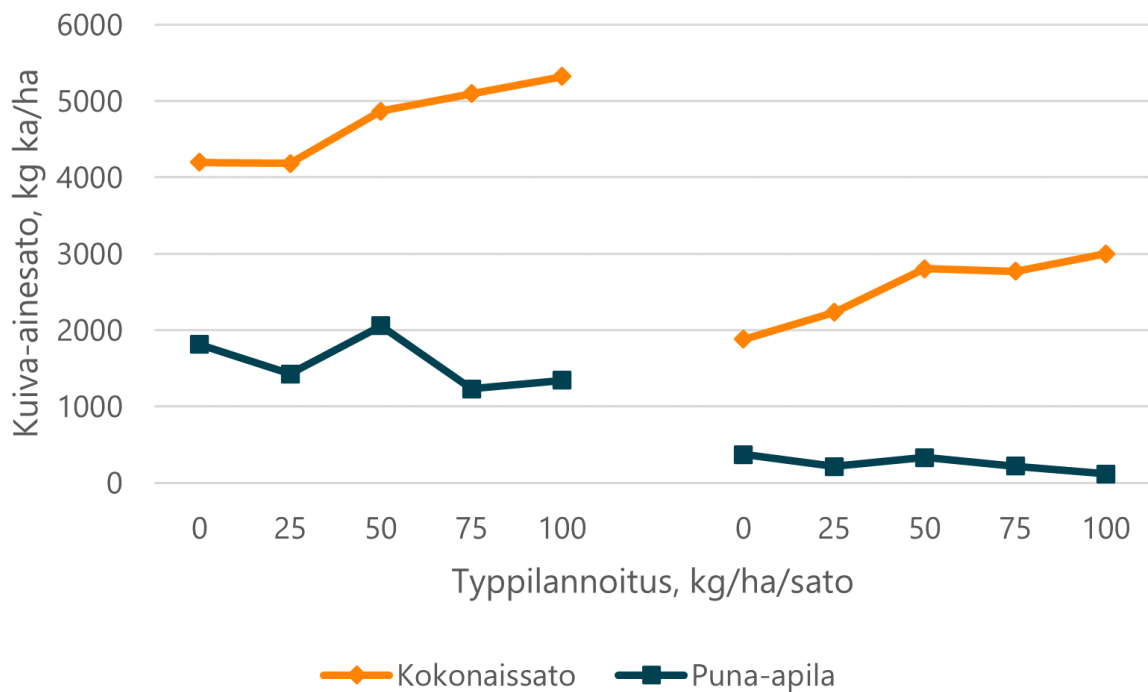
Kuva 7. Koeruutuja nurmen toisena satovuotena toukokuun lopulla 2023. Kuva: Luke/Maria Honkakoski



Kuva 8. Koeruutuja nurmen toisena satovuotena kesäkuun lopulla 2023. Kuva: Luke/Maria Honkakoski

1.3.3. Nurmikasvustojen kuiva-ainesadot

Nurmikasvustojen ensimmäisen ja toisen satovuoden kuiva-ainesadot kokonaissatoina ja niittokerroittain on koottu Taulukoihin 9–14. Taulukoissa tulokset on esitetty typpilannoitus- ja nurmikasvikohtaisina keskiarvoina. Puna-apilan kohdalla tuloksia väärästi sen huono selviytyminen talvesta, minkä seurauksena erityisesti puhtaassa puna-apilakasvustossa puna-apilan osuus sadosta oli vaatimaton ja rikkakasvien osuus huomattava. Tämä näkyi silmämääräisinä havaintoina jo nurmen ensimmäisenä satovuotena ja konkretisoitui toisena vuonna, kun kaikkien neljän nurmikasvin kasvustoista tehtiin botanisoinnit. Kuvassa 9 on esitetty puna-apilan määrä puhtaassa puna-apilakasvustossa niittokerroittain ja lannoitustasoittain nurmen toisen satovuotena. Tulokset on laskettu toisen satovuoden botanisointien perusteella. Koska puna-apilan määrä puhdaskasvustossa jäi hyvin vaatimattomaksi eikä se edustanut koesuunnitelmassa tavoiteltua kasvustoa, on puna-apilan tulokset vain hyvin suuntaa antavia.



Kuva 9. Puna-apilan määrä puhtaassa puna-apilakasvustossa botanisointitulosten perusteella laskettuna vuonna 2023. Vasemmalla ensimmäisen ja oikealla toisen niiton tulokset typpilannoitustasoittain.

Taulukko 9. Nurmen kokonaiskuiva-ainesato ja sadon keskimääräinen koostumus vuonna 2022.

	Typpilannoitustaso, kg N/ha/vuosi						Nurmikasvi					P-arvot ⁶⁾		
	0	50	100	150	200	SEM ¹⁾	Ti ²⁾	Pa ³⁾	Ti+Pa ⁴⁾	Ti+Nn+Pa ⁵⁾	SEM	Lannoitus	Kasvilaji	Yhdysvaikutus
Kuiva-ainesato, kg ka/ha	4 547 ^d	5 777 ^c	6 994 ^b	7 617 ^a	7 819 ^a	106,1	6 318 ^b	5 588 ^c	7 263 ^a	7 035 ^a	94,9	<0,001	<0,001	0,002
Kuiva-aine (ka), g/kg	193 ^a	183 ^{ab}	171 ^{bc}	159 ^{cd}	152 ^d	4	185 ^a	165 ^b	168 ^b	167 ^b	3,6	<0,001	<0,001	0,007
Raakavalkuainen, kg ka/ha	126 ^{ab}	121 ^b	122 ^{ab}	128 ^{ab}	134 ^a	3,3	118 ^b	141 ^a	123 ^b	123 ^b	3,1	0,029	<0,001	0,999
NDF, g/kg ka	534 ^b	552 ^{ab}	567 ^a	562 ^a	566 ^a	6,1	568 ^a	532 ^b	564 ^a	561 ^a	5,5	<0,001	<0,001	0,964
iNDF, g/kg ka	76 ^b	79 ^{ab}	85 ^{ab}	85 ^{ab}	88 ^a	2,6	80	85	84	81	2,3	0,01	0,295	0,170
D-arvo, g/kg ka	660 ^a	655 ^{ab}	647 ^{ab}	649 ^{ab}	645 ^b	3,4	654	651	648	652	3	0,013	0,614	0,442
Sokerit, g/kg ka	133 ^a	120 ^{ab}	106 ^{cb}	103 ^{cb}	99 ^c	4,8	116	107	110	115	4,3	<0,001	0,378	0,408
Tuhka, g/kg ka	78,3	78,6	79,6	80,9	81	1,76	76 ^b	83,4 ^a	78,7 ^{ab}	80,7 ^{ab}	1,57	0,722	0,01	1,000
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,6 ^a	10,5 ^{ab}	10,4 ^{ab}	10,4 ^{ab}	10,3 ^b	0,05	10,5	10,4	10,4	10,4	0,05	0,012	0,542	0,455
OIV, g/kg ka	78	77	76	77	77	0,4	76 ^b	78 ^a	76 ^b	77 ^b	0,4	0,081	<0,001	0,881
PVT, g/kg ka	9 ^{ab}	6 ^b	8 ^{ab}	13 ^{ab}	18 ^a	3,1	4 ^b	24 ^a	9 ^b	8 ^b	2,8	0,02	<0,001	0,995
Kalsium, g/kg ka	5,3	5,1	5,1	5,2	5,1	0,26	4,6 ^b	5,8 ^a	5,1 ^{ab}	5,1 ^{ab}	0,23	0,927	<0,001	0,989
Fosfori, g/kg ka	2,9	2,9	3,1	3,1	3,1	0,15	3	3,1	3	3	0,13	0,695	0,743	1,000
Kalium, g/kg ka	25,8 ^c	26,4 ^{cb}	27,8 ^{ab}	28,3 ^a	28,8 ^a	0,35	27	27,7	27,5	27,5	0,31	<0,001	0,419	0,986
Magnesium, g/kg ka	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	0,11	2,1	2,2	2,1	2,1	0,1	0,917	0,923	1,000
Mangaani, mg/kg ka	27,2	28	25,8	26,9	27,5	1,28	27,9	25,7	27,5	27,2	1,22	0,498	0,218	0,751
Rauta, mg/kg ka	72,2	74,1	72	70,2	70,8	3,64	72,7	67,2	75,9	71,7	3,28	0,95	0,278	0,999
Kupari, mg/kg ka	6,7 ^b	6,8 ^b	7,5 ^{ab}	7,4 ^{ab}	9,4 ^a	0,61	7,8	8,5	7,3	6,6	0,56	0,01	0,081	0,668
Sinkki, mg/kg ka	19,4	19,9	24,5	21,9	22,2	1,58	21,1	23,8	22,1	19,5	1,45	0,088	0,108	0,939
K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	0,07	1,8 ^a	1,5 ^b	1,8 ^{ab}	1,7 ^{ab}	0,06	0,357	0,007	1,000
Typpipitoisuus, g/kg ka	20 ^{ab}	19 ^b	20 ^{ab}	21 ^{ab}	21 ^a	0,5	19 ^b	23 ^a	20 ^b	20 ^b	0,5	0,029	<0,001	0,999
Typpisato, kg N/ha	91 ^d	110 ^c	135 ^b	154 ^a	165 ^a	3,6	118 ^b	125 ^b	143 ^a	139 ^a	3,4	<0,001	<0,001	0,062
Typpitase, kg N/ha	-91 ^e	-60 ^d	-35 ^c	-4 ^b	35 ^a	3,6	-18 ^a	-25 ^a	-43 ^b	-39 ^b	3,4	<0,001	<0,001	0,062

¹⁾ Keskiarvon keskivirhe. ²⁾ Timotei ³⁾ Puna-apila. ⁴⁾ Timotei+Puna-apila. ⁵⁾ Timotei+Nurminata+Puna-apila. ⁶⁾ Käsitellykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

Taulukko 10. Nurmen ensimmäisen niiton kuiva-ainesato ja sadon keskimääräinen koostumus vuonna 2022.

	Typpilannoitustaso, kg N/ha/sato						Nurmikasvi					P-arvot ⁶⁾		
	0	25	50	75	100	SEM ¹⁾	Ti ²⁾	Pa ³⁾	Ti+Pa ⁴⁾	Ti+Nn+Pa ⁵⁾	SEM	Lannoitus	Kasvilaji	Yhdysvaikutus
Kuiva-ainesato, kg ka/ha	1 990 ^d	2 901 ^c	3 508 ^b	3 926 ^a	3 991 ^a	86,8	3 588 ^a	2 145 ^b	3 693 ^a	3 627 ^a	80,3	<0,001	<0,001	0,048
Kuiva-aine (ka), g/kg	215 ^a	196 ^b	183 ^c	174 ^{cd}	166 ^d	3,9	196 ^a	177 ^c	188 ^b	186 ^b	3,5	<0,001	<0,001	<0,001
Raakavalkuainen, kg ka/ha	114 ^b	111 ^b	111 ^b	124 ^a	132 ^a	2,5	104 ^c	146 ^a	110 ^b	113 ^b	2,2	<0,001	<0,001	0,134
NDF, g/kg ka	543 ^c	568 ^b	588 ^a	579 ^{ab}	587 ^a	4,1	598 ^a	527 ^c	587 ^{ab}	580 ^b	3,6	<0,001	<0,001	0,169
iNDF, g/kg ka	68 ^c	73 ^{bc}	80 ^{ab}	79 ^{ab}	83 ^a	2,1	78	74	80	75	1,9	<0,001	0,057	0,318
D-arvo, g/kg ka	674 ^a	664 ^{ab}	654 ^{bc}	657 ^{bc}	651 ^c	2,9	658 ^{ab}	666 ^a	655 ^b	662 ^{ab}	2,6	<0,001	0,020	0,454
Sokerit, g/kg ka	160 ^a	140 ^b	118 ^c	109 ^{cd}	102 ^d	4,7	129	122	124	128	4,2	<0,001	0,093	<0,001
Tuhka, g/kg ka	68,6 ^b	69,9 ^b	71,5 ^{ab}	74 ^a	74,4 ^a	1,07	66,5 ^c	78,5 ^a	70 ^b	71,9 ^b	1,02	<0,001	<0,001	0,135
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,8 ^a	10,6 ^{ab}	10,5 ^{bc}	10,5 ^{bc}	10,4 ^c	0,05	10,5 ^{ab}	10,6 ^a	10,5 ^b	10,6 ^{ab}	0,04	<0,001	0,041	0,419
OIV, g/kg ka	78 ^a	76 ^{ab}	76 ^b	77 ^{ab}	77 ^{ab}	0,5	75 ^b	80 ^a	75 ^b	77 ^b	0,4	0,021	<0,001	0,665
PVT, g/kg ka	-3 ^b	-4 ^b	-3 ^b	8 ^a	16 ^a	2,1	-9 ^c	26 ^a	-3 ^b	-2 ^b	1,8	<0,001	<0,001	0,059
Kalsium, g/kg ka	4,3	4,5	4,3	4,5	4,4	0,17	3,6 ^c	5,4 ^a	4,2 ^b	4,4 ^b	0,15	0,596	<0,001	0,128
Fosfori, g/kg ka	2 ^c	2,2 ^{bc}	2,3 ^{abc}	2,4 ^{ab}	2,5 ^a	0,11	2,2 ^b	2,5 ^a	2,2 ^b	2,2 ^b	0,1	0,001	<0,001	0,108
Kalium, g/kg ka	23,8 ^d	25,6 ^c	27,6 ^b	28,6 ^{ab}	29,8 ^a	0,37	26,5 ^b	27,4 ^a	27,3 ^{ab}	27,2 ^{ab}	0,28	<0,001	0,036	0,241
Magnesium, g/kg ka	1,4 ^b	1,5 ^{ab}	1,6 ^a	1,6 ^a	1,6 ^a	0,03	1,5 ^b	1,6 ^a	1,5 ^b	1,6 ^{ab}	0,03	0,001	0,002	0,019
Mangaani, mg/kg ka	29,3	28,1	28,6	28,1	28,4	1,11	29,5 ^a	27 ^b	29,6 ^a	28 ^{ab}	1,07	0,665	0,006	0,241
Rauta, mg/kg ka	56,8	59,9	55,9	53,8	52	2,45	56,8 ^a	49 ^b	58,9 ^a	58 ^a	2,26	0,100	0,002	0,825
Kupari, mg/kg ka	5,4 ^b	5,6 ^b	6,1 ^{ab}	6,4 ^{ab}	7,7 ^a	0,42	6 ^b	7,6 ^a	5,8 ^b	5,6 ^b	0,38	0,003	0,002	0,239
Sinkki, mg/kg ka	15,9 ^b	16,5 ^b	17,8 ^{ab}	19,4 ^a	19,7 ^a	0,95	17,1 ^b	19,2 ^a	18,1 ^{ab}	17,1 ^b	0,92	0,001	0,015	0,851
K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1,9 ^c	1,9 ^{bc}	2,1 ^{ab}	2,1 ^{ab}	2,2 ^a	0,05	2,2 ^a	1,7 ^c	2,1 ^b	2 ^b	0,04	<0,001	<0,001	0,230
Typpipitoisuus, g/kg ka	18 ^b	18 ^b	18 ^b	20 ^a	21 ^a	0,4	17 ^c	23 ^a	18 ^b	18 ^b	0,3	<0,001	<0,001	0,134
Typpisato, kg N/ha	35 ^e	50 ^d	61 ^c	76 ^b	83 ^a	2,2	61 ^b	50 ^c	65 ^{ab}	66 ^a	2,1	<0,001	<0,001	0,250
Typpitase, kg N/ha	-35 ^e	-25 ^d	-11 ^c	-1 ^b	17 ^a	2,2	-11 ^b	0 ^a	-15 ^{bc}	-16 ^c	2,1	<0,001	<0,001	0,250

¹⁾ Keskiarvon keskivirhe. ²⁾ Timotei ³⁾ Puna-apila. ⁴⁾ Timotei+Puna-apila. ⁵⁾ Timotei+Nurminata+Puna-apila. ⁶⁾ Käsitellykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

Taulukko 11. Nurmen toisen niiton kuiva-ainesato ja sadon keskimääräinen koostumus vuonna 2022.

	Typpilannoitus, kg N/ha/sato						Nurmikasvi					P-arvot ⁶⁾		
	0	25	50	75	100	SEM ¹⁾	Ti ²⁾	Pa ³⁾	Ti+Pa ⁴⁾	Ti+Nn+Pa ⁵⁾	SEM	Lannoitus	Kasvilaji	Yhdysvaikutus
Kuiva-ainesato, kg ka/ha	2 557 ^d	2 875 ^c	3 486 ^b	3 692 ^{ab}	382 ^{8a}	79,5	2 730 ^b	3 442 ^a	3 570 ^a	3 408 ^a	73,6	<0,001	<0,001	<0,001
Kuiva-aine (ka), g/kg	170 ^a	170 ^a	158 ^b	144 ^c	139 ^c	2,9	174 ^a	154 ^b	147 ^b	149 ^b	2,8	<0,001	<0,001	<0,001
Raakavalkuainen, kg ka/ha	138	132	134	132	135	4,1	132	136	135	133	3,7	0,808	0,742	0,706
NDF, g/kg ka	525	537	546	544	544	8,8	537	538	540	541	7	0,434	0,962	0,762
iNDF, g/kg ka	84	85	89	91	92	4	82 ^b	97 ^a	88 ^{ab}	87 ^{ab}	3,6	0,480	0,043	0,184
D-arvo, g/kg ka	646	646	641	640	638	4,9	649	635	642	642	4,4	0,762	0,186	0,369
Sokerit, g/kg ka	105	101	94	96	95	8,6	103	92	97	101	8,3	0,547	0,361	0,295
Tuhka, g/kg ka	87,9	87,3	87,8	87,9	87,5	1,76	85,6	88,3	87,4	89,5	1,65	0,997	0,146	0,980
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,3	10,3	10,3	10,2	10,2	0,08	10,4	10,2	10,3	10,3	0,07	0,766	0,126	0,427
OIV, g/kg ka	78	77	77	76	77	0,5	77	76	77	77	0,5	0,560	0,679	0,455
PVT, g/kg ka	22	17	19	18	21	3,9	16	22	21	19	3,6	0,861	0,519	0,712
Kalsium, g/kg ka	6,4	5,7	6	5,8	5,8	0,37	5,6	6,3	6	5,9	0,34	0,589	0,532	0,912
Fosfori, g/kg ka	3,7	3,7	3,8	3,8	3,7	0,07	3,8	3,8	3,7	3,7	0,07	0,392	0,595	0,960
Kalium, g/kg ka	27,8	27,3	28	27,9	27,9	0,5	27,5	27,9	27,8	27,9	0,45	0,834	0,922	0,854
Magnesium, g/kg ka	2,7	2,6	2,7	2,7	2,7	0,07	2,7	2,7	2,6	2,7	0,06	0,502	0,585	0,544
Mangaani, mg/kg ka	25,1	27,9	23	25,8	26,6	2,02	26,4	24,4	25,4	26,5	1,9	0,222	0,674	0,633
Rauta, mg/kg ka	87,6	88,3	88,1	86,6	89,7	3,26	88,6	85,5	92,9	85,3	3,02	0,953	0,104	0,811
Kupari, mg/kg ka	7,9	8,1	9	8,4	11,1	1,05	9,7	9,4	8,9	7,7	0,96	0,132	0,349	0,399
Sinkki, mg/kg ka	23	23,3	31,3	24,4	24,8	2,45	25,1	28,5	26,1	21,8	2,2	0,112	0,200	0,848
K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	0,05	1,4	1,3	1,4	1,4	0,05	0,81	0,396	0,880
Typpipitoisuus, g/kg ka	22	21	21	21	22	0,7	21	22	22	21	0,6	0,808	0,742	0,706
Typpisato, kg N/ha	56 ^b	61 ^b	75 ^a	78 ^a	83 ^a	2,5	57 ^b	75 ^a	77 ^a	73 ^a	2,3	<0,001	<0,001	0,121
Typpitase, kg N/ha	-56 ^e	-36 ^d	-25 ^c	-3 ^b	17 ^a	2,5	-7	-25	-27	-23	2,3	<0,001	<0,001	0,121

¹⁾ Keskiarvon keskivirhe. ²⁾ Timotei ³⁾ Puna-apila. ⁴⁾ Timotei+Puna-apila. ⁵⁾ Timotei+Nurminata+Puna-apila. ⁶⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

Taulukko 12. Nurmen kokonaiskuiva-ainesato ja sadon keskimääräinen koostumus vuonna 2023.

	Typpilannoitustaso, kg N/ha/vuosi					Nurmikasvi						P-arvot ⁶⁾		
	0	50	100	150	200	SEM ¹⁾	Ti ²⁾	Pa ³⁾	Ti+Pa ⁴⁾	Ti+Nn+Pa ⁵⁾	SEM	Lannoitus	Kasvilaji	Yhdysvaikutus
Kuiva-ainesato, kg ka/ha	5 888 ^d	6 907 ^c	7 948 ^b	8 586 ^a	8 945 ^a	176,9	7 400 ^{bc}	7 272 ^c	7 696 ^b	8 250 ^a	170,9	<0,001	<0,001	<0,001
Kuiva-aine (ka), g/kg	180 ^a	175 ^{ab}	169 ^{ab}	165 ^{ab}	159 ^b	4,3	191 ^a	155 ^b	163 ^b	169 ^b	3,8	0,007	<0,001	0,790
Raakavalkuainen, kg ka/ha	149 ^{bc}	141 ^c	150 ^{abc}	161 ^{ab}	168 ^a	4,9	138 ^c	174 ^a	159 ^{ab}	145 ^{bc}	4,4	<0,001	<0,001	0,975
NDF, g/kg ka	558 ^c	588 ^b	600 ^{ab}	604 ^{ab}	612 ^a	5,8	614 ^a	567 ^c	594 ^b	595 ^b	5,3	<0,001	<0,001	0,411
iNDF, g/kg ka	78	83	84	92	91	6,4	80	92	87	83	5,8	0,438	0,364	0,944
D-arvo, g/kg ka	648	643	641	631	633	5,8	646	632	636	643	5,4	0,138	0,133	0,634
Sokerit, g/kg ka	73 ^a	64 ^a	51 ^b	42 ^{bc}	38 ^c	5,4	63 ^a	47 ^b	44 ^b	60 ^a	5,3	<0,001	<0,001	<0,001
Tuhka, g/kg ka	83,9	82,4	83,3	83,4	82,3	1,35	75,5 ^c	86,3 ^{ab}	82,3 ^b	88,1 ^a	1,22	0,867	<0,001	0,593
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,4	10,3	10,3	10,1	10,1	0,09	10,3	10,1	10,2	10,3	0,09	0,122	0,125	0,628
OIV, g/kg ka	79	78	78	79	80	1	78	80	79	78	0,9	0,632	0,158	0,996
PVT, g/kg ka	31 ^{bc}	25 ^c	33 ^{bc}	45 ^{ab}	51 ^a	4,1	22 ^c	56 ^a	42 ^b	29 ^c	3,7	<0,001	<0,001	0,852
Kalsium, g/kg ka	7,4 ^a	6,4 ^b	6,2 ^b	6 ^b	6 ^b	0,3	5,2 ^b	7,3 ^a	6,6 ^a	6,5 ^a	0,28	<0,001	<0,001	0,800
Fosfori, g/kg ka	4,2	4,1	4,1	4,1	4	0,27	4,1	4,1	4,1	4,2	0,26	0,974	0,969	0,995
Kalium, g/kg ka	29,9 ^b	31,1 ^{ab}	31,7 ^{ab}	32,3 ^{ab}	32,8 ^a	1,19	30,2 ^b	32,5 ^a	31,6 ^{ab}	32,1 ^{ab}	1,16	0,015	0,020	0,805
Magnesium, g/kg ka	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	0,19	2	2,2	2,1	2,2	0,18	0,965	0,288	0,944
Mangaani, mg/kg ka	36,9 ^{ab}	34,6 ^b	35,8 ^{ab}	38,3 ^{ab}	39,7 ^a	3,36	37,4 ^b	33 ^c	34,8 ^{bc}	43,1 ^a	3,32	0,020	<0,001	0,136
Rauta, mg/kg ka	99,6	101,7	98,5	105,3	103,9	3,45	104	96,7	104,5	102	3,09	0,605	0,263	0,632
Kupari, mg/kg ka	10,1	9,3	9,5	10,1	10,9	0,89	8,9 ^b	11,8 ^a	9,9 ^{ab}	9,4 ^{ab}	0,83	0,566	0,013	0,379
Sinkki, mg/kg ka	25,7	25,8	27,9	31,1	29,2	2,27	27 ^{ab}	32,3 ^a	27,6 ^{ab}	24,9 ^b	1,93	0,422	0,050	0,920
K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1,5 ^b	1,7 ^a	1,7 ^a	1,8 ^a	1,8 ^a	0,07	1,9 ^a	1,6 ^b	1,7 ^b	1,7 ^b	0,06	<0,001	<0,001	0,874
Typpipitoisuus, g/kg ka	24 ^{bc}	23 ^c	24 ^{abc}	26 ^{ab}	27 ^a	0,8	22 ^c	28 ^a	25 ^{ab}	23 ^{bc}	0,7	<0,001	<0,001	0,975
Typpisato, kg N/ha	131 ^e	149 ^d	183 ^c	209 ^b	229 ^a	4,6	154 ^b	195 ^a	187 ^a	184 ^a	4,4	<0,001	<0,001	0,011
Typpitase, kg N/ha	-131 ^e	-99 ^d	-83 ^c	-59 ^b	-29 ^a	4,6	-54 ^a	-95 ^b	-87 ^b	-84 ^b	4,4	<0,001	<0,001	0,011

¹⁾ Keskiarvon keskivirhe. ²⁾ Timotei. ³⁾ Puna-apila. ⁴⁾ Timotei+Puna-apila. ⁵⁾ Timotei+Nurminata+Puna-apila. ⁶⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

Taulukko 13. Nurmen ensimmäisen niiton kuiva-ainesato ja sadon keskimääräinen koostumus vuonna 2023.

	Typpilannoitus, kg N/ha/sato						Nurmikasvi					P-arvot ⁶⁾		
	0	25	50	75	100	SEM ¹⁾	Ti ²⁾	Pa ³⁾	Ti+Pa ⁴⁾	Ti+Nn+Pa ⁵⁾	SEM	Lannoitus	Kasvilaji	Yhdysvaikutus
Kuiva-ainesato, kg ka/ha	4 147 ^d	4 627 ^c	5 126 ^b	5 608 ^a	5 763 ^a	175,3	4 984 ^b	4 734 ^b	5 079 ^{ab}	5 419 ^a	169	<0,001	<0,001	0,029
Kuiva-aine (ka), g/kg	193	188	186	188	182	4,8	222 ^a	167 ^c	178 ^{cb}	184 ^b	4,6	0,220	<0,001	0,016
Raakavalkuainen, kg ka/ha	127 ^b	124 ^b	132 ^{ab}	135 ^{ab}	142 ^a	6,2	111 ^c	153 ^a	137 ^b	127 ^b		0,004	<0,001	0,592
NDF, g/kg ka	573 ^b	599 ^{ab}	608 ^a	615 ^a	624 ^a	9,5	639 ^a	565 ^c	602 ^b	610 ^b	9	<0,001	<0,001	0,532
iNDF, g/kg ka	102 ^b	113 ^{ab}	114 ^{ab}	119 ^a	119 ^{ab}	5	115	113	119	108	4,7	0,031	0,098	0,014
D-arvo, g/kg ka	630 ^a	619 ^{ab}	618 ^{ab}	610 ^b	611 ^b	6	618	618	612	623	5,7	0,016	0,332	0,068
Sokerit, g/kg ka	75 ^a	63 ^{ab}	53 ^{bc}	48 ^{bc}	42 ^c	8,1	67 ^a	53 ^b	48 ^b	57 ^{ab}	7,7	0,000	<0,001	<0,001
Tuhka, g/kg ka	80,1	79,3	80,5	80	79,3	2,25	69,6 ^c	85 ^a	80,3 ^b	84,5 ^{ab}	2,17	0,958	<0,001	0,168
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,1 ^a	9,9 ^{ab}	9,9 ^{ab}	9,8 ^b	9,8 ^b	0,1	9,9	9,9	9,8	10	0,09	0,015	0,381	0,075
OIV, g/kg ka	75	73	74	74	75	0,7	72 ^b	77 ^a	74 ^{ab}	74 ^{ab}	0,6	0,479	<0,001	0,770
PVT, g/kg ka	15 ^b	14 ^b	22 ^{ab}	25 ^{ab}	31 ^a	5,9	3 ^d	40 ^a	26 ^b	16 ^c	5,8	<0,001	<0,001	0,190
Kalsium, g/kg ka	7,3	6,7	6,5	6,4	6,4	0,54	4,8 ^c	8,1 ^a	7 ^b	6,8 ^b	0,53	0,060	<0,001	0,166
Fosfori, g/kg ka	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	0,34	3,4	3,6	3,4	3,7	0,34	0,634	0,281	0,323
Kalium, g/kg ka	29,6	30,3	30,4	30,5	30,6	1,76	28 ^b	32 ^a	30,2 ^{ab}	31 ^a	1,73	0,864	0,000	0,168
Magnesium, g/kg ka	2	2	1,9	2	2	0,24	1,8 ^b	2,2 ^a	2 ^{ab}	2,1 ^{ab}	0,23	0,951	0,033	0,261
Mangaani, mg/kg ka	35,5 ^c	36,1 ^{bc}	38,9 ^{abc}	41,6 ^{ab}	42,3 ^a	2,65	38,3 ^b	34 ^b	37,8 ^b	45,6 ^a	2,58	0,001	<0,001	0,934
Rauta, mg/kg ka	106,1	113,3	108,3	119,1	117,8	5,01	113,7	108	113	117	4,57	0,202	0,487	0,314
Kupari, mg/kg ka	9	9,3	10,1	9,4	8,9	0,84	7,5 ^b	12 ^a	9,7 ^{ab}	8,2 ^b	0,75	0,871	0,000	0,468
Sinkki, mg/kg ka	25,6	26,9	25,5	32,4	30,4	2,53	28,2	32,3	27,1	25,3	2,29	0,175	0,140	0,562
K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7	0,06	1,9 ^a	1,4 ^b	1,5 ^b	1,6 ^b	0,06	0,047	<0,001	0,308
Typpipitoisuus, g/kg ka	20 ^b	20 ^b	21 ^{ab}	22 ^{ab}	23 ^a	1	18 ^c	25 ^a	22 ^b	20 ^b	1,0	0,004	<0,001	0,592
Typpisato, kg N/ha	84 ^c	91 ^c	108 ^b	120 ^a	130 ^a	3,2	90 ^b	116 ^a	110 ^a	110 ^a	3,0	<0,001	<0,001	0,108
Typpitase, kg N/ha	-84 ^d	-66 ^c	-58 ^c	-45 ^b	-30 ^a	3,2	-40 ^a	-66 ^b	-60 ^b	-60 ^b	3,0	<0,001	<0,001	0,108

¹⁾ Keskiarvon keskivirhe. ²⁾ Timotei. ³⁾ Puna-apila. ⁴⁾ Timotei+Puna-apila. ⁵⁾ Timotei+Nurminata+Puna-apila. ⁶⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

Taulukko 14. Nurmen toisen niiton kuiva-ainesato ja sadon keskimääräinen koostumus vuonna 2023.

	Typpilannoitus, kg N/ha/sato						Nurmikasvi					P-arvot ⁶⁾		
	0	25	50	75	100	SEM ¹⁾	Ti ²⁾	Pa ³⁾	Ti+Pa ⁴⁾	Ti+Nn+Pa ⁵⁾	SEM	Lannoitus	Kasvilaji	Yhdysvaikutus
Kuiva-ainesato, kg ka/ha	1 741 ^d	2 279 ^c	2 821 ^b	2 978 ^b	3 182 ^a	61,4	2 416 ^c	2 538 ^{bc}	2 617 ^b	2 831 ^a	57,4	<0,001	<0,001	0,030
Kuiva-aine (ka), g/kg	168 ^a	162 ^a	151 ^b	142 ^c	137 ^c	2,4	161 ^a	144 ^c	149 ^{bc}	153 ^b	2,2	<0,001	<0,001	0,005
Raakavalkuainen, kg ka/ha	171 ^b	159 ^b	167 ^b	187 ^a	195 ^a	3,7	164 ^c	194 ^a	181 ^b	163 ^c	3,1	<0,001	<0,001	0,045
NDF, g/kg ka	542 ^c	577 ^b	591 ^{ab}	594 ^{ab}	599 ^a	8,3	589 ^a	568 ^b	585 ^a	579 ^{ab}	8	<0,001	0,005	0,196
iNDF, g/kg ka	54	52	54	64	64	4,5	45 ^c	72 ^a	56 ^{bc}	57 ^b	4,2	0,067	<0,001	0,108
D-arvo, g/kg ka	665	667	664	653	656	4,4	675 ^a	646 ^c	660 ^b	662 ^b	4,1	0,029	<0,001	0,072
Sokerit, g/kg ka	71 ^a	65 ^a	49 ^b	36 ^c	34 ^c	3,8	59 ^a	40 ^b	41 ^b	63 ^a	3,6	<0,001	<0,001	<0,001
Tuhka, g/kg ka	87,8	85,5	86	86,8	85,2	2,51	81,4 ^c	87,7 ^b	84,4 ^{bc}	91,7 ^a	2,47	0,422	<0,001	0,075
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,7	10,7	10,6	10,4	10,5	0,07	10,8 ^a	10,3 ^c	10,6 ^b	10,6 ^b	0,07	0,030	<0,001	0,062
OIV, g/kg ka	83 ^{ab}	82 ^b	83 ^b	84 ^{ab}	85 ^a	0,7	83 ^{ab}	84 ^a	84 ^a	82 ^b	0,6	0,002	0,012	0,535
PVT, g/kg ka	48 ^b	37 ^b	45 ^b	64 ^a	70 ^a	3,2	40 ^c	71 ^a	58 ^b	41 ^c	2,6	<0,001	<0,001	0,008
Kalsium, g/kg ka	7,5 ^a	6,2 ^{ab}	5,9 ^b	5,6 ^b	5,6 ^b	0,33	5,6 ^b	6,5 ^a	6,2 ^{ab}	6,3 ^{ab}	0,28	0,003	0,034	0,526
Fosfori, g/kg ka	5 ^a	4,7 ^{ab}	4,7 ^{ab}	4,7 ^{ab}	4,4 ^b	0,29	4,8	4,6	4,8	4,7	0,28	0,021	0,599	0,367
Kalium, g/kg ka	30,3 ^c	32 ^{bc}	33 ^{ab}	34 ^{ab}	35,1 ^a	1,28	32,4	33	33	33,3	1,26	<0,001	0,600	0,283
Magnesium, g/kg ka	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	0,29	2,2	2,2	2,2	2,3	0,28	0,984	0,896	0,462
Mangaani, mg/kg ka	38,3	33,2	32,7	34,9	37	4,3	36,6 ^{ab}	32 ^b	31,8 ^b	40,6 ^a	4,25	0,046	<0,001	0,026
Rauta, mg/kg ka	93,1	90,1	88,8	91,4	90,1	2,81	94,2 ^{ab}	85,4 ^b	96,1 ^a	87,1 ^{ab}	2,51	0,854	0,008	0,704
Kupari, mg/kg ka	11,3	9,4	8,9	10,7	12,9	1,4	10,3	11,6	10,1	10,7	1,31	0,109	0,738	0,826
Sinkki, mg/kg ka	25,8	24,6	30,4	29,8	28	3,52	25,8	32,3	28,2	24,6	3,15	0,736	0,337	0,525
K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1,4 ^b	1,7 ^a	1,8 ^a	1,9 ^a	2 ^a	0,11	1,9	1,8	1,8	1,7	0,11	<0,001	0,282	0,726
Typpipitoisuus, g/kg ka	27 ^b	25 ^b	27 ^b	30 ^a	31 ^a	0,6	26 ^c	31 ^a	29 ^b	26 ^c	0,5	<0,001	<0,001	0,045
Typpisato, kg N/ha	48 ^e	58 ^d	75 ^c	89 ^b	99 ^a	2,4	64 ^b	79 ^a	77 ^a	74 ^a	2,2	<0,001	<0,001	0,056
Typpitase, kg N/ha	-48 ^d	-33 ^c	-25 ^c	-14 ^b	1 ^a	2,4	-14 ^a	-29 ^b	-27 ^b	-24 ^b	2,2	<0,001	<0,001	0,056

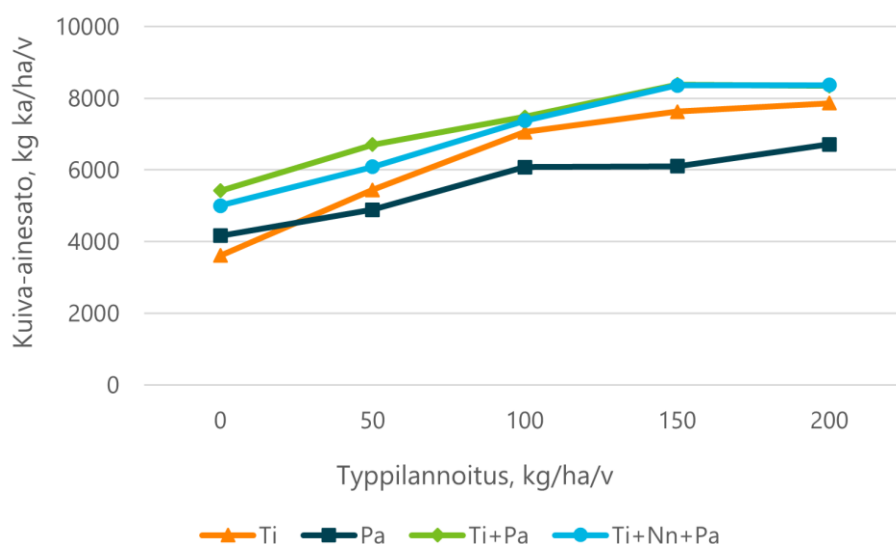
¹⁾ Keskiarvon keskivirhe. ²⁾ Timotei ³⁾ Puna-apila. ⁴⁾ Timotei+Puna-apila. ⁵⁾ Timotei+Nurminata+Puna-apila. ⁶⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksirajainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

Kokonaiskuiva-ainesadot

Nurmikasvustojen kokonaiskuiva-ainesadot eri typpilannoitustasoilla yli kasvilajien tarkasteltuna vaihtelivat välillä 4,5–7,8 tn/ha vuonna 2022 (Taulukko 9) ja välillä 5,9–8,9 tn/ha vuonna 2023 (Taulukko 12). Molempina vuosina nurmen kokonaiskuiva-ainesadot lisääntyivät typpitasoon 150 kg/ha/v saakka ($P < 0,05$).

Eri nurmikasvien kokonaiskuiva-ainesadot yli lannoitustasojen tarkasteltuna vaihtelivat välillä 5,6–7,3 tn/ha vuonna 2022 (Taulukko 9) ja välillä 7,3–8,3 tn/ha vuonna 2023 (Taulukko 12). Ensimmäisenä satovuotena suurin kuiva-ainesato oli nurmikasvien seoksilla ja pienin puna-apilalla ($P < 0,05$). Toisena satovuotena suurin kuiva-ainesato oli kolmen nurmikasvin seoksella ($P < 0,05$). Puna-apilan sato oli myös toisena satovuotena pienempi kuin nurmiseosten ($P < 0,05$), mutta timoteihin verrattuna kuiva-ainesadoissa ei ollut eroa.

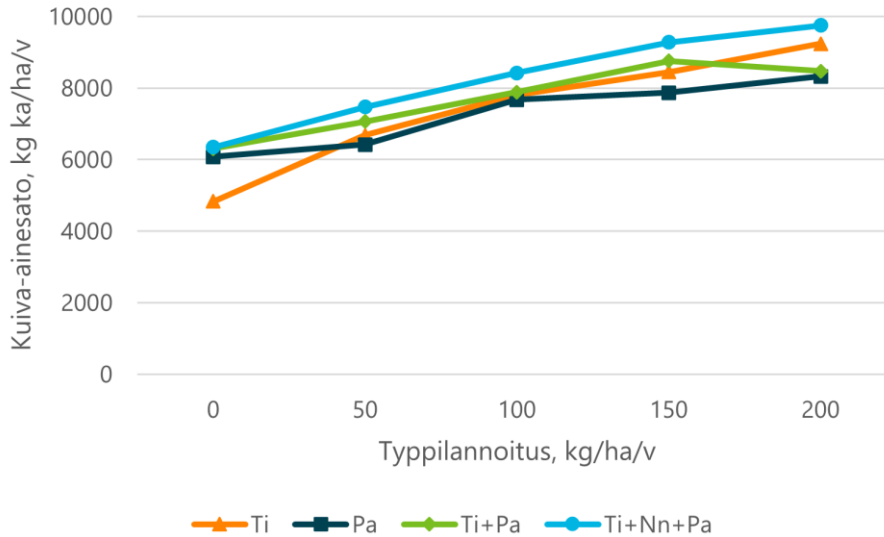
Kokonaiskuiva-ainesadoissa typpilannoituksen ja nurmikasvin välillä oli molempina vuosina tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus ($P < 0,05$; Taulukot 9, 12). Kuvassa 10 on esitetty vuoden 2022 nurmikasvikohtaiset kuiva-ainesadot lannoitustasoittain. Ilman typpilannoitusta sekä timotein että puna-apilan sadot olivat seoksia pienemmät ($P < 0,05$). Puna-apilalla ero nurmiseosten kuiva-ainesatoihin säilyi kaikilla typpitasoilla ($P < 0,05$). Lisäksi kolmella suurimmalla typpitasolla puna-apilan sato oli myös timoteihin verrattuna pienempi ($P < 0,05$). Tähän vaikutti mitä todennäköisimmin puna-apilan merkittävät talvituhot. Toiseksi pienimmällä typpitasolla 50 kg/ha/v timotein kuiva-ainesato ei eronnut kolmen nurmikasvin seoksesta mutta oli edelleen pienempi kahden nurmikasviseoksen satoon verrattuna ($P < 0,05$). Kolmella suurimmalla typpitasolla timotein ja nurmiseosten kuiva-ainesatojen välillä ei ollut enää eroa. Eriytyisesti puhdas timoteikasvusto näytti hyötyvän typpilannoituksen lisääntymisestä.



Kuva 10. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) kuiva-ainesadot typpilannoitustasoittain vuonna 2022.

Kuvassa 11 on esitetty vuoden 2023 nurmikasvikohtaiset kuiva-ainesadot lannoitustasoittain. Ilman typpilannoitusta timotein sato oli muiden nurmikasvien satoja pienempi ($P < 0,05$). Typpilannoitus kuitenkin lisäsi timotein satoa suhteessa muihin niin, että sen sato oli pienempi ainoastaan typpitasolla 150 kg/ha/v ja tällöinkin vain kolmen nurmikasvin seokseen

verrattuna ($P < 0,05$). Ilman typpilannoitusta puna-apilan ja nurmiseosten kuiva-ainesadoissa ei ollut eroa. Typpilannoituksen lisääntyessä puna-apilan satovaste oli pienempi erityisesti kolmen nurmikasvin seokseen verrattuna. Timoteihin ja kahden nurmikasvin seokseen verrattuna erot eivät olleet yhtä selkeät. Nurmikasviseosten välillä kuiva-ainesadot erosivat toisistaan ai-noastaan suurimmalla typpilannoitustasolla, jolloin kolmen nurmikasviseoksen sato oli suurempi kuin kahden nurmikasvin seoksen ($P < 0,05$).



Kuva 11. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) kuiva-ainesadot typpilannoitustasoittain vuonna 2023.

Verrattaessa nurmen satovuosia keskenään, toisen satovuoden kokonaiskuiva-ainesato kaikilla lannoitustasoilla yli nurmikasvilajien tarkasteltuna oli numeerisesti suurempi kuin ensimmäisenä vuonna (Taulukot 9, 12). Myös eri nurmikasveilla yli lannoitustasojen tarkasteltuna toisen vuoden sato oli numeerisesti ensimmäisen vuoden satoa suurempi (Taulukot 9 ja 12).

Kuiva-ainesadot niittokerroittain

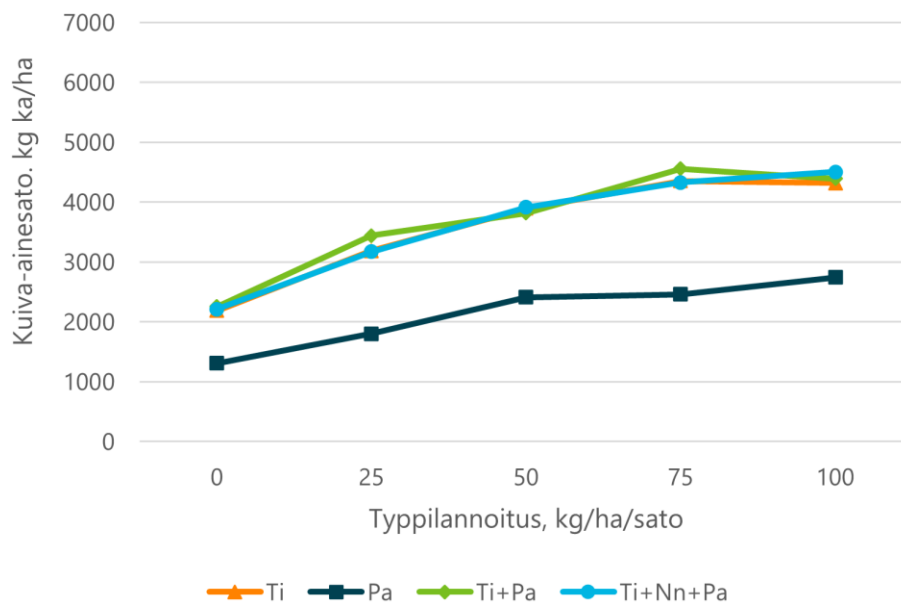
Tarkasteltaessa typpilannoituksen vaikutusta kuiva-ainesatoon niittokerroittain, molempina nurmen satovuosina ensimmäisen ja toisen niiton välillä oli eroja (Taulukot 10, 11, 13, 14). Nurmen ensimmäisenä satovuotena typpilannoitus lisäsi ensimmäisen niiton kuiva-ainesatoa aina 75 typpikiloon/ha/niitto saakka ($P < 0,05$; Taulukko 10). Toisessa niitossa typpilannoituksen vaikutus ei enää ollut yhtä selkeä kuin ensimmäisessä (Taulukko 11). Toisen niiton kuiva-ainesato lisääntyi typpitasoon 50 kg/ha/niitto saakka ($P < 0,05$), mutta typpitasojen 50 ja 75 kg/ha/niitto sekä 75 ja 100 kg/ha/niitto kuiva-ainesadoissa ei ollut eroa.

Myös nurmen toisena satovuotena typpilannoitus lisäsi molempien niittojen kuiva-ainesatoa yli nurmikasvilajien tarkasteltuna (Taulukot 13, 14). Ensimmäisessä niitossa sato lisääntyi typpilannoituksen suurentuessa aina 75 typpikiloon/ha/niitto saakka ($P < 0,05$; Taulukko 13), eli vastaavasti kuin nurmen ensimmäisenä satovuotena. Toisessa niitossa sato lisääntyi suurimpaan typpitasoon saakka ($P < 0,05$; Taulukko 14)). Poikkeuksena tästä typpitasot 50 ja 75 kg/ha/niitto, joiden sadot eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

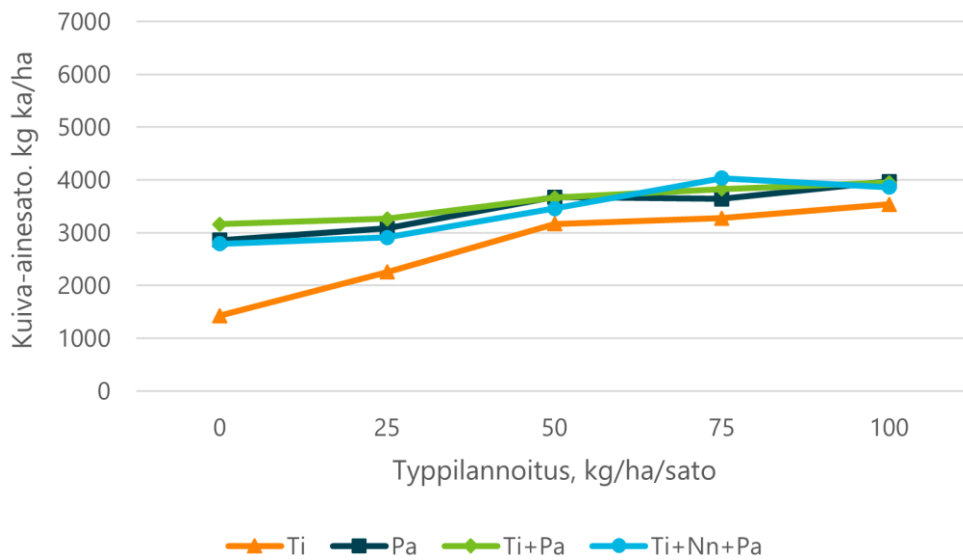
Nurmikasvien välisessä vertailussa yli typpilannoitustasojen tarkasteltuna ensimmäisen satovuoden ensimmäisessä niitossa puna-apilan sato oli muita pienempi ($P < 0,05$), mikä selittynee pitkälti puhtaan puna-apilan huomattavilla talvihuhoilla (Taulukko 10). Timotein ja nurmikasviseosten sadot eivät eronneet toisistaan. Toisessa niitossa pienin sato oli timoteilla ($P < 0,05$; Taulukko 11). Puna-apilan ja nurmikasviseosten sadot eivät eronneet toisistaan.

Toisen satovuoden ensimmäisessä niitossa kolmen nurmikasviseoksen sato oli suurempi kuin timoteilla ja puna-apilalla ($P < 0,05$; Taulukko 13)). Muiden nurmikasvien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Toisessa niitossa kolmen nurmikasvin seos tuotti suurimman sadon ($P < 0,05$; taulukko 14). Timotein ja puna-apilan seos tuotti suuremman sadon puhtaaseen timoteihin verrattuna ($P < 0,05$), mutta puna-apilaan verrattuna eroa ei ollut.

Kuvissa 12 ja 13 on esitetty vuoden 2022 nurmikasvien kuiva-ainesadot typpilannoitustasoin ensimmäisessä ja toisessa niitossa. Toisessa niitossa typpilannoituksen ja nurmikasvin välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus ($P < 0,05$; Taulukko 11). Nurmen ensimmäisenä satovuotena ensimmäisessä niitossa puna-apilan sato oli kaikilla lannoitustasoilla merkitsevästi muita pienempi ($P < 0,05$). Muiden nurmikasvien välillä ei ollut eroja. Toisessa niitossa kahdella pienimmällä lannoitustasolla pienin sato oli timoteilla ($P < 0,05$), kun taas typpitasoilla 50 ja 100 kg/ha/niitto ei nurmikasvien sadoissa ollut eroja ja typpitasolla 75 kg/ha/niitto timotein sato oli pienempi kuin nurmikasviseosten ($P < 0,05$).

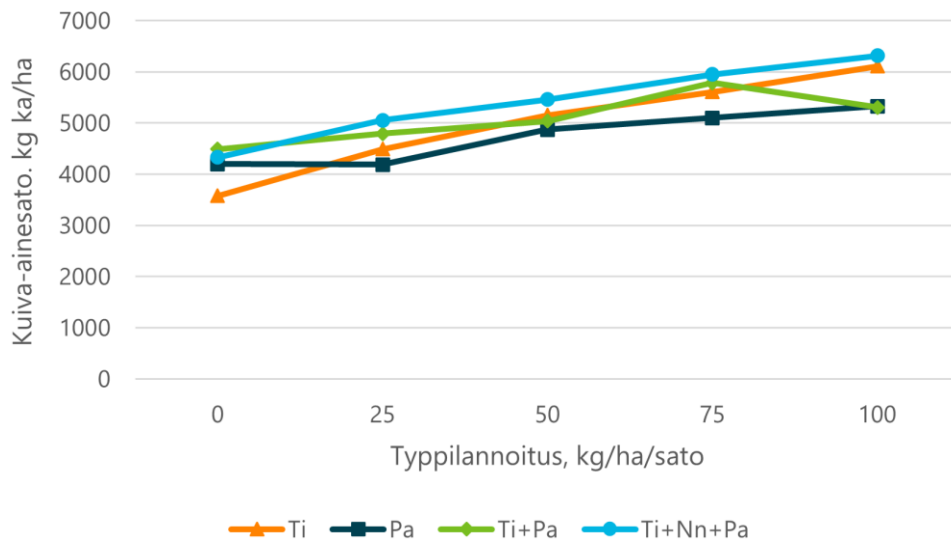


Kuva 12. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) ensimmäisen niiton kuiva-ainesadot typpilannoitustasoin vuonna 2022.

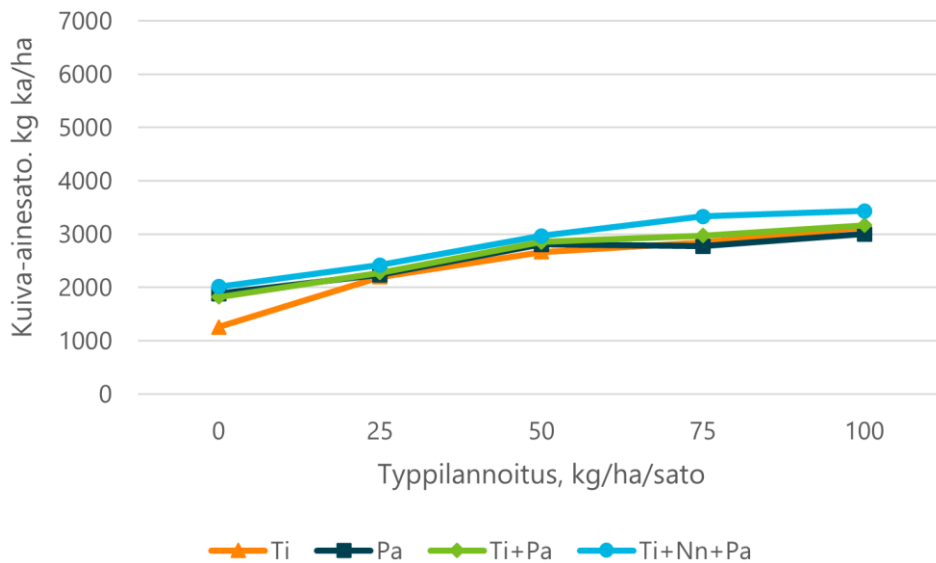


Kuva 13. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) toisen niiton kuiva-ainesadot typpilannoitustasoittain vuonna 2022.

Kuvissa 14 ja 15 on esitetty vuoden 2023 nurmikasvien kuiva-ainesadot typpilannoitustasoittain ensimmäisessä ja toisessa niitossa. Molemmassa niitossa typpilannoituksen ja nurmikasvin välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus ($P < 0,05$; Taulukot 13 ja 14). Ensimmäisessä niitossa ilman typpilannoitusta puhtaan timotein kuiva-ainesato oli pienempi kuin kahden nurmikasvin seoksella ($P < 0,05$), mutta muilla lannoitustasoilla se ei eronnut muista nurmikasveista. Typpitasoilla 25, 75 ja 100 kg/ha/niitto puhtaan puna-apilan sato puolestaan oli pienempi kolmen nurmikasvin seokseen verrattuna ($P < 0,05$). Suurimmalla typpitasolla myös kahden nurmikasvin seoksen kuiva-ainesato oli pienempi kolmen nurmikasvin seokseen verrattuna ($P < 0,05$). Toisessa niitossa ilman typpilannoitusta timotein kuiva-ainesato oli muita pienempi ($P < 0,05$). Kahdella suurimmalla typpitasolla puolestaan puna-apilan kuiva-ainesato oli pienempi kuin kolmen nurmikasvien seoksella ($P < 0,05$). Myös timotein kuiva-ainesato oli pienempi kolmen nurmikasvin seokseen verrattuna typpitasolla 75 kg/ha/niitto.



Kuva 14. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) ensimmäisen niiton kuiva-ainesadot typpilannoitustasoittain vuonna 2023.



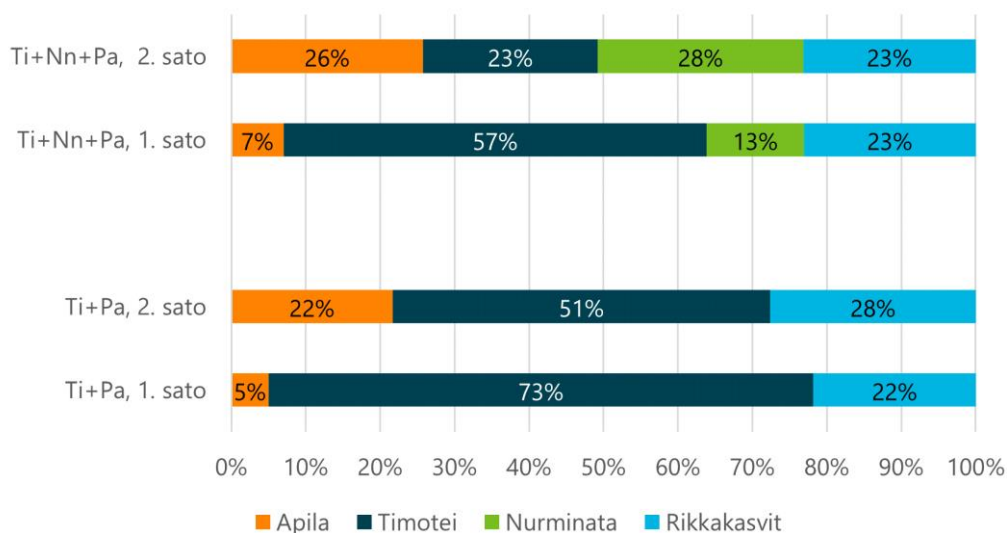
Kuva 15. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) toisen niiton kuiva-ainesadot typpilannoitustasoittain vuonna 2023.

Numeerisesti tarkasteltuna ensimmäisen ja toisen niiton väliset satoerot olivat ensimmäisenä vuonna selvästi pienemmät kuin toisena. Ensimmäisenä satovuotena timotein kuiva-ainesato oli ensimmäisessä niitossa suurempi kuin toisessa. Puna-apilalla puolestaan toisen niiton sato oli ensimmäisen niiton satoa suurempi. Sekä timoteilla että puna-apilalla havaitut ensimmäisen ja toisen niiton väliset satoerot olivat hyvin lajinomaisia, vaikkakin puhtaan puna-apilan tulosta vääristää sen vähäinen osuus kuiva-ainesadossa. Seoskasvustoissa ensimmäisen ja toisen niiton väliset satoerot olivat numeerisesti tarkasteltuna selvästi pienemmät kuin puhdas- kasvustoilla.

Nurmen toisena satovuotena kaikilla nurmikasveilla ensimmäisen niiton sato oli toisen niiton satoa huomattavasti suurempi. Yksi merkittävä syy toisen satovuoden heikkoon jälkisatoon oli nurmikasvustoja vaivannut kuivuus. Hyvän ensimmäisen sadon ansiosta kokonaissato toisena vuonna oli kuitenkin numeerisesti ensimmäisen vuoden kokonaissatoa suurempi sekä lannoitustasoittain yli nurmikasvien että nurmikasvilajeittain yli lannoitustasojen tarkasteltuna.

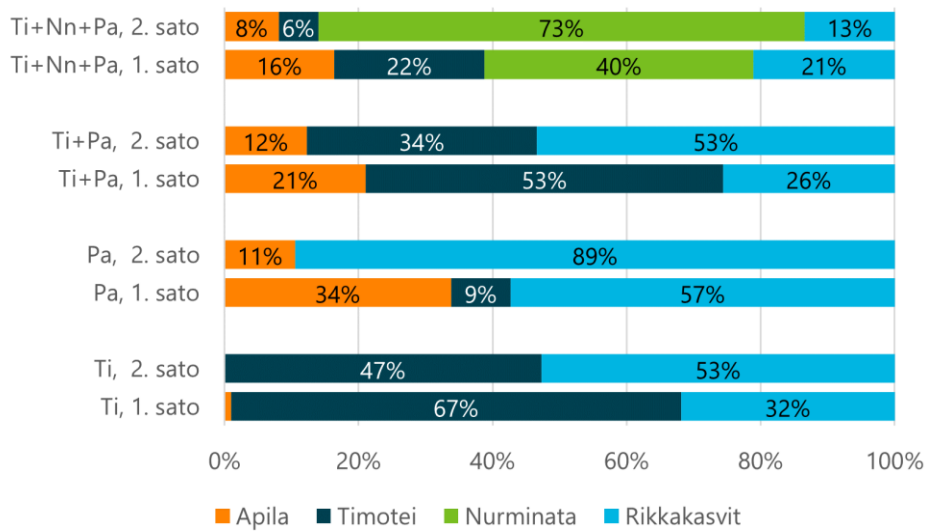
Nurmikasvien osuudet kuiva-ainesadossa

Botanisointitulosten perusteella laskettuna ja yli lannoitustasojen tarkasteltuna nurmi- ja rikkakasvien osuuksissa oli selviä eroja niin nurmen satovuosien kuin kahden eri niittokerran välillä. Kuvassa 16 on esitetty nurmen ensimmäisen satovuoden botanisointien tulokset, jossa kasvilajien osalta tarkastelussa oli ainoastaan nurmiseokset. Nurmen ensimmäisenä satovuotena nurmiseosten jälkisadoissa puna-apilan määrä lisääntyi ja timotein väheni ensimmäiseen satoon verrattuna. Kolmen kasvilajin seoksessa myös nurminadan osuus jälkisadossa lisääntyi selvästi. Tulokset ovat kasvilajeille hyvin tyypillisiä, sillä yleensä puna-apila runsastuu seosnurmien jälkisadoissa nurmiheinien kustannuksella ja nurminata saa hyvän kilpailuedun sen hyvän jälkikasvukykyänsä ansiosta.



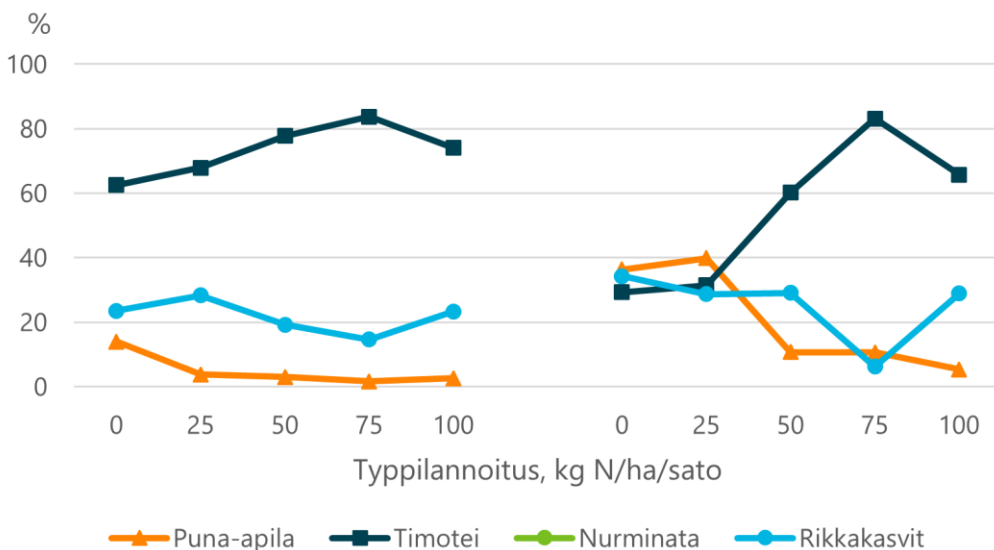
Kuva 16. Kasvilajien osuudet timotein ja puna-apilan seoskasvustossa (Ti+Pa) sekä timotein, nurminadan ja puna-apilan seoskasvustossa (Ti+Nn+Pa) niitoittain botanisointien perusteella kuiva-aineesta laskettuna nurmen ensimmäisenä satovuotena 2022.

Kuvassa 17 on esitetty nurmen toisen satovuoden botanisointien tulokset, jolloin kasvilajien osalta tarkastelussa oli sekä puhdaskasvustot että nurmiseokset. Toisin kuin nurmen ensimmäisenä satovuotena, toisena vuonna puna-apilan osuus seoskasvustoissa väheni nurmen jälkisadossa. Myös puhdaskasvustossa puna-apilan osuus jälkisadossa väheni merkittävästi, mikä tarkoitti rikkakasvien määrän huomattavaa lisääntymistä. Samoin kuin nurmen ensimmäisenä satovuotena, timotein osuus nurmen jälkisadossa väheni ensimmäiseen satoon verrattuna. Tämä näkyi niin puhdaskasvustossa kuin seoskasvustoissakin. Puna-apilan ja timotein vähenemisen seurauksena rikkakasvien osuus nurmen jälkisadossa lisääntyi kahden nurmikasvin seoskasvustossa. Kolmen nurmikasvin seoksessa huomattavaa oli nurminadan hyvä jälkikasvu, mikä piti rikkakasvit kurissa.

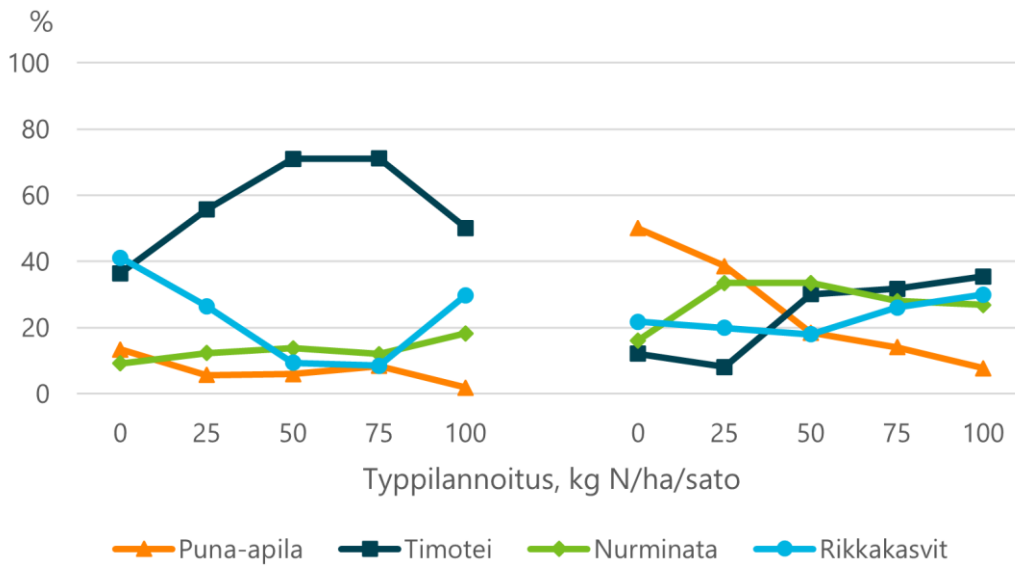


Kuva 17. Kasvilajien osuudet timoteikasvustossa (Ti), puna-apilakasvustossa (Pa), timotein ja puna-apilan seoskasvustossa (Ti+Pa) sekä timotein, nurminadan ja puna-apilan seoskasvustossa (Ti+Nn+Pa) niitoittain botanisointien perusteella kuiva-aineesta laskettuna nurmen toisen satovuotena 2023.

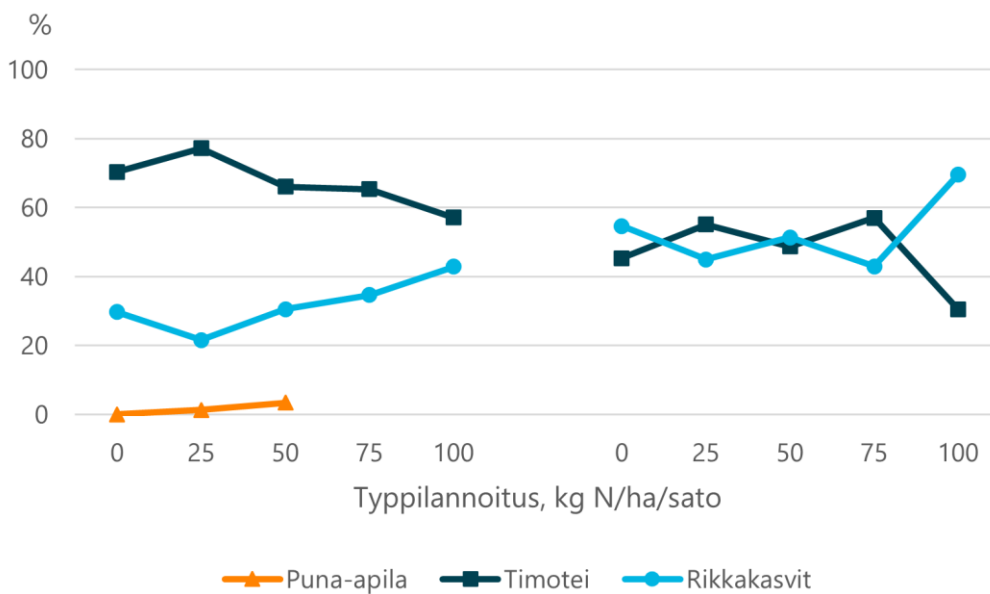
Kuvissa 18–23 on nurmikasvustojen kahtena satovuotena tehtyjen botanisointien tulokset typpilannoitustasoittain ja niittokerroittain esitettyinä. Botanisointitulosten perusteella oli havaittavissa selkeä trendi, että typpilannoituksen lisääntyessä puna-apilan osuus pieneni nurmisadossa. Tulos on yhdenmukainen Torssellin ym. (2007) tutkimuksen kanssa, jossa puna-apilan, timotein ja nurminadan seosnurmissa apilan osuus pieneni typpilannoitusta lisättäessä.



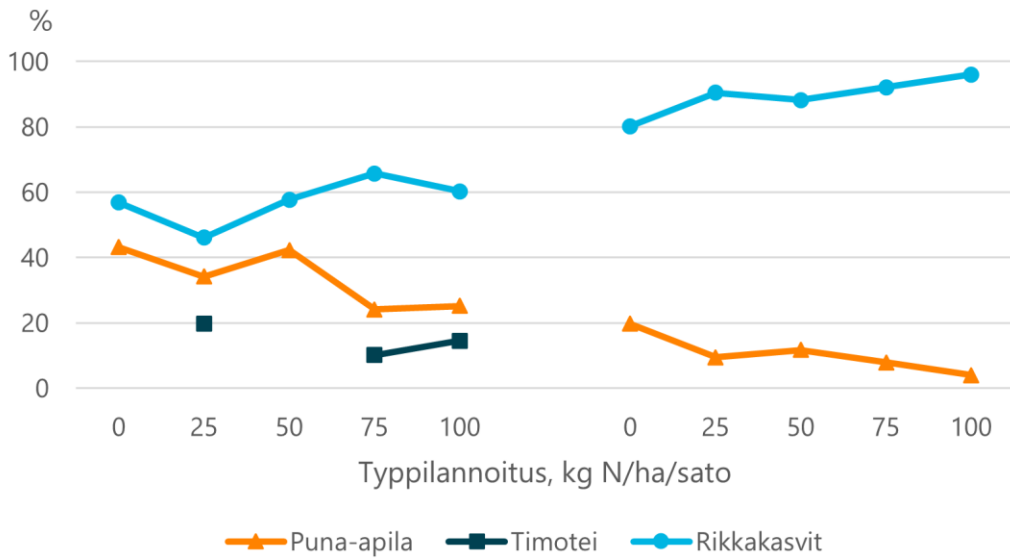
Kuva 18. Kasvilajien osuudet timotein ja puna-apilan seoskasvustoissa typpilannoitustasoittain ja niitoittain botanisointien perusteella kuiva-aineesta laskettuna vuonna 2022. Vasemalla ensimmäisen ja oikealla toisen niiton tulokset.



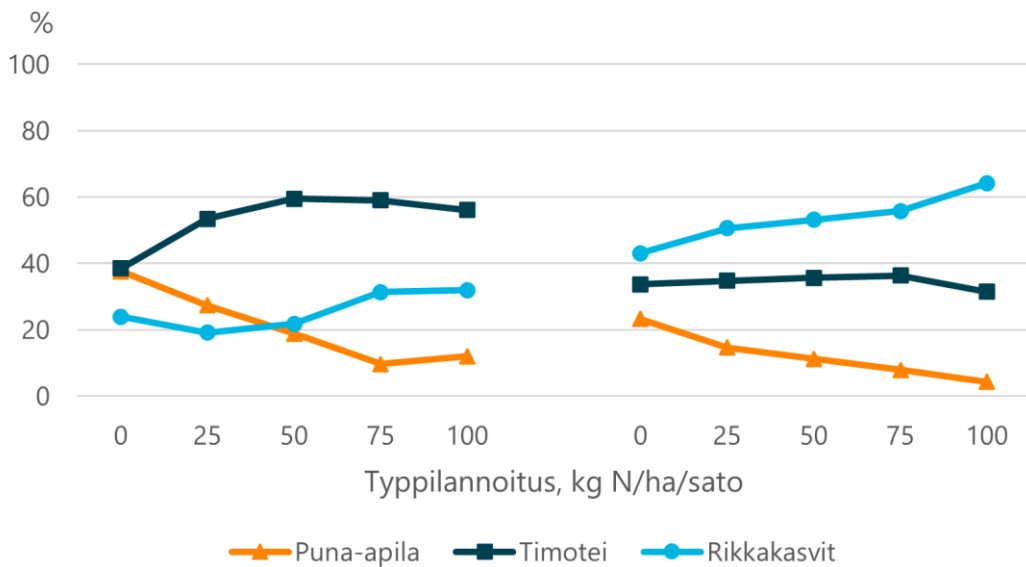
Kuva 19. Kasvilajien osuudet timotein, nurminadan ja puna-apilan seoskasvustossa typpilannoitustasoittain ja niitoittain botanisointien perusteella kuiva-aineesta laskettuna vuonna 2022. Vasemmalla ensimmäisen ja oikealla toisen niiton tulokset.



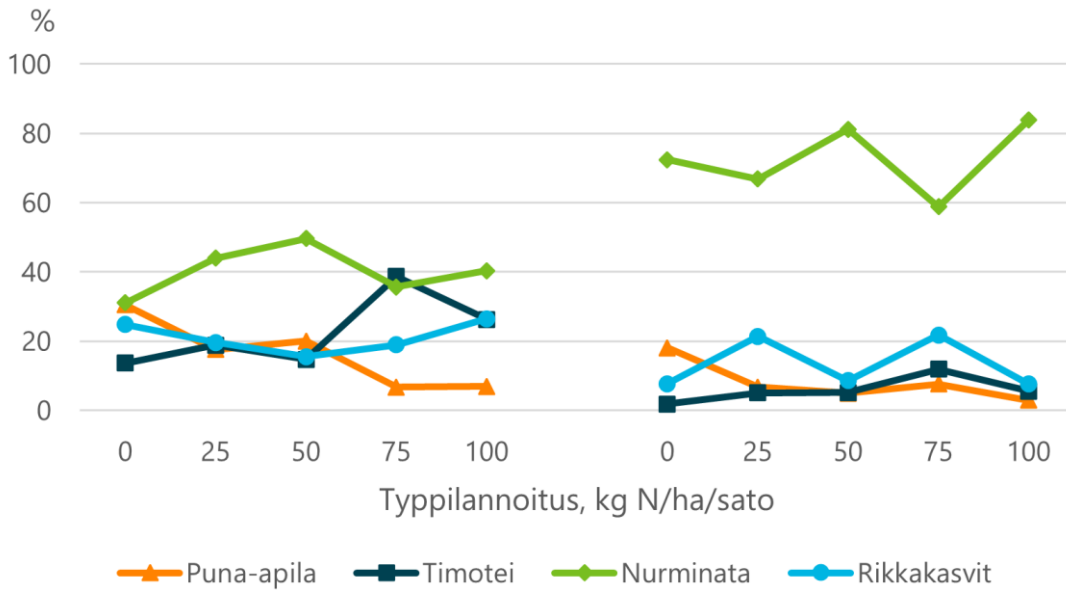
Kuva 20. Kasvilajien osuudet timoteikasvustossa typpilannoitustasoittain ja niitoittain botanisointien perusteella kuiva-aineesta laskettuna vuonna 2023. Vasemmalla ensimmäisen ja oikealla toisen niiton tulokset.



Kuva 21. Kasvilajien osuudet puna-apilakasvustossa typpilannoitustasoinnain ja niitoittain botanisointien perusteella kuiva-aineesta laskettuna vuonna 2023. Vasemmalla ensimmäisen ja oikealla toisen niiton tulokset.



Kuva 22. Kasvilajien osuudet timotein ja puna-apilan seoskasvustossa typpilannoitustasoinnain ja niitoittain botanisointien perusteella kuiva-aineesta laskettuna vuonna 2023. Vasemmalla ensimmäisen ja oikealla toisen niiton tulokset.

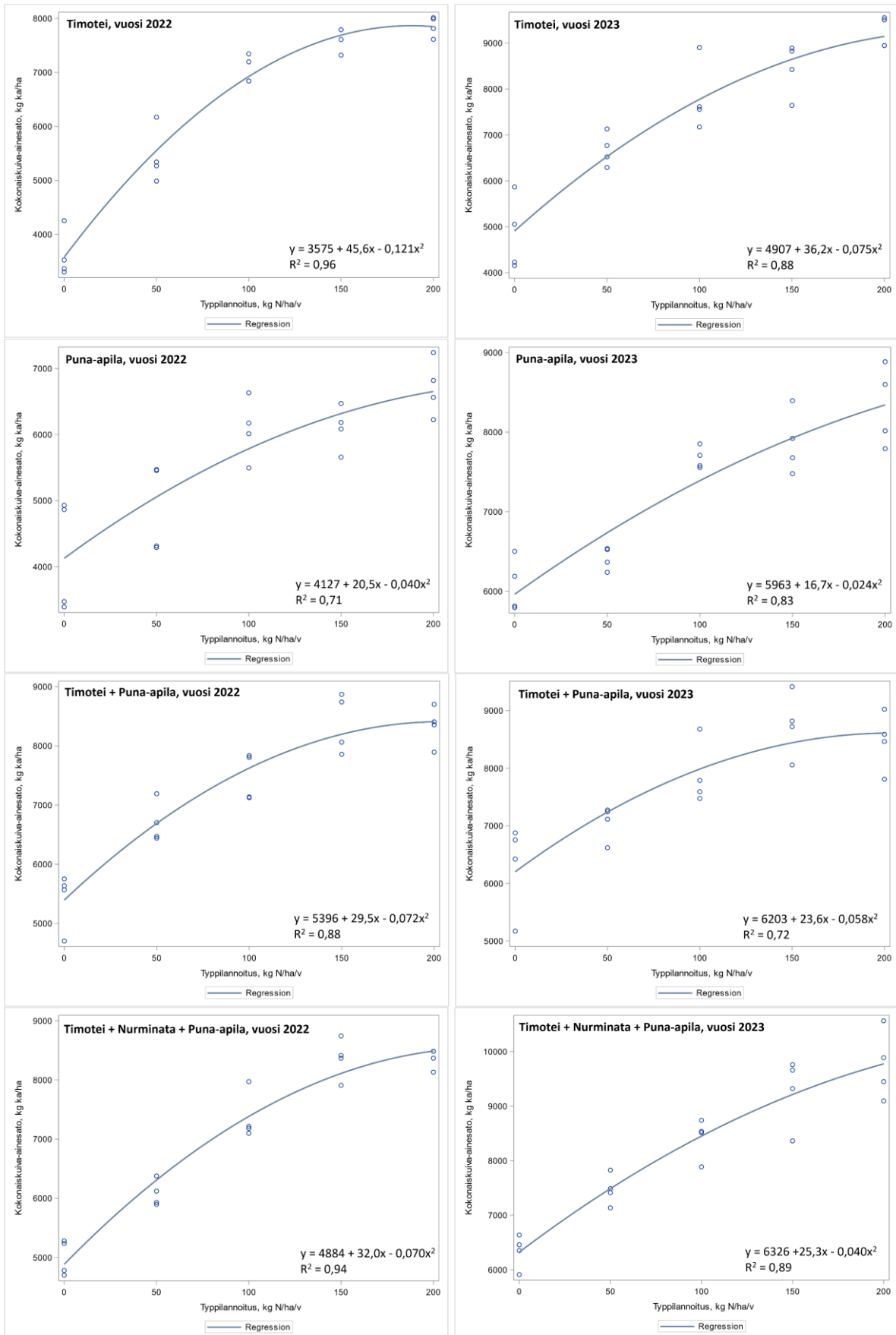


Kuva 23. Kasvilajien osuudet timotein, nurminadan ja puna-apilan seoskasvustossa typpilannoitustasoittain ja niitoittain botanisointien perusteella kuiva-aineesta laskettuna vuonna 2023. Vasemmalla ensimmäisen ja oikealla toisen niiton tulokset.

1.3.4. Typen hyväksikäyttö

Typpivaste

Kuvan 24 graafeissa on esitetty nurmen molempien satovuosien eri nurmikasvien kuiva-ainesadot typpilannoituksen funktiona (ns. typpivastekäyrä). Puna-apilan ($R^2 = 0,71$) regressioikäyrän selitysaste ensimmäisenä satovuotena ja puna-apilan ja timotein seoksen ($R^2 = 0,72$) selitysaste toisena satovuotena olivat melko alhaisia johtuen erityisesti kuiva-ainesatojen vaihtelusta typpilannoitustasojen sisällä. Taulukkoon 15 on koottu molempien nurmen satovuosien niittokohtaiset typpilannoituksen funktiot.



Kuva 24. Typpilannoitustason vaikutus eri nurmikasvustojen kuiva-ainesatoon nurmen kahden satovuonna 2022 ja 2023.

Taulukko 15. Nurmikasvustojen typpivasteet niittokerroittain nurmen kahtena satovuotena.

Vuosi 2022	Kuiva-ainesadon typpivaste	Selitysaste
Niitto 1		
Timotei	$2170 + 48.2 \times N - 0.265 \times N^2$	0,89
Puna-apila	$1299 + 25.3 \times N - 0.112 \times N^2$	0,58
Timotei + Puna-apila	$2283 + 48.2 \times N - 0.266 \times N^2$	0,89
Timotei + Nurminata + Puna-apila	$2207 + 44.7 \times N - 0.217 \times N^2$	0,98
Niitto 2		
Timotei	$1405 + 43.0 \times N - 0.220 \times N^2$	0.90
Puna-apila	$2829 + 15.8 \times N - 0.047 \times N^2$	0.60
Timotei + Puna-apila	$3113 + 10.9 \times N - 0.023 \times N^2$	0.61
Timotei + Nurminata + Puna-apila	$2677 + 19.3 \times N - 0.062 \times N^2$	0.67
Vuosi 2023	Kuiva-ainesadon typpivaste	Selitysaste
Niitto 1		
Timotei	$3600 + 36.4 \times N - 0.117 \times N^2$	0.70
Puna-apila	$4103 + 12.4 \times N - 0.003 \times N^2$	0.67
Timotei + Puna-apila	$4404 + 22.5 \times N - 0.120 \times N^2$	0.25
Timotei + Nurminata + Puna-apila	$4356 + 26.6 \times N - 0.071 \times N^2$	0.75
Niitto 2		
Timotei	$1307 + 35.9 \times N - 0.183 \times N^2$	0.86
Puna-apila	$1860 + 20.9 \times N - 0.098 \times N^2$	0.75
Timotei + Puna-apila	$1799 + 24.7 \times N - 0.112 \times N^2$	0.93
Timotei + Nurminata + Puna-apila	$1970 + 23.9 \times N - 0.089 \times N^2$	0.90

Raakavalkuaispitoisuus

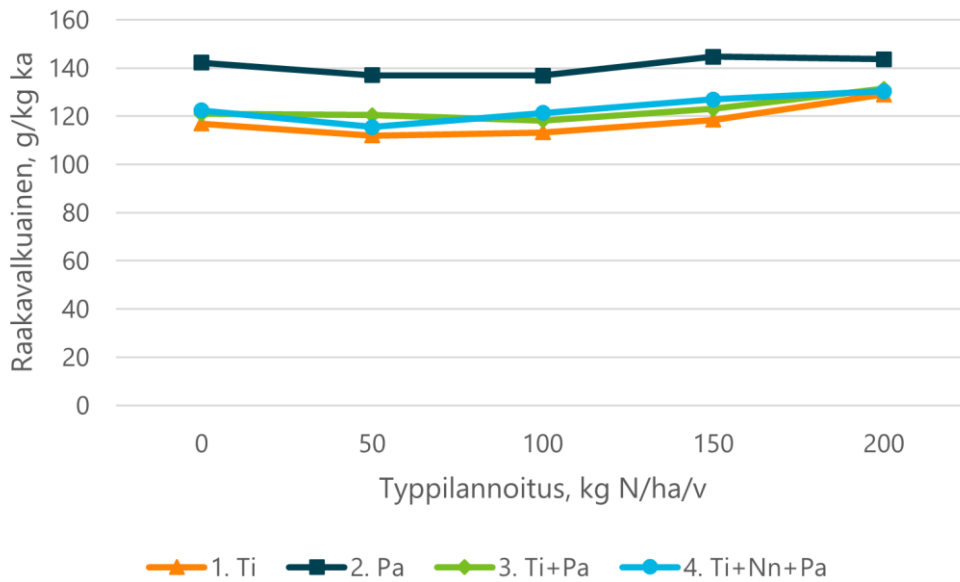
Typpilannoitus ja nurmikasvilaji vaikuttivat nurmen kuiva-ainesadon raakavalkuaispitoisuuteen ja siten myös sadon typpipitoisuuteen, joka laskettiin raakavalkuaispitoisuuden perusteella. Vaikutukset erosivat jonkin verran sekä niittojen että vuosien välillä.

Taulukoissa 10 ja 11 on esitetty vuoden 2022 nurmikasvustojen raakavalkuaispitoisuudet niittokerroittain. Nurmen ensimmäisenä satovuotena molemmat sadot huomioituna raakavalkuaispitoisuus vaihteli typpilannoitustasoittain tarkasteltuna välillä 111–138 g/kg ka ja nurmikasvien välillä 104–146 g/kg ka. Typpilannoitustasoittain tarkasteltuna nurmen ensimmäisenä satovuotena ensimmäisessä niitossa korkein raakavalkuaispitoisuus oli kahdella suurimmalla typpitasolla ($P < 0,05$). Näitä pienemmällä typpitasolla raakavalkuaispitoisuudessa ei ollut eroja. Toisessa niitossa typpilannoitus ei vaikuttanut raakavalkuaispitoisuuteen.

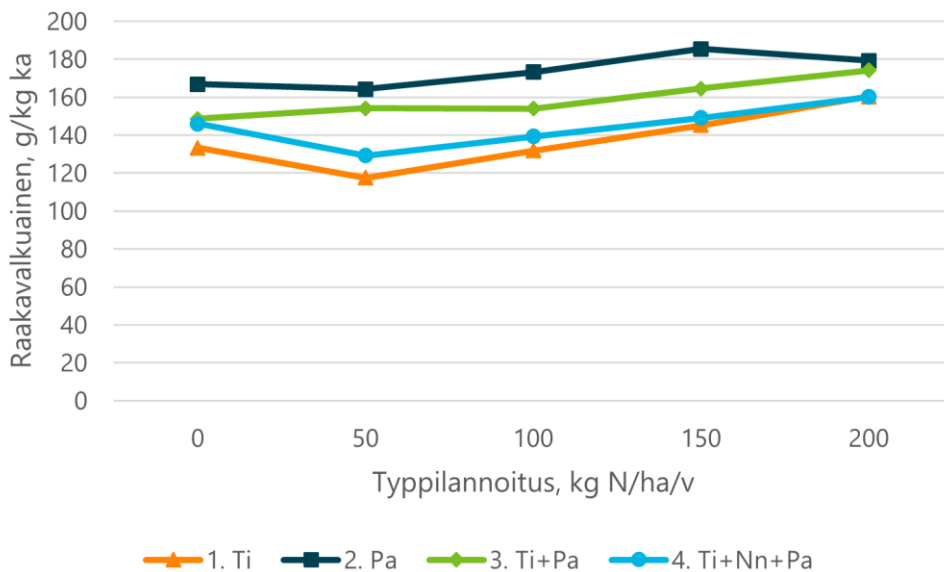
Taulukoissa 13 ja 14 on esitetty vuoden 2023 nurmikasvustojen raakavalkuaispitoisuudet niittokerroittain. Nurmen toisena satovuotena molemmat sadot huomioituna raakavalkuaispitoisuus vaihteli typpilannoitustasoittain tarkasteltuna välillä 124–195 g/kg ka ja nurmikasvien välillä 111–194 g/kg ka. Nurmen toisen satovuoden ensimmäisessä niitossa suurimmalla typpilannoitustasolla raakavalkuaispitoisuus oli korkeampi kuin kahdella pienimmällä typpilannoitustasolla ($P < 0,05$). Muiden typpilannoitustasojen välillä raakavalkuaispitoisuudessa ei ollut eroa. Toisessa niitossa korkein raakavalkuaispitoisuus oli kahdella suurimmalla typpilannoitustasolla ($P < 0,05$). Näitä pienemmällä typpilannoitustasolla raakavalkuaispitoisuudessa ei ollut eroja.

Nurmikasvien välisessä vertailussa merkittävää oli, että puna-apila lisäsi kasvustojen raakavalkuaispitoisuutta molempina vuosina (Kuvat 25 ja 26), vaikka sen osuus kasvustoissa oli hyvin

vaatimaton. Molempien vuosien ensimmäisessä sadossa puna-apilanurmen raakavalkuaispitoisuus oli muita suurempi ($P < 0,05$). Lisäksi molemmissa puna-apilaa sisältäneissä seoksissa raakavalkuaispitoisuus ensimmäisessä sadossa oli suurempi kuin puhtaalla timoteilla ($P < 0,05$). Toisessa sadossa ensimmäisenä vuonna nurmikasvien välillä ei ollut eroa raakavalkuaispitoisuudessa, mutta toisena vuonna puna-apilakasvuston raakavalkuaispitoisuus oli muita korkeampi ($P < 0,05$). Lisäksi kahden nurmilajin seoksessa raakavalkuaispitoisuus oli korkeampi kuin kolmen nurmilajin seoksessa ja timoteinurmessa ($P < 0,05$).



Kuva 25. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) raakavalkuaispitoisuus keskimäärin kokonaissadosta laskettuna eri typpilannoitustasoilla vuonna 2022.

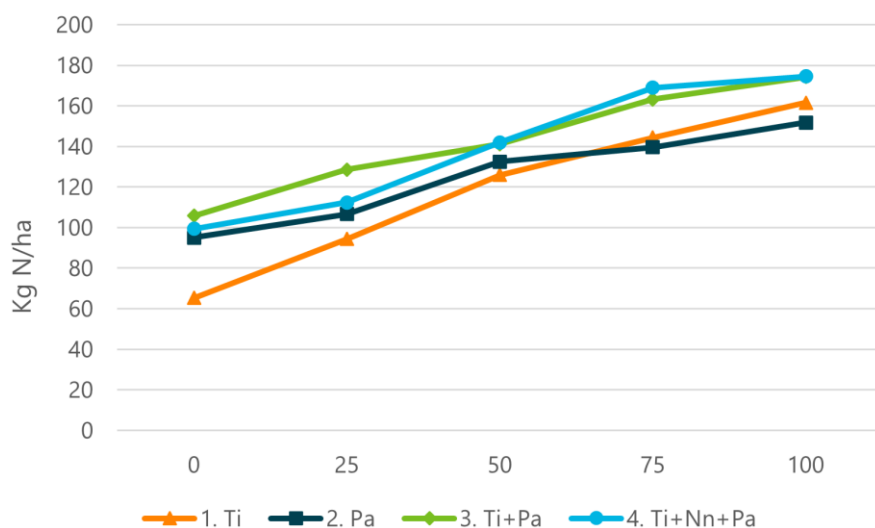


Kuva 26. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) raakavalkuaispitoisuus keskimäärin kokonaissadosta laskettuna eri typpilannoitustasoilla vuonna 2023.

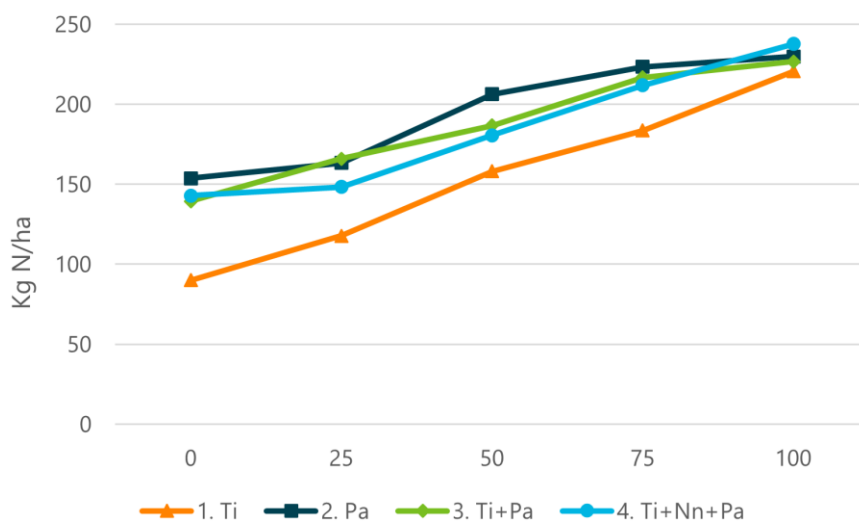
Typpisato

Typpisatoon vaikutti sekä nurmikasvuston raakavalkuaispitoisuus että kuiva-ainesato. Typpi-lannoitus lisäsi typpisadon määrää molempina vuosina (Taulukot 9 ja 12). Ensimmäisenä vuonna typpisato lisääntyi typpitasoon 150 kg N/ha/v saakka ($P < 0,05$) ja toisena vuotena suurimpaan typpitasoon saakka ($P < 0,05$).

Nurmikasvustojen välisessä vertailussa ensimmäisenä satovuotena nurmiseosten typpisadot olivat puhdaskasvustoja suuremmat ($P < 0,05$) (Kuva 27). Toisena satovuotena timotein typpisato oli muita pienempi ($P < 0,05$), kun taas apilaa sisältäneiden kasvustojen välillä ei ollut eroa (Kuva 28). Toisena satovuotena typpilannoitustason ja nurmikasvin välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus ($P < 0,05$). Timotein typpisato oli muita pienempi ($P < 0,05$) kaikilla muilla typpitasoilla paitsi suurimmalla, jolloin nurmikasvien välillä ei ollut eroa. Lisäksi typpitasolla 100 kg/ha/v timotein typpisato ei eronnut kolmen nurmikasvin seoksesta.



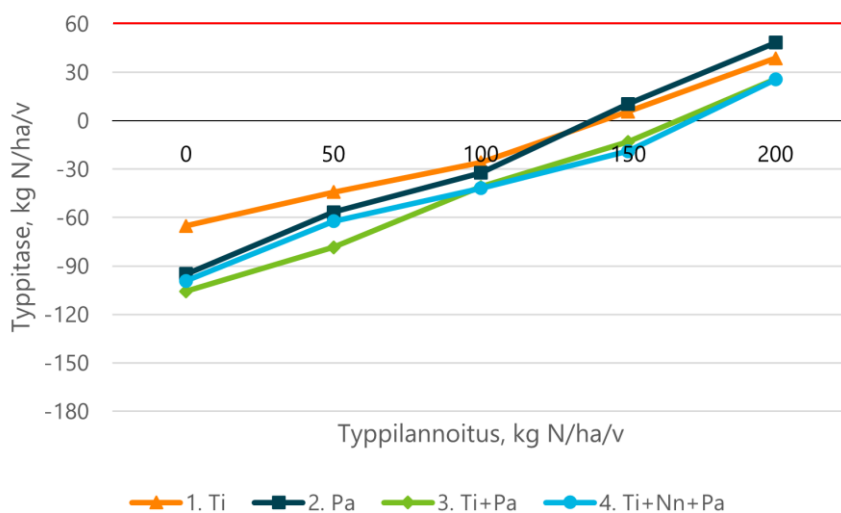
Kuva 27. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) kokonaistyppisadot vuonna 2022.



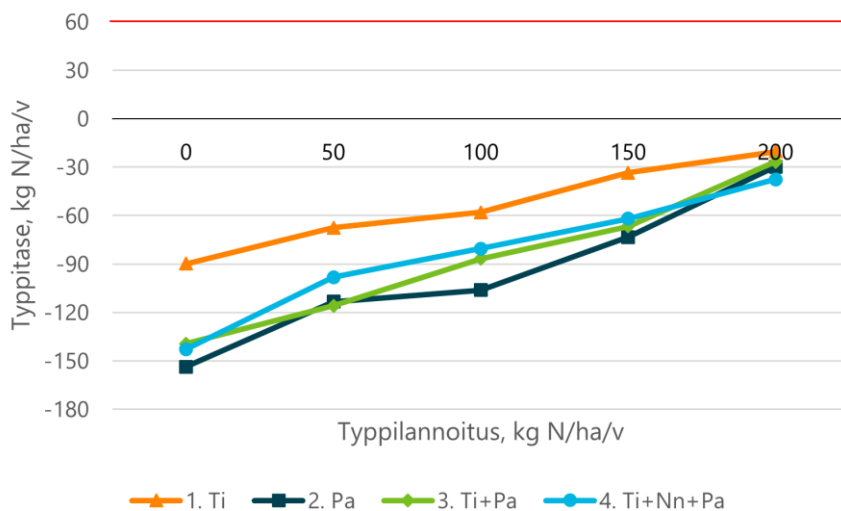
Kuva 28. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) kokonaistyppisadot vuonna 2023.

Typpitase

Typpilannoituksena annetun ja kokonaissadon mukana poistuneen typen välinen erotus, typpitase, oli negatiivinen nurmen ensimmäisen satovuoden kahta korkeinta typpitasoa lukuun ottamatta (Kuvat 29 ja 30). Nurmen ensimmäisenä satovuotena suurimmalla typpilannoitustasolla typpitase oli positiivinen kaikilla nurmikasveilla ja timoteilla ja puna-apilalla myös toiseksi suurimmalla typpitasolla. Nurmen toisena satovuotena typpitaseessa oli typpilannoitustason ja nurmikasvilajin välillä merkitsevä yhdysvaikutus ($P < 0,05$). Puhtaalla timoteikasvustolla typpilannoitustasoilla 0, 50 ja 150 kg N/ha/v typpilannoituksessa saadun ja sadon mukana poistuneen typen välinen erotus oli pienempi muihin nurmikasveihin verrattuna, mutta typpitasolla 100 kg N/ha timotein typpitase ei eronnut kolmen nurmikasvin seoksesta ja suurimmalla typpitasolla minkään kasvilajin välillä ei ollut eroa. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että puna-apilalle tyypillinen biologinen typensidonta ei ole laskelmassa mukana.



Kuva 29. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) typpitase vuonna 2022. Punainen viiva (+60 kg N/ha) kuvaa hyväksytyä typpitaseen maksimirajaa.



Kuva 30. Timotein (Ti), puna-apilan (Pa), timotei- ja puna-apilaseoksen (Ti+Pa) sekä timotei-, nurminata- ja puna-apilaseoksen (Ti+Nn+Pa) typpitase vuonna 2023. Punainen viiva (+60 kg N/ha) kuvaa hyväksytyä typpitaseen maksimirajaa.

Typpitase on tärkeä ympäristöindikaattori, jota voidaan hyödyntää mm. tarkasteltaessa viljelyn resurssitehokkuutta ja arvioitaessa typen huuhtoutumisriskiä (Turtola ym. 2017). Salon ym. (2013) mukaan hyväksyttävänä typpitaseen maksimirajana pidetään +60 kg N/ha. Tässä kokeessa millään lannoitustasolla ei ylletty typpitaseen maksimirajaan. Kokeessa ollut typpilannoituksen maksimitaso 200 kg N/ha/v oli nitraattidirektiivin sallimissa rajoissa. Tällä hetkellä nitraattidirektiivin mahdollistama maksimi typpilannoitusmäärä kivennäismailla viljeltäville nurmille on 250 kg N/ha/v (MMM, 2014). Uusimmissa nurmien typpilannoituskokeissa nurmen vuotuinen typpilannoitusmäärä on kuitenkin voinut olla 300–350 kg N/ha ennen kuin typpitaseen maksimiraja on tullut vastaan (Virkajärvi ym. 2018).

Negatiivinen typpitase tarkoittaa, että sadon mukana poistuu typpeä enemmän kuin mitä sitä on annettu typpilannoituksena. Typpilannoituksen lisääntyessä ero lannoituksen mukana annetun ja sadon mukana poistuneen typen määrässä kuitenkin tyypillisesti pienenee (Salo ym. 2013, Virkajärvi ym. 2018), mikä havaittiin myös tässä kokeessa. Tehokkaan typen hyväksikäytön taustalla on yleensä korkea sadontuotto. Typpilannoituksen lisääminen nostaa yleensä myös nurmisadon raakavalkuaispitoisuutta, mikä näkyi jossain määrin tässäkin kokeessa, mutta vaikutus ei ollut suoraviivainen.

Jos puna-apilan biologinen typensidonta olisi ollut laskelmassa mukana, se olisi mitä todennäköisimmin suurentanut jonkin verran puna-apilaa sisältäneiden kasvustojen typpitasetta. Todennäköisesti vaikutus olisi ollut kuitenkin melko pieni johtuen puna-apilan vähäisestä määrästä kasvustoissa. Aikaisempien tutkimusten perusteella puna-apilan typensidontapotentiaali on vaihdellut huomattavasti. Hehtaariohtainen vaihtelu vuositasolla on ollut 30–300 kiloa (Nesheim & Øyen 1994, Kristensen ym. 1995, Väisänen ym. 2000, Huss-Danell ym. 2007, Nykänen ym. 2008).

Maan epäorgaaninen typpi ja viljavuus

Kesän 2021 aloitusnäytteissä käsittelyjen välillä ei luonnollisesti ollut eroja (Taulukko 16). Ammoniakkitypen pitoisuus oli keskimäärin 3 mg/kg ja nitraattitypen 48 mg/kg. Nitraattitypen määrä oli kokeen alussa melko korkea, sillä esimerkiksi maan tilavuuspainon arvolla 1,1 kg/dm³ muunnettaessa nitraattitypen määrä hehtaaria kohden oli 105 kg. Syksyllä 2021 kokeen käsittelyt eivät aiheuttaneet tilastollisia eroja maan epäorgaanisen typen määriin. Ammoniumtypen määrän keskiarvo oli 3 mg/kg ja nitraattitypen 17 mg/kg. Hehtaaria kohden muunnettuna syksyllä 2021 ammoniumtyppeä oli 8 kg/ha ja nitraattityppeä 38 kg/ha. Perustamisvuoden ohran typpilannoitus oli matalahko 61 kg/ha ja yli 5 000 kg/ha kuiva-ainesadossa typpeä poistui arviolta noin 60 kg/ha. Perustetut ja tiheät nurmik kasvustot ottivat luultavasti myös hyvin maan epäorgaanista typpeä loppuvuoden 2021 aikana.

Syksyllä 2022, ensimmäisen nurmivuoden jälkeen, maan ammoniumtypen määrä oli hieman matalampi timoteikasvuston maaperässä, 2,8 mg/kg, verrattuna puna-apilan 3,1 mg/kg pitoisuuteen (Taulukko 16). Maan nitraattitypen pitoisuus oli myös alhaisempi timoteiruuduissa, 2,1 mg/kg, verrattuna puna-apilaruutuihin, 3,6 mg/kg. Vaikka nämä erot olivat tilastollisesti merkitseviä, hehtaaria kohti laskettuna erot ovat vain 4 kg nitraattityppeä. Puna-apilan typpeä maahan tuottava vaikutus erottui pienenä typpimäärän lisäyksenä, mutta kasvustot ottivat tehokkaasti maassa olevan epäorgaanisen typen, jolloin sekä typen määrät että pitoisuudet olivat hyvin alhaiset. Ilman typpilannoitusta kasvaneen timoteikasvuston maaperän epäorgaanisen typen pitoisuudet olivat kaikkein alhaisimmat.

Syksyn 2023 maanäytteissä timotei + puna-apilakasvustojen ruuduissa nitraattityppeä oli 21,5 mg/kg verrattuna kolmen kasvilajin ruutujen pitoisuuteen, 17,4 mg/kg (Taulukko 16). Tätä eroa selittää se, että timotein, nurminadan ja puna-apilan yhteiskasvusto tuotti vuoden 2023 toisessa sadossa parhaiten (Kuva 15) ja sen typenotto oli tällöin voimakkainta. Hehtaaria kohden laskettuna pitoisuuksien ero oli noin 9 kg/ha. Selvästi negatiiviset typpitaseet (Kuvat 29 ja 30) kertovat, että kasvustot ottivat epäorgaanista typpeä maasta tehokkaasti varsinkin 2022, jolloin epäorgaanista typpeä oli maassa syksyllä jäljellä hyvin vähän. Vuoden 2023 toinen sato oli jonkin verran edellistä vuotta heikompi, ja maan nitraattitypen keskiarvo nousi syksyn näytteessä 19 mg/kg:aan, joka vastaa nitraattitypen määrää 42 kg/ha.

Typpilannoituksen ja nurmikasvustojen vaikutukset maaperän ominaisuuksiin viljavuusanalyysien määritysten perusteella olivat vähäiset (Taulukko 17). Ainoat tilastolliset merkitsevät erot olivat viljavuuskaliumin pitoisuuksissa sekä typpilannoituksen että nurmikasvustojen seurauksena. Viljavuuskaliumin pitoisuus ilman typpilannoitusta oli 109 mg/l ja 74 mg/l korkeimmalla typpilannoitustasolla. Ilmeisesti typpilannoituksen tuottamien kohonneiden satojen mukana poistunut kalium ei korvautunut riittävästi lannoituksesta ja maan omista reserveista. Nurmikasvustojen osalta timotein, nurminadan ja puna-apilan seoskasvusto johti matalimpiin maan viljavuuskaliumin pitoisuuksiin.

Ruutukohtaiset muutokset kesän 2021 ja syksyn 2023 näytteiden välillä osoittivat lähes kaikissa viljavuusanalyysien mittareissa vähentymistä (Taulukko 18). Ainoastaan maan pH oli kaikissa käsittelyissä noussut noin 0,3 pH-yksikköä. Maan viljavuusfosfori oli alentunut kokeen aikana 3–4 mg/l, ja viljavuuskaliumin pitoisuus aleni 30–60 mg/l eri käsittelyissä. Tilastollisia eroja käsittelyiden välillä ei havaittu.

Taulukko 16. Maan epäorgaanisen typen pitoisuudet 0–20 cm kerroksessa 2021–2023 ja liukoisen orgaanisen typen pitoisuus 0–20 cm kerroksessa syksyllä 2023.

	Typpilannoitustaso, kg N/ha/vuosi						Nurmikasvi						P-arvot ⁶⁾		
	0	50	100	150	200	SEM ¹⁾	Ti ²⁾	Pa ³⁾	Ti+Pa ⁴⁾	Ti+Nn+Pa ⁵⁾	SEM	r ²	Lannoitus	Kasvilaji	Yhdys- vaikutus
Kesä 2021															
NH ₄ -N, mg/kg ka	2,9	3,0	3,0	3,1	2,8	0,3	3,0	2,9	3,1	3,0	0,2	0,49	0,609	0,671	0,823
NO ₃ -N, mg/kg ka	47,5	47,6	46,5	51,2	45,2	5,4	50,0	40,9	47,7	51,8	5,1	0,30	0,862	0,216	0,974
Epäorgaaninen N, mg/kg ka	50,4	50,6	49,5	54,3	48,0	5,4	53,0	43,7	50,8	54,8	5,1	0,30	0,849	0,218	0,979
Syksy 2021															
NH ₄ -N, mg/kg ka	3,2	3,2	3,4	3,6	3,8	0,3	3,4	3,5	3,7	3,1	0,3	0,32	0,900	0,326	0,896
NO ₃ -N, mg/kg ka	16,4	14,4	17,4	19,3	19,2	1,7	15,0	20,5	18,1	15,7	1,8	0,41	0,222	0,204	0,569
Epäorgaaninen N, mg/kg ka	19,6	17,6	20,8	22,9	23,0	1,8	18,5	24,0	21,8	18,8	1,8	0,38	0,190	0,177	0,653
Syksy 2022															
NH ₄ -N, mg/kg ka	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	0,1	2,8 ^a	3,1 ^b	2,8 ^{ab}	2,9 ^{ab}	0,1	0,40	0,844	0,033	0,245
NO ₃ -N, mg/kg ka	3,2	2,6	3,2	2,4	3,0	0,5	2,1 ^a	3,6 ^b	3,4 ^{ab}	2,4 ^{ab}	0,4	0,57	0,262	0,016	0,011
Epäorgaaninen N, mg/kg ka	6,1	5,5	6,1	5,2	5,9	0,4	4,9 ^a	6,7 ^b	6,2 ^{ab}	5,3 ^{ab}	0,4	0,55	0,350	0,012	0,007
Syksy 2023															
NH ₄ -N, mg/kg ka	1,3	1,2	1,2	0,9	0,8	0,1	1,2	1,1	0,9	1,2	0,1	0,36	0,041	0,080	0,841
NO ₃ -N, mg/kg ka	20,1	20,6	17,6	19,6	17,9	2,3	18,5 ^{ab}	19,3 ^{ab}	21,5 ^a	17,4 ^b	2,2	0,65	0,174	0,044	0,727
Epäorgaaninen N, mg/kg ka	21,3	21,8	18,7	20,6	18,7	2,3	19,7	20,4	22,3	18,6	2,3	0,65	0,157	0,069	0,722
Liukoinen orgaaninen N, mg/kg ka	6,8	6,8	7,0	6,7	7,0	1,3	6,4	7,1	7,1	6,8	1,3	0,80	0,946	0,375	0,116
Kokonais-N, mg/kg ka	28,1	28,6	25,8	27,2	25,7	1,8	26,1	27,5	29,5	25,3	1,7	0,46	0,278	0,070	0,846

¹⁾ Keskiarvon keskivirhe. ²⁾ Timotei. ³⁾ Puna-apila. ⁴⁾ Timotei+Puna-apila. ⁵⁾ Timotei+Nurminata+Puna-apila. ⁶⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferoni-testin perusteella (P<0,05).

Taulukko 17. Maan viljavuusanalyysin tulokset 0–20 cm kerroksessa kokeen alkaessa 2021 ja päättyessä syksyllä 2023.

	Typpilannoitustaso, kg N/ha/vuosi						Nurmikasvi						P-arvot ⁶⁾		
	0	50	100	150	200	SEM ¹⁾	Ti ²⁾	Pa ³⁾	Ti+Pa ⁴⁾	Ti+Nn+Pa ⁵⁾	SEM	r ²	Lannoitus	Kasvilaji	Yhdys- vaikutus
Kesä 2021															
Orgaaninen aines, %	8,1	8,1	8,3	8,4	8,2	0,7	8,3	8,2	8,3	8,0	0,7	0,85	0,718	0,404	0,666
pH	6,5	6,5	6,5	6,4	6,5	0,1	6,4	6,5	6,5	6,4	0,1	0,58	0,593	0,121	0,999
Johtoluku	3,0	2,8	3,0	3,0	2,8	0,2	2,9	2,7	3,0	3,0	0,2	0,28	0,859	0,497	0,603
Viljavuus-P, mg/l	20,8	20,3	21,1	21,6	20,9	2,0	21,3	20,0	21,2	21,4	2,0	0,77	0,913	0,702	0,310
Viljavuus-K, mg/l	144	134	131	136	136	11	140	127	148	130	12	0,63	0,903	0,500	0,788
Viljavuus-Ca, mg/l	1 763	1 756	1 781	1 800	1 800	87	1 765	1 800	1 795	1 760	86	0,78	0,616	0,571	0,346
Viljavuus-Mg, mg/l	151	151	156	155	153	8	153	150	158	153	8	0,66	0,758	0,621	0,115
Viljavuus-S, mg/l	21,2	20,6	21,8	22,4	20,3	2,1	20,9	20,6	22,6	20,9	2,0	0,65	0,398	0,359	0,693
KVK, cmol/kg	12,1	12,2	12,4	12,5	12,3	0,5	12,3	12,3	12,5	12,2	0,5	0,66	0,724	0,799	0,417
Syksy 2023															
Orgaaninen aines, %	8,0	8,1	8,0	8,2	8,2	0,6	8,0	8,3	8,3	7,8	0,6	0,84	0,913	0,093	0,399
pH	6,7	6,8	6,7	6,7	6,8	0,04	6,7	6,7	6,8	6,7	0,03	0,58	0,741	0,266	0,977
Johtoluku	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	0,06	1,7	1,8	1,8	1,7	0,06	0,57	0,015	0,037	0,253
Viljavuus-P, mg/l	17,5	18,1	17,0	16,6	17,2	1,5	17,5	17,4	17,2	17,1	1,4	0,68	0,528	0,936	0,370
Viljavuus-K, mg/l	109 ^a	104 ^{ab}	90 ^{bc}	80 ^{cd}	74 ^d	3	100 ^a	93 ^{ab}	94 ^a	79 ^b	3	0,67	<0,001	0,006	0,551
Viljavuus-Ca, mg/l	1 756	1 844	1 769	1 831	1 806	71	1 785	1 815	1 860	1 745	69	0,57	0,448	0,200	0,432
Viljavuus-Mg, mg/l	133	133	135	136	138	6	134	138	137	131	6	0,61	0,503	0,143	0,601
Viljavuus-S, mg/l	13,4	13,4	13,5	13,8	13,6	0,9	13,6	14,3	13,3	13	0,9	0,68	0,894	0,054	0,524
KVK, cmol/kg	11,3	11,6	11,4	11,8	11,4	0,4	11,4	11,8	11,8	11,1	0,4	0,62	0,408	0,094	0,158

¹⁾ Keskiarvon keskiarvo. ²⁾ Timotei. ³⁾ Puna-apila. ⁴⁾ Timotei+Puna-apila. ⁵⁾ Timotei+Nurminata+Puna-apila. ⁶⁾ Käsitteleykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

Taulukko 18. Maan viljavuusanalyysin tulosten muutokset 0–20 cm kerroksessa. Syksyn 2023 kokeen päättäneistä pitoisuuksista on vähennetty kesän 2021 aloitusnäytteiden pitoisuudet.

	Typpilannoitustaso, kg N/ha/vuosi						Nurmikasvi						P-arvot ⁶⁾		
	0	50	100	150	200	SEM ¹⁾	Ti ²⁾	Pa ³⁾	Ti+Pa ⁴⁾	Ti+Nn+Pa ⁵⁾	SEM	r ²	Lannoitus	Kasvilaji	Yhdys- vaikutus
Orgaaninen aines, %	-0,1	0,0	-0,3	-0,2	0,0	0,2	-0,3	0,0	-0,1	-0,2	0,13	0,56	0,730	0,110	0,098
pH	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,31	0,24	0,33	0,30	0,04	0,63	0,956	0,241	0,987
Johtoluku	-1,2	-1,0	-1,3	-1,3	-1,1	0,2	-1,2	-0,9	-1,2	-1,4	0,21	0,27	0,764	0,307	0,569
Viljavuus-P, mg/l	-3,3	-2,2	-4,1	-5,0	-3,8	1,3	-3,8	-2,6	-4,0	-4,3	0,92	0,04	0,621	0,503	0,905
Viljavuus-K, mg/l	-34,6	-30,5	-40,8	-55,9	-61,3	10,5	-40,3	-34,2	-53,5	-50,6	12,12	0,66	0,059	0,559	0,902
Viljavuus-Ca, mg/l	-6	88	-13	31	6	52	20	15	65	-15	43	0,15	0,612	0,516	0,838
Viljavuus-Mg, mg/l	-18	-19	-21	-19	-14	4	-19	-12	-21	-22	4	0,28	0,835	0,208	0,159
Viljavuus-S, mg/l	-7,8	-7,2	-8,3	-8,6	-6,7	1,3	-7,3	-6,3	-9,4	-7,9	1,3	0,51	0,456	0,119	0,585
KVK cmol/kg	-0,8	-0,6	-1,0	-0,7	-0,9	0,3	-0,9	-0,5	-0,8	-1,1	0,3	0,17	0,883	0,410	0,611

¹⁾ Keskiarvon keskivirhe. ²⁾ Timotei. ³⁾ Puna-apila. ⁴⁾ Timotei+Puna-apila. ⁵⁾ Timotei+Nurminata+Puna-apila. ⁶⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

1.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Yli kasvilajien tarkasteltuna typpilannoitus lisäsi molempina vuosina kokonaiskuiva-ainesatoja aina typpitasoon 150 kg/ha/v saakka. Yli typpilannoitustasojen tarkasteltuna seosnurmet lisäsivät kuiva-ainesatoa. Ensimmäisenä satovuotena nurmikasvien seoksilla oli suuremmat kuiva-ainesadot kuin puhtailla timoteilla ja puna-apilalla. Toisena satovuotena suurin kuiva-ainesato oli kolmen nurmikasvin seoksella ja kahden nurmikasvien seoksellakin sato oli pelkkään puna-apilaan verrattuna suurempi.

Typpilannoituksen lisääminen lisäsi pelkkään puna-apilaan verrattuna suhteessa enemmän puhtaan timotein ja nurmiseosten kuiva-ainesatoja. Ensimmäisenä nurmen satovuotena ilman typpilannoitusta puna-apilan ja timotein kuiva-ainesadot olivat nurmiseoksia pienemmät, kun taas toisena satovuotena puhtaan timotein sato oli apilaa sisältäneitä kasvustoja pienempi. Puna-apilan osalta tuloksia vääristää kuitenkin sen pieni osuus kasvustoissa. Verrattaessa nurmen satovuosia keskenään, kaikilla nurmikasveilla toisen satovuoden kokonaiskuiva-ainesato oli numeerisesti suurempi kuin ensimmäisenä vuonna.

Botanisointitulosten perusteella puna-apilan osuus nurmiseosten jälkisadoissa lisääntyi ensimmäisenä vuonna mutta väheni toisena vuonna. Molempina vuosina nurminadan osuus jälkisadossa lisääntyi huomattavasti ensimmäiseen niittoon verrattuna. Puhtaassa puna-apilakasvustossa apilan heikko selviytyminen lisäsi merkittävästi rikkakasvien määrää.

Molempina vuosina typen satovasteet nurmissa olivat paremmat ensimmäisessä kuin toisessa niitossa. Siten typpilannoituksessa kannattaa panostaa ykkössatoon. Lisäksi tyypillisesti toisen sadon typpilannoituksen pienentäminen suosii apilan kasvua. Selkeä trendi oli myös, että typpilannoitus vähensi apilan osuutta seoskasvustojen sadoissa molempina vuosina. Typpitase oli molempina vuosina kaikilla nurmikasveilla ja kaikilla typpitasoilla negatiivinen ensimmäisen vuoden korkeinta typpitasoa lukuun ottamatta. Lisäksi ensimmäisenä vuotena toiseksi korkeimmalla typpilannoitustasolla typpitase oli pelkällä puna-apilalla ja timoteilla positiivinen, mutta seoksilla negatiivinen. Negatiivinen typpitase tarkoitti sitä, että sadon mukana poistui typpeä enemmän kuin sitä oli annettu typpilannoituksena. Tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitava, että puna-apilalle tyypillinen biologinen typensidonta ei ollut laskelmassa mukana.

Maan epäorgaanisen typen pitoisuudet olivat sadonkorjuun jälkeen yleensä alhaisia. Kasvutot olivat käyttäneet tehokkaasti saatavilla olevaa typpeä. Syksyllä 2023 maan epäorgaanisen typen määrä oli jonkin verran noussut, jos toinen rehusato oli alhainen. Kahden vuoden nurmikierto alensi maan viljavuuden osalta merkittävästi vain maan kaliumpitoisuuksia.

Puna-apilan viljelyn yhtenä hankaluutena on sen talvenkestävyys ja toisaalta säilyminen nurmikasvustoissa. Puna-apilan osuus nurmikasvustossa puolestaan vaikuttaa typpilannoituksen tarpeeseen, minkä seurauksena apilaa sisältävien seoskasvustojen typpilannoitus on tasapainoilua eri nurmikasvien välillä. Tehdyssä kokeessa korostui apilan talvenkestävyyden merkitys. Siinä lajikevalinta on tärkeässä roolissa, jotta valitaan kyseiselle alueella parhaiten sopivat lajikkeet. Vaikka puna-apilan puhdasviljelyssä on monia etuja, niin tässä kokeessa apilan huono selviytyminen talvesta osoitti kuitenkin seoskasvustojen sadontuottovarmuuden. Lisäksi talvituhojen seurauksena rikkakasvit valtasivat nopeasti nurmen aukkopaikat, mikä korostaa aukkoisen nurmen täydennyskylvön merkitystä.

Viitteet

- Huss-Danell, K., Chaia, E. & Carlsson, G. 2007. N₂ fixation and nitrogen allocation to above and below ground plant parts in red clover-grasslands. *Plant and Soil* 29(9): 215–226.
- Kristensen, E.S., Høgh-Jensen, H. & Kristensen, I.S. 1995. A simple model for estimation of atmospherically-derived nitrogen in grass-clover systems. *Biological Agriculture & Horticulture* 12: 263–276.
- Laine, A., Högnäsbacka, M., Niskanen, M., Ohralahti, K., Jauhiainen, L., Kaseva, J. & Nikander, H. 2017. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2009–2016. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 1/2017. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-346-8>
- MMM. VnA 1250/2014. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141250>
- Mustonen, A., Kykkänen, S. & Korhonen, P. 2022. Kasvuolot ja lannoitus muuttavat apilanurmen satoa ja lajisuhteita. Julkaisussa: Kajava, S. (toim.). Tuotantovarmuutta nurmesta: VarmaNurmi-hankkeen (2019–2022) tuloraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 22/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 5–7.
- Nesheim, L. & Øyen, J. 1994. Nitrogen fixation by red clover (*Trifolium pratense* L.) grown in mixtures with timothy (*Phleum pratense* L.) at different levels of nitrogen fertilization. *Acta Agriculturae Scandinavica* 44: 28–34.
- Salo, T., Turtola, E., Virkajärvi, P., Saarijärvi, K., Kuisma, P., Tuomisto, J., Muurinen, S. & Turakainen, M. 2013. Nitrogen fertilizer rates, N balances and related risk of N leaching in Finnish agriculture. MTT report 102. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 37 s.
- Torsell, B., Eckersten, H., Kornher, A., Nyman, P. & Boström, U. 2007. Modelling carbon dynamics in mixed grass-red clover swards. *Agricultural Systems* 94: 273–280.
- Turtola, E., Salo, T., Miettinen, A., Iho, A., Valkama, E., Rankinen, K., Virkajärvi, P., Tuomisto, J., Sipilä, A., Muurinen, S., Turakainen, M., Lemola, R., Jauhiainen, L., Uusitalo, R., Grönroos, J., Mylly, M., Heikkinen, J., Merilaita, S., Cano Bernal, J., Savela, P., Kartio, M., Salopelto, J., Finér, A. & Jaakkola, M. 2017. Hyötyä taseista. Ravinnetaseiden tulkinta ympäristön ja viljelyn hyödyksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 15/2017. Luonnonvarakeskus. 70 s.
- Virkajärvi, P. 2004. Growth and utilization of timothy-meadow fescue pastures. Väitöskirja. Helsingin yliopisto. 56 s. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/f6a65530-5671-401d-ba6a-0b6e080ada37/content>
- Virkajärvi, P., Kykkänen, S., Hyrkäs, M., Korhonen, P., Hartikainen, M., Kärkönen, A., Toivakka, M. & Kauppila, R. 2018. Uudet typpilannoituskokeet haastavat vanhat käsitykset nurmien satovasteista. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedote nro 35. <https://journal.fi/smst/article/view/73230>
- Väisänen, J., Nykänen, A. & Granstedt, A. 2000. Estimation of biological nitrogen fixation in Finnish organic grass-lands. *Grassland Science in Europe* 5: 530–532

2. Keinoja puna-apilasäilörehun laadun varmistamiseksi

Marketta Rinne¹, Marcia Franco¹, Katariina Manni¹ ja Arto Huuskonen²

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Jokioinen

² Luonnonvarakeskus (Luke), Maaninka

Tiivistelmä

Puna-apila on yleisin Suomessa käytetty nurmipalkokasvi erityisesti sen hyvän satovarmuuden vuoksi. Silti senkin talvenkestävyydessä ja tasaisessa sadontuottokyvyssä on haasteita. Lisäksi puna-apila on seoskasvustoissa nurmiheiniä lyhytikäisempi. Nämä tekijät aiheuttavat vaihtelua rehuun, mikä vaikeuttaa rehun korjuuta, säilöntää ja suunnitelmallista ruokintaa. Puna-apilan ja nurmiheinien vaatimukset mm. typpilannoituksen ja korjuun rytmityksen osalta ovat varsin erilaiset ja seoskasvustoissa ne ovat aina kompromisseja. Yhtenä vaihtoehtona edellä mainittuihin haasteisiin voisi toimia kasvilajien viljely puhtaina kasvustoina ja säilöntä erillisiin siiloihin, jolloin seosrehuntekovaiheessa rehuannoksen resepti voidaan optimoida sitä syövien eläinten tarpeen mukaiseksi sekoittamalla eri rehukomponentteja halutussa suhteessa. Tässä tutkimuksessa keskityttiin puna-apilan säilönnälliseen laatuun, sillä puhtaiden puna-apilakasvustojen hyödyntämisen edellytyksenä on niiden säilymisen onnistuminen. Tutkittavia tekijöitä olivat kasvilaji (puhdas puna-apila, puhdas timotei ja niiden 1:1 seos), säilöntä tuoreena tai esikuivattuna ja eri säilöntäaineiden käyttö (kontrolli ilman säilöntäainetta, heterofermentatiivinen maitohappobakteeriympäristö sekä kolme muurahaishappopohjaista säilöntäainetta AIV2 Plus Na, AIV VIA ja AIV OIVA).

Sateisen korjuusään vuoksi molempien kasvilajien kuiva-ainepitoisuus tuoreena oli erittäin matala, keskimäärin 114 g/kg. Esikuivaus tasokuivurissa tuotti säilörehulle tyypilliset kuiva-ainepitoisuudet (keskimäärin 270 g/kg). Timotei muistutti koostumukseltaan puna-apilaa, sillä sen kuiva-aine- ja sokeripitoisuudet olivat matalat. Timotein lisääminen apilan joukkoon ei juurikaan parantanut säilöntäominaisuuksia puna-apilaan verrattuna, vaikka niin voisi olettaa käyvän. Sokereita oli niukasti kaikissa säilöttävissä raaka-aineissa, keskimäärin 49 g/kg ka. Säilönnän jälkeen sokereit olivat loppuun kaikista ilman muurahaishappopohjaista säilöntäainetta tehdyistä rehuista. Sokereista muodostuneiden käymishappojen avulla ei saavutettu niin matalaa pH:tä, että rehu saavuttaa mikrobiologisesti vakaan tilan. Märkien ilman säilöntäainetta tehtyjen rehujen pH:t olivatkin selvästi koholla (keskimäärin 4,8) ja etikkahappopitoisuudet erittäin korkeita, joten niiden säilönnällinen laatu oli huono. Esikuivaus ja happosäilöntäaine paransivat huomattavasti tilannetta, mutta kasvilajien väliset erot jäivät vähäisiksi. Tässä aineistossa määritetyt ilman säilöntäainetta tehdyt rehut lämpenivät keskimäärin 60 tunnissa siilojen avaamisen jälkeen, kun kaikki muut rehut olivat selvästi vakaampia, sillä niiden lämpenemisaika oli keskimäärin 202 tuntia.

Puna-apilan säilöntä onnistuu haastavissakin olosuhteissa, kun valitaan oikeat menetelmät. Puna-apilan luontaisesti matalan sokeripitoisuuden takia happosäilöntäaineiden käyttö varmistaa säilöntälaadun erityisesti, jos rehu jää märäksi. Käytännössä rehuntekoon ei ole syytä lähteä, jos olosuhteet ovat yhtä huonot kuin tässä kokeessa.

Asiasanat: Puna-apila, timotei, esikuivaus, säilöntäaine, maitohappobakteeriympäristö, muurahaishappo, etikkahappo, käymislaatu, aerobinen stabiilisuus

2.1. Puna-apilan potentiaali täysimääräisesti käyttöön

Nurmipalkokasvien viljely taantui, kun teolliset mineraalityppilannoitteet yleistyivät viime vuosisadan jälkipuoliskolla. Palkokasvien käytöllä on kuitenkin useita etuja, kuten typensidonta juurinysträbakteerien avulla, luonnon monimuotoisuuden ylläpitäminen ja hyvät ominaisuudet ruokinnassa. Lannoite- ja rehukustannusten nousu lisää palkokasvien kiinnostavuutta nykyisessä maailmantilanteessa.

Puna-apila on yleisin Suomessa käytetty nurmipalkokasvi erityisesti sen hyvän satovarmuuden vuoksi. Silti senkin talvenkestävyydessä ja tasaisessa sadontuottokyvyssä on haasteita eri korjuukerroilla, eri lohkoilla ja jopa lohkon eri osissa. Lisäksi puna-apila on seoskasvustoissa nurmiheiniä lyhytikäisempi. Nämä tekijät aiheuttavat hallitsematonta vaihtelua rehuun, mikä vaikeuttaa rehun korjuuta, säilöntää ja suunnitelmallista ruokintaa.

Puna-apilan ja nurmiheinien vaatimukset mm. typpilannoituksen ja korjuun rytmityksen osalta ovat varsin erilaiset ja seoskasvustoissa ne ovat aina kompromisseja. Yhtenä vaihtoehtona tilanteeseen voisi toimia kasvilajien viljely puhtaina kasvustoina ja säilöntä erillisiin siiloihin, jolloin seosrehuntekovaiheessa rehuannoksen resepti voidaan optimoida sitä syövien eläinten tarpeen mukaiseksi sekoittamalla eri rehukomponentteja halutussa suhteessa.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin puna-apilan säilönnälliseen laatuun, sillä puhtaiden puna-apilakasvustojen hyödyntämisen yksi keskeinen edellytys on niiden säilymisen onnistuminen. Tutkittavia tekijöitä olivat tärkeimmät käytännön toimintavaihtoehdot rehujen tuotannossa eli kasvilaji, esikuivaus ja eri säilöntäaineiden käyttö. Kokeen tuloksista on valmistunut maisterintutkielma (Pellinen 2022) ja niistä on julkaistu tieteellinen artikkeli (Rinne ym. 2023).

2.2. Kokeen suoritus

Kokeen tavoitteena oli selvittää, miten esikuivaus, timotein osuuden kasvattaminen ja säilöntäaineen käyttö vaikuttavat säilörehun laatuun. Kokeessa oli seuraavat tutkittavat tekijät:

- Kolme kasvilajia (puhdas puna-apila, puhdas timotei ja niiden 1:1 seos)
- Kaksi kuiva-ainetasoa (tuore ja esikuivattu)
- Viisi säilöntäainetta

Koemalli ei kuitenkaan ollut täydellinen, sillä osa säilöntäkäsittelyistä toteutettiin vain puhtaalla puna-apilalla. Kokeen tulokset analysoitiin Taulukon 1 mukaisesti kahdessa eri osassa. Puna-apilan ilman säilöntäainetta tehdyt ja AIV2 Plus Na -säilöntäaineella käsitellyt tulokset olivat mukana sekä kasvilajivertailussa (Taulukko 3) että säilöntäainevertailussa (Taulukko 4).

Taulukko 1. Koemalli ja kuvaus missä taulukoissa eri koetekijöiden tulokset on esitetty.

Kasvilaji	Kuiva-ainepitoisuus	Säilöntäainekäsittely				
		Kontrolli ¹⁾	FA1 ²⁾	FA2 ³⁾	FA3 ⁴⁾	HE ⁵⁾
Puna-apila	Matala	Taulukot 3 ja 4	Taulukot 3 ja 4	Taulukko 4	Taulukko 4	Taulukko 4
	Keskim.	Taulukot 3 ja 4	Taulukot 3 ja 4	Taulukko 4	Taulukko 4	Taulukko 4
Puna-apilan ja timotein 1:1 seos	Matala	Taulukko 3	Taulukko 3			
	Keskim.	Taulukko 3	Taulukko 3			
Timotei	Matala	Taulukko 3	Taulukko 3			
	Keskim.	Taulukko 3	Taulukko 3			

¹⁾ Ei säilöntäainetta.

²⁾ Muurahaishappopohjainen säilöntäaine, AIV2 Plus Na.

³⁾ Muurahaishappopohjainen säilöntäaine, AIV VIA.

⁴⁾ Muurahaishappopohjainen säilöntäaine, AIV OIVA.

⁵⁾ Heterofermentatiivinen maitohappobakteeri.

Kokeessa käytetyt nurmet kasvoivat Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen koetoiminta-alueella (64°66'N, 25°09'E). Puna-apila (lajike Selma) ja timotei (lajike Nuutti) viljeltiin puhtas-kasvustoina. Apilalohkon maalaji oli runsasmultainen karkea hieta ja timoteilohkon multamaa. Kesän ensimmäinen sato molemmilta lohkoilta korjattiin 23.6.2021 ja koerehut 56 kasvupäivän jälkeen 18.8.2021. Ensimmäisen sadon korjuun jälkeen apilalohko sai 22 kiloa ja timotei 66 kiloa tyypeä hehtaarille kasvuun lähdön vauhdittamiseksi. Lannoitteena käytettiin Yara Mila NK2. Kasvustot niitettiin maatilakokoluokan niittomurskaimella (Elho) ja korjattiin tarkkuussilppurilla (JF 900). Korjuuolosuhteet olivat valitettavan kosteat, joten raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus oli hyvin pieni eikä esikuivaus pelto-olosuhteissa ollut mahdollinen (Kuva 1). Koesuunnitelman mukainen ero kuiva-ainepitoisuuteen saatiin toteutettua kuivaamalla nurmiraaka-ainetta tasokuivurissa, johon puhallettiin lämmintä ilmaa.



Kuva 1. Puna-apilakasvusto juuri ennen korjuuta. Kuvat: Luke/Marketta Rinne.

Koesäilörehut tehtiin puhtaista puna-apila- ja timoteikasvustoista ja niiden seoksesta, jossa tuorepainon perusteella oli puolet molempia kasvilajeja. Säilöntäainekäsittelyjä oli viisi:

1. Kontrolli (KON), hanavesi
2. Heterofermentatiivinen maitohappobakteeri (LAB) (HE; Josilac® Combi, sisältäen *Lactobacillus buchneri* DSM22501 1k20738, *Lactobacillus kefir* DSM 19455 1k20742, *Lactobacillus plantarum* LSI NCIMB 30083 1k20736 ja *Pediococcus pentosaceus* P6 DSM 23688 1k20736; Josera GmbH, Kleinheubach, Saksa)
3. Muurahaishappopohjainen säilöntäaine 1 (FA1; AIV2 Plus Na, sisältäen 76 % FA ja 5,5 % natriumformiaatti; Eastman, Oulu, Suomi)
4. Muurahaishappopohjainen säilöntäaine 2 (FA2; AIV VIA, sisältäen 40 % FA, 10 % natriumformiaatti ja 17,5 % propionihappo; Eastman, Oulu, Suomi)
5. Muurahaishappopohjainen säilöntäaine 3 (FA3; ei-kaupallinen seos sisältäen 47,5 % FA, 22,5 natriumformiaatti, 10 % propionihappo ja 1,7 % natriumbentsoaatti – nykyisin saatavilla kauppanimellä AIV OIVA; Eastman, Oulu, Suomi)

Rehut säilöttiin ilmatiiviiksi vakuumimuovipussimenetelmällä. Ennen vakumointia säilöntäaine sekoitettiin huolellisesti kolmeen kilogrammaan nurmea. Säilöntäainekäsittelyn jälkeen nurmirehu jaettiin kahteen muovipussiin, jotka vakumoititiin teollisuuskäyttöön tarkoitetulla laitteella (Kuva 2). Yhteensä kokeessa valmistettiin 144 vakuumipussia rehua (Kuva 3), mutta saman käsittelyn rinnakkaiset pussit yhdistettiin analysejä varten yhdeksi näytteeksi.



Kuva 2. Nurmi pakattiin säilöntäaineen sekoittamisen jälkeen muovisiin vakuumipusseihin ja suljettiin ilmatiiviisti. Kuvat: Luke/Marketta Rinne.



Kuva 3. Valmiita rehunäytteitä vakuumikäsittelyn jälkeen. Kuva: Luke/Marketta Rinne

Pussit avattiin kolmen kuukauden säilytysajan jälkeen ja analysoitiin Luken laboratorion standardimenetelmin (Franco ym. 2022, Rinne ym. 2023).

Tulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen SAS-ohjelmiston MIXED-proseduuria. Tutkittavat tekijät (kasvilaji, kuiva-aine, säilöntäaine) olivat mallissa kiinteänä tekijänä ja rinnakkaiset havainnot satunnaistekijänä. Käsittelyjen eroja arvioitiin parittaisina vertailuina Tukeyn testillä. Lisäksi käsittelyjen vaikutuksia ja niiden yhdysvaikutuksia arvioitiin käyttäen kontrastikertoimia.

2.3. Tulokset ja niiden tarkastelu

Tuoreiden ja esikuivattujen apila- ja timotei-raaka-aineiden koostumus on esitetty Taulukossa 2. Korjuuolosuhteet olivat valitettavan kosteat, joten molempien kasvilajien kuiva-ainepitoisuus tuoreena oli erittäin matala. Esikuivaus tasokuivurissa onnistui kuitenkin hyvin ja pääsimme sen avulla säilörehulle tyypillisiin kuiva-ainepitoisuuksiin.

Taulukko 2. Kokeessa käytettyjen puna-apila- ja timoteiraaka-aineiden kuvailu.

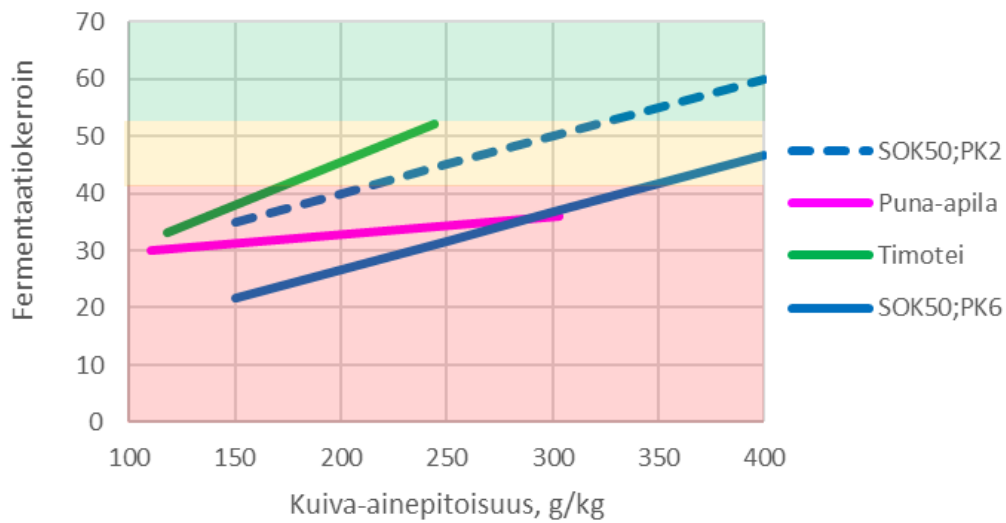
	Puna-apila		Timotei	
	Tuore	Esikuivattu	Tuore	Esikuivattu
Kuiva-aine (ka), g/kg	110	303	118	244
Puskurikapasiteetti, g maitohappoa/100 g ka	2,7	4,2	1,9	1,4
Fermentaatiokerroin	30	36	33	52
Koostumus, g/kg ka				
Tuhka	113	117	78	76
Raakavalkuainen	197	188	186	192
Nitraattityppi	0,2	0,2	1,1	1,2
Sokerit	64	32	50	50
Kuitu ¹⁾	360	377	607	613
D-arvo, g/kg ka	0,713	0,713	0,678	0,679
Mikrobiologinen laatu				
Hiivat, pesäkkeitä muodostavia yksiköitä (pmy)/g	8,0×10 ⁴	2,8×10 ⁵	3,2×10 ⁵	1,3×10 ⁵
Homeet, pmy/g	1,6×10 ⁵	2,1×10 ⁵	2,7×10 ⁵	5,6×10 ⁴
Maitohappobakteerit, pmy/g	7,9×10 ⁵	1,2×10 ⁶	8,2×10 ⁴	2,1×10 ⁵
Klostridi-itiöt, kpl/g	9,2	9,2	3,6	<3,0

¹⁾ Neutraalidetergenttimenetelmä

Esikuivaus myös nosti fermentaatiokerrointa, jonka avulla voi arvioida säilönnän onnistumista. Fermentaatiokerroin lasketaan raaka-aineen kuiva-aine- ja sokeripitoisuuksista sekä puskurikapasiteetista seuraavalla kaavalla (DLG 2020):

$$\text{Fermentaatiokerroin} = \text{ka (g/kg)} + 8 \times \text{sokerit (g/kg ka)} / \text{puskurikapasiteetti (g maitohappoa/100 g ka)}.$$

Fermentaatiokerroin kasvaa, kun raaka-aineen kuiva-aineen ja sokereiden pitoisuudet nousevat, mutta pienenee puskurikapasiteetin kasvaessa (Kuva 4). Puskurikapasiteetti kertoo siitä, kuinka iso happomäärä tarvitaan nurmimassan pH:n laskemiseen. Se määritetään lisäämällä nurmiraaka-aineesta uutettuun vesiliuokseen maitohappoa ja tulos on tarvittavan maitohapon määrä pH:n laskemiseksi arvoon 4. Fermentaatiokerrointa tulkitaan niin, että kun se on alle 35, rehu on vaikeasti säilöttävää, välillä 35–45 keskimääräistä ja kun fermentaatiokerroin on yli 45, raaka-aine on helposti säilöttävää.



Kuva 4. Kuiva-ainepitoisuuden vaikutus nurmiraaka-aineen fermentaatiokertoimeen tämän kokeen puna-apila- ja timoteiraaka-aineissa. Lisäksi mukana mallirehut, joiden sokeripitoisuus on 50 g/kg ka (SOK50) ja puskurikapasiteetti (PK) 2 (sininen katkoviiva) tai 6 (sininen viiva) g maitohappoa/100 g ka. Punainen alue kuvaa vaikeasti ja vihreä helposti säilöittäviä raaka-aineita, ja keltainen alue keskimääräisiä.

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty säilöntäkokeen tulokset. Taulukossa 3 on tulokset esikuivauksen ja muurahaishappopohjaisen säilöntäaineen vaikutuksesta puna-apilasta, timoteista ja niiden seoksesta tehtyjen säilörehujen laatuun. Taulukossa 4 on esikuivauksen ja kokeessa käytettyjen säilöntäaineiden vaikutus puna-apilasta tehtyjen säilörehujen laatuun.

Taulukko 3. Esikuivauksen ja muurahaishappopohjaisen säilöntäaineen vaikutus puna-apilasta, timoteista ja niiden seoksesta tehtyjen säilörehujen laatuun

Kasvilaji	Puna-apila				Seos				Timotei				SEM	P-arvo ¹⁾				
	Kuiva-aine (ka)		Esikuivattu		Tuore		Esikuivattu		Tuore		Esikuivattu			Kasvilaji	ka	Laji × ka	Aine	Aine × ka
	KON	FA1	KON	FA1	KON	FA1	KON	FA1	KON	FA1	KON	FA1						
Ka, g/kg	114 ^e	121 ^e	305 ^a	302 ^a	118 ^e	125 ^{de}	284 ^b	283 ^b	123 ^e	135 ^d	252 ^c	258 ^c	2,6	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002
pH	4,78 ^a	4,18 ^d	4,42 ^b	4,17 ^d	4,76 ^a	4,08 ^{ef}	4,30 ^c	4,05 ^{fg}	4,77 ^a	3,96 ^h	4,01 ^{fgh}	3,99 ^{gh}	0,020	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ammoniakki-N, g/kg N	72 ^{bc}	30 ^f	62 ^{cd}	44 ^{def}	95 ^b	59 ^{cd}	57 ^{cde}	34 ^{ef}	126 ^a	71 ^{bc}	53 ^{cdef}	31 ^f	5,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ka:ssa, g/kg																		
Sokerit	2 ^e	12 ^{cde}	3 ^e	12 ^{cde}	2 ^e	8 ^{de}	3 ^e	24 ^{bc}	2 ^e	5 ^e	4 ^e	44 ^a	3,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Etanoli	11 ^{bc}	8 ^{cd}	2 ^{ef}	3 ^{def}	15 ^{ab}	10 ^c	2 ^{ef}	4 ^{def}	15 ^{ab}	20 ^a	3 ^{def}	7 ^{cde}	0,9	<0,001	<0,001	<0,001	0,562	0,001
Maitohappo	36 ^{fgh}	54 ^{def}	99 ^a	60 ^{cde}	22 ^{hi}	72 ^{bcd}	88 ^{ab}	47 ^{efg}	9 ⁱ	56 ^{def}	83 ^{ab}	28 ^{ghi}	4,4	<0,001	<0,001	0,048	0,135	<0,001
Etikkahappo	78 ^a	19 ^{defg}	40 ^b	23 ^{de}	75 ^a	26 ^{cd}	32 ^{bc}	17 ^{efg}	75 ^a	21 ^{def}	20 ^{def}	10 ^g	2,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Propionihappo	8,6 ^{bc}	0,4 ^d	0,3 ^d	0,1 ^d	10,1 ^a	0,6 ^d	0,4 ^d	0,2 ^d	10,8 ^a	0,5 ^d	0,3 ^d	0,2 ^d	0,17	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Voihappo	0,1	1,6	0	0	0,2	1,3	0	0	0,1	1,1	0	0	0,40	0,640	0,001	0,690	0,005	0,004
Haihtuvat rasvahapot	87 ^a	22 ^{def}	41 ^b	23 ^{cdef}	85 ^a	28 ^{cde}	33 ^{bc}	17 ^{fg}	86 ^a	23 ^{cdef}	21 ^{ef}	11 ^g	2,2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Käymishapot	123 ^{ab}	76 ^{fgh}	140 ^a	83 ^{defgh}	107 ^{bcd}	100 ^{bcd}	120 ^{abc}	64 ^h	95 ^{cdefg}	79 ^{efgh}	104 ^{bode}	39 ⁱ	5,7	<0,001	0,086	<0,001	<0,001	<0,001
Käymistuotteet	134 ^{ab}	84 ^{efg}	142 ^a	86 ^{def}	122 ^{abc}	110 ^{bcd}	123 ^{abc}	68 ^{gh}	111 ^{bcd}	98 ^{cdef}	107 ^{cde}	45 ^h	6,0	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Maito- ja etikkahapon suhde	0,5 ^c	2,7 ^b	2,4 ^b	2,6 ^b	0,3 ^c	2,8 ^b	2,7 ^b	2,8 ^b	0,1 ^c	2,6 ^b	4,1 ^a	2,7 ^b	0,15	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aerobinen stabiilisuus, h	61 ^b	202 ^a	220 ^a	204 ^a	63 ^b	188 ^a	220 ^a	213 ^a	55 ^b	216 ^a	194 ^a	158 ^a	13,5	0,097	<0,001	0,022	<0,001	<0,001
Tappiot, g/kg alkup. ka	29 ^{bcd}	23 ^d	38 ^{ab}	34 ^{abc}	30 ^{abcd}	27 ^{cd}	40 ^a	35 ^{abc}	28 ^{bcd}	33 ^{abcd}	37 ^{abc}	36 ^{abc}	2,4	0,064	<0,001	0,192	0,069	0,361
Mikrobiologinen laatu, pesäkkeitä muodostavia yksiköitä/g																		
Hiivat	1,3×10 ²	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	8,8×10 ¹	5,0×10 ¹	8,8×10 ¹	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	8,8×10 ¹	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	3,3×10 ²	0,203	0,921	1,000	0,974	0,921
Homeet	8,8×10 ¹	2,2×10 ³	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	1,6×10 ²	8,8×10 ¹	8,8×10 ¹	8,8×10 ¹	1,8×10 ²	8,8×10 ¹	5,0×10 ¹	3,1×10 ²	5,6×10 ²	0,327	0,273	0,157	0,262	0,391

¹⁾ Kasvilaji = Lineaarisesti vähenevän puna-apilan osuuden vaikutus; ka = Kuiva-aineen vaikutus; Laji × ka = Kasvilajin ja kuiva-aineen yhdysvaikutus: Aine = KON vs. FA1; Aine × ka = Säilöntäaineen ja ka:n yhdysvaikutus. Samalla rivillä olevat keskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (P<0.05, Tukeyn testi).

²⁾ KON = kontrolli ilman säilöntäainelisäystä; FA1 = muurahaishappopohjainen AIV2 Na -säilöntäaine.

Taulukko 4. Esikuivauksen ja säilöntäaineiden vaikutus puna-apilasta tehtyjen säilörehujen laatuun.

Puna-apilan kuiva-aine (ka)	Tuore					Esikuivattu					SEM	P-arvo ¹⁾			
	Säilöntäaine ²⁾	KON	HE	FA1	FA2	FA3	KON	HE	FA1	FA2		FA3	Ka	Ei-FA vs. FA	Yhdysvaikutus
Ka, g/kg		114 ^b	113 ^b	121 ^b	127 ^b	121 ^b	305 ^a	303 ^a	302 ^a	297 ^a	305 ^a	2,9	<0,001	0,077	0,004
pH		4,78 ^b	4,91 ^a	4,18 ^d	4,03 ^e	4,12 ^{de}	4,42 ^c	4,43 ^c	4,17 ^d	4,15 ^d	4,13 ^d	0,020	<0,001	<0,001	<0,001
Ammoniakki-N, g/kg N		72 ^b	92 ^a	30 ^f	30 ^f	33 ^{ef}	62 ^{bc}	63 ^{bc}	44 ^{de}	49 ^{cd}	46 ^{de}	2,9	0,383	<0,001	<0,001
Ka:ssa, g/kg															
Sokerit		2 ^c	3 ^c	11 ^b	21 ^a	14 ^b	3 ^c	2 ^c	12 ^b	15 ^{ab}	14 ^b	1,5	0,206	<0,001	0,343
Etanoli		11 ^b	14 ^a	8 ^c	2 ^{de}	7 ^c	2 ^{de}	3 ^{de}	4 ^d	1 ^e	1 ^{de}	0,5	<0,001	<0,001	<0,001
Maitohappo		35 ^e	33 ^e	54 ^{de}	87 ^{ab}	65 ^{bcd}	99 ^a	85 ^{ab}	60 ^{cd}	78 ^{abc}	73 ^{bcd}	4,6	<0,001	0,043	<0,001
Etikkahappo		78 ^b	87 ^a	19 ^d	22 ^d	25 ^d	40 ^c	42 ^c	23 ^d	26 ^d	25 ^d	1,7	<0,001	<0,001	<0,001
Propionihappo		8,6 ^c	10,3 ^b	0,4 ^f	14,1 ^a	5,2 ^d	0,3 ^f	0,5 ^f	0,1 ^f	5,0 ^d	1,9 ^e	0,25	<0,001	0,007	<0,001
Voihappo		0,1 ^b	0,1 ^b	1,6 ^a	0,1 ^b	0,8 ^{ab}	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0,24	0,002	0,032	0,028
Haihtuvat rasvahapot		87 ^b	97 ^a	22 ^d	24 ^d	27 ^d	41 ^c	42 ^c	23 ^d	26 ^d	25 ^d	1,8	<0,001	<0,001	<0,001
Käymishapot		123 ^{abc}	131 ^{ab}	76 ^e	110 ^{bcd}	92 ^{de}	140 ^a	127 ^{ab}	83 ^{de}	105 ^{bcdde}	98 ^{cde}	6,0	0,302	<0,001	0,595
Käymistuotteet		134 ^{abc}	145 ^a	84 ^e	112 ^{bcdde}	99 ^{de}	142 ^{ab}	129 ^{abcd}	86 ^{ef}	106 ^{cde}	99 ^e	6,2	0,539	<0,001	0,778
Maito- ja etikkahapon suhde		0,5 ^d	0,4 ^d	2,7 ^{bc}	4,0 ^a	2,6 ^{bc}	2,5 ^{bc}	2,0 ^c	2,6 ^{bc}	3,0 ^b	3,0 ^b	0,14	<0,001	<0,001	<0,001
Aerobinen stabiilisuus, h		61 ^b	59 ^b	202 ^a	213 ^a	215 ^a	220 ^a	220 ^a	204 ^a	218 ^a	220 ^a	7,8	<0,001	<0,001	<0,001
Tappiot, g/kg alkup. ka		29 ^{bcd}	25 ^{cde}	23 ^{de}	20 ^e	19 ^e	38 ^a	37 ^a	34 ^{ab}	33 ^{ab}	31 ^{abc}	1,5	<0,001	<0,001	0,622
Mikrobiologinen laatu, pesäkkeitä muodostavia yksiköitä/g															
Hiivat		1,3×10 ²	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	8,8×10 ¹	1,3×10 ³	5,0×10 ¹	4,0×10 ²	0,341	0,449	0,369
Homeet		8,8×10 ¹	4,8×10 ²	2,2×10 ³	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	1,4×10 ²	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	5,0×10 ¹	6,9×10 ²	0,260	0,631	0,565

¹⁾ Ka = puna-apilan kuiva-ainepitoisuuden vaikutus; Ei-FA vs FA = KON ja HE verrattuna F1, F2 ja F3, Yhdysvaikutus = ka × Ei-FA vs FA. Samalla rivillä olevat keskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (P<0.05, Tukeyn testi).

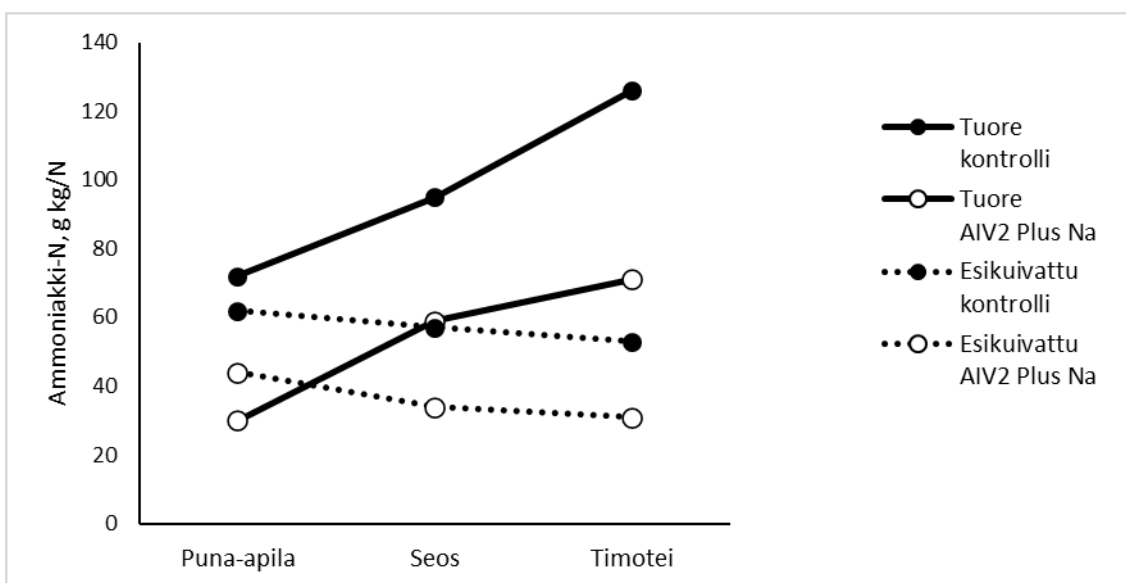
²⁾ KON = kontrolli ilman säilöntäainelisäystä; HE = heterofermentatiivinen maitohappobakteeriympäristö; FA1, FA2 ja FA3 = muurahaishappopohjaisia säilöntäaineita.

Tässä kokeessa käyttämämme timotei muistutti koostumukseltaan puna-apilaa siltä osin, että sen kuiva-ainepitoisuus ja sokeripitoisuus olivat tyypillistä timoteita matalammat ja ollen samaa suuruusluokkaa kuin apilan. Timotein lisääminen apilan joukkoon ei siis juurikaan parantanut säilöntäominaisuuksia puna-apilaan verrattuna, vaikka niin tyypillisesti voi olettaa käyvän.

Sokereita oli niukasti kaikissa säilöttävissä raaka-aineissa, keskimäärin 49 g/kg ka. Säilönnän jälkeen sokerit olivat kuluneet loppuun kaikista ilman säilöntäainetta tehdyistä rehuista. Mitä ilmeisimmin sokerit olivat loppuneet kesken eikä niistä muodostuneiden käymishappojen avulla saavutettu niin matalaa pH:ta, että rehu saavuttaa mikrobiologisesti vakaan tilan. Märkien ilman muurahaishappopohjaista säilöntäainetta tehtyjen rehujen pH:t olivatkin selvästi koholla (keskimäärin 4,8) ja etikkahappopitoisuudet erittäin korkeita, joten niiden säilönnällinen laatu oli huono. Esikuivaus ja happosäilöntäaine paransivat huomattavasti tilannetta, mutta kasvilajien väliset erot jäivät vähäisiksi, eli säilöntätulokset olivat samanlaiset eri kasvilajiyhdistelmillä.

Vaikka puna-apilan maine rehujen säilönnällisen laadun osalta ei ole kovin hyvä, tehdään puna-apilaa runsaastikin sisältävästä materiaalista kuitenkin hyvälaatuisia rehuja. Valion Artturi-analyyysien tilastoissa apilapitoiset rehut eivät pH:n ja haihtuvien rasvahappojen pitoisuuksien osalta poikkea heinäkasveista tehdyistä säilörehuista, ja ammoniakkitypen osuus kokonaistypestä on jopa matalampi kuin heinäkasvisäilörehujen.

Apilan pienempi valkuaisen hajoavuus niin siilossa kuin pötsissä liittyy sen sisältämään PPO-entsyymiin (polyfenolioksidaasi). Tässäkin kokeessa havaitsimme apilan heiniä vähäisemmän valkuaisen hajoamisen säilönnän aikana (Kuva 6). Myös happopitoisen säilöntäaineen käyttö ja esikuivaus vähensivät ammoniakkitypen osuutta kokonaistypestä. Havaitsimme myös yhdysvaikutuksia, sillä valkuaisen hajoaminen lisääntyi märissä rehuissa mutta väheni kuivissa, kun timotein osuus säilöttävästä materiaalista kasvoi. Toisaalta seoksen ammoniakkitypen pitoisuus oli lähes tismalleen molempien puhtaiden kasvustojen keskiarvo, eli puna-apilan PPO ei suojannut timotein valkuaisista hajoamiselta.



Kuva 5. Kasvilajin, kuiva-ainepitoisuuden ja muurahaishappopohjaisen säilöntäaineen (AIV2 Plus Na) vaikutus säilörehun ammoniakkitypen osuuteen kokonaistypestä.

Palkokasvina puna-apila ei ole riippuvainen typpilannoituksesta ja luontaisesti puna-apilan valkuaispitoisuus on korkeampi kuin nurmiheinien, vaikka pitoisuuksiin vaikuttavatkin viljelytekniset seikat, tärkeimpinä lannoitus ja korjuu-aika, sekä kasvuolosuhteet. Vaikka puna-apilan valkuaisen hajoaminen silossa ja pötsissä on vähäisempää kuin nurmiheinien, on nautojen typen hyväksikäyttö riippuvainen lähinnä raakavalkuaisen kokonaissaannista. Raakavalkuaisen yliruokintaa kannattaa välttää, sillä se huonontaa typen hyväksikäyttöä maidon- ja lihantuotannossa ja lisää ympäristökuormitusta. Toisaalta pötsimikrobit tarvitsevat typpeä mikrobivalkuaisen tuotantoon. Ruokinnansuunnittelussa kannattaa täsmätä rehuannos PVT-arvoa apuna käyttäen, ja raakavalkuaispitoisuudeltaan erilaisten rehuerien tuottaminen antaa tähän lisää mahdollisuuksia.

Rehujen jälkilämpeneminen siilon avaamisen jälkeen tuntuu yleistyneen viime aikoina ja voi aiheuttaa merkittäviä tappioita ja lisätyötä. Tässä aineistossa märät ilman säilöntäainetta tehdyt rehut lämpenivät keskimäärin 60 tunnissa siilojen avaamisen jälkeen, kun kaikki muut rehut olivat selvästi vakaampia, sillä niiden lämpenemisaika oli keskimäärin 202 tuntia. Nopeasti lämmenteissä rehuissa oli runsaasti etikkahappoa, mikä tuntuu hieman ristiriitaiselta, koska etikkahappo estää jälkilämpenemistä aiheuttavien hiivojen kasvua. Selitys löytyy näiden rehujen korkeasta pH:sta ja matalasta kuiva-ainepitoisuudesta, jolloin etikkahapon dissosioitumattoman muodon pitoisuus tuoreessa rehussa ei poikennut muiden rehujen arvoista.

Puna-apila on hyvä lisä nautojen ruokintaan, koska se vähentää rehuntuotannon lannoituskustannuksia ja lisää luonnon monimuotoisuutta. Haasteena kuitenkin on sen oikullisuus viljelyvarmuuden suhteen. Kunhan talvehtiminen ja sadontuotto onnistuvat, puhtaastakin puna-apilakasvustosta voi turvallisesti mielin tehdä säilörehua. Rehunteon peruseriaatteen täytyy kuitenkin pitää mielessä eli puhdas, riittävästi esikuivattu raaka-aine sekä riipä ja huolellinen siilon tiivistäminen ja peittäminen. Puna-apilan luontaisesti matalan sokeripitoisuuden takia happosäilöntäaineiden käyttö varmistaa säilöntälaadun erityisesti, jos rehu jää märäksi. Puristenesteiden erittyminen voi myös helpommin tulla esiin puna-apilapitoisissa rehuissa, joten jos rehu uhkaa jäädä märäksi, puristenesteen talteenottoon ja asianmukaiseen käsittelyyn on varauduttava.

2.4. Johtopäätökset

Puna-apilan säilöntä onnistuu haastavissakin olosuhteissa, kun valitaan oikeat menetelmät. Puna-apilan luontaisesti matalan sokeripitoisuuden takia happosäilöntäaineiden käyttö varmistaa säilöntälaadun erityisesti, jos rehu jää märäksi. Tämän kokeen märkä raaka-aine oli ankara testi, mutta se osoitti, että happopohjaisilla säilöntäaineilla voidaan pienentää huonojen säilöntäolosuhteiden aiheuttamaa haitallista vaikutusta rehun laatuun. Käytännössä rehuntekoon ei ole syytä lähteä, jos olosuhteet ovat yhtä huonot kuin tässä kokeessa.

Viitteet

DLG 2020. DLG Testing Guidelines for the award and use of the DLG Quality Mark for ensiling agents. DLG TestService GmbH.

Franco, M., Tapio, I., Pirttiniemi, J., Stefański, T., Jalava, T., Huuskonen, A. & Rinne, M. 2022. Fermentation quality and bacterial ecology of grass silage modulated by additive treatments, extent of compaction and soil contamination. *Fermentation* 8: 156. <https://doi.org/10.3390/fermentation8040156>

Pellinen, P. 2022. Eri menetelmät puna-apilan säilönnän optimoinnissa. Maisteritutkielma, Maataloustieteiden osasto, Helsingin yliopisto. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-202209233561>.

Rinne, M., Franco, M., Manni, K. & Huuskonen, A. 2023. Evaluating the effects of wilting, mixing with timothy and silage additive application on red clover silage quality. *Agricultural and Food Science* 32: 207-218. DOI: <https://doi.org/10.23986/afsci.13713>

3. Puna-apilasäilörehu kasvavien lihanautojen ruokinnassa

Arto Huuskonen¹, Sanna Hietala², Maiju Pesonen³ ja Katariina Manni⁴

¹ Luonnonvarakeskus, Maaninka

² Luonnonvarakeskus, Oulu

³ Luonnonvarakeskus, Ruukki

⁴ Luonnonvarakeskus, Jokioinen

Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää puna-apilasäilörehun tuotantovaikutuksia (syönti, kasvu, ruhon laatu) kasvavien sonnien ruokinnassa timoteisäilörehuun ja ohrakokoviljasäilörehuun verrattuna. Tutkimuksessa oli koe-eläiminä 50 simmental-sonnia ja 50 hereford-sonnia. Sonnit kasvatettiin viiden eläimen ryhmäkarsinoissa. Tutkimuksen alussa sonnit jaettiin rodun ja elopainon perusteella kahteen erikseen analysoitavaan ruokintakokeeseen. Ensimmäisessä ruokintakokeessa tutkittiin puna-apilasäilörehun tuotantovaikutusta suhteessa timoteisäilörehuun, ja kokeessa oli koekäsittelyinä kolme karkearehuvaihtoehtoa: 1) puna-apilasäilörehu, 2) puna-apila- ja timoteisäilörehujen seos (1:1) ja 3) timoteisäilörehu. Toisessa ruokintakokeessa tutkittiin puna-apilasäilörehun tuotantovaikutusta suhteessa ohrakokoviljasäilörehuun, ja kokeessa oli koekäsittelyinä kolme karkearehuvaihtoehtoa: 1) puna-apilasäilörehu, 2) puna-apila- ja ohrakokoviljasäilörehujen seos (1:1) ja 3) ohrakokoviljasäilörehu. Kaikki ruokinnat toteutettiin seosrehulla, jossa seoksen kuiva-ainesta 60 % oli säilörehua, 38,5 % litistettyä ohraa ja 1,5 % kivennäisvitamiiniseosta. Kokeessa 1 laskettiin tuotantotulosten lisäksi kokeen aikana tuotetun naudanlihan ilmastovaikutus sekä rehevöittävät ja happamoittavat päästöt.

Korjuuajan sateisen sään takia puna-apila- ja timoteisäilörehut olivat märkiä (kuiva-ainepitoisuudet 243 ja 235 g/kg puna-apila- ja timoteisäilörehuille). Koska sääolosuhteiden vuoksi rehuja ei voitu korjata haluttuna ajankohtana, niiden D-arvot jäivät tavoitetasoa (680–700 g/kg) matalammiksi (585 ja 641 g/kg ka puna-apila- ja timoteisäilörehuille). Lisäksi puna-apilan valkuaispitoisuus oli odotettua matalampi (135 g/kg ka). Ohrakokoviljasäilörehun rehuarvot edustivat melko tyypillisiä kokoviljasäilörehujen arvoja (D-arvo 626, raakavalkuainen 109 g/kg ka). Säilörehut olivat käymislaadultaan hyviä haastavista korjuuolosuhteista huolimatta.

Kokeessa 1 ruokinta ei vaikuttanut sonnien rehun syöntiin, kasvuun, teuraspainoon, teurasprosenttiin eikä ruhon lihakkuuteen. Sen sijaan puna-apilasäilörehun korvaaminen timoteisäilörehulla lisäsi hieman ruhojen rasvaisuutta. Puna-apilasäilörehun sisällyttäminen ruokintaan vähensi tuotetun naudanlihan ilmastovaikutusta ja rehevöittäviä päästöjä. Kokeessa 2 puna-apilasäilörehun korvaaminen ohrakokoviljasäilörehulla lisäsi sonnien rehun syöntiä ja energian saantia. Parhaat kasvut saavutettiin ruokinnalla, jossa oli puna-apilasäilörehua seoksena ohrakokoviljasäilörehun kanssa. Heikointa kasvu oli ruokinnalla, jossa ohrakokoviljasäilörehu oli ainoana karkearehuna. Puna-apilasäilörehun korvaaminen ohrakokoviljasäilörehulla ei vaikuttanut teuraspainoon, teurasprosenttiin tai ruhon lihakkuusluokkaan. Puna-apilan suurimmat edut lienevätkin naudanlihantuotannossa lunastettavissa peltoviljelyn kautta tyypilannoituksen tarpeen vähenemisen ja viljelykierron monipuolistumisen kautta.

Asiasanat: naudanlihantuotanto, ruokinta, säilörehu, puna-apila, kokoviljasäilörehu, kasvu, ruhon laatu, ympäristövaikutukset

3.1. Johdanto

Nurmikasveihin perustuva naudanhantuotanto on tärkeä osa kestävästä maataloudesta, koska naudat pystyvät muuntamaan ihmisravinnoksi soveltumatonta kasvien solunseinämäkuitua korkealaatuisiksi ruoaksi (Godfray ym. 2010). Keski- ja Pohjois-Suomessa ilmasto-olosuhteet rajoittavat ihmisravintemukseen soveltuvien kasvien viljelyä, mutta suosivat nurmen viljelyä. Nurmikasvit puolestaan ovat erityisen tärkeitä nautakarjan ravinnontarpeen täyttämiseksi. Vaikka Suomessa nurmenviljelyssä käytetään pääasiassa erilaisia heinäkasveja, kuten timotei (*Phleum pratense*), nurminata (*Festuca pratensis*) ja ruokonata (*Festuca arundinacea*), nurmi-palkokasveilla, erityisesti apilalla, voi olla tulevaisuudessa yhä merkittävämpi rooli, koska ne pystyvät sitomaan ilmakehän typpeä symbioottisten *Rhizobium*-bakteerien avulla (Rinne ym. 2023). Pohjoismaissa puna-apila (*Trifolium pratense*) on eniten käytetty nurmipalkokasvi, koska se on talvenkestävä ja pystyy sitomaan ilmakehän typpeä myös ankarissa ympäristö-olosuhteissa (Carlsson ja Huss-Danell 2003).

Pohjois-Pohjanmaan nautakarjatilojen erityispiirteenä on eloperäisten maiden ja happamien sulfaattimaiden merkittävä osuus peltopinta-alasta. Typpirikkaiden eloperäisten maiden osalta palkokasvien viljelyn hyödyt eivät ole yhtä selviä kuin kivennäismailla. Perinteisesti nautakarjatiloilta on suositeltu nurmipalkokasvien viljelyä seoksena nurmiheinäkasvien kanssa (ks. Manni ym. 2025). Tätä on perusteltu parantuneella viljelyvarmuudella, tautiriskien vähenemisellä ja typen hyväksikäytön tehostumisella puhtaisiin palkokasvikasvustoihin verrattuna. Pohjois-Pohjanmaalla viljelyssä tarvittavien ravinteiden käyttö tilamittakaavassa voisi kuitenkin olla optimaalisempaa, jos nurmipalkokasveja viljeltäisiin puhtaina kasvustoina kivennäismailla ja eloperäiset maat käytettäisiin nurmiheinäkasvien viljelyyn. Tämä mahdollistaisi myös tarkemman nurmen korjuuajankohdan optimoinnin. Ruokinnan kannalta edellytyksenä kuitenkin on, että puhdaskasvustot varastoidaan omina rehuvarastoinaan, mikä edistää niiden suunnitelmallista käyttöä ruokinnassa. Lihanautatiloilla on yleisesti käytössä seosrehuruokinta, jolloin ruokinnassa eri säilörehuja voidaan sekoittaa halutussa suhteessa ja palkokasvien osuutta ruokinnassa voidaan säätää helpommin kuin pellolla tapahtuvan seosviljelyn kautta.

Seosviljelyn yhtenä haasteena on, että nurmipalkokasvien kasvurytmi eroaa heinäkasveista. Esimerkiksi timoteille, jonka kasvurytmiä ohjailee ensisijaisesti päivän pituus, on tyypillistä alkukesäpainotteinen voimakas kasvu, jolloin hehtaarille saattaa kertyä kuiva-ainemassaa jopa 240 kg/vrk (Virkajärvi 2004). Kasvukauden edetessä ja päivänpituuden lyhetessä timotein kasvu kuitenkin hiipuu ollen syyskesällä enää vain muutamia kymmeniä kuiva-ainekiloja/vrk. Nurmipalkokasveista esimerkiksi apilat käyttäytyvät kasvurytminsä osalta nurmiheinäkasveihin verrattuna päinvastoin, sillä niiden kasvu painottuu ensisijaisesti keski- ja syyskesälle. Tämä luontainen kasvurytmien vaihtelu aiheuttaa kasvilajijakaumaltaan vaihtelevia nurmikasvustoja eri korjuukertojen seosnurmiin satoiin. Vuosittaiset kasvurytmistä johtuvat muutokset voivat heijastua myös myöhemmille satovuosille, jos dominoivassa asemassa olevat kasvit tukahduttavat kasvullaan ympärillään olevia kasveja. Tällaisessa tilanteessa kasvustot alkavat muuttua pysyvästi kasvilajisuhteidensa osalta tiettyyn suuntaan ja saattavat aukkoontua.

Seoskasvustoissa kasvilajisuhteiden voimakas muutos ja eri kasvilajien kasvurytmien erot aiheuttavat väistämättä muutoksia myös sadon koostumukseen ja laadullisiin ominaisuuksiin, vaikka määrällisesti satoa saataisiinkin saman verran eri korjuukerroilla. Tämän seurauksena korjuuhetken määrittämisessä joudutaan usein tyytymään kompromissiin. Lisäksi kasvityyppien jakauman muutokset lohkon sisällä ja eri satojen välillä tarkoittavat lähes väistämättä

myös sitä, että säilörehun tasalaatuisuus sekä ruokinnan ennakoitavuus ja suunniteltavuus häiriintyvät, kun rehuanalyysitiedot eivät välttämättä kuvaa syötössä olevaa rehua.

Nurmiheinäkasvien ja puna-apilan lisäksi erilaiset kokoviljasäilörehut soveltuvat hyvin kasvavien nautojen ruokintaan (Keady ym. 2013, Huuskonen ym. 2020). Kokoviljasäilörehut sisältävät yleensä vähemmän raakavalkuaista kuin apila- ja nurmiheinäkasvisäilörehut. Puna-apila- ja kokoviljasäilörehun seos voisi olla yksi vaihtoehto optimoida typen käyttöä ruokinnassa, koska kasvavilla naudoilla palkokasvipitoisen säilörehun käyttö ainoana karkearehuna voi nostaa ruokinnan valkuaispitoisuuden tarpeettoman korkealle tasolle. Tällöin ylimääräinen valkuainen eritetään typpenä ulosteiden, erityisesti virtsan, mukana mikä lisää ympäristökuormitusta (Huuskonen ym. 2014).

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää puna-apilan käyttöä sonnien ruokinnassa joko ainoana karkearehuna tai seoksena timotei- tai ohrakokoviljasäilörehun kanssa. Ruokintakokeissa tutkittiin erilaisten karkearehujen ja karkearehuyhdistelmien vaikutuksia loppukasvatettavien sonnien rehun syöntiin, kasvuun ja ruhon laatuun. Lisäksi mallinnettiin ruokintojen ilmastovaiikutuksia sekä happamoittavia ja rehevöittäviä päästöjä.

3.2. Aineisto ja menetelmät

3.2.1. Koepaikka ja eläimet

Ruokintakokeet suoritettiin Luke Ruukin toimipisteen tutkimuspihatossa, jonne hankittiin vuoden 2021 loka-marraskuussa 50 kpl hereford-rotuisia (hf) ja 50 kpl simmental-rotuisia (si) sonnivasikoita. Eläimet hankittiin yksityisiltä emolehmätiloilta A-Tuottajat Oy:n eläinvälityksen kautta. Tässä raportoitavat ruokintakokeet aloitettiin 3.1.2022. Kokeiden alussa hf-sonnit painoivat keskimäärin 370 ($\pm 37,7$) kg ja si-sonnit vastaavasti 437 ($\pm 54,4$) kg.

Sonnit kasvatettiin viiden eläimen ryhmäkarsinoissa, joiden pituus oli 10 m ja leveys 5 m. Karsinassa oli siten tilaa 10 m² eläintä kohden. Karsina-alue muodostui lantakäytävästä ja kuivite-
tusta makuualueesta. Makuualueen koko oli 5 × 5 m, jolloin eläintä kohti oli 5 m² kuivitettua makuualueetta. Lantakäytävät tyhjennettiin kokeen aikana keskimäärin kaksi kertaa viikossa, ja samalla lisättiin kuiviketta makuualueelle (turvetta kerran ja olkea kaksi kertaa viikossa). Makuualueet tyhjennettiin talvella kahden kuukauden ja kesällä kolmen kuukauden välein.

3.2.2. Koeruokinnat

Tutkimuksen alussa sonnit jaettiin rodun ja elopainon perusteella kahteen erikseen analysoitavaan ruokintakokeeseen. Ensimmäisessä ruokintakokeessa tutkittiin puna-apilasäilörehun tuotantovaikutuksia suhteessa timoteisäilörehuun, ja kokeessa oli kolme erilaista koeruokintaa:

1. Seosrehu, jonka kuiva-aineesta 60 % oli puna-apilasäilörehua, 38,5 % litistettyä ohraa ja 1,5 % kivennäistä
2. Seosrehu, jonka kuiva-aineesta 30 % oli puna-apilasäilörehua, 30 % timoteisäilörehua, 38,5 % litistettyä ohraa ja 1,5 % kivennäistä
3. Seosrehu, jonka kuiva-aineesta 60 % oli timoteisäilörehua ja 38,5 % litistettyä ohraa ja 1,5 % kivennäistä.

Toisessa ruokintakokeessa tutkittiin puna-apilasäilörehun tuotantovaikutuksia ohrakokoviljasäilörehuun. Koeruokinnat olivat:

1. Seosrehu, jonka kuiva-aineesta 60 % oli puna-apilasäilörehua ja 38,5 % litistettyä ohraa ja 1,5 % kivennäistä
2. Seosrehu, jonka kuiva-aineesta 30 % oli puna-apilasäilörehua, 30 % ohrakokoviljasäilörehua, 38,5 % litistettyä ohraa ja 1,5 % kivennäistä
3. Seosrehu, jonka kuiva-aineesta 60 % oli ohrakokoviljasäilörehua ja 38,5 % litistettyä ohraa ja 1,5 % kivennäistä

Puna-apilasäilörehuun perustuva ruokinta toimi kontrollikäsitteilynä molemmissa ruokintakokeissa. Kaikkiin ruokintoihin sisällytettiin A-Rehun Kasvuape E-Hiven kivennäistä eläinten kivennäisten ja hivenaineiden sekä vitamiinien saannin varmistamiseksi. Vettä kaikki eläimet saivat vapaasti juomakupeista, joita oli yksi kappale jokaisessa karsinassa. Kullakin koeruokinnalla oli yhteensä 10 hf-rotuista ja 10 si-rotuista sonnia eli yhteensä neljä viiden eläimen karsinaa.

Koesuunnitelman mukaiset seosrehut valmistettiin seosrehuvaunulla (Trioliet, 10 m³), josta rehu jaettiin ruokintakaukaloihin. Jokaisessa karsinassa oli kaksi ruokintakaukaloa, jotka mahdollistivat yksilökohtaisen rehun kulutuksen seurannan (eläinten automaattinen tunnistus elektronisten korvamerkkien kautta). Eläimet saivat tutkimussuunnitelman mukaista seosrehua vapaasti eli ruokintakaukaloissa oli rehua jatkuvasti tarjolla. Ruokintakaukalot tyhjennettiin vanhasta rehusta kesäkauden aikana kerran päivässä ja talvikauden aikana noin kaksi kertaa viikossa.

3.2.3. Koerehut

Kokeessa käytetty puna-apilalajike oli Selma, ja säilörehu korjattiin ensimmäisen satovuoden apilakasvustosta useammalta eri kasvulohkolta. Kokeen aikana käytettiin sekä ensimmäisen että toisen korjuukerran säilörehuja. Nurmisäilörehu korjattiin niin ikään kahdella eri korjuukerralla timoteikasvustosta, jossa lajikkeena oli Nuutti. Sekä timotei- että puna-apilakasvustot niitettiin niittomurskaimella ja korjattiin ajosilppurilla.

Ohrakokoviljasäilörehun lajikkeena oli Wolmari. Ohrakokoviljasäilörehu korjattiin kasvuston taikinatuulentumisvaiheessa pystykasvustosta suoraniittopäällä varustetulla ajosilppurilla. Kasvuston niittokorkeus oli noin 10 cm. Säilöntäaineena kaikilla säilörehuilla oli muurahaishappopohjainen AIV Ässä, jota annosteltiin kuusi litraa tonnille tuoretta ruohoa. Säilörehut varastoitettiin laakasiiloihin.

Väkirehuna käytetty ohra puitiin leikkuupuimurilla, kuivattiin noin 13 % kosteuspitoisuuteen, varastoitettiin kokonaisina jyvinä ja litistettiin ennen ruokintaa.

3.2.4. Rehunäytteiden otto, esikäsitteily ja analysointi

Säilörehuista kerättiin seosrehun teon yhteydessä näytteitä. Säilörehunäytteet varastoitettiin pakastimessa -20 °C lämpötilassa. Kerätyt osanäytteet yhdistettiin ruokintajaksoittaisiksi analyysinäytteiksi. Yhden ruokintajakson kesto oli keskimäärin 28 vuorokautta. Ohraväkirehun ja kivennäis-vitamiiniseoksen analyysinäytteenä käytettiin useamman ruokintajakson aikana kerätyistä osanäytteistä yhdistettyjä kokonaisnäytteitä. Rehujen kemiallinen koostumus

analysoitiin Luken laboratorioissa Jokioisilla, ja säilörehunäytteiden säilönnällinen laatu määritettiin Valio Oy:n laboratorioissa Seinäjoella.

Rehujen primäärinen kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa (105 °C, 20 h). Säilörehun kuiva-aine korjattiin Huidan ym. (1986) kuvaamalla menetelmällä haihtuvien yhdisteiden (maitohappo, haihtuvat rasvahapot ja ammoniakki) osalta. Tuhkapitoisuus saatiin polttamalla näyttettä (600 °C, 2 h). Raakavalkuaisen määrittämisessä käytettiin Dumas-typin typpianalysointilaitetta (Leco FP-428 N Analyser, Leco Corporation, St. Joseph, MO, USA). Kuitu (NDF) määritettiin Van Soest'in ym. (1991) kuvaamalla tavalla. Säilörehun D-arvo (sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa) määritettiin Huhtasen ym. (2006) mukaisesti.

Säilörehun käymislaatu (pH, ammoniumtyppi, vesiliukoiset hiilihydraatit, haihtuvat rasvahapot ja maito- sekä muurahaishappo) määritettiin Valio Oy:ssä käytössä olevalla puristenesitetraukseen pohjautuvalla laatumäärittelyllä (Moisio & Heikonen 1989). Rehujen energia- ja valkuaisarvot laskettiin Rehutaulukoissa ja ruokintasuosituksissa (Luke 2025) kuvattulla tavalla. Säilörehujen syönti-indeksit laskettiin Huhtasen ym. (2007) mukaan rehuanalyysi-tulosten perusteella.

3.2.5. Koe-eläinten punnitukset, teurastus ja ruhon laatu

Sonnien kasvua seurattiin punnitsemalla eläimet kokeen alussa, kokeen aikana neljän viikon välein ja kokeen lopussa. Kokeen alussa ja lopussa eläimet punnittiin kahtena peräkkäisenä päivänä, ja punnitustuloksena käytettiin kahden punnituskerran keskiarvoa. Sonnien elopainon kasvu (päiväkasvu) laskettiin loppuelopainon ja kokeen alun elopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Tavoiteteuraspaino hf-sonneille oli 380 kg ja si-sonneille 430 kg. Ultraäänimittaukset suoritettiin teurastusta edeltävänä päivänä, ja tuolloin mitattiin pintarasvan paksuus, lihaksen sisäisen rasvan osuus, selkälihaksen paksuus ja selkälihaksen pinta-ala. Ultraäänimittaukset tehtiin Huuskosen ja Pesosen (2017) julkaisussa kuvatulla tavalla.

Sonnit teurastettiin Atria Oy:n Kauhajoen teurastamossa kahdessa eri teuraserässä. Teurastus tapahtui yleisten teurastuskäytäntöjen mukaan (Conroy ym. 2010). Nettokasvu laskettiin teuraspainon ja kokeen alun ruhopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Ruhopainona kokeen alussa käytettiin hf-sonneilla arviota elopaino \times 0,50 ja si-sonneilla elopaino \times 0,52. Teurasprosentti saatiin jakamalla eläimen ruhopaino kokeen lopun elopainolla ja kertomalla sadalla. Ruhon lihakuus määritettiin EUROP-luokituksella, jossa E tarkoittaa lihakuudeltaan erinomaista ja P lihakuudeltaan heikkoa ruhoa (Conroy ym. 2010). Luokkia oli kaiken kaikkiaan 15 (E+, E, E-, U+, U, U-, R+, R, R-, O+, O, O-, P+, P, P-). Tilastollista käsittelyä varten lihakuusluokat numeroitiin numeroilla 1–15, jossa 1 tarkoittaa huonointa (P-) ja 15 parasta (E+) lihakuusluokkaa. Rasvaluokitus tehtiin niin ikään 15-portaisella asteikolla, jossa 1- tarkoittaa erittäin vähärasvaista ja 5+ erittäin rasvaista ruhoa (Conroy ym. 2010). Tilastollista käsittelyä varten myös rasvaisuusluokat numeroitiin numeroilla 1–15.

3.2.6. Tuotannon ympäristövaikutukset

Kokeen 1 aikana tuotetun naudanlihan ilmastovaikutus sekä rehevöittävät ja happamoittavat päästöt laskettiin hyödyntäen elinkaariarviointimenetelmää (ISO 14040). Kokeessa toteutuneiden rehun syöntitietojen ja ProAgrian lohkotietopankin keskimääräisten satotietojen perusteella laskettiin kunkin ruokinnan vaatima peltopinta-ala ruokintakokeen ajalle. Myös rehujen viljelyn mallintamisessa lähtötietoina käytettiin ProAgrian lohkotietopankin tietoja. Puna-

apilan viljelyn osalta lähtötiedoissa tunnistettiin suurimmat epävarmuudet, joita Huuskonen ym. (2025) ovat tarkastelleet. Tarkastelun perusteella eri lähtötiedoilla ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta tarkasteltujen ruokintojen ympäristövaikutuksien keskinäiseen järjestykseen. Päästöt laskettiin ruokintakokeen aikana tuotettua ruhokiloa kohden Hietalan ym. (2021) kuvailemalla tavalla järjestelmärajauksen ollessa kasvatusvaiheessa. Ilmastovaikutuksen osalta arvioinnissa noudatettiin IPCC (2006, 2013) menetelmää, poiketen ruoansulatuksen metaanin osalta (Ramin & Huhtanen 2013) ja maaperän typpioksiduulipäästöjen osalta (Regina ym. 2013). Päästölaskenta käsitti rehujen tuotannosta, ruoansulatuksesta, lannan käsitteystä sekä eläinsuojien energian kulutuksesta aiheutuvat päästöt. Elinkaariarvioinnissa myös käytettyjen tuotantopanoksien, kuten polttoaineet, sähkö ja lannoitteet, valmistuksen päästöt sisällytettiin mukaan.

3.2.7. Tulosten tilastollinen käsittely

Kaikista mitatuista muuttujista saatiin yksilökohtaiset havainnot, joten tuloksia laskettaessa käytettiin eläintä havaintoyksikkönä. Kesken kokeen jouduttiin poistamaan yksi hf-sonni (puna-apila- ja kokoviljasäilörehujen seos) ja kolme si-sonnia (2 puna-apilasäilörehuruokinnalta ja 1 timoteisäilörehuruokinnalta) koeruokinnosta johtumattomista syistä. Näiden eläinten tuloksia ei ole huomioitu tulosten laskennassa.

Kokeet 1 ja 2 analysoitiin erikseen samanlaisella lineaarisella sekamallilla. Malli oli seuraavanlainen kullekin vastemuuttujalle Y_{ijkl} (dieetti i , rotu j , karsina k , eläin l):

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + B_j + (D \times B)_{ij} + \beta W_{ijkl} + P_k + (B \times P)_{jk} + e_{ijkl}$$

missä vakio μ , dieetti D_i (kolme ruokintaa), rotu B_j (kaksi rotua), dieetti-rotu-yhdysvaikutus $(D \times B)_{ij}$ ja alkupainon W_{ijkl} regressiovaikutus β olivat kiinteitä vaikutuksia. Karsina P_k , rotu-karsina-yhdysvaikutus $(B \times P)_{jk}$ ja jäännösvirhe e_{ijkl} olivat normaalijakautuneita ja toisistaan riippumattomia satunnaisvaikutuksia, joista kahdella ensimmäisellä huomioitiin saman karsinan mittausten korreloituneisuus.

Koekäsittelyjen väliset tilastolliset erot testattiin ortogonaalisilla kontrasteilla. Ensimmäisessä kokeessa käytetyt kontrastit olivat:

- rodun vaikutus (hf vs. si)
- timoteisäilörehulisäyksen lineaarinen vaikutus
- timoteisäilörehulisäyksen toisen asteen vaikutus
- rodun ja ruokinnan lineaarinen yhdysvaikutus
- rodun ja ruokinnan toisen asteen yhdysvaikutus

Toisessa kokeessa käytettiin puolestaan seuraavia ortogonaalisia kontrasteja:

- rodun vaikutus (hf vs. si)
- ohrakokoviljasäilörehulisäyksen lineaarinen vaikutus
- ohrakokoviljasäilörehulisäyksen toisen asteen vaikutus
- rodun ja ruokinnan lineaarinen yhdysvaikutus
- rodun ja ruokinnan toisen asteen yhdysvaikutus

3.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.3.1. Koerehut

Kokeissa käytettyjen rehujen koostumus ja rehuarvot on esitetty taulukossa 1. Korjuuajan saateisen sään takia sekä puna-apila- että timoteisäilörehut olivat märkiä. Koska sääolosuhteiden vuoksi rehuja ei päästy korjaamaan haluttuna ajankohtana, niiden D-arvot jäivät tavoitetasoa (680–700 g/kg) matalammiksi. Erityisen heikko D-arvo (585 g/kg ka) oli puna-apilasäilörehulla. Lisäksi puna-apilan valkuaispitoisuus oli odotettua matalampi, joskin riittävä kasvavien nautojen ruokintaan. Ohrakokoviljasäilörehun rehuarvot sen sijaan edustivat melko tyyppillisiä kokoviljasäilörehujen arvoja. Kokoviljasäilörehun syönti-indeksi oli 25 % timoteisäilörehua ja 20 % puna-apilasäilörehua korkeampi. Timotei- ja puna-apilasäilörehujen syönti-indeksiä heikensivät erityisesti matala kuiva-ainepitoisuus ja heikko sulavuus. Haastavista säilöntäolosuhteista.

Taulukko 1. Kokeissa käytettyjen rehujen kemiallinen koostumus, rehuarvot sekä säilörehujen säilönnällinen laatu.

	Puna-apila-säilörehu	Timoteisäilörehu	Ohrakokoviljasäilörehu	Litistetty ohra
Näytemäärä, kpl	8	8	8	8
Kuiva-aine (ka), g/kg	243	235	368	885
Tuhka, g/kg ka	82	23	71	22
Raakavalkuainen, g/kg ka	135	138	109	117
Kuitu, g/kg ka	505	584	498	213
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	9,4	10,3	9,7	13,1
OIV, g/kg ka	76	77	76	96
PVT, g/kg ka	23	23	-5	-28
D-arvo, g/kg ka	585	641	626	-
Syönti-indeksi	97	93	116	-
Säilörehujen säilönnällinen laatu				
pH	3,99	3,77	4,40	-
Haihtuvat rasvahapot, g/kg ka	20	21	11	-
Maito- ja muurahaishappo, g/kg ka	72	61	26	-
Sokerit, g/kg ka	28	25	68	-
Ammoniumtyppi kokonaistypestä, g/kg	38	50	39	-

Kokeissa käytettyjen seosrehujen koostumukset on esitetty taulukossa 2. Puna-apilasäilörehun korvaaminen timoteisäilörehulla lisäsi seoksen kuitu- ja energiapitoisuutta. Seoksen raakavalkuaispitoisuudet olivat matalimmat ohrakokoviljasäilörehua sisältävillä ruokinnoilla. Ruokintojen PVT-arvot olivat ruokintasuosituksen, PVT > -10 g/kg ka, (Luke 2025), yläpuolella lukuun ottamatta seosta, jossa oli ohrakokoviljasäilörehu ainoana karkearehuna (-14 g/kg ka).

Taulukko 2. Kokeissa käytettyjen seosrehujen komponentit, kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

Seos ¹⁾	PA	PAT	T	PAK	K
Komponentit, g/kg ka					
Puna-apilasäilörehu	600	300	0	300	0
Timoteisäilörehu	0	300	600	0	0
Ohrakokoviljasäilörehu	0	0	0	300	600
Litistetty ohra	385	385	385	385	385
Kivennäinen	15	15	15	15	15
Kemiallinen koostumus ja rehuarvot					
Kuiva-aine (ka), g/kg	351	346	341	412	498
Tuhka, g/kg ka	58	53	47	55	52
Raakavalkuainen, g/kg ka	128	129	130	120	112
Kuitu, g/kg ka	388	412	436	386	384
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,9	11,2	11,4	11,0	11,1
OIV, g/kg ka	84	84	84	84	84
PVT, g/kg ka	3	3	3	-6	-14

¹⁾ PA=karkearehuna puna-apilasäilörehu, PAT=karkearehuna puna-apila- ja timoteisäilörehujen seos, T=karkearehuna timoteisäilörehu, PAK=karkearehuna puna-apila- ja ohrakokoviljasäilörehujen seos, K=karkearehuna ohrakokoviljasäilörehu.

3.3.2. Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty kokeittain sonnien syönti-, kasvu- ja teurastulokset. Koejakson pituus oli si-sonnien osalta keskimäärin 217 ja hf-sonneilla vastaavasti 231 vuorokautta. Kokeen alkaessa si-sonnit olivat hf-sonneja painavampia ja ne saavuttivat tavoitellun teuraspainon hieman hf-sonneja lyhyemmässä ajassa, mikä selittää rotujen välisen eron koejakson kestossa.

Molemmissa kokeissa si-sonnit söivät enemmän rehua kuin hf-sonnit (Taulukot 3 ja 4). Keskimääräinen rehun syönti (molempien kokeiden keskiarvo) oli si-sonneilla 12,4 kg ka/pv ja hf-sonneilla vastaavasti 10,9 kg ka/pv. Simmental-sonnien suurempi päivittäinen rehun syönti selittyy osittain niiden hf-sonneja suuremmalla elopainolla. Myös rotuominaisuudet saattavat osin selittää si-sonnien hf-sonneja suurempaa syöntiä. Bartoň ym. (2007) ja Romanzin ym. (2022) ovat raportoineet si-rotuisten nautojen rehun syönnin olevan muita liharotuja suurempaa.

Kokeessa 1 ruokinnan ei havaittu vaikuttavan sonnien rehun syöntiin (Taulukko 3), sillä puna-apilasäilörehua seoksessa saaneet sonnit söivät rehun kuiva-ainekiloja yhtä paljon kuin timoteisäilörehua saaneet sonnit. Puna-apilasäilörehun korvaaminen timoteisäilörehulla ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi myöskään sonnien energian ja raakavalkuaisen saantiin. Lypsylehmillä puna-apilan sisällyttäminen ruokintaan on usein lisännyt kuiva-aineen syöntiä nurmiheinäkasveihin verrattuna, koska puna-apilan kuitupitoisuus on nurmiheinäkasveja pienempi ja täyttävyyden siten pötsissä vähäisempi (Dewhurst ym. 2003, Huhtanen ym. 2007, Vanhatalo & Jaakkola 2016). Tässä kokeessa syöntiero ei kuitenkaan havaittu puna-apilan ja timotein välillä, mitä saattaa selittää kokeessa käytetyn puna-apilasäilörehun heikko sulavuus. Toisaalta myöskään Berthiaumen ym. (2012), Pesosen ym. (2014) ja Huuskosen ym. (2017) tutkimuksissa apilasäilörehun ei havaittu lisäävän kasvavien nautojen rehun syöntiä nurmiheinäkasvisäilörehuun verrattuna.

Taulukko 3. Sonnien syönti-, kasvu- ja teurastulokset kokeessa 1.

Rotu Ruokinta ¹⁾	Simmental			Hereford			SEM ²⁾	Tilastollinen merkitsevyys (P-arvo) ³⁾				
	PA	PAT	T	PA	PAT	T		Rotu	T1	T2	YV1	YV2
Eläinmäärä, kpl	8	10	9	10	10	10						
Alkupaino, kg	434	436	442	367	368	371	15,9	<0,001	0,677	0,924	0,892	0,975
Loppupaino, kg	796	807	791	704	712	735	15,0	<0,001	0,383	0,809	0,209	0,385
Kokeen kesto, vrk	216	212	218	232	234	234	8,2	0,006	0,774	0,792	0,979	0,654
Teurasikä, vrk	478	478	489	498	498	500	9,0	0,015	0,452	0,638	0,573	0,731
Syönti												
Kuiva-aine (ka), kg/pv	11,9	11,9	11,5	10,7	10,5	11,0	0,30	<0,001	0,847	0,598	0,182	0,221
Energia, MJ/pv	130	133	131	116	117	125	3,3	<0,001	0,092	0,875	0,207	0,234
Raakavalkuainen (rv), kg/pv	1,50	1,52	1,50	1,35	1,33	1,43	0,038	<0,001	0,217	0,481	0,273	0,209
Elopainon kasvu, g/pv	1694	1770	1625	1456	1470	1554	61,9	<0,001	0,808	0,442	0,155	0,141
Nettokasvu, g/pv	965	1031	933	798	817	838	35,6	<0,001	0,917	0,155	0,289	0,146
Rehun hyväksikäyttö												
Kg ka/nettokasvu-kg	12,5	11,6	12,6	13,5	12,8	13,2	0,48	0,012	0,830	0,057	0,623	0,550
MJ/nettokasvu kg	136	130	144	147	144	150	5,4	0,011	0,262	0,101	0,656	0,510
Kg rv/nettokasvu-kg	1,57	1,48	1,64	1,70	1,63	1,71	0,061	0,011	0,431	0,042	0,564	0,566
Teurastulokset												
Teuraspaino, kg	433	443	430	368	375	381	8,9	<0,001	0,574	0,395	0,314	0,421
Teurasprosentti	54,4	54,9	54,3	52,3	52,7	52,0	0,56	<0,001	0,669	0,210	0,859	0,983
Lihakkuus, EUROP	10,4	9,9	9,2	7,6	7,4	7,8	0,34	<0,001	0,138	0,711	0,037	0,454
Rasvaisuus, EUROP	4,3	5,7	5,2	6,0	7,4	7,7	0,42	<0,001	0,001	0,026	0,357	0,533
Ultraäänimittaukset												
Pintarasvan paksuus, mm	4,1	4,6	4,7	6,6	8,0	9,5	0,59	<0,001	0,002	0,837	0,051	0,792
Lihaksen sisäinen rasva, %	2,2	2,7	2,8	3,5	4,0	4,2	0,19	<0,001	<0,001	0,336	0,782	0,933
Selkälihaksen paksuus, cm	7,5	7,5	7,6	6,8	6,9	7,2	0,14	<0,001	0,010	0,515	0,247	0,965
Selkälihaksen pinta-ala, cm ²	106	107	104	90	91	94	2,7	<0,001	0,609	0,802	0,320	0,479

¹⁾ PA=karkearehuna puna-apilasäilörehu, PAT=karkearehuna puna-apila- ja timoteisäilörehujen seos, T=karkearehuna timoteisäilörehu. ²⁾ SEM=keskiarvon keskivirhe. ³⁾ Kontrastit: T1=puna-apilan korvaaminen timoteilla, lineaarinen vaikutus, T2=puna-apilan korvaaminen timoteilla, toisen asteen vaikutus, YV1=yhdysvaikutus rotu × T1, YV2=yhdysvaikutus rotu × T2.

Taulukko 4. Sonnien syönti-, kasvu- ja teurastulokset kokeessa 2.

Rotu Ruokinta ¹⁾	Simmental			Hereford			SEM ²⁾	Tilastollinen merkitsevyys (P-arvo) ³⁾				
	PA	PAK	K	PA	PAK	K		Rotu	T1	T2	YV1	YV2
Eläinmäärä, kpl	8	10	10	10	9	10						
Alkupaino, kg	434	437	437	367	370	377	18,1	<0,001	0,682	0,967	0,839	0,904
Loppupaino, kg	796	805	793	704	733	693	16,5	<0,001	0,625	0,092	0,733	0,356
Kokeen kesto, vrk	216	212	227	232	234	220	8,9	0,140	0,942	0,966	0,170	0,224
Teurasikä, vrk	478	478	491	498	503	491	9,5	0,038	0,756	0,926	0,276	0,345
Syönti												
Kuiva-aine (ka), kg/pv	11,9	12,4	14,3	10,7	10,7	11,7	0,36	<0,001	<0,001	0,037	0,051	0,731
Energia, MJ/pv	130	136	157	116	117	129	3,9	<0,001	<0,001	0,043	0,047	0,735
Raakavalkuainen (rv), kg/pv	1,50	1,47	1,59	1,35	1,27	1,31	0,040	<0,001	0,455	0,054	0,081	0,782
Elopainon kasvu, g/pv	1 694	1 759	1 576	1 456	1 555	1 456	69,4	<0,001	0,358	0,049	0,362	0,816
Nettokasvu, g/pv	965	987	891	798	851	765	39,2	<0,001	0,144	0,048	0,571	0,868
Rehun hyväksikäyttö												
Kg ka/nettokasvu-kg	12,5	12,7	16,2	13,5	12,7	15,5	0,61	0,788	<0,001	<0,001	0,153	0,845
MJ/nettokasvu kg	136	139	178	147	139	171	6,7	0,798	<0,001	<0,001	0,155	0,847
Kg rv/nettokasvu-kg	1,57	1,51	1,80	1,70	1,51	1,74	0,071	0,660	0,042	0,001	0,131	0,795
Teurastulokset												
Teuraspaino, kg	433	434	429	368	384	355	10,4	<0,001	0,359	0,137	0,637	0,236
Teurasprosentti	54,4	53,8	54,0	52,3	52,3	51,2	0,47	<0,001	0,104	0,826	0,423	0,194
Lihakkuus, EUROP	10,4	10,2	9,3	7,6	7,6	7,7	0,35	<0,001	0,138	0,634	0,075	0,418
Rasvaisuus, EUROP	4,3	5,3	5,2	6,0	7,8	8,9	0,43	<0,001	<0,001	0,194	0,018	0,720
Ultraäänimittaukset												
Pintarasvan paksuus, mm	4,1	5,5	5,2	6,6	7,9	8,4	0,51	<0,001	0,003	0,123	0,514	0,595
Lihaksen sisäinen rasva, %	2,2	3,1	3,0	3,5	3,8	4,2	0,19	<0,001	<0,001	0,253	0,849	0,087
Selkälihaksen paksuus, cm	7,5	7,6	7,7	6,8	6,7	6,9	0,17	<0,001	0,473	0,510	0,828	0,452
Selkälihaksen pinta-ala, cm ²	106	107	108	90	92	92	2,9	<0,001	0,404	0,822	0,909	0,821

¹⁾ PA=karkearehuna puna-apilasäilörehu, PAK=karkearehuna puna-apila- ja ohrakokoviljasäilörehujen seos, K=karkearehuna ohrakokoviljasäilörehu. ²⁾ SEM=keskiarvon keskivirhe.

³⁾ Kontrastit: T1=puna-apilan korvaaminen ohrakokoviljasäilörehulla, lineaarinen vaikutus, T2=puna-apilan korvaaminen ohrakokoviljasäilörehulla, toisen asteen vaikutus, YV1=yhdysvaikutus rotu × T1, YV2=yhdysvaikutus rotu × T2.

Puna-apilasäilörehun korvaaminen ohrakokoviljasäilörehulla lisäsi sonnien kuiva-aineen syöntiä ja energian saantia (Taulukko 4). Syönti näytti lisääntyvän enemmän si- kuin hf-rodulla (rotu × ruokinta -yhdysvaikutus, $P=0,051$). Reuianalyysien perusteella ohrakokoviljasäilörehulla oli 20 % korkeampi syönti-indeksi puna-apilasäilörehuun verrattuna ja suunnilleen sama ero havaittiin keskimääräisessä kuiva-ainesyönnissä, kun puna-apila korvattiin seosrehussa kokonaan ohrakokoviljalla. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että naudat pystyvät kompensoimaan kokoviljasäilörehun usein heikohkoa sulavuutta syöntiä lisäämällä (Ahvenjärvi ym. 2006, Huhtanen ym. 2007, Keady ym. 2013). Nyt raportoitavassa ruokintakokeessa kokoviljasäilörehun sulavuus oli puna-apilasäilörehua korkeampi, mikä todennäköisesti osaltaan lisäsi eroja rehun syönnissä.

3.3.3. Kasvu- ja teurastulokset

Molemmissa kokeissa si-sonnit kasvoivat merkitsevästi paremmin kuin hf-sonnit (keskimääräinen nettokasvu 962 (si) vs. 814 (hf) g/pv). Simmental-sonnien keskimääräinen teuraspaino oli 434 kg, lihakkuusluokka 9,9 (U-) ja rasvaisuusluokka 5,0. Hereford-sonnien keskimääräinen teuraspaino oli 373 kg, lihakkuusluokka 7,6 (R) ja rasvaisuusluokka 7,3. Tulokset olivat odotusten mukaisia ja vastaavat aiempia tutkimuksia siitä, että isojen liharotujen naudat kasvavat paremmin, luokituvat korkeampiin lihakkuusluokkiin ja tuottavat vähärasvaisempia ruhoja kuin keskikokoisten liharotujen naudat (Pesonen & Huuskonen 2015, Pesonen 2020).

Kokeessa 1 ruokinta ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi sonnien kasvutuloksiin (Taulukko 3). Puna-apila- ja timoteisäilörehujen seosta sisältävällä ruokinnalla olleet si-sonnit kasvoivat tosin numeerisesti hieman paremmin kuin puna-apilaa tai timoteita ainoana karkearehuna saaneet sonnit, mutta vastaavaa ei havaittu hf-sonnien osalta. Ruokinta ei kokeessa 1 vaikuttanut myöskään sonnien teurasprosenttiin tai ruhon lihakkuusluokkaan. Tulos on yhdenmukainen Pesosen ym. (2014) ja Huuskosen ym. (2017) tutkimusten kanssa, joissa niissäkään apilasäilörehun heinäkasvisäilörehun välillä ei havaittu eroja sonnien kasvuissa, teurasprosentissa tai lihakkuusluokassa.

Kokeessa 2 puna-apilasäilörehun korvaaminen ohrakokoviljasäilörehulla vaikutti sonnien kasvuun tilastollisesti merkitsevästi. Parhaat kasvut saavutettiin ruokinnalla, jossa oli puna-apilasäilörehua seoksena ohrakokoviljasäilörehun kanssa. Heikointa kasvu oli ruokinnalla, jossa ohrakokoviljasäilörehu oli ainoana karkearehuna. Puna-apilasäilörehun korvaaminen ohrakokoviljasäilörehulla ei vaikuttanut teuraspainoon, teurasprosenttiin tai ruhon lihakkuusluokkaan.

Säilörehujen mataliin D-arvoihin peilaten kasvutulokset olivat molemmissa kokeissa varsin hyvällä tasolla. Tämä kertonee ennen kaikkea vapaan rehun saannin ja hyvien kasvatusolosuhteiden merkityksestä. Rehun syöntimäärät ja sitä kautta energian saanti olivat korkealla tasolla, mikä kompensoi säilörehujen heikohkoa sulavuutta.

Puna-apilaa ainoana karkearehuna saaneiden sonnien ruhot luokittuivat matalampaan rasvaisuusluokkaan ja niiden pintarasvan paksuus ja lihaksen sisäisen rasvan osuus oli pienempi kuin muilla koeruokinnalla (Taulukot 3 ja 4). Myös Berthiaume ym. (2012), Lafrenière ym. (2012) ja Pesonen ym. (2012) ovat havainneet puna-apilasäilörehun vähentävän ruhojen rasvoittumista puhtaaseen nurmiheinäkasvisäilörehuun verrattuna.

3.3.4. Tuotannon ympäristövaikutukset

Kokeessa toteutuneiden rehun syöntien ja ProAgrian lohkotietopankin keskimääräisten sato-tietojen perusteella laskettu ruokintojen vaatima peltopinta-ala ja ruokintakokeen aikana tuotettua ruhokiloa kohden lasketut päästöt esitetään taulukossa 5. Rehuntuotantoalaa tarvittiin yhtä sonnia kohden 0,56–0,57 ha.

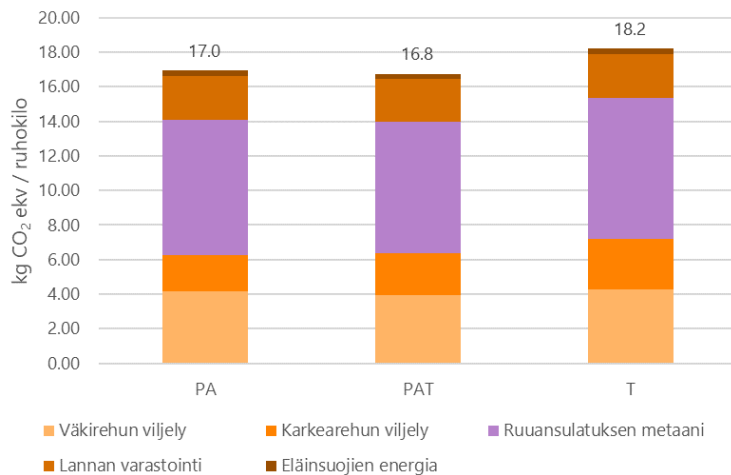
Koejakson ajalle laskettu ilmastovaikutus per tuotettu ruhokilo oli pienimmillään (16,8 kg CO₂-ekv) puna-apila- ja timoteisäilörehujen seosta sisältävällä ruokinnalla ja lähes samalla tasolla (17,0 kg CO₂-ekv) puna-apila. Heikoiten ilmastovaikutuksen osalta pärjäsivät timoteisäilöhulla kasvatetut sonnit, joiden tuottaman ruhokilon ilmastovaikutus oli 18,2 kg CO₂-ekv/ruhokilo.

Taulukko 5. Koeruokintojen tarvitsemat peltopinta-alat ja tuotannon ympäristövaikutukset koejakson aikana tuotettua ruhokiloa kohti.

Ruokinta ¹⁾	PA	PAT	T
Kokeen kesto, vrk	223	223	227
Kokeen aikana tuotettu naudanliha, kg	200	210	204
Kuiva-aineen syönti kokeen aikana, kg ka			
Puna-apilasäilörehu	1 513	746	0
Timoteisäilörehu	0	746	1530
Litistetty ohra	971	957	981
Tarvittava peltopinta-ala, ha			
Puna-apilasäilörehu	0,26	0,13	0
Timoteisäilörehu	0	0,14	0,27
Ohra	0,30	0,30	0,30
Yhteensä	0,56	0,57	0,57
Päästöt koejakson aikana tuotettua ruhokiloa kohden			
Ilmastovaikutus, kg CO ₂ ekv	17,0	16,8	18,2
Rehevöitymispotentiaali, g PO ₄ ekv	11,3	15,9	18,6
Happamoitumispotentiaali, g AE ekv	35	35	38

¹⁾ PA=karkearehuna puna-apilasäilörehu, PAT=karkearehuna puna-apila- ja timoteisäilörehujen seos, T=karkearehuna timoteisäilörehu.

Karkearehuna pelkästään puna-apilaa saaneiden sonnien hieman pienempi ruhopaino ja korkeampi kuiva-ainesyönti saivat aikaan pienen eron puna-apila- ja timoteisäilörehujen seosta sisältävällä ruokinnalla kasvatettuihin sonneihin. Ero syntyi erityisesti väkirehun viljelystä, ruoansulatuksen metaanista ja lantavarastoista (Kuva 1). Arvioinnissa säilytettiin keskimääräinen suomalaisten nautakarjatilojen maalajijakauma, joka sisälsi 14 % turvemaita. Kuitenkin tyyppillisesti puna-apilaa ei viljellä lainkaan turvemaita, joten puna-apilan osalta päästöt tulevat tässä jonkin verran yliarvioitua timoteita sisältävien ruokintojen hyväksi.



Kuva 1. Naudanlihan ilmastovaikutukset arvioituna koeruokinnossa tuotettua ruhokiloa kohti. Kuvassa ruokintoja tarkoittavat lyhenteet ovat: PA=karkearehuna puna-apilasäilörehu, PAT=karkearehuna puna-apila- ja timoteisäilörehujen seos ja T=karkearehuna timoteisäilörehu.

Selkein ero ympäristövaikutuksissa saatiin vesistöjä rehevöittävä vaikutuksen osalta. Karkearehuista pelkästään timoteita saaneet sonnit suoriutuivat myös tässä vertailussa heikoiten (18,6 g PO₄ ekv/ruhokilo) ja selvästi parhaiten suoriutuivat karkearehuista pelkästään puna-apilaa saaneet (11,3 g PO₄ ekv/ruhokilo). Puna-apila- ja timoteisäilörehujen seosta sisältänyt ruokinta oli ympäristötehokkuudeltaan näiden puolivälissä, 15,9 g PO₄ ekv/ruhokilo. Rehevöitymispotentiaaliin vaikutti erityisesti lannoitteiden käyttö, joka puna-apilan tuotannossa oli vähäisempää.

Happamoittavien vaikutuksien osalta erot olivat vähäisempiä, vaihdellen välillä 35–38 g AE ekv/ruhokilo. Myös happamoittavien vaikutuksien osalta puna-apilaa sisältävät ruokinnat suoriutuivat parhaiten.

3.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa puna-apilasta ja timoteista tehtyjen säilörehujen D-arvot jäivät niille tyyppillisiä D-arvoja matalammiksi. Erityisesti tämä näkyi puna-apilasäilörehun kohdalla. Myös ohirakokoviljasäilörehun D-arvo oli matala, mutta se oli kokoviljasta tehdyille säilörehulle tyyppillinen. Matalista D-arvoista huolimatta kasvatulokset olivat hyvällä tasolla kaikilla koeruokinnoina, mikä kertoo ennen kaikkea vapaan rehun saannin ja hyvien kasvatusolosuhteiden merkityksestä. Rehun syöntimäärät ja sitä kautta energian saanti olivat korkealla tasolla, mikä kompensoi säilörehujen heikohkoa sulavuutta.

Sonnien tuotantotuloksissa ei tässä tutkimuksessa havaittu merkittäviä eroja puna-apila- ja timoteisäilörehujen välillä. Puna-apilan käytön suurimmat edut lienevätkin naudanlihantuotannossa lunastettavissa peltoviljelyn kautta. Puna-apila on hyvä lisä nautakarjatilän viljelykiertoon vähentäen typpilannoituksen tarvetta ja lisäten viljelykierron monipuolisuutta. Ruokintaan apilasäilörehu soveltuu hyvin, kunhan rehun säilönnällinen laatu on hyvä. Puna-apilan sisällyttäminen nautakarjatilän viljelykiertoon vähentää myös tuotannon ilmastovaikutusta ja rehevöittäviä päästöjä, kun väkilannoitetypen tuottamiseen liittyvät päästöt vähenevät.

Viitteet

- Ahvenjärvi, S., Joki-Tokola, E., Vanhatalo, A., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 2006. Effects of replacing grass silage with barley silage in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science* 89: 1678–1687.
- Bartoň L., Kudrna, V., Bureš D., Zahrádková R. & Teslík V. 2007. Performance and carcass quality of Czech Fleckvieh, Charolais and Charolais × Czech Fleckvieh bulls fed diets based on different types of silages. *Czech Journal of Animal Science* 52: 269–276.
- Berthiaume, R., Lafrenière, C., Girard, C., Campell, C.P., Pivotto, L.M. & Mandell, I.B. 2015. Effects of forage silage species on yearling growth performance, carcass and meat quality, and nutrient composition in a forage based beef production system. *Canadian Journal of Animal Science* 95: 173–187.
- Carlsson, G. & Huss-Danell, K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* 253: 353–372.
- Conroy, S.B., Drennan, M.J., Kenny, D.A. & McGee, M. 2010. The relationship of various muscular and skeletal scores and ultrasound measurements in the live animal, and carcass classification scores with carcass composition and value of bulls. *Livestock Science* 127: 11–21.
- Dewhurst, R.J., Fisher, W.J., Tweed, J.K.S. & Wilkins, R.J. 2003. Comparison of grass and legume silages for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrate. *Journal of Dairy Science* 86: 2598–2611.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. & Toulmin, C. 2010. Food Security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812–818.
- Hietala, S., Heusala, H., Katajajuuri, J.M., Järvenranta, K., Virkajärvi, P., Huuskonen, A. & Nousiainen, J. 2021. Environmental life cycle assessment of Finnish beef – cradle-to-farm gate analysis of dairy and beef breed beef production. *Agricultural Systems* 194: 103250.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 3: 293–323.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal* 1: 758–770.
- Huida, L., Väätäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silages as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215–230.
- Huuskonen, A., Hietala, S., Pesonen, M. & Manni, K. 2025. Effects of replacing timothy silage by red clover silage on environmental impacts, growth performance and carcass traits of finishing beef bulls. *Artikkelikäsikirjoitus*.

- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2014. Evaluation of protein supplementation for growing cattle fed grass silage-based diets: a meta-analysis. *Animal* 8: 1653–1662.
- Huuskonen, A., Jaakkola, S. & Manni, K. 2020. Intake, gain and carcass traits of Hereford and Charolais bulls offered diets based on triticale, barley and grass silages. *Agricultural and Food Science* 29: 318–330.
- Huuskonen, A. & Pesonen, M. 2017. A comparison of first-, second- and third-cut timothy silages in the diets of finishing beef bulls. *Agricultural and Food Science* 26: 16–24.
- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Honkavaara, M. 2017. Effects of replacing timothy silage by alsike clover silage on performance, carcass traits and meat quality of finishing Aberdeen Angus and Nordic Red bulls. *Grass and Forage Science* 72: 220–233.
- IPCC 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Teoksessa: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. & Tanabe, K. (Toim.). IGES, Japan. <http://www.ipccng-gip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>. Vol. 4: Agriculture, forestry and other land use. IGES, Kanagawa, Japan.
- IPCC 2013, Climate change: the physical science basis. Teoksessa: Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Qin T.F., Plattner, D., Stocker, G.K. et al. Cambridge: Cambridge University Press. 1535 s.
- ISO 14040: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework.
- Keady, T.W.J., Hanrahan, J.P., Marley, C.L. & Scollan, N.D. 2013. Production and utilization of ensiled forages by beef cattle, dairy cows, pregnant ewes and finishing lambs: a review. *Agricultural and Food Science* 22: 70–92.
- Lafrenière, C., Berthiaume, R., Campbell, C., Potter, B. & Mandell, I. 2012. Effect of forage silage species and beef sire breed on steer performance, carcass and meat quality using a forage-based beef production system. Teoksessa: Kuoppala, K., Rinne, M. & Vanhatalo, A. (toim.). Proceedings of the XVI International Silage Conference. MTT Agrifood Research Finland and University of Helsinki: Helsinki. s. 504–505.
- Luke 2025. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Verkkopalvelu. <https://www.luke.fi/rehutaulukot>.
- Manni, K., Salo, T., Hyvönen, J. & Huuskonen, A. 2025. Puna-apilan viljely puhdaskasvustona ja apila-heinäkasviseoksissa eri tyypilannoitustasoilla. Teoksessa: Huuskonen, A. & Manni, K. (toim.). Nurmipalkokasviljelyn optimointi Pohjois-Pohjanmaan nautakarjatiiloilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2025. s. 10–50.
- Moisio, T. & Heikonen, M. 1989. A titration method for silage assessment. *Animal Feed Science and Technology* 22: 341–353.

- Pesonen, M. 2020. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of different beef breeds in typical Finnish production systems. Doctoral Dissertation. Natural Resources and Bioeconomy Studies 43. 89 s. Saatavilla: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/546141>.
- Pesonen, M. & Huuskonen, A. 2015. Production, carcass characteristics and valuable cuts of beef breed bulls and heifers in Finnish beef cattle population. *Agricultural and Food Science* 24: 164–172.
- Pesonen M., Joki-Tokola E. & Huuskonen A. 2014. The effect of silage plant species, concentrate proportion and sugar beet pulp supplementation on the performance of growing and finishing crossbred bulls. *Animal Production Science* 54: 1703–1708.
- Ramin, M. & Huhtanen P. 2013. Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. *Journal of Dairy Science* 96: 2476–2493.
- Regina, K., Kaseva, J. & Esala, M. 2013. Emissions of nitrous oxide from boreal agricultural mineral soils—Statistical models based on measurements. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164: 131–136.
- Rinne, M., Franco, M, Manni, K. & Huuskonen, A. 2023. Evaluating the effects of wilting, mixing with timothy and silage additive application on red clover silage quality. *Agricultural and Food Science* 32: 207–218.
- Romanzin, A., Florit, E., Degano, L. & Spanghero, M. 2022. Feeding efficiency and behaviour of growing bulls from the main Italian dual-purpose breeds. *Italian Journal of Animal Science* 21: 1611–1621.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.
- Virkajärvi, P. 2004. Growth and utilization of timothy - meadow fescue pastures. Doctoral Dissertation. Helsingin yliopisto. 56 s. Saatavilla: <http://hdl.handle.net/10138/20733>



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki