



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2024

Juolavehnän hallinta kasvinviljelyssä ilman glyfosaattia

JUOTVAI-hankkeen loppuraportti, osa 1

**Pentti Ruuttunen, Jasmin Isotupa, Timo Lötjönen,
Sonja Träskman ja Mari Niemi**

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2024

Juolavehnän hallinta kasvinviljelyssä ilman glyfosaattia

JUOTVAI-hankkeen loppuraportti, osa 1

Pentti Ruuttunen, Jasmin Isotupa, Timo Lötjönen, Sonja Träskman ja Mari Niemi



Maa- ja metsätalous-
ministeriö




lyckegård
Finland

Viittausohje:

Ruuttunen, P., Isotupa, J., Lötjönen, T., Träskman, S. & Niemi, M. 2024. Juolavehnan hallinta kasvinviljelyssä ilman glyfosaattia : JUOTVAI-hankkeen loppuraportti, osa 1. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 77 s.

Pentti Ruuttunen ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-0182-973X>



ISBN 978-952-380-932-1 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-932-1>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Pentti Ruuttunen, Jasmin Isotupa, Timo Lötjönen, Sonja Träskman ja Mari Niemi

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisu vuosi: 2024

Kannen kuva: Pentti Ruuttunen

Tiivistelmä

Pentti Ruuttunen¹, Jasmin Isotupa², Timo Lötjönen³, Sonja Träskman² ja Mari Niemi¹

¹ Luonnonvarakeskus, Jokioinen

² Nylands Svenska Lantbrukssällskap, Inko

³ Luonnonvarakeskus, Oulu

Luonnonvarakeskus (Luke) ja Nylands Svenska Lantbrukssällskap (NSL) toteuttivat Juolavehnän ja öljykasvien tuhoeläinten vaihtoehtoiset hallintamenetelmät (JUOTVAI) -tutkimushankkeen vuosina 2021–2023. Hanketta aloitettaessa glyfosaatin tulevaisuus oli EU:ssa vaakalaudalla. Suomessa glyfosaatti on erityisen tärkeä maataloudessa juolavehnän, *Elymus repens* (L.) Gould, torjunnassa. Hankkeessa tutkittiin kenttäkokein glyfosaattia korvaavien menetelmien tehokkuutta, ja menetelmien kannattavuutta vertailtiin katetuottolaskelmien avulla. Maan muokkausta, viljelykiertoa ja valikoivia herbisidejä hyödyntäviä juolavehnän hallinnan keinoja tutkittiin hankkeen yhdeksässä kenttäkokeessa Luken toimipaikoilla Jokioisissa ja Ruukissa sekä NSL:n tutkimusasemalla Inkoossa.

Kolmivuotisessa koesarjassa Ruukissa, Jokioisissa ja Inkoossa tutkittiin erilaisia muokkausstrategioita kevätiljoilla. 2021 alkukesällä KwickFinn-juolannostimella toteutettu puolikesanto täydennettynä keskikesällä kylvetyllä viherlannoitusseoksella, joka jätettiin kasvipeitteeksi yli talven, vähensi tehokkaasti juolavehnää noin vuoden ajan. Kesällä 2023 juolavehnä runsastui kuitenkin uudelleen. Pelkkä kyntö oli heikkotehoinen kaikilla koepaikoilla. Sänkimuokkaus hanhenjalkakultivaattorilla + kyntö sekä KwickFinn-muokkaus keväällä ja syksyllä tehosivat melko hyvin juolavehnään Jokioisten ja Inkoon savimailla. Ruukin erittäin runsasmultaisella hietamaalla, jolla myös juolavehnäpaine oli suurin, juolavehnä toipui nopeasti muokkauksista. Glyfosaatti ennen suorakylvöä tehoi Ruukissa parhaiten juolavehnään. Juolavehnään parhaiten tehonneista käsittelyistä saatiin yleensä suurimmat viljasadot, tosin erityisesti Jokioisten hietasavella syyskyntö varmisti kevätkylvön ja siten sadon onnistumista.

Suorakylvökokeet keväthehnällä vuonna 2022 Jokioisissa ja Inkoossa ja kolmevuotiset kevyt-muokatut viljelykiertokokeet Ypäjällä osoittivat, että glyfosaattia ennen kevätkylvöä on vaikea korvata silloin, kun muokkaus ei avusta juolavehnän heikentämisessä. Kyntämättömässä maassa keväällä nopeasti kasvava juolavehnä saa nopeasti yliotteen viljelykasvista, eivätkä valikoivat juolavehnäntorjunta-aineet pysty pelastamaan satoa. Rehunurmen lopetuskokeissa Ruukissa ja Jokioisissa kyntö tehosti KwickFinn-puolikesannon tehoa juolavehnään niin, että päästiin glyfosaatin ja kynnön yhdistelmän veroiseen tulokseen sekä juolavehnän torjunnan että jälkikasvi kauran sadon suhteen.

Kannattavuuslaskelmissa vertailtiin kevätiljojen muokkausstrategioita Ruukin, Jokioisten ja Inkoon kokeiden tulosten, eri menetelmien arvioitujen työ- ja konekustannusten sekä sadon ja viljelytukien tuottojen perusteella. Suorakylvöön nojaavat strategiat joko glyfosaatilla tai ensimmäisen vuoden KwickFinn-puolikesannolla avustettuna olivat taloudellisesti kannattavimpia pienien kone- ja työ- ja konekustannusten vuoksi. Strategiat, jotka sisälsivät paljon koneita ja muokkauksia, olivat taloudelliselta tulokseltaan heikkoja.

Tutkimusta rahoittivat MMM/Makera ja Maatalouskoneiden tutkimussäätiö. Maatalouskone-yritys Lyckegård Finland Oy AB lainasi kokeisiin tarvittut KwickFinn-juolannostimet ja Allrounder-hanhenjalkakultivaattorit.

Asiasanat: juolavehnä, glyfosaatti, suorakylvö, kyntö, kultivointi, kesannointi, juolannostin, kevätiljat, rehunurmet, kannattavuus

Abstract

Pentti Ruuttunen¹, Jasmin Isotupa², Timo Lötjönen³, Sonja Träskman² and Mari Niemi¹

¹ Natural Resources Institute Finland (Luke), Jokioinen

² Nylands Svenska Lantbrukssällskap, Inkoo

³ Natural Resources Institute Finland (Luke), Oulu

The Natural Resources Institute Finland (Luke) and Nylands Svenska Lantbrukssällskap (NSL) carried out the research project Alternative management options of couch grass and insect pests of oilseed crops (JUOTVAI) between 2021 and 2023. When the project started, the future of glyphosate in the EU was at stake. In Finland, glyphosate is particularly important in agriculture for the control of couch grass, *Elymus repens* (L.) Gould. The effectiveness of alternative methods to glyphosate was studied in field trials and the trial results were used for economical profitability comparisons of these methods. Soil tillage, crop rotation and selective herbicides were investigated in nine field trials at Luke's sites in Jokioinen and Ruukki and at NSL's research station in Inkoo.

In a three-year field trial series in Ruukki, Jokioinen and Inkoo, different tillage strategies were investigated in spring cereals. In early summer 2021, a mechanical fallow with a KwickFinn cultivator, followed by a green manure mixture sown in mid-summer and left as a cover crop over winter, effectively reduced couch grass for about a year. In the summer of 2023, couch grass increased again, however. Ploughing alone was ineffective in all experimental sites. Stubble cultivation with a goosefoot cultivator + ploughing and KwickFinn cultivation in spring and autumn were relatively effective on couch grass in the clay soils of Jokioinen and Inkoo. In the highly organic sandy soil of Ruukki, where the couch grass pressure was also highest, couch grass recovered quickly from the tillage. Glyphosate before direct drilling was most effective on couch grass in Ruukki. The treatments that were most effective on couch grass generally gave the highest grain yields, although especially on Jokioinen sandy clay, autumn ploughing ensured a successful spring sowing and thus a successful cereal yield.

The direct drilling trials with spring wheat in 2022 in Jokioinen and Inkoo and the three-year reduced tilled crop rotation trials in Ypäjä showed that it is difficult to replace glyphosate before spring sowing when tillage does not help to weaken couch grass. In unploughed soils, the fast-growing couch grass quickly gets the upper hand over the crop and selective herbicides cannot save the crop. In the forage grass finishing trials in Ruukki and Jokioinen, ploughing enhanced the efficacy of KwickFinn fallow on couch grass to achieve a result comparable to that of a combination of glyphosate and ploughing in terms of both couch grass control and the following crop oat yield.

The profitability calculations compared spring cereal tillage strategies based on the results of the Ruukki, Jokioinen and Inkoo trials, the estimated labour and machinery costs of the different methods, and the yields of the crop and crop subsidies. Strategies based on direct drilling with either glyphosate or the first year KwickFinn fallow were the most economically viable due to low machinery and labour costs. Strategies that involved a lot of machinery and cultivations were poor economically.

The study was funded by the Development Fund for Agriculture and Forestry (Makera) of the Ministry of Agriculture and Forestry and Maatalouskoneiden tutkimussäätiö. The agricultural machinery company Lyckegård Finland Oy AB provided the KwickFinn and Allrounder cultivators needed for the experiments.

Keywords: couch grass, glyphosate, direct drilling, ploughing, cultivation, fallow, spring cereals, forage grass, profitability

Sammanfattning

Pentti Ruuttunen¹, Jasmin Isotupa², Timo Lötjönen³, Sonja Träskman² och Mari Niemi¹

¹ Naturresursinstitutet (Luke), Jokioinen

² Nylands Svenska Lantbrukssällskap, Inkoo

³ Naturresursinstitutet (Luke), Oulu

Naturresursinstitutet (Luke) och Nylands Svenska Lantbrukssällskap (NSL) genomförde forskningsprojektet JUOTVAI (Alternativa metoder för bekämpning av kvickrot och skadeinsekter i oljeväxter) mellan 2021 och 2023. När projektet inleddes var glyfosatets framtid i EU i vågskålen. I det finska jordbruket är glyfosat särskilt viktigt för bekämpning av kvickrot, *Elymus repens* (L.) Gould. Effektiviteten hos alternativa metoder till glyfosat undersöktes i fältförsök och försöksresultaten användes för jämförelser av metodernas ekonomiska lönsamhet. Jordbearbetning, växtföljd och selektiva herbicider undersöktes i nio fältförsök vid Lukes anläggningar i Jockis och Ruukki samt vid NSL:s försöksstation i Ingå.

I en treårig serie av fältförsök i Ruukki, Jockis och Ingå undersöktes olika jordbearbetningsstrategier i vårspannmål. I ett av försöksleden etablerades en halvträda på försommaren 2021 med en KvickFinn-kultivator, följt av en gröngödslingsblandning som såddes i mitten av sommaren, vilken sedan lämnades som täckgröda över vintern. Metoden reducerade effektivt kvickrot i ungefär ett år. Sommaren 2023 ökade dock kvickroten igen. Enbart plöjning var ineffektivt på alla försöksplatser. Stubbearbetning med en gåsfotskultivator + plöjning och KvickFinn-jordbearbetning på våren och hösten var relativt effektiva metoder mot kvickrot på lerjordarna i Jockis och Ingå. På den mycket mullrika mojorden i Ruukki där förekomsten av kvickrot var högst, återhämtade sig kvickroten snabbt från jordbearbetningen. Glyfosat före direktsådd var mest effektivt mot kvickrot i Ruukki. De behandlingar som var mest effektiva mot kvickrot gav i allmänhet de högsta spannmålsskördarna, även om höstplöjningen särskilt på Jockis molera säkerställde en lyckad vårsådd och därmed en lyckad spannmålsskörd.

Försöken med direktsådd av vårvete 2022 i Jockis och Ingå och de treåriga växtföljdsförsöken med reducerad jordbearbetning i Ypäjä visade att det är svårt att ersätta glyfosat innan vårsådd då jordbearbetningen inte bidrar till att försvaga kvickroten. På oplöjda jordar får den snabbväxande kvickroten snabbt övertaget över grödan och selektiva herbicider kan inte rädda skörden. I försöken med mekaniskt vallbrott i Ruukki och Jockis förstärkte plöjningen effekten av KvickFinn på kvickrot så att resultatet blev jämförbart med en kombination av glyfosat och plöjning, både när det gäller kvickrotsbekämpning och skördenivån av havre som var efterföljande gröda.

I lönsamhetskalkylerna jämfördes bearbetningsstrategier för vårspannmål baserat på resultaten från Ruukki-, Jockis- och Ingå-försöken, de uppskattade arbets- och maskinkostnaderna för de olika metoderna, samt inkomster från skörd och stöd. Strategier som bygger på direktsådd med antingen glyfosat eller KvickFinn-halvträda under det första året var de mest ekonomiskt lönsamma tack vare låga maskin- och arbetskostnader. Strategier som involverade många maskiner och jordbearbetningsgångar var ekonomiskt sett dåliga.

Studien finansierades av JSM/Makera och Maatalouskoneiden tutkimussäätiö. Lantbruksmaskinföretaget Lyckegård Finland Oy AB lånade ut KvickFinn- och Allrounder-kultivatorerna som behövdes för försöken.

Nyckelord: kvickrot, glyfosat, direktsådd, plöjning, jordbearbetning, träda, kultivator, vårspannmål, fodervall, lönsamhet

Sisällys

1. Johdanto	7
2. Juolavehnä ja sen hallintakeinot.....	8
2.1. Juolavehnän lisääntyminen, kasvu ja kehitys.....	8
2.2. Juolavehnän levinneisyys, kilpailukyky ja satovaikutukset.....	10
2.3. Juolavehnän hallintakeinot	11
2.3.1. Glyfosaatti ja muut herbisidit	11
2.3.2. Maanmuokkaus juolavehnän torjunnassa.....	13
2.3.3. Mekaaninen kesannointi juolavehnän torjunnassa	15
3. Juolavehnän hallinnan kenttäkokeet	16
3.1. Kenttäkokeiden toteutus	16
3.1.1. Muokkaustavat kevätiljoilla (JUOTVAI 1 -kokeet).....	16
3.1.2. Kasvinvuorotus ja herbisidit kevytmuokatulla pellolla (JUOTVAI 2 -koe).....	19
3.1.3. Mekaaninen kesanto ja valikoivat herbisidit syysviljoilla (JUOTVAI 3 -koe)	21
3.1.4. Nurmen lopetus (JUOTVAI 4 -kokeet)	22
3.1.5. Juolavehnän torjunta suorakylvetyllä kevävehnällä (JUOTVAI 5 -kokeet)	25
3.2. Sääolosuhteet	27
3.3. Kenttäkoeaineistojen tilastokäsittelyt.....	28
3.3.1. JUOTVAI 1 -kenttäkokeet	28
3.3.2. Muut kenttäkokeet	29
3.4. Juolavehnän hallintamenetelmien kannattavuusvertailujen toteutus.....	29
3.4.1. Tuotot.....	30
3.4.2. Muuttuvat kustannukset	31
3.4.3. Kiinteät kustannukset	31
3.5. Kenttäkokeiden tulokset	32
3.5.1. Muokkausmenetelmät kevätiljoilla (JUOTVAI 1 -kokeet).....	32
3.5.2. Kasvinvuorotus ja herbisidit kevytmuokatulla pellolla (JUOTVAI 2 -koe).....	40
3.5.3. Mekaaninen kesanto ja valikoivat herbisidit syysviljoilla (JUOTVAI 3 -koe)	42
3.5.4. Nurmen lopetus (JUOTVAI 4 -kokeet)	44
3.5.5. Juolavehnän torjunta suorakylvetyllä kevävehnällä (JUOTVAI 5 -kokeet)	45
3.6. Kannattavuusvertailujen tulokset	48
4. Johtopäätökset.....	50
4.1. Glyfosaattia korvaavat herbisidivaihtoehdot juolavehnän torjunnassa.....	51
4.2. Glyfosaattia korvaavat mekaaniset ja viljelytekniset keinot juolavehnän torjunnassa.....	52
4.3. Glyfosaatin vaihtoehtojen taloudellinen kannattavuus.....	52
Liitteet	54
Viitteet.....	72

1. Johdanto

Luonnonvarakeskus (Luke) ja Nylands Svenska Lantbrukssällskap (NSL) toteuttivat Juolavehnän ja öljykasvien tuhoeläinten vaihtoehtoiset hallintamenetelmät (JUOTVAI) -tutkimushankkeen vuosina 2021–2023. Tutkimusta rahoittivat MMM/Makera ja Maatalouskoneiden tutkimussäätiö. Yritysyhteistyökumppanina oli Lyckegård Finland Oy AB, joka lainasi maanmuokauslaitteita juolavehnäkokeiden toteutukseen. Tutkimuksessa keskityttiin kahteen Suomessa erityisen tärkeään kohteeseen, joissa kemialliselle kasvinuojelulle tarvitaan korvaavia keinoja. Tutkimusta aloitettaessa EU:ssa odotettiin päätöstä glyfosaatin käytön jatkosta. Tuolloin glyfosaatin turvallisuudesta ihmisille ja eläimille keskusteltiin laajasti mm. koska kansainvälinen syöväntutkimuslaitos IARC oli luokitellut sen mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi (IARC 2015, Cressey 2015). Suomessa glyfosaattia käytetään erityisesti juolavehnän torjuntaan, ja glyfosaatin kieltämisen uhatessa oli tarpeen selvittää juolavehnän vaihtoehtoisia hallintakeinoja.

JUOTVAI-hankkeen toiseksi tutkimusaiheeksi valittiin rypsin ja rapsin tuhoeläinten vaihtoehtoiset hallintakeinot, joita tarvitaan kipeästi varmistamaan kotimaisen öljykasvintuotannon jatkuvuutta mm. kirpoilta suojaavien peittäusaineiden poistuttua markkinoilta ja rapsikuoriaisen insektisidiresistenssin yleistyessä.

Juolavehnän ja öljykasvien tuhoeläinten hallinnan tulee olla myös tulevaisuudessa viljelijälle taloudellisesti kannattavaa. Siksi tutkimuksessa tarkasteltiin koetulosten ja työ- ja konekustannusarvioiden perusteella myös vaihtoehtoisten menetelmien kannattavuutta.

Hankkeen JUOTVAI 1 -kenttäkokeita on käytetty aineistona kahdessa opinnäytetyössä hankkeen aikana. Jasmin Lehden (2022) Helsingin Yliopiston maisterintutkielmassa ”Juolavehnän hallinta eri muokkausmenetelmillä kevätiljan viljelyssä” paneuduttiin tutkimuksen teoriaan ja vuoden 2021 koetuloksiin, ja Anna Saaren (2023) Seinäjoen ammattikorkeakoulun opinnäytetyössä ”KvickFinn juolannostin juolavehnän torjunnassa” vuosien 2021–2022 tuloksiin ja erityisesti KvickFinn-juolannostimen käyttöön.

Tässä raportissa käsitellään vain juolavehnän hallinnan vaihtoehtoisia menetelmiä. Öljykasvien tuhoeläinten hallinnan osuudesta julkaistaan erillinen raportti Öljykasvien tuhoeläinten kemikaaliton hallinta.

2. Juolavehnä ja sen hallintakeinot

Juolavehnä (*Elymus repens* (L.) Gould, *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski, *Agropyron repens* (L.) P. Beauv., *Triticum repens* (L.) on monivuotinen rikkakasveina, ja sitä pidetään yhtenä maailman hankalimmista rikkakasveista (Holm ym. 1977). Juolavehnän biologiasta on olemassa runsaasti kirjallisuutta ja juolavehnän tarkka morfologinen kuvaus on luettavissa muun muassa Palmerin ja Sagarin (1963) ja Wernerin ja Riouxin (1977) artikkeleista. Vaikka juolavehnälle on ollut mahdollista laatia yleispätevä kuvaus morfologiasta, on juolavehnä hyvin monimuotoinen kasvi ja morfologista vaihtelua esiintyy niin populaatioiden sisällä kuin niiden välillä (Ringselle ym. 2020).

Maankäyttö, viljelytoimet ja maantieteellinen sijainti vaikuttavat juolavehnän morfologiaan. Erilaiset maankäytön muodot, kuten viljojen ja lyhytaikaisten ja pysyvien nurmien ja niittyjen viljely, vaikuttavat juolavehnän juurakoiden paksuuteen ja juurakon kokoon (Neuteboom 1975). Juolavehnäkloonit reagoivat eri tavoin viljelytoimiin, millä saattaa olla vaikutusta juolavehnän kasvuun (Neuteboom 1980).

2.1. Juolavehnän lisääntyminen, kasvu ja kehitys

Juolavehnä lisääntyy sekä suvuttomasti juurakoiden välityksellä että suvullisesti siementen välityksellä. Suvuttoman lisääntymisen on ajateltu olevan juolavehnän pääasiallinen lisääntymismenetelmä (Palmer & Sagar 1963), mutta Szczepaniakin ym. (2009) mukaan pääasiallinen lisääntymismenetelmä vaihtelee populaatioittain. Szczepaniak ym. (2009) havaitsivat geneettistä monimuotoisuutta populaatioiden sisällä, mikä tarkoittaa, että siemenlevintä voi todellisuudessa olla ajateltua merkittävämmässä asemassa paikallisella tasolla.

Ringsellen (2015) mukaan juolavehnän kyky lisääntyä sekä siementen että juurakoiden välityksellä on mahdollistanut juolavehnän laajan leviämisen ekosysteemeissä. Juolavehnän juurakoihin varastoituneet hiilihydraatit, jotka toimivat juolavehnän vararavintona, tekevät juolavehnän torjunnasta haastavampaa kuin useiden muiden rikkakasvien torjunnasta (Majek ym. 1984). Juurakoiden vararavinto myös mahdollistaa maanpäällisen verson ja juurakon kasvun jatkumisen häiriön jälkeen. Huolimatta tehokkaasta leviämisestä ja pitkäaikaisesta säilymisestä ekosysteemeissä, juolavehnän juurakot ja siemenet ovat varsin lyhytikäisiä verrattuna monien muiden monivuotisten rikkakasvien siementen, juurakoiden ja juurten eliniän pituuteen (Ringselle ym. 2020).

Juolavehnä on tuulipölytteinen kasvi eivätkä pölyttäjät hyödy sen siitepölystä (Hyvönen ja Huusela-Veistola 2008). Siitepölyn leviämismatkasta tai siihen vaikuttavista tekijöistä ei juuri tiedetä (Ringselle ym. 2020). Juolavehnän siemenet eivät kykene leviämään pitkiä matkoja kaukolevinnän mahdollistavien leviämiskäytöiden puuttuessa (Ringselle ym. 2020). Siemenet ovat itämiskelpoisia jo maitotuleentumisasteella (Werner & Rioux 1977) ja heti varisemisen jälkeen, mikäli päivittäistä lämpötilanvaihtelua esiintyy (Palmer & Sagar 1963). Niiden itävyyteen ja taimettumiseen vaikuttavat lisäksi kylvösyvyys (Raleigh ym. 1962, Williams 1978) ja kasvupaikan maalaji (Raleigh ym. 1962). Juolavehnän siemenet säilyvät itämiskykyisinä maassa kahdesta neljään vuotta (Werner & Rioux 1977). Siementen itävyys vaihtelee 10 %:sta (Raleigh ym. 1962) yli 60 %:in (Williams & Attwood 1971) ja se laskee voimakkaasti ensimmäisen vuoden jälkeen (Williams 1978).

Samoin kuin juolavehnän siemenet, myös juolavehnän juurakoiden silmut ovat itämiskelpoisia ja voivat muodostaa uusia versoja ympäri vuoden luontaisen lepotilan puuttuessa (Brandsæter ym. 2010). Ympärivuotinen kasvu kuitenkin vaatii, että ympäristöolosuhteet, kuten alhainen valon määrä (Palmer 1958) ja lämpötila (Håkansson 1969) tai kuivuus (Håkansson & Jonsson 1970) eivät rajoita kasvua. Juolavehnän kasvutapa on sympodiaalinen eli haarajatkoinen, jolloin pääverson kasvu päättyy aina kukintaan ja kasvin kasvu jatkuu sivuversoista (Palmer & Sagar 1963). Haarajatkoinen kasvutapa mahdollistaa kasvun jatkumisen pääverson vaurioituessa. Juolavehnän maanpäällisen biomassan sekä juurakoiden hajoaminen saavat aikaan sen, että juurakoiden silmut aktivoituvat ja tuottavat uusia versoja missä tahansa kasvukauden vaiheessa olosuhteiden ollessa otolliset (Brandsæter ym. 2010, Ringselle ym. 2017). Kuten siementen itävyys, myös juolavehnän juurakosta muodostuvien versojen orastuminen on riippuvaista maalajista, juurakon pituudesta ja kasvusyvyyydestä (Raleigh ym. 1962). Erityisesti lyhyet juurakot taimettuvat sitä heikommin, mitä syvemmälle maahan ne joutuvat (Raleigh ym. 1962).

Juolavehnän biomassan kertymiseen vaikuttavat muun muassa vastaanotetun valon määrä, ravinteiden saatavuus ja kilpailu (Ringselle ym. 2017). Vastaanotetun valon määrän osalta keskeisessä asemassa ovat todennäköisesti pääviljelykasvin varjostus (Ringselle ym. 2017) ja pääviljelykasvin lehtiala, joka vaikuttaa viljelykasvin kykyyn varjostaa kilpailevia kasveja ja näin ehkäistä niiden kasvua (Zou 2015). Ravinteista erityisesti typpilannoituksen lisääminen kasvattaa juolavehnän biomassan tuotantoa (Raleigh ym. 1962, Wedin & Tilman 1996). Kilpailutilanteissa viljelykasvin kasvunopeus on tärkein tekijä, joka vaikuttaa viljelykasvin kykyyn tukahduttaa rikkakasvien kasvua (Reid ym. 2009).

Alkukasvukauden aikana juolavehnän kasvu on vegetatiivista (Palmer 1958). Kasvukauden alkupuolella juolavehnän juurakoihin kerääntyy lähinnä massaa, kun taas kasvukauden loppupuolella muodostuu uusia kasviyksilöitä juurakoineen (Raleigh ym. 1962). Lyhyessä päivässä juolavehnän kasvu pysyy vegetatiivisena, mutta päivän pidetessä korren kasvu lisääntyy ja kukinta alkaa (Majek ym. 1984). Vanhemmat kasviyksilöt aloittavat talvehtimisen nuorempia kasviyksilöitä aiemmin eikä juolavehnän maanalainen biomassa juuri muutu talven aikana talvehtimisen onnistuessa (Tørresen ym. 2010).

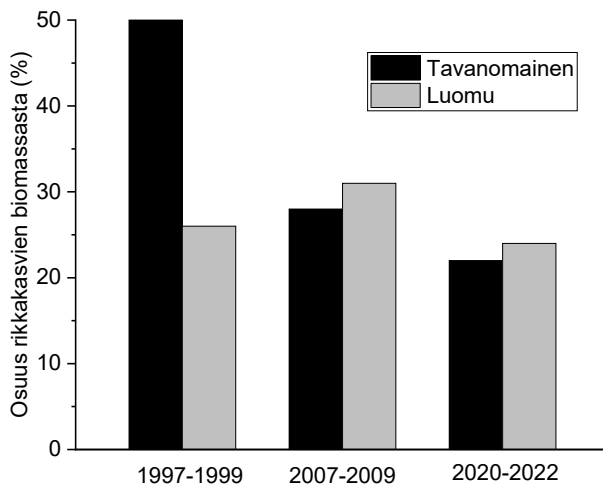
Juolavehnä viihtyy monenlaisilla kasvupaikoilla. Se voi kasvaa kuivissa tai kosteissa ympäristöissä, happamissa tai emäksisissä maissa ja sietää myös korkeita suolapitoisuuksia (Werner & Rioux 1977). Fosforin, kaliumin tai mangaanin saatavuudella ei ole vaikutusta juolavehnän kasvuun (Andreasen ym. 1991) toisin kuin kalsiumilla. Erviön ym. (1994) mukaan maan kalsiumpitoisuuden ollessa alle 1 000 mg/l maata, juolavehnä saavuttaa suurimman kasvutiheyden. Karjanlannan käyttö lannoituksessa edistää juolavehnän kasvua (Melander ym. 2016). Juolavehnä menestyy paremmin karkeilla mineraalimailla kuin savimailla (Erviö ym. 1994) ja maan savespitoisuuden kasvaessa juolavehnän kasvutiheys pienenee (Andreasen ym. 1991).

Juolavehnän kasvu ei rajoitu kevääseen ja kesään, vaan juolavehnä jatkaa kasvuaan pitkälle syksyyn (Brandsæter ym. 2010, Boström ym. 2013). Jatkuva kasvu ja juurakoiden lepotilan puute mahdollistavat juolavehnän torjunnan myös syksyllä sadonkorjuun jälkeen (Tørresen ym. 2010). Syksyllä juolavehnä kasvattaa juurakoiden biomassaa ja juurakoissa olevia yhteyttämistuotteiden varastoja, jolloin talvehtimisen onnistuminen ja kasvuunlähtöpotentiaali keväällä kasvavat ja sitä kautta kilpailukyky viljelykasveja vastaan paranee (Tørresen ym. 2010).

2.2. Juolavehnän levinneisyys, kilpailukyky ja satovaikutukset

Juolavehnä on listattu yhdeksi maailman hankalimmista rikkakasveista (Holm ym. 1977) ja sitä tavataan kaikilla lauhkean vyöhykkeen maatalousmailla (Holm ym. 1977, Werner & Rioux 1977). Se on sopeutunut kasvamaan alueilla, joissa kesät ovat viileitä ja kosteuta on juolavehnän kasvun kannalta sopivasti tarjolla (Majek ym. 1984). Pitkä päivä ja 20–25 °C lämpötilat edistävät erityisesti juolavehnän juurakoiden kasvua, kun lyhyt päivä ja yli 25 °C lämpötilat johtavat versomisen lisääntymiseen ja juurakoiden kasvun vähentymiseen (Håkansson 1969). Maatalousmaiden lisäksi juolavehettä kasvaa muun muassa teiden varsilla (Hämet-Ahti ym. 1998, Mercer ym. 2002), joutomailla, puutarhoissa ja merenrannoilla (Hämet-Ahti ym. 1998).

Pohjois-Euroopassa juolavehnä on vakiinnuttanut asemansa tyypillisenä rikkakasvina viljelytaisten viljelykiertojen ja voimakkaan typpilannoituksen seurauksena (Andreasen & Skovgaard 2009, Salonen ym. 2011). Juolavehettä tavataan lähes koko Suomessa ja sen esiintyvyys on runsasta koko maassa Lapin maakuntaa lukuun ottamatta (Lampinen & Lahti 2021). Kevätviljoilla juolavehnän esiintyvyyttä on seurattu Suomessa 1960-luvulta lähtien 10–20 vuoden välein toteutetuissa rikkakasviseurannoissa. Viimeisimmän, vuosina 2020–2022 toteutetun rikkakasvikartoituksen mukaan juolavehnä tuotti kevätiljapelloilla suurimman biomassin kaikista rikkakasvilajeista, keskimäärin 23 % rikkakasvien kokonaisbiomassasta (Salonen ym. 2023). Rikkakasvikartoituksessa biomassanäytteet kerättiin heinäkuun aikana, jolloin kevätiljojen kehitysaste vaihteli kukinnan alusta taikinatuleentumisasteelle (BBCH 51-83). 1990-luvulta lähtien juolavehnän biomassa on rikkakasviseurantojen mukaan pienentynyt selvästi erityisesti tavanomaisilla kevätiljapelloilla, ilmeisesti kasvaneen glyfosaatin käytön seurauksena. Luomupelloilla juolavehnä kokonaisbiomassa on myös hieman vähentynyt, mutta osuus kaikkien rikkakasvien biomassasta on pysynyt lähes samansuuruisena (Kuva 1). Kartoituksessa 2020–2022 juolavehettä esiintyi kolmasosalla (32 %) tavanomaisista kevätiljapelloista ja 79 %:lla luomupelloista.



Kuva 1. Juolavehnän osuus kaikkien rikkakasvien biomassasta kolmessa viimeisessä kevätiljapellojen rikkakasvikartoituksessa tavanomaisilla ja luomupelloilla (Salonen ym. 2023).

Juolavehnä on erittäin kilpailukykyinen rikkakasvi (Werner & Rioux 1977). Juolavehnän hyvä kilpailukyky on seurausta sen kyvystä ylläpitää kasvunopeuttaan myös viileämpinä ajanjaksoina, minkä lisäksi se kuluttaa kasvaessaan paljon ravinteita ja kosteutta maasta (Werner & Rioux 1977). Ilmastonmuutoksen seurauksena juolavehnän kasvuaika voi pidentyä syksyn mahdollisesti jatkuessa pidempään, mikä parantaa sen kilpailuasemaa muihin kasveihin

verrattuna (Tørresen ym. 2010). Kasvien kilpailukyky juolavehnää vastaan vaihtelee ja kilpailutilanteessa kasvin orastumis- ja taimettumisnopeudella on merkitystä juolavehnän kasvun ja kehityksen kannalta. Myös kasvukauden sääolot voivat vaikuttaa juolavehnän aiheuttamiin satovaiikutuksiin ja kilpailukykyyn (Melander 1993).

Juolavehnän aiheuttamien satotappioiden suuruudet vaihtelevat viljelykasvien (Melander 1993) ja kasvukausien välillä (Melander 1995). Vaikka juolavehnän määrä vuosien välillä ei muuttuisi, satotappioiden suuruus voi vaihdella (Melander 1995). Juolavehnä vaikuttaa viljelykasvien satoon siten, että mitä suurempi on juolavehnän tuottama biomassa ja kasvutiheys, sitä alhaisempi on viljelykasvin sato (Salonen 1992, Ringselle 2015, Ringselle ym. 2015). Juolavehnän aiheuttamat satotappiot rukiilla (*Secale cereale* L.) ja syysvehnällä (*Triticum aestivum* L.) ovat jääneet vähäisemmiksi kuin kevätohralla, kevättrapsilla (*Brassica napus subsp. oleifera* (Moench) Metzg.) ja herneellä (*Lathyrus oleraceus* Lam.) (Melander 1993). Esimerkiksi kevättrapsin ja herneen kohdalla satotappiot ovat seurausta niiden heikommasta kilpailukykyvystä juolavehnään nähden (O'Donovan 1991). Heikko kilpailukyky voi johtua viljelykasvin hitaasta taimettumisesta ja sitä seuraavasta maan pinnan avoimuudesta, jolloin juolavehnän ei tarvitse kilpailla valosta ja kasvutilasta. Monivuotisissa nurmikasvustoissa juolavehnä voi aiheuttaa laatutappioita syrjäyttämällä ravinnerikkaampia, kasvustoon tarkoituksella kylvettyjä lajeja.

2.3. Juolavehnän hallintakeinot

2.3.1. Glyfosaatti ja muut herbisidit

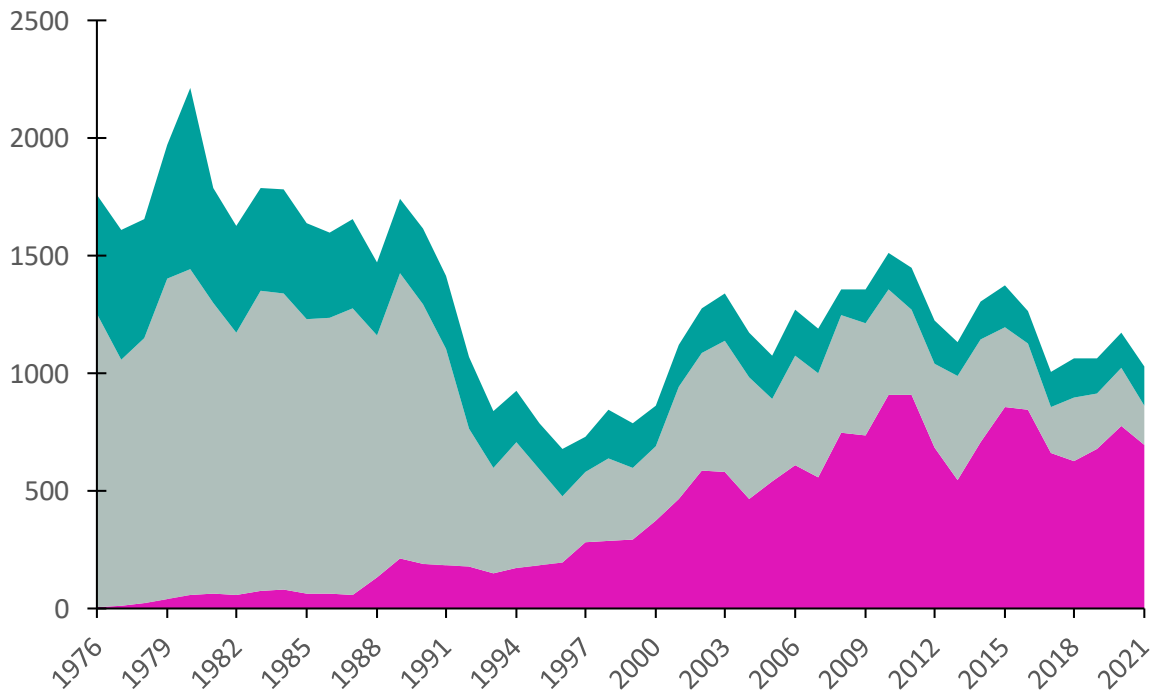
Tavanomaisessa tuotannossa glyfosaattia sisältävien herbisidien käyttö on käytetyin tapa torjua juolavehnää (Ringselle ym. 2020). Glyfosaattia myytiin Suomessa vuonna 2021 noin 695 tehoainetonnina, joka oli noin 56 % kaikista kasvinsuojeluaineista ja noin 67 % herbisideistä (TUKES 2024 a). Maailmanlaajuisesti herbisidejä myytiin vuonna 2014 yhteensä 4,2 mrd. kg tehoainetta (FAO 2022), josta glyfosaatin osuus oli noin 18 % (Benbrook 2016).

Glyfosaatin käyttöä Euroopassa kartoitettiin vuonna 2020 Endure-selvityksessä (Antier ym. 2020). Käyttö (myynti) oli suurinta Ranskassa (20 % koko Euroopan glyfosaatista), seuraavina tulivat Puola (14 %), Saksa (10 %), Italia (8 %) ja Espanja (8 %).

Glyfosaatin myyntimäärät maailmassa ja Suomessa kasvoivat nopeasti Monsanto glyfosaattipatentin rauettua vuonna 2000 ja valmistajien kilpailun laskettua glyfosaatin hintaa merkittävästi (Kuva 2). Samaan aikaan Suomessa yleistynyt suorakylvömenetelmä todennäköisesti myös lisäsi glyfosaatin käyttöä; glyfosaatilla voidaan tehokkaasti torjua rikkakasvit ennen suorakylvöä. Glyfosaattia käytetään rikkakasvien torjuntaan monenlaisissa eri kohteissa kotipuutarhoista julkisille alueille, mutta ylivoimaisesti eniten käytöstä kohdentuu peltoviljelyyn ja erityisesti juolavehnän torjuntaan. Glyfosaattia käytetään yleensä joko sänkikäsittelynä syksyisin viljan puinnin jälkeen tai keväisin juuri ennen kevätiljojen suorakylvöä (Antier ym. 2020). Hyvä teho ja verrattain edullinen ainekustannus selittävät, miksi viljelijät turvautuvat ensisijaisesti glyfosaattiin juolavehnän torjunnassa.

Glyfosaatin käytön hyväksyttävyyden on ollut viime vuosina kiistelystä kohteena erityisesti sen jälkeen, kun kansainvälinen syöväntutkimuslaitos IARC luokitteli sen vuonna 2015 mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi (IARC 2015). Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA päätyi kuitenkin tieteellisessä riskinarvioinnissa heinäkuussa 2023 johtopäätökseen, ettei glyfosaattia

luokitella syöpävaaralliseksi tehoaineeksi ja että sille löytyy turvallisia käyttökohteita (TUKES 2024 b). Siten EU-komission täytäntöönpanoasetuksella 28.11.2023 glyfosaatti-tehoaine hyväksyttiin EU:ssa uudelleen kymmeneksi vuodeksi (Komission täytäntöönpanoasetus 2024). Glyfosaatin käyttöä kuitenkin rajoitetaan jatkossa niin, että muun muassa sadon pakkotuleennuttaminen glyfosaatilla kielletään. Tämä käytötapa ei ole ollut Suomessa aikaisemminkaan sallittua. Jatkossa kehitetään uusia riskinarviointiohjeita ja kansalliset viranomaiset asettavat glyfosaattia sisältäville valmisteille tarvittavia riskinhallintamenetelmiä luonnon monimuotoisuuden suojelemiseksi. (TUKES 2024 b).



Kuva 2. Glyfosaatin (magenta), fenoksihappojen (harmaa) ja muiden herbisidien (syaani) myynti Suomessa 1976–2021. Tiedot on esitetty tehoainetonneina. (TUKES 2024 a).

Tutkimuksissa yhden glyfosaattikäsittelyn torjuntavaikutuksesta juolavehnään on saatu hyvin vaihtelevia tuloksia (Sheppard ym. 1984, Kivlin & Doll 1988, Chandler ym. 1994). Syksyisen glyfosaattikäsittelyn jälkivaikutuksen (mitattu noin vuosi ruiskutuksesta) on todettu olevan 0–76 % (Sheppard ym. 1984), 57–97 % (Kivlin & Doll 1988) tai 37 % (Chandler ym. 1994) koepaikasta, glyfosaatin käyttömäärästä ja käsittelyn ajoituksesta riippuen. Kevätkäsittelyllä glyfosaatin torjuntateho saman kasvukauden syksynä voi olla 41–92 % (Kivlin & Doll 1988) tai 29 % (Chandler ym. 1994) glyfosaatin käyttömäärästä, käsittelyn ajoituksesta ja kasvukaudesta riippuen. Säännöllisillä, vuosittain toistuvilla glyfosaattikäsittelyillä voidaan saavuttaa 81–92 % (syyskäsittely) tai 92–100 % (kevätkäsittely) torjuntavaikutus (Chandler ym. 1994).

Muita juolavehnän torjuntaan soveltuvia tehoaineita glyfosaatin ohella ovat niin sanotut graminisidit kuten kvitsalofoppi-P-etyyli, propakvitsalofoppi, fluatsifoppi-P-butyyl ja sykloksiidiimi, jotka soveltuvat käytettäväksi leveälehtisten kasvien viljelyssä (Ringselle ym. 2020, Peltonen 2024). Juolavehnän valikoivaan torjuntaan viljakasvustoista on myös käytettävissä useita herbisidejä, joiden teho ei yleensä kuitenkaan ole leveälehtisille kasveille hyväksytyjen graminisidien veroinen (Ringselle ym. 2020, Peltonen 2024).

Suorakylvön ja kevytmuokkauksen yhteydessä on tavallista erityisesti kevätiljoilla käyttää glyfosaattia juolavehnän ja muiden talvehtineiden rikkakasvien torjuntaan juuri ennen kylvöä. Glyfosaatin mahdollisesti poistuessa markkinoille siihen tarkoituksen ei jäisi yhtään herbisidiä, mutta edellä mainitut graminisidit voisivat hyvin toimia siinä tarkoituksessa. Markkinoilla on myös ns. bioherbisidijä, yhtenä tehoaineena pelargonihappo (esim. valmiste Finalsan). Lisäksi Lukessa on tutkittu ns. pyrolyysinesteiden eli pääasiassa biohiilen valmistuksen sivutuotteena syntyvien nestejakeiden käyttökelpoisuutta erilaisiin kasvinsuojelutarkoituksiin. Esimerkiksi pajupohjaisella pyrolyysinesteellä on havaittu olevan tehoa ainakin 2-sirkkasiin kasveihin (Hagner ym. 2020). Bioherbisidien tehokkuutta juolavehnään ei ole testattu aiemmin Suomessa.

2.3.2. Maanmuokkaus juolavehnän torjunnassa

Maanmuokkauksen tavoitteena on tappaa juolavehnän versot, pilkkoa juurakot pieniin osiin ja haudata ne joko syvälle maahan tai nostaa ne maan pinnalle. Suurin osa juolavehnän juurakoista kasvaa maan pintakerroksessa 0–10 cm:n syvyydessä (Lemieux ym. 1993, Chandler ym. 1994, Håkansson 2003). Muokkaamattomassa maassa juolavehnän juurakot kasvavat lähempänä maanpintaa kuin muokatussa maassa (Chandler ym. 1994). Juolavehnän juurakot sietävät hyvin maanmuokkausta (Håkansson 2003). Juolavehnän kykyyn selviytyä maanmuokkauksesta vaikuttavat kasvin kyky uudistaa itseään, muokkaussyvyys, kasville aiheutuneiden vaurioiden määrä ja ympäristötekijät (Håkansson 2003). Myös muokkausten väliin jäävän ajanjakson pituus (Tørresen ym. 2010), maalaji ja maan orgaanisen aineksen pitoisuus (Håkansson ym. 1998) vaikuttavat maanmuokkauksen tehoon juolavehnää vastaan. Juolavehnän torjunnassa juurakoiden suora vaurioittaminen on kuitenkin osoittautunut tehokkaimmaksi torjuntakeinoksi (Ringselle ym. 2020).

Tärkeimpiä ympäristötekijöitä, jotka vaikuttavat juolavehnän torjunnan tehokkuuteen ovat maaperän lämpötila ja kosteus (Håkansson 2003). Juolavehnän vanhat juurakot ovat herkeimpiä kuivumiselle kuin nuoret juurakot (Håkansson 2003). Juolavehnän juurakoiden voidaan odottaa kuolevan niiden vesipitoisuuden laskiessa alle 16 %:iin, mutta aina juurakot eivät kuole välttämättä silloinkaan, kun maan kosteus on laskenut 4 %:iin (Håkansson & Jonsson 1970). Tämän vuoksi maata ei tulisi muokata liian kosteissa olosuhteissa (Tørresen ym. 2010) sillä silloin maasta nostetut juurakon osat jatkavat kasvuaan.

Muokkaukset tulisi ajoittaa täsmällisesti parhaan torjuntatehon saavuttamiseksi. Håkansson (1967) määritteli juolavehnän kompensatiopisteen olevan juuri ennen 3–4 lehtiastetta. Kompensatiopisteessä kasvit kuluttavat ja tuottavat energiaa yhtä paljon. Ennen kompensatiopistettä kasvien vararavintovarastot ovat vähäiset energiankulutuksen ollessa tuottoa suurempaa. Uudempien tutkimustulosten perusteella kompensatiopiste voi alhaisimmillaan olla 1–2 lehtiastella (Ringselle ym. 2021). Käytännön kannalta mekaaniset torjuntatoimet kannattaa kuitenkin ajoittaa juolavehnän 2–3 lehtiasteelle (Ringselle ym. 2021).

Syyskyntö tai aikainen kevätkyntö yhdistettynä sitä edeltävään, toistuvaan kevytmuokkaukseen on pitkään ollut yksi tyypillisimmistä keinoista torjua juolavehnää (Ringselle ym. 2020). Yksivuotisten viljelykasvien viljelyssä ja nurmien lopettamisessa menetelmä on vielä yleisesti käytössä (Ringselle ym. 2020). Juolavehnän mekaaninen torjunta on tyypillisesti sisältänyt syksyllä tehtävät kaksi sänkimuokkausta yhdistettynä syksyiseen syväkyntöön. Sänkimuokkauksen tarkoituksena on tuhota versot ja pilkkoa tai repiä juurakot maasta (Ringselle ym. 2015). Kun muokkaus toistetaan, uudelleenversonta on ehtinyt kuluttaa vararavinnon juurakosta eikä

kasvin käytettävissä ole samalla tavalla vararavintoa kuin ensimmäisen muokkauksen jälkeen. Kevytmuokkauksia seuraavan kynnön tarkoituksena on haudata juurakoiden osat syvälle maahan, mikä hankaloittaa juolavehnän versojen orastumista. On kuitenkin osoitettu, että yhdellä aikaisella sänkimuokkauksella voidaan saavuttaa sama juolavehnän torjuntateho kuin toistuvilla muokkauksilla (Ringselle ym. 2016). Yhden aikaisen sänkimuokkauksen tehoon kuitenkin vaikuttaa muokkauksen jälkeinen kasvukauden pituus ja muokkauksen ajoitus (Ringselle ym. 2016). Ennen kyntöä tehdyn kevytmuokkauksen on todettu vähentävän juolavehnän biomassaa ja versojen tiheyttä (Boström & Fogelfors 1999, Bergkvist ym. 2017).

Maanmuokkaus on ajoitettava siten, että uusien juurakoiden tuotanto estyy, jos maanmuokkauksen tarkoituksena on pienentää juolaveh্নäkasvuston kokoa (Majek ym. 1984). Syväkynnöllä (20–25 cm) on saavutettu parempi torjuntateho juolaveh্নää ja muita monivuotisia rikkakasveja vastaan kuin matalalla kynnöllä (15 cm) (Håkansson ym. 1998, Bakken ym. 2011, Brandsæter ym. 2012). Syväkyntö on yleensä tehokkaampi vaihtoehto juolaveh্নän torjunnassa, sillä mitä syvemmälle juurakot haudataan, sitä pienempi on muodostuvien versojen määrä (Håkansson 1968). Bergkvistin ym. (2017) mukaan juolaveh্নän torjuntatehossa eri kynnöajankohtien välillä ei ole eroa. Vastaavasti Chandler ym. (1994) havaitsivat kynnön ajoituksen vaikuttavan juolaveh্নän torjuntatehoon siten, että syyskynnöllä juolaveh্নä saatiin paremmin torjuttua. Majekin ym. (1984) mukaan kyntö vaikuttaa juolaveh্নän kasvupisteen korkeuteen, kasvunopeuteen ja tähkien tuotantoon. Kun sadonkorjuun jälkeiseen matalaan kynnöön yhdistetään äestys, voi juolaveh্নän maanpäällinen biomassa vähentyä seuraavalla kasvukaudella jopa 86–90 % käsittelemättömään verrattuna (Brandsæter ym. 2012).

Juolaveh্নän torjunnassa voidaan käyttää myös juolaveh্নän torjuntaan suunniteltuja juolannostimia, jotka nostavat juolaveh্নän juurakot maanpinnalle (Kuva 3). Kyntöön verrattuna juolannostimen käytöllä on saavutettu parempi juolaveh্নän torjuntateho (Jacobsson 2006). Lisäksi paikallisten viljelijöiden käyttökokemukset ovat osoittaneet useiden käsittelyiden ja kevyen maalajin parantavan juolannostimen juolaveh্নän torjuntatehoa (Jacobsson 2006). Pelkällä keväisellä juolannostinkäsittelyllä ennen kevätiljan kylvöä ei ole saatu torjuttua juolaveh্নää (Lötjönen & Salonen 2016, Brandsæter ym. 2020). Paras teho juolaveh্নään saavutetaan, kun maata käsitellään toistuvasti juolannostimella (Lötjönen & Salonen 2016) tai kun kevätkäsittelyyn yhdistetään edellisenä syksynä tehty syyskäsittely (Brandsæter ym. 2020).



Kuva 3. a) Maanmuokkausta KwickFinn-juolannostimella, joka nostaa juolavehnän juurakoita maan pinnalle Kuva: Sonja Träskman. **b)** Juolannostimen maan pinnalle nostamia juolavehnän juurakon osia. Kuva: Jasmin Isotupa.

Kun juolavehnän juurakko pilkotaan, jokaisella juurakon osalla on käytössään vähemmän resursseja uudelleenkasvuun. Resurssien vähyyks tekee juurakoista alttiita kynnön aiheuttamalle hautaamiselle ja muiden kasvien kilpailulle. Juurakoiden pilkkominen myös purkaa juurakon kärkisilmujen apikaalidominanssin, mikä saa silmut tuottamaan enemmän versoja (Vengris 1962) ja näin kuluttamaan juurakkoon varastoitunutta vararavintoa. Juurakoiden pilkkomisen on pelätty lisäävän juolavehnän versojen muodostusta (Ringselle ym. 2020). On kuitenkin todettu, että juolavehnän juurakoiden pilkkominen pienempiin osiin ei lisää versojen määrää (Bergkvist ym. 2017, Kolberg ym. 2018, Brandsæter ym. 2020).

2.3.3. Mekaaninen kesannointi juolavehnän torjunnassa

Mekaanisessa kesannoinnissa pelto pidetään paljaana maata muokkaamalla ja sen pituus voi vaihdella muutamista viikoista koko kesän mittaiseen avokesannointiin (Håkansson 2003, Lötjönen 2014). Mekaaninen kesannointi voi perustua seuraaviin toimintaperiaatteisiin: 1) monivuotisten rikkakasvien juurten tai juurakoiden nostoon maan pinnalle, jotta ne kuivuvat tuulen ja auringon vaikutuksesta; 2) maanmuokkauksen ajoittamiseen rikkakasvien kompensatiopisteeseen eli hetkeen, jolloin kasvuun lähtenyt rikkakasvi on kuluttanut kaiken vararavintonsa; 3) rikkakasvin juurien tai juurakoiden silpomiseen ja niiden hautaamiseen syvälle maahan; 4) juurten ja juurakoiden keräämiseen maan pinnalta sen jälkeen kun ne on mekaanisesti nostettu maanpinnalle (Lötjönen & Salonen 2016). Avokesannoinnissa muokkausvälineinä voidaan käyttää hyvin erilaisia laitteita, kuten esimerkiksi S-piikkiäkeitä, kultivaattoreita, lautasmuokkaimia ja jyrsimiä (Lötjönen & Salonen 2016).

Kun juolavehnän torjunnassa käytetään kesannointia, torjuntatehoon vaikuttavat muun muassa maalaji, kasvukauden sääolosuhteet, juolavehnän kasvutiheys, kesannointiajan pituus, käytetyt muokkausmenetelmät ja tehtyjen muokkausten määrä. Erityisesti kesannointiajan pituus vaikuttaa juolavehnän torjuntatehoon (Thomsen ym. 2015, Lötjönen & Salonen 2016). Lötjösen ja Salosen (2016) kenttäkokeissa turvemaalla lyhyt kesannointi tehosi juolavehnään heikosti, mutta pitkäaikaisella kesannoinnilla saavutettiin hyvä teho. Kesannoimalla juolavehnenäpopulaation kokoa voidaan saada pienennettyä jopa 91–99 % verrattuna tilanteeseen ennen muokkauksia (Melander ym. 2005).

3. Juolavehnän hallinnan kenttäkokeet

3.1. Kenttäkokeiden toteutus

Kenttäkokeissa vuosina 2021–2023 tarkasteltiin glyfosaatin korvaamista sen pääkäyttökoh-teissa eli juolavehnän torjunnassa sänkikäsittelyssä kevätiljan puinnin jälkeen, ennen kevät-vehnän suorakylvöä ja monivuotisia rehunurmia lopetettaessa. Kahdessa kenttäkokeessa Joki-
oisissa tutkittiin myös kasvinvuorotuksen ja välikasveilla käytettävien juolavehnän torjunta-
aineiden käyttöä.

Toteutettiin taulukon 1. mukaiset kenttäkokeet. Koepaikoilla tuli esiintyä juolavehää run-
saasti ja tasaisesti, ja kunkin koealan sisäisen vaihtelun tuli olla mahdollisimman vähäistä esi-
merkiksi maalajin tai viljelyhistorian osalta. Kaikki kenttäkokeet toteutettiin täydellisesti satun-
naistettujen lohkojen muotoisina, neljällä kerranteella. Koeruutujen koot vaihtelivat eri koe-
suunnitelmissa, lähinnä johtuen muokkaus- ja kylvökoneiden työlevyksistä. Taulukosta 1. il-
menevät koesuunnitelmien numerot ja nimet ja niiden mukaan tehtyjen kokeiden koepaikat
ja koevuodet.

Taulukko 1. Juolavehänkoesuunnitelmien numerot, nimet ja niiden mukaan tehtyjen kenttä-
kokeiden koepaikat ja koevuodet.

Koesuunnitelman numero ja nimi	Jokioinen	Ruukki	Inkoo
JUOTVAI 1: Muokkaustavat kevätiljoilla (3 koetta)	2021–2023	2021–2023	2021–2023
JUOTVAI 2: Kasvinvuorotus ja valikoivat her- bisidit kevytmuokatulla pellolla (1 koe)	2021–2023		
JUOTVAI 3: Mekaaninen kesanto ja valikoivat herbisidit syysviljoilla (1 koe)	2021–2023		
JUOTVAI 4: Nurmen lopetus (2 koetta)	2022–2023	2022–2023	
JUOTVAI 5: Glyfosaatin korvaaminen suora- kylvetyllä kevätiljalla (2 koetta)	2022		2022

3.1.1. Muokkaustavat kevätiljoilla (JUOTVAI 1 -kokeet)

JUOTVAI 1 -koesuunnitelman mukaiset kenttäkokeet toteutettiin Luken toimipaikoilla Jokioi-
sissa ja Ruukissa (Siikajoella) ja Nylands Svenska Lantbrukssällskapin (NSL) koeasemalla In-
koossa. Koeruutujen koko oli kaikilla koepaikoilla 6 m * 20 m. Maalajin osalta erityisesti
Ruukki poikkesi muista koepaikoista. Jokioisissa maalaji oli runsasmultainen hietasavi, jonka
pH oli 6,3. Inkoossa kenttäkokeen maalaji oli runsasmultaista liejusavea, jonka pH oli 6,2
(hyvä). Ruukissa maalaji oli erittäin runsasmultaista hietamoreenia pH:n ollessa 6,1 (hyvä).
Fosforin, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet olivat keskimäärin tyydyttävällä ta-
solla.

Kokeet pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman yhdenmukaisesti, ja koejäsenten mukaiset muokkaus- ja ruiskutustoimet toistettiin vuosittain (Taulukko 2). Ruukin muita kevyemmällä maalajilla koesuunnitelmaan sisältyvät kyntökäsittelyt toteutettiin keväisin noin viikkoa ennen kylvöä, joka on tyypillinen tapa tuon viljelyalueen vastaavilla maalajeilla. Muilla koepaikoilla kyntökäsittelyt toteutettiin normaalin syyskynnön aikaan lokakuussa. Kyntösyvyys vaihteli 18 ja 23 cm välillä. Syksyn sänkimuokkaukset koejäsenissä 3 ja 4 toteutettiin yleensä Köckerling Allrounder -äkeellä noin 7 cm syvyyteen. KwickFinn-käsittelyjä koejäsenessä 6 tehtiin yleensä syksyisin kerran ja keväisin ennen kylvöä kahdesti 5–10 cm syvyyteen. Koejäsenissä 2–5 kylvömuokkaus tehtiin yleensä joustopiikkiäkeellä noin 5 cm syvyyteen. 1. koejäsenessä glyfosaattiruiskutus tehtiin juuri ennen suorakylvöä kaikilla koepaikoilla vuosina 2022 ja 2023. 2. koejäsenessä glyfosaatti ruiskutettiin viljan sängelle kaikkina kolmena vuonna noin 3–4 viikkoa puinnin jälkeen. Jokioisissa ja Inkoossa glyfosaattiruiskutukset tehtiin kannettavilla tai työnnettävillä, paineilmakäyttöisillä 3 metrin pituisilla koeruuturuiskuilla. Ruukin kokeella käytettiin traktoriruiskua 6 metrin ruiskupuomilla. Kaikissa glyfosaattiruiskutuksissa käytetty vesimäärä oli 200 l/ha. Leveälehtiset rikkakasvit torjuttiin kaikilta kokeilta kaikkina vuosina ruiskuttamalla traktoriruiskulla yli kokeen (poikki koeruutujen) vallitsevaan rikkalajistoon sopivilla herbisidi-valmisteilla kesä-heinäkuussa.

Taulukko 2. JUOTVAI 1 -kokeiden koejäsenet ja viljelykasvit eri vuosina Jokioisissa, Ruukissa ja Inkoossa.

Nro	Koejäsen: muokkaus- ja glyfosaattikäsittelyt	Viljelykasvi 2021	Viljelykasvi 2022	Viljelykasvi 2023
1	Suorakylvö (glyfosaatti ennen kylvöä 2022–2023)	Ohra	Kaura	Ohra
2	Glyfosaatti sängelle + kyntö*	Ohra	Kaura	Ohra
3	Sänkimuokkaus syksy + äestys kevät	Ohra	Kaura	Ohra
4	Sänkimuokkaus syksy + kyntö*	Ohra	Kaura	Ohra
5	Kyntö* + äestys	Ohra	Kaura	Ohra
6	KwickFinn kevät + syksy	Ohra	Kaura	Ohra
7	Puolikesanto + viherlannoitus 2021, suorakylvö 2022–2023	Viherlannoitus-seos	Kaura	Ohra

* Jokioisissa ja Inkoossa syyskyntö, Ruukissa kevätkyntö

Taulukon 2 mukaisesti kokeilla viljeltiin ohraa vuonna 2021, kauraa vuonna 2022 ja ohraa taas vuonna 2023. Poikkeuksena vuonna 2021 oli koejäsen 7, jolle puolikesannon eli 3–4 Kwickfinn-muokauskerran jälkeen kylvettiin viherlannoitusseos Vihervauhti (Naturcom; rehuvirna 30 %, öljyretikka 12 %, tattari 10 %, westerwoldinraiheinä 8 %, persianapila 15 %, valkosinappi 12 %, italianraiheinä 8 % ja hunajakukka 5 %). Vihervauhti-seosta kylvettiin 50 kg/ha. Kokeilla käytetyt viljalajikkeet sekä kylvö- ja puintipäivät ilmenevät taulukosta 3. Samasta taulukosta ilmenevät myös tärkeimpien kasvustohavaintojen, puintien ja botanisten näytteiden päivämäärät.



Kuva 4. JUOTVAI 1, Ruukki. Vihervauhti-kasvustoa kesällä 2021. Kuva Timo Lötjönen.

Kokeista havainnoitiin juolavehnän ja muiden rikkakasvien määrää peittävyshavainnoilla kasvukaudella ja puinnin aikaan biomassanäyttein, jotka otettiin leikkaamalla neljältä 0,25 m² näytealalta per ruutu kaikki viljelykasvit ja rikkakasvit maanpinnan tasalta (Kuva 5). Vehnä, juolavehnä ja muut rikkakasvit lajiteltiin erikseen, kuivattiin ja ne punnittiin ilmakuivina. Jokioisissa viljasadot puitiin ruutusadon määrän ja puintikosteuden mittaavalla koeruutupuimurilla, Ruukissa ja Inkoossa koeruutusadot kuivattiin, lajiteltiin ja punnittiin ennen kosteusmäärittystä ja ruutusatojen punnitusta. Tulosgraafeissa satomäärät ilmoitetaan 14 % vakiokosteuteen muunnettuna. Satonäytteistä analysoitiin lisäksi hehtolitrapainot ja tuhannen jyvän painot.



Kuva 5. a) Botaaniset näytteet otettiin viljan puinnin aikaan leikkaamalla kaikki kasvit maanpinnan tasalta neljältä 0,25 m² näytealalta. Kuva Pentti Ruuttunen. **b)** Ruukissa tähän oli käytettävissä sähkösakset. Kuva Pentti Ruuttunen.

Taulukko 3. JUOTVAI 1 -kokeiden viljalajikkeet ja kylvöpäivät sekä havaintojen päivämäärät eri vuosina Jokioisissa, Ruukissa ja Inkoossa.

	Jokioinen			Ruukki			Inkoo		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Viljalajike	Vertti-ohra	Niklas-kaura	Fennica-ohra	Vertti-ohra	Perttu-kaura	Hermanniohra	RGT Planet-ohra	Niklas-kaura	RGT Planet-ohra
Kylvö, pvm.	3.6. ja 7.6.	20.5.	13.5.	8.6.	2.6.	1.6.	14.5.	17.5.	23.5.
Peittävyyshavainto, pvm.	11.5. ja 17.8.	29.8.	16.5. ja 6.9.	12.5. ja 30.8.	19.5. ja 7.9.	22.5. ja 30.8.	4.5. ja 17.8.	10.5. ja 17.8.	11.5. ja 29.8.
Puinti, pvm.	17.8.	30.8.	19.9.	31.8.	8.9.	5.9.	20.8.	18.8.	7.9.
Botaaniset näytteet, pvm.	ei otettu	6.9.	6.9.	9.9.	13.9.	11.9.	23.8. (vain 1. kerr.)	19.8.	8.9.



Kuva 6. JUOTVAI 1 -koe Jokioisissa juuri ennen kauran puintia 23.8.2022. Kuva Sanna Kulmala.

3.1.2. Kasvinvuorotus ja herbisidit kevytkuokatulla pellolla (JUOTVAI 2 -koe)

JUOTVAI 2 -koesuunnitelman mukainen kolmivuotinen kenttäkoe toteutettiin Luke Jokioisten Ypäjällä sijaitsevalla peltolohkolla vuosina 2021–2023. Catros-lautasmuokkaimella syksyisin ja keväisin kevytkuokatulla maalla yhdistettiin rypsiä ja puna-apilaa kevätiljakiertoon. 1. koejäsenessä ei käytetty juolavehnerbisidijä lainkaan, mutta muissa koejäsenissä torjuttiin juolavehneä eri herbisidivalmisteilla (Taulukko 4). Vuonna 2021 2. koejäsenessä käytettiin pelargonihappoa 187 g/l sisältävää Finals- valmistetta ennen kevävehnän kylvöä, juolavehnen 2–3 lehtiasteella (BBCH 12-13). Finals on nykyisin sallittu rikkakasvien ja sammalten torjuntaan mm. piha- ja puistokäytävillä. Muut kokeessa käytetyt herbisidivalmisteet on virallisesti hyväksytty kokeessa käytetyille viljelykasveille, ja niitä käytettiin käyttöohjeiden mukaisina käyttömäärinä ja ajankohtina. Vuonna 2021 3. koejäsenessä käytettiin Avoxa- valmistetta (pinoksadeeni 33,3 g/l) kevävehnän versomisvaiheessa, kun juolavehneä oli 4 lehtiasteelta tähkimisen alkuun (BBCH 14-51). Vuonna 2022 käytettiin Targa Super 5 SC- valmistetta (kvitsalofoppi-P-etyyli 50 g/l) kevätrypsillä 2. ja 3. koejäsenessä ja puna-apilalla 4. koejäsenessä. Puna-apilaa ruiskutettaessa juolavehneä oli 2–4 lehtiasteella (BBCH 12-14) ja kevätrypsä

ruiskutettaessa 4 lehtiasteelta tähkimisen alkuun (BBCH 14-51). Targa Super 5 SC -valmisteen kanssa käytettiin Sito Plus-kiinnitettä käyttöohjeen mukaisesti. Vijelykasvilajikkeet, kylvöpäivämäärät ja herbisidien käyttöpäivämäärät ilmenevät taulukosta 4. Leveälehtiset rikkakasvit torjuttiin kokeelta herbisidein mahdollisuuksien mukaan.

Taulukko 4. JUOTVAI 2 -kokeen koejäsenet, viljelykasvit ja niillä käytetyt herbisidit eri vuosina.

Nro	Koejäsen	Viljelykasvi, kylvöpvm. ja herbisidikäsittelyt eri vuosina		
		2021	2022	2023
1	Käsittelemätön	Helmi-kevätvehnä 25.5.2021	Synthia-kevätrypsi 19.5.2022	Helmi-kevätvehnä 21.4.2023
2	Juolavehnan torjunta 1. vuonna kevätvehnästä ja 2. vuonna kevätrypsistä	Helmi-kevätvehnä 25.5.2021 Finalsan 16 l/ha 8.5.2021	Synthia-kevätrypsi 19.5.2022 Targa Super 5 SC 2,0 l/ha + Sito Plus 0,2 l/ha 23.6.2022	Helmi-kevätvehnä 21.4.2023
3	Juolavehnan torjunta 1. vuonna kevätvehnästä ja 2. vuonna kevätrypsistä	Helmi-kevätvehnä 25.5.2021 Avoxa 1,8 l/ha 6.6.2021	Synthia-kevätrypsi 19.5.2022 Targa Super 5 SC 2,0 l/ha + Sito Plus 0,2 l/ha 23.6.2022	Helmi-kevätvehnä 21.4.2023
4	Juolavehnan torjunta 2. vuonna puna-apilasta	Vertti-ohra 25.5.2021 (+puna-apila)	Puna-apila Targa Super 5 SC 2,0 l/ha + Sito Plus 0,2 l/ha 25.5.2022	Helmi-kevätvehnä 21.4.2023

Juolavehnan peittävyttä havainnoitiin silmävaraisesti koetta aloitettaessa 11.5.2021 ja kaikkina vuosina juuri ennen viljelykasvien sadonkorjuuta 10.8.2021, 11.8.2022 ja 4.9.2023. Viljelykasvien ruutusadot puitiin Sampo-koeruutupuimurilla. Kokeen lopuksi 5.9.2023 otettiin vielä kasvustonäytteet 2 x 0,25 m² näytealoilta per ruutu, lajiteltiin kevätvehnä, juolavehänä ja leveälehtiset rikkakasvit erikseen, kuivattiin ja niiden ilmakeiva biomassassa punnittiin.



Kuva 7. JUOTVAI 2 -koe Ypäjällä juuri ennen vehnän puintia 4.9.2023. Kuva Sanna Kulmala.

3.1.3. Mekaaninen kesanto ja valikoivat herbisidit syysviljoilla (JUOTVAI 3 -koe)

JUOTVAI 3 -koesuunnitelman mukainen kenttäkoe toteutettiin Luken Jokioisten Ypäjän juolavehneisellä viljelylohkolla vuosina 2021–2023. Tavoitteena oli vähentää juolavehneää yhdistämällä kevät- ja syysviljoja sisältäviä viljelykiertoja, eri muokkaustapoja ja valikoivia juolavehneäntorjunta-aineita (Taulukko 5). Syksyllä 2022 kaikkiin koejäseniin oli tarkoitus kylvää syysvehnä. Koejäsenissä 1–3 vuoden 2022 ruis varisti kuitenkin puidessa niin paljon siementä, että se olisi ollut vuonna 2023 syysvehnän seassa haitallinen. Siten koko koe kylvettiin rukiille myös syksyllä 2022.

Taulukko 5. JUOTVAI 3 -kokeen koejäsenet, viljelykasvit ja niillä käytetyt herbisidit eri vuosina.

Nro	Muokkaus	Viljelykasvi, kylvöpvm ja herbisidikäsittelyt eri vuosina		
		2021	2022	2023
1	Lautasmuokkaus keväisin ja syksyisin	Vertti-ohra 25.5.2021, Reetta-ruis 10.9.2021	Reetta-ruis Reetta-ruis 9.9.2022	Reetta-ruis
2	2021 kesannointi lautasmuokkaimella (3x), 2021 ja 2022 lautasmuokkaus ennen rukiin kylvöä	Kesanto Reetta-ruis 10.9.2021	Reetta-ruis Reetta-ruis 9.9.2022	Reetta-ruis
3	2021 KwickFinn-puolikesanto (4x) 2021 rukiin suorakylvö 2022 lautasmuokkaus ennen rukiin kylvöä	Vihervauhti-viherlannoitusseos 22.6.2021 Reetta-ruis 10.9.2021	Reetta-ruis Reetta-ruis 9.9.2022	Reetta-ruis Broadway 220 g/ha +Dassoil 0,5 l/ha 15.5.2023
4	KwickFinn-puolikesanto 2021 2022 kevätrypsin suorakylvö 2022 lautasmuokkaus ennen rukiin kylvöä	Vihervauhti-viherlannoitusseos 22.6.2021	Synthia-kevätrypsi Targa Super 5 SC + Sito Plus 0.2 l/ha 23.6.2022 Reetta-ruis 9.9.2022	Reetta-ruis



Kuva 8. JUOTVAI 3 -kokeen koejäsenen 3 kesannointi kesällä 2021 tehtiin Catros-lautasmuokkaimella. Kuva Pentti Ruuttunen.



Kuva 9. Vihervauhti-kasvusto jyrättiin 10.9.2021 ennen rukiin suorakylvöä VM Väderstad-suorakylvökoneen jyrällä. Kuva Pentti Ruuttunen.

Juolavehnan peittävyyttä havainnoitiin silmävaraisesti koetta aloitettaessa ja vuosina 2021 ja 2022 juuri ennen viljelykasvien sadonkorjuuta. Viljelykasvien ruutusadot puitiin Sampo-koe-ruutupuimurilla. Kokeen lopuksi 5.9.2023 otettiin vielä kasvustonäytteet 2 x 0,25 m² näytealoilta per ruutu, lajiteltiin ruis, juolavehna ja leveälehtiset rikkakasvit erikseen, kuivattiin ja niiden ilmakuiva biomassa punnittiin.

3.1.4. Nurmen lopetus (JUOTVAI 4 -kokeet)

JUOTVAI 4 -koesuunnitelman mukaiset nurmen lopettamisen kenttäkokeet toteutettiin pitkäaikaisilla, runsaasti juolavehnan sisältävillä säilörehunurmilla Luken toimipaikoilla Jokioisissa ja Ruukissa vuosina 2022–2023. Koko kokeiden alalta korjattiin vuonna 2022 ensimmäinen säilörehusato normaalisti, Jokioisissa 15.6.2022 ja Ruukissa 20.6.2022, ja kokeet perustettiin sen jälkeen taulukon 6 mukaisesti. Koesuunnitelman mukaiset toimenpiteet toteutettiin sen jälkeen taulukon 7 mukaisesti. Ruislajikkeena Jokioisissa oli Reetta ja Ruukissa Sangaste, kauralajikkeina vastaavasti Niklas ja Perttu. Lannoitus tehtiin viljavuusanalyysien mukaisesti ja leveälehtiset rikkakasvit torjuttiin herbisidein, joilla vallitsevaan rikkakasvilajistoon saatiin hyvä teho.

Taulukko 6. JUOTVAI 4 -kokeiden koejäsenet.

Nro	Koejäsen (käsittelyt 2022)	Nurmen korjuukerrat 2022	Viljelykasvi 2023
1	Syyskyntö	2	Kaura
2	Glyfosaatti + syyskyntö	2	Kaura
3	5 x KwickFinn + syyskyntö	1	Kaura
4	5 x KwickFinn + kerääjäkasviseoksen kylvö	1	Kaura
5	5 x KwickFinn + rukiin + timotein kylvö	1	Ruis

Taulukko 7. Viljelytoimenpiteet ja niiden päivämäärät Jokioisten ja Ruukin JUOTVAI 4 kokeilla 2022–2023.

Toimenpide	Toimenpiteen päivämäärä	
	Jokioinen	Ruukki
Koko koe: Ensimmäinen säilörehun korjuu	15.6.2022	20.6.2022
Koejäsenet 3, 4 ja 5: KwickFinn n. 4-5 cm syvyyteen	29.6.2022	29.6.2022
Koejäsenet 3, 4 ja 5: KwickFinn n. 6-7 cm syvyyteen	1.7. 2022	6.7.2022
Koejäsenet 3, 4 ja 5: KwickFinn n. 7-8 cm syvyyteen	21.7. 2022	20.7.2022
Koejäsenet 3, 4 ja 5: KwickFinn n. 7-8 cm syvyyteen	3.8. 2022	8.8.2022
Koejäsenet 3, 4 ja 5: KwickFinn n. 10 cm syvyyteen	22.8. 2022	17.8.2022
Koejäsenet 1 ja 2: Toinen säilörehun korjuu	10.8.2022	20.8.2022
Koejäsen 5: Rukiin ja timotein kylvö (+ lannoitus)	26.8.2022	18.8.2022
Koejäsen 4: Raiheinä+valkoapila -kerääjäkasviseoksen kylvö	26.8.2022	24.8.2022
Koejäsen 2: Glyfosaattiruiskutus (glyfosaatti 1440 g/ha)	21.9.2022	26.9.2022
Koejäsenet 1, 2 ja 3: Syyskyntö n. 20 cm	4.10.2022	21.10.2022
Koejäsen 5: Rukiin kevätlannoitus	21.4.2023	16.5.2023
Koejäsenet 4 ja 5: Leveälehtisten rikkakasvien ruiskutus	22.4.2023	15.5.2023
Koejäsenet 1, 2, 3 ja 4: Äestys ja kauran kylvö (+ lannoitus)	24.5.2023	25.5.2023
Koejäsenet 1, 2, 3 ja 4: Leveälehtisten rikkakasvien ruiskutus	26.6.2023	30.6.2023
Koejäsen 5: Rukiin puinti	15.8.2023	28.8.2023
Koejäsenet 1, 2, 3 ja 4: Kauran puinti	18.9.2023	5.9.2023



Kuva 10. KwickFinn-näytös Jokioisten JUOTVAI 4 -kokeella 9.8.2022. Kuva Pentti Ruuttunen.



Kuva 11. Edessä KwickFinnin kultivaattoriosan hanhenjalkaterät ja takana roottorin kovapalaterät, jotka olivat tarpeen Jokioisten savimaalla. Kuva Pentti Ruuttunen.



Kuva 12. Hyvin onnistuneessa KwickFinn-ajossa juolavehnan juurakoista irtoaa savi, jolloin ne kuivuvat nopeasti maan pinnalla. Kuva Pentti Ruuttunen.



Kuva 13. JUOTVAI 4, Ruukki, vähän ennen rukiin puintia 24.8.2023. Vasemmalla koejäsen 5 (ruis) ja oikealla koejäsen 3 (kaura), molemmissa nurmi lopetettu KwickFinnillä 2022. Kuva Timo Lötjönen.

Rukiin ja kauran ruutusadot puitiin koeruutupuimureilla. Jokioisissa käytettiin Sampo-koeruutupuimuria, joka mittasi ruutusadon painon ja puintikosteuden. Ruukissa käytetyssä Wintersteiger-koeruutupuimurissa ei ollut mittaautomatiikkaa, joten ruutusadot kuivattiin kuivurissa, lajiteltiin, punnittiin ja näytteiden kosteudet määritettiin erikseen. Satotulokset raportoidaan 14 % vakiokosteuteen muunnettuina. Pian puinnin jälkeen puintikaistan reunasta otettiin vielä kasvustonäytteet kahdelta 0,25 m² näytealoilta per ruutu, lajiteltiin viljelykasvit, juolavehnä ja leveälehtiset rikkakasvit erikseen, kuivattiin ja niiden ilmakuiva biomassa punnittiin.

3.1.5. Juolavehnän torjunta suorakylvetyllä kevätvehnällä (JUOTVAI 5 -kokeet)

JUOTVAI 5 -koesuunnitelman mukaiset kenttäkokeet toteutettiin Luken toimipaikalla Jokioisissa ja NSL:n koeasemalla Inkoossa. Koepaikoiksi valittiin runsaasti ja tasaisesti juolavehnää sisältävät alueet syksyllä 2021 kevätiljojen korjuun jälkeen, ja alueet jätettiin sängelle talven yli. Jokioisilla esikasvina vuonna 2021 oli kevätvehnä ja Inkoossa ohra. Molemmilla kokeilla Helmi-kevätvehnä kylvettiin suorakylvökoneella edellisen vuoden kevätiljan sänkeen. Jokioisissa kylvöpäivä oli 20.5.2022 ja Inkoossa 25.5.2022 ja lajike Helmi. Molemmissa kokeissa käytettiin täydellisesti satunnaistettujen lohkojen koemallia, jossa oli kuusi koejäsentä ja neljä toistoa sekä koeruudun koko 3 m × 8 m.

Suorakylvön yhteydessä käytetään yleisesti glyfosaattia ennen kevätiljan kylvöä juolavehnän ja muiden talvehtineiden rikkakasvien torjumiseksi. Näissä kokeissa glyfosaattikäsittelyä verrattiin joihinkin muihin herbisideihin taulukon 8 mukaisesti. Koejäsenet sisälsivät käsittelemättömän kontrollin ja verrannekäsittelyn glyfosaattivalmisteella Rodeo FL käyttöohjeen mukaisesti mukaisesti 3,0 l/ha juuri ennen kevätvehnän suorakylvöä (käsittelyaika A). Juolavehnälle oli tuolloin jo kehittynyt vähintään kaksi lehteä (BBCH 12), ja osa Inkoon kasveista oli jo korrenkasvun alussa (BBCH 30). Toinen herbisidikäsittely samaan aikaan ennen vehnän kylvöä tehtiin Targa Super 5 SC -valmisteella 2,0 l/ha käyttömäärällä. Tällä hetkellä Targa Super 5 SC -valmistetta ei saa käyttää kevätiljoilla tähän tapaan: käyttöohje sisältää käyttötarkoituksia

vain valikoivaan rikkaheinien torjuntaan leveälehtisiltä viljelykasveilta. Kolmas käsittely ennen vehnän kylvöä tehtiin Finalsan Plus -pelargonihappovalmisteella 60 l/ha ja neljäs koivusta peräisin olevalla pyrolyysinesteellä 200 l/ha. Pyrolyysinesteen teho rikkakasveihin perustuu pääasiassa sen sisältämiin happoihin, pääasiassa etikkahappoon. Käytetyn pyrolyysineste-erän kokonaishappopitoisuudeksi mitattiin ennen kokeen aloitusta 146 g l⁻¹. Kevätvehnän taimettumisen jälkeen koejäsenessä 6 ruiskutettiin herbisidivalmistetta Broadway kevätevehnän käyttöohjeen mukaisesti 150 g/ha. Jokioisissa, jossa juolavehnä oli erityisen rehevää, ruiskutus tosin jouduttiin tekemään jo kevätevehnän BBCH 10 -21 asteella, kun käyttöohjeen mukaan kevätevehnän tulisi olla vähintään versomisasteella (BBCH 21). Jokioisissa juolavehnä oli ruiskutettaessa 1–2 solmuasteella BBCH 31-32, Inkoossa hieman epätasaisemmin kehittyneenä 2-lehtiasteelta tähkälle tulovaiheeseen (BBCH 12-51). Tankkiseoksissa käytettiin valmisteille suositeltuja kiinnitteitä, Targa Super 5 SC:n kanssa Sito Plus 0,2 l/ha ja Broadwayn kanssa Dassoil 0,5 l/ha kanssa. Ruiskutuspäivämäärät ja kevätevehnän ja sääolosuhteet ja BBCH-kasvuvaiheet levitysaikoina on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 8. JUOTVAI 5 -kokeiden koejäsenet, käytetyt herbisidivalmisteet, tehoaineet ja pitoisuudet, valmisteiden käyttömäärät ja käyttöajankohdat (A = ennen suorakylvöä; B = kevätevehnän orastumisen jälkeen).

Koej. nro	Koejäsen	Tehoaine ja sen pitoisuus g/l	Valmisteen käyttömäärä	Yksikkö	Käsittelyaika
1	Käsittlemätön				
2	Rodeo FL	glyphosaatti 360 g/l	3,0	l/ha	A
3	Targa Super 5 SC	kvitsalofoppi-P-etyyli 50 g/l	2,0	l/ha	A
	Sito Plus		0,2	l/ha	A
4	Finalsan Plus	pelargonihappo 187 g/l + maleiinihydratsidi 30 g/l	60	l/ha	A
5	Pyrolyysineste	orgaaniset hapot 146 g/l	200	l/ha	A
6	Broadway	pyroksulaami 68 g/kg + florasulaami 23 g/kg	150	g/ha	B
	Dassoil		0,5	l/ha	B

Taulukko 9. Herbisidiruiskutusten päivämäärät, sääolosuhteet ja kevätevehnän ja juolavehnän kasvuasteet ruiskutettaessa.

	Jokioinen		Inkoo	
	Ruiskutus A	Ruiskutus B	Ruiskutus A	Ruiskutus B
Ruiskutus pvm.	18.5.2022	10.6.2022	18.6.2022	14.6.2022
Ilman lämpötila °C	13,9	15,9	9,7	20,5
Ilman kosteus %	37	68	53	55
Tuulen nopeus m s ⁻¹	3,0	0	2,5	0,4
Kastetta kasvien lehdillä	ei	kyllä	ei	ei
Kevätevehnän BBCH-kasvuaste	Ennen kylvöä	10-12	Ennen kylvöä	13-21
Juolavehnän BBCH-kasvuaste	12-14	31-32	12-30	12-51

Koeruutujen ruiskutukset tehtiin kannettavilla tai työnnettävällä, paineilmakäyttöisillä, viuhkasuuttimilla varustetuilla koeruuturuiskuilla. Vesimäärä oli 200 l/ha kaikissa muissa koejäsenissä paitsi pyrolyysinesten kanssa. Pyrolyysineste oli liian "paksua" ruiskutettavaksi laimentamattomana, joten sitä laimennettiin vedellä niin, että ruiskutteen määräksi tuli 300 l/ha.



Kuva 14. Jokioisten JUOTVAI 5 -koe 20.5.2022 juuri ennen kevätvehnän kylvöä. Vihreä kasvusto on juolavehnnää. Pyrolyysinesteellä käsitellyt koeruudut erottuvat tummiksi värjäytyneinä. Kuva Pentti Ruuttunen.

Kokeista havainnoitiin juolavehnnän ja muiden rikkakasvien määrää peittävyyshavainnoilla kasvukaudella ja lopuksi puinnin aikaan biomassanäyttein, jotka otettiin leikkaamalla kahdelta 0,25 m² näytealalta per ruutu leikkaamalla kaikki viljelykasvit ja rikkakasvit maanpinnan tasalta. Vehnä, juolavehnnä ja muut rikkakasvit lajiteltiin erikseen, kuivattiin ja niiden ilmakeuvas biomassaa punnittiin. Vehnäsato puitiin Jokioisissa ruutusadon määrän ja puintikosteuden mittaavalla koeruutupuimurilla, Inkoossa vehnäsato kuivattiin ja lajiteltiin ennen ruutusadon ja kosteuden määrittämistä. Tulosgraafeissa satomäärät ilmoitetaan 14 % vakiokosteuteen muunnettuna.

3.2. Säöolosuhteet

Touko-syyskuun lämpösummat eri koepaikoilla eivät suuresti poikenneet pitkän ajan keskiarvoista minään vuonna, vain vuonna 2023 Ruukissa ja Jokioisissa lämpösumma oli yli 200 °C vrk vertailuarvoa korkeampi (Taulukko 16). Kasvukausien sisällä heinäkuu 2021 oli poikkeuksellisen lämmin kaikilla koepaikoilla. Sademäärät vaihtelivat eri vuosien, kuukausien ja koepaikkojen välillä melko suuresti. Toukokuu 2021 oli poikkeuksellisen sateinen Inkoossa ja erityisesti Jokioisissa, mikä haittasi kenttäkokeiden ensimmäisiä muokkauksia ja kylvöjä. Vähäsäteiset kesä- ja heinäkuu Jokioisissa samana kesänä kiihdyttivät Jokioisten JUOTVAI 1 -kokeen ohrakasvuston. 2021 elokuu oli puolestaan poikkeuksellisen sateinen varsinkin Inkoossa. Vuoden 2023 touko- ja kesäkuu olivat varsin kuivia kaikilla koepaikoilla, ja heinä- ja elokuu taas sateisia Jokioisissa ja Inkoossa. Ruukissa ja Jokioisissa kuivat alkukesät 2022 ja 2023 suosivat JUOTVAI 1 -ja JUOTVAI 4 -kokeiden muokkauksittelyjen toteutusta ja tehoa juolavehnnään.

Taulukko 10. Lämpö- ja sadesummat Luke Ruukissa, Luke Jokioisissa ja NSL:n koeasemalla Inkoossa koevuosina 2021–2023 touko-syyskuussa ja vertailukauden keskiarvoina. Ruukin ja Jokioisten sääaineisto on koepaikoilla sijaitsevilta Ilmatieteen laitoksen sääasemilta, joissa vertailukausi on 1991–2020. Inkoon aineisto on koeaseman omalta sääasemalta, jossa vertailukausi on 1996–2020.

	Lämpösumma °C vrk Ruukki				Sadesumma mm Ruukki			
	Koevuosi			Keskiarvo	Koevuosi			Keskiarvo
	2021	2022	2023	1991–2020	2021	2022	2023	1991–2020
Toukokuu	107	117	151	111	57	32	30	42
Kesäkuu	338	302	294	250	45	58	17	53
Heinäkuu	413	358	322	347	32	40	75	77
Elokuu	256	325	336	280	127	121	69	70
Syyskuu	73	91	219	128	45	27	61	53
Yhteensä	1 186	1 193	1 322	1 116	306	278	251	294
	Lämpösumma °C vrk Jokioinen				Sadesumma mm Jokioinen			
	Koevuosi			Keskiarvo	Koevuosi			Keskiarvo
	2021	2022	2023	1991–2020	2021	2022	2023	1991–2020
Toukokuu	156	135	169	159	98	29	25	38
Kesäkuu	408	344	324	279	35	41	19	68
Heinäkuu	464	367	343	371	26	65	135	74
Elokuu	299	395	353	324	165	36	150	72
Syyskuu	116	104	278	168	31	39	42	54
Summa	1 444	1 357	1 505	1 301	354	211	371	306
	Lämpösumma °C vrk Inkoo				Sadesumma mm Inkoo			
	Koevuosi			Keskiarvo	Koevuosi			Keskiarvo
	2021	2022	2023	1996–2020	2021	2022	2023	1996–2020
Toukokuu	147*	113	138	175	79*	80	41	46
Kesäkuu	384	334	302	286	55	78	17	71
Heinäkuu	449	360	317	376	59	132	120	77
Elokuu	310	387	360	338	252	51	242	94
Syyskuu	129	95	293	191	72	45	77	74
Summa	1 420	1 288	1 410	1 365	516	386	497	361

*tiedot puuttuvat 1.5.-3.5.2021

3.3. Kenttäkoeaineistojen tilastokäsittelyt

3.3.1. JUOTVAI 1 -kenttäkokeet

Tilastolliset mallit perustuvat täydellisten lohkojen koeasetelmaan useammalla koepaikalla. Tilastollisesti analysoitujen muuttujan arvot eli juolavehnan peittävyys-% ja ilmakeiva biomassan g/m² sekä viljasato kg/ha (14 % vakiokosteudella) mitattiin koepaikoilla vuosittain vuosien 2021–2023 aikana. Samasta koeruudusta eri vuosina tehdyt mittaukset korreloivat keskenään. Juolavehnan peittävyydelle ja viljasadolle valittiin korrelaatio/kovarianssirakenteeksi CS (homogeneous compound symmetry) ja juolavehnan biomassalle UN (unstructured). Juolavehnan biomassalle tarvittiin oma mallinsa, koska satunnaisvaihtelun määrä vaihteli vuodesta

toiseen, toisten muuttujien pysyessä vakiona. Käsittelyt, vuodet ja niiden yhdysvaikutukset ovat mallissa kiinteinä muuttujina. Itse malli on seuraava:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{loc}_j + \text{reps}(\text{loc})_{ij} + \text{trtk} + \text{trt} * \text{loc}_{jk} + \text{year } l + \text{year} * \text{loc}_{jl} + \text{reps} * \text{loc} * \text{year}_{ijl} + \text{trt} * \text{year}_{kl} + \text{trt} * \text{loc} * \text{year}_{jkl} + \epsilon_{ijkl},$$

jossa y_{ijkl} on vastemuuttuja, μ on vakio-termi, loc_j on j :n koepaikan satunnaisvaikutus (j =Joki-oinen, Inkoo, Ruukki), $\text{reps}(\text{loc})_{ij}$ on j :n koepaikan i :n toiston ($i=1, \dots, 4$) satunnaisvaikutus, trtk on k :n käsittelyn ($k=1, \dots, 7$) vaikutus, $\text{trt} * \text{loc}_{jk}$ käsittelyn ja koepaikan yhdysvaikutuksen satunnaisvaikutus, $\text{year } l$ on l :n vuoden vaikutus ($l=2021, 2022, 2023$), $\text{year} * \text{loc}_{jl}$ on vuoden ja koepaikan yhdysvaikutuksen satunnaisvaikutus, $\text{reps} * \text{loc} * \text{year}_{ijl}$ on toiston, koepaikan ja vuoden yhdysvaikutuksen satunnaisvaikutus, $\text{trt} * \text{year}_{kl}$ on käsittelyn ja vuoden yhdysvaikutus, $\text{trt} * \text{loc} * \text{year}_{jkl}$ on käsittelyn, koepaikan ja vuoden yhdysvaikutuksen satunnaisvaikutus ja lopuksi ϵ_{ijkl} on jäännösvirhe.

Jäännösten normaalisuusoletus tarkistettiin graafisesti ja todettiin riittäväksi satomuuttujien ja juolavehnän peittävyden osalta. Juolavehnän biomassa ei ollut normaalijakautunut, joten sen osalta käytettiin log-normaalijaumaoletusta. Saman koeruudun toistomittauksille valittiin sopivin korrelaatio/kovarianssirakenne käyttäen Akaiken informaatiokriteeriä (AIC). Vapausasteiden laskennassa käytettiin Kenward-Rogerin menetelmää (Kenward 2009) ja Westfallin stepdown menetelmää käytettiin parittaisten vertailujen yhteydessä käytettäessä merkitsevyytensä $\alpha = 0,05$ (Westfall 1997). Tilastollisissa analyyseissä käytettiin SAS 9.4. ohjelmistoa ja sen GLIMMIX proseduuria (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3.3.2. Muut kenttäkokeet

Muiden kenttäkokeiden aineistojen tilastolliset käsittelyt tehtiin Agriculture Research Manager -ohjelmistolla (rev. 2023.6, GDM Solutions, Inc., USA). Myös ne perustuvat täydellisten lohkojen koeasetelmaan. Analysoidut muuttujat olivat juolavehnän peittävyys-%, juolavehnän ilmakuiva biomassa g/m^2 ja viljasato kg/ha (14 % vakiokosteudella), JUOTVAI 5 -kokeissa lisäksi muiden rikkakasvien ja viljan ilmakuiva biomassa. Parittaisiin vertailuihin käytettiin Student-Newman-Keulsin menetelmää ja merkitsevyytensä $p = 0,05$

3.4. Juolavehnän hallintamenetelmien kannattavuusvertailujen toteutus

Juolavehnän hallintamenetelmien kannattavuutta tarkasteltiin vertaamalla JUOTVAI 1-koesarjan eri koejäsenten katetuotto C:tä toisiinsa. Siten tarkastelut rajautuvat kevätiljojen viljelyssä käytettyjen muokkausmenetelmien ja glyfosaattikäsittelyjen vertailuun. Suorakylvökokeissa glyfosaatin käyttö ennen kylvöä näytti muita menetelmiä kannattavammalta ilman kannattavuuslaskentaakin. Viljelykiertoja hyödyntävissä JUOTVAI 2 ja JUOTVAI 3 -kokeissa viljelykasvien viljely ei onnistunut tarpeeksi hyvin, jotta niiden tulokset edustaisivat käytännön viljelykiertojen kannattavuutta. Nurmen lopetuskokeiden (JUOTVAI 4) aineistoja olisi myös voinut käyttää kannattavuuslaskennassa, mutta projektin aika ja rahoitus eivät antaneet myöten.

JUOTVAI 1 koesarjan koejäsenten vertailussa katetuotto C valittiin vertailumenetelmäksi, sillä se on yleisesti käytössä vertailtaessa erilaisten koneketjujen vaikutuksia kannattavuuteen. Katetuotto C lasketaan vähentämällä kokonaistuotoista (tulot viljelykasvista ja tuet) muuttuvat

kustannukset, työpanos sekä kiinteät kone-, rakennus- ja yleiskustannukset. Kun katetuotto C:stä vähennetään vielä pellon ja ojituksen kustannukset, saadaan nettovoitto tai -tappio. Katetuottolaskemissa käytettiin Kasvitalouslaskelmien hinnoitteluohje vuodelle 2023-oppaan ohjeita (ProAgria Keskusten liitto 2023).

Katetuottolaskelmat rakentuvat seuraavasti:

Tuotot

- muuttuvat kustannukset

= Katetuotto A

- työpanos

= Katetuotto B

- kiinteät kustannukset (koneet, rakennukset, yleiskustannukset)

= Katetuotto C

- pellon kustannukset

- ojituksen kustannukset

= Nettovoitto tai -tappio

JUOTVAI 1 –koesarjassa juolavehnän hallintakeinoja tutkittiin pienen mittakaavan kenttäkokeissa. Kokeissa saatuja satotuloksia on käytetty kannattavuuslaskelmien tuottojen perustana. Viljelykustannusten osalta laskennassa käytettiin kuitenkin sellaisia oletuksia, jotka toteutuisivat peltomittakaavan viljelyssä. Kenttäkokeet sisälsivät seitsemän eri koejäsentä, ne toteutettiin kolmella eri koepaikalla, jokaisella koepaikalla kolmena vuonna peräkkäin, mikä johti 63 erilliseen laskelmaan. Liitteessä 1 esitellään kannattavuuslaskelmien laskentaperusteet ja tulokset eri koepaikoilla vuosittain. 63 yksityiskohtaisesta laskelmasta liitteessä 1 esitetään esimerkinomaisesti 21 laskelmaa vuodelta 2022. Yksittäisten hintatietojen saaminen kolmelta eri vuodelta osoittautui hankalaksi, joten päätettiin, että laskelmissa käytetään vuoden 2023 tuotantopanosten ja viljan hintatietoja. Siten eri vuosien ja koepaikkojen laskelmat ovat myös parhaiten vertailukelpoisia.

3.4.1. Tuotot

Ensimmäisenä ja kolmantena tutkimusvuonna koepaikoilla viljeltiin ohraa, toisena vuonna kauraa. Poikkeuksena koejäsen 7, jossa ensimmäisenä tutkimusvuotena viljeltiin heinistä, palkokasveja ja ristikukkaisista kasveista koostuvaa viherlannoitusseosta. Viljasadoista tehtyjen laatuanalyysien perusteella oletettiin, että sato myytiin rehuviljana. Sadosta saatava hinta perustuu Kasvitalouslaskelmien hinnoitteluohje vuodelle 2023-oppaassa esitettyihin tietoihin (ProAgria Keskusten liitto 2023).

Tukitasot määritettiin uuden, vuodesta 2023 alkaen voimassa olleen tukijärjestelmän mukaisesti. Kenttäkokeet Inkoossa ja Jokioisilla kuuluvat AB-tukialueella ja Ruukin kenttäkoe C-tukialueelle. Tuen määrä eri koejäsenille kokeiden sisällä oli samalla tasolla, poikkeuksena koejäsen 7, jossa viljeltiin ensimmäisenä tutkimusvuonna viherlannoitusseosta ja nostettiin monimuotoisuuskasvien ja talvenaikaisen kasvipeitteisyyden tukia.

3.4.2. Muuttuvat kustannukset

Laskelmissa oletettiin, että kylvössä käytettiin tilan omaa siementä kylvösiemenenä. Lannoitteiden hinnat katsottiin Minun Maatilani Visu-ohjelmasta ja kasvinsuojeluaineiden kustannukset Peltokasvien kasvinsuojelu 2023-oppaasta (Peltonen 2023).

Traktorityön laskennassa käytettiin apuna sekä Standardiajan laskentapohjaa (Peltonen & Vanhala 1992) että ajankäyttötesteissä kynnön ja KvickFinnin osalta saatuja tietoja. Puinti-, kuivaus-, kuljetus- ja välityskustannukset noudattavat ProAgrian laskentaohjeita eikä kyseisiä kustannuksia laskettu, mikäli koejäsenen sadonkorjuu jäi tekemättä.

Työvoimakustannus hehtaaria kohden laskettiin siten, että jokaisessa koejäsenessä oli oletuksena viisi työtuntia, joihin lisättiin traktorityötunnit.

3.4.3. Kiinteät kustannukset

Traktorin ja puimurin kiinteät kustannukset laskettiin ProAgrian mallin mukaisesti siten, että kustannukset kohdistettiin tarvittavan ajan mukaisesti hehtaaria kohden. Kiinteät kustannukset muille koneille laskettiin tasapoistomenetelmän mukaisesti olettaen, että jäännösarvo on 10 % ja korko 5 %. Koneille ei ollut mahdollista saada luotettavaa tietoa kunkin koneen erillisestä vakuutusmaksusta, sillä koneet kuuluvat usein koko tilan vakuutukseen. Vakuutusmaksun vaikutuksen kokonaisuuteen oletettiin olevan vähäinen ja vakuutusmaksut jätettiin pois laskelmista. Kun jokaiselle koneelle oli saatu vuotuinen peruskustannus, laskettiin hehtaarihinta olettaen tilakoon olevan 100 hehtaaria. Jokaiselle koneelle arvioitiin pinta-ala, jolla kyseistä konetta tilalla voidaan käyttää.

Kiinteiden rakennus- ja yleiskustannusten oletettiin olevan yhtä suuret jokaisessa koejäsenessä.

3.5. Kenttäkokeiden tulokset

3.5.1. Muokkausmenetelmät kevätiljoilla (JUOTVAI 1 -kokeet)

JUOTVAI 1 -koesarja, jossa kevätiljoilla vertailtiin erilaisia muokkauskäsittelyjä kolmen vuoden ajan Jokioisissa, Ruukissa ja Inkoossa, tuotti runsaasti mielenkiintoisia tuloksia. Koesuunnitelmat onnistuttiin pääosin toteuttamaan suunnitellusti, mikä antaa hyvät edellytykset johdot päätöksiin. Tärkeimmät koetulokset esitetään kuvien 14–19 kaavioissa.

Juolavehnan määrässä oli melko suuret erot koepaikkojen välillä. Taulukossa 11 esitetään lähtötilanne juolavehnan peittävyden koejäsenkeskiarvoina ennen ensimmäisiä muokkaustoimia, ja juolavehnan tiheydenä koejäsenestä 1 laskettuna (näyteala 4 x 0.25 m² per koeruutu). Ruukissa juolavehnan tiheys oli suurin, 830 versoa/m², ja juolavehnan esiintyi hyvin tasaisesti ja juolavehnan peittävyden keskihajonnat koko kokeessa ja koejäsenittäin olivat pieniä. Inkoossa juolavehnan tiheys oli selvästi pienempi, 103 versoa/m², mutta peittävyden lukuarvot ovat suuremmat kuin Ruukissa, koska Inkoon peittävyshavainnot tehtiin jo 2020 syksyllä ja Ruukin 2021 keväällä (Inkoossa ja Jokioisissa syyskylvö 2020, Ruukissa kevätkylvö 2021). Jokioisissa sekä juolavehnan peittävyys että tiheys, 88 versoa/m², olivat pienemmät kuin muilla koepaikoilla ja kokeen sisäinen vaihtelu oli melko suurta. Juolavehnan peittävydessä koejäsenten välillä ennen toimenpiteitä ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä eroja millään koepaikalla.

Taulukko 11. Juolavehnan peittävyden koejäsenkeskiarvot ja keskihajonnat sekä juolavehnan versotiheyden keskiarvo koejäsenessä 1 kokeiden alussa ennen ensimmäisiä muokkaustoimia.

Nro	Koejäsen	Ruukki					Inkoo					Jokioinen				
		12.5.2021			12.5.2021		2.10.2020			4.5.2021		1.10.2020			11.5.2021	
		Peittävyys			Verso- tiheys		Peittävyys			Verso- tiheys		Peittävyys			Verso- tiheys	
		%		SD	kpl/ m ²	SD	%		SD	kpl/ m ²	SD	%		SD	kpl/ m ²	SD
1	(GLY) +Suora- kylvö	33	a	5	830	167	43	a	34	103	89	5,0	a	3,9	88	117
2	GLY+kyntö	33	a	5			45	a	31			2,3	a	1,3		
3	Kevyt- muokaus k+s	35	a	6			53	a	32			7,5	a	5,2		
4	Sänki- muokk. +kyntö	35	a	6			48	a	35			4,8	a	3,8		
5	Kyntö	33	a	5			39	a	31			4,0	a	3,6		
6	KF k+s	30	a	0			44	a	37			3,0	a	3,4		
7	KF-ke- santo +suorak.	30	a	0			40	a	26			3,0	a	1,4		
	Keskiarvo	32,5					44,3					4,2				
	SD	4,6					14,8					3,5				

SD = keskihajonta

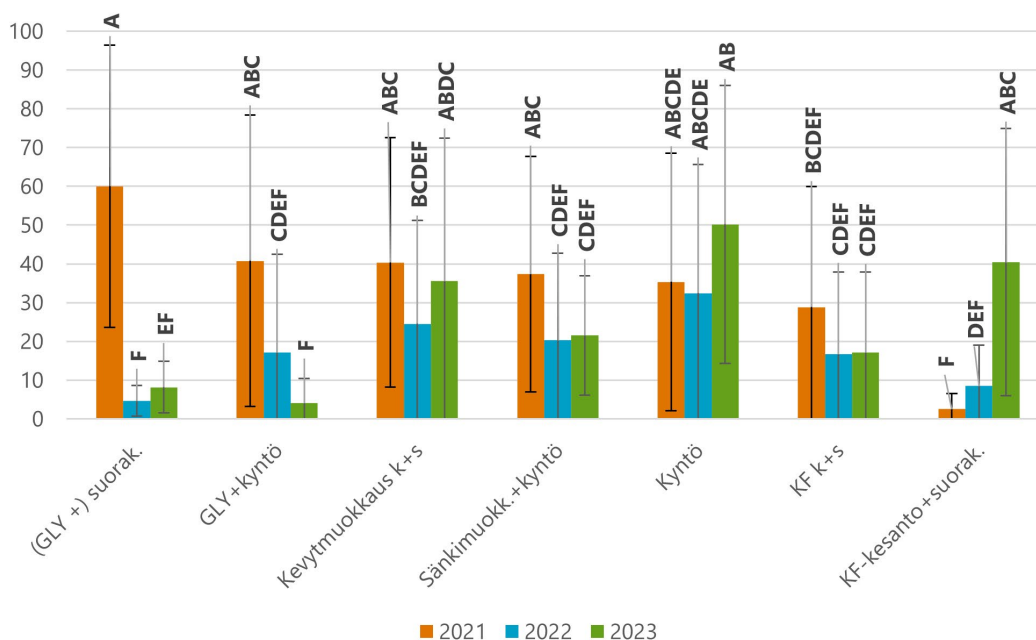
Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät poikkea tilastollisesti toisistaan (P=0,05, Student-Newman-Keuls).

Käsittelyjen vaikutus juolavehnän peittävyteen

Kaikissa kolmessa kokeessa juolavehnän peittävyys ennen ohran puintia 2021 oli suurin ns. käsittelemättömässä eli suorakylvetyssä koejäsenessä 1 (Kuva 16), Ruukissa juolavehnän peittävyys oli peräti 100 %. Vuoden 2021 KwickFinn-kesanto täydennettynä loppukesän viherlannoituskasvilla vähensi juolavehnän peittävyyden Ruukissa nollaan ja muillakin paikoilla lähes nollaan. Kuvassa 15 on esitetty juolavehnän peittävyydet kolmen kokeen keskiarvoina, ja nähdään, että KwickFinn-kesanto vähensi juolavehnän peittävyyttä merkittävästi enemmän kuin kyntö tai kevytmuokkaus koejäsenissä 2–5. Muiden koejäsenten keskinäiset erot olivat vuonna 2021 melko pieniä kaikilla koepaikoilla, mutta näytti siltä, että KwickFinn keväällä oli hieman tehokkaampi kuin kyntö- ja kevytmuokkauskoekäsenet kaikilla koepaikoilla.

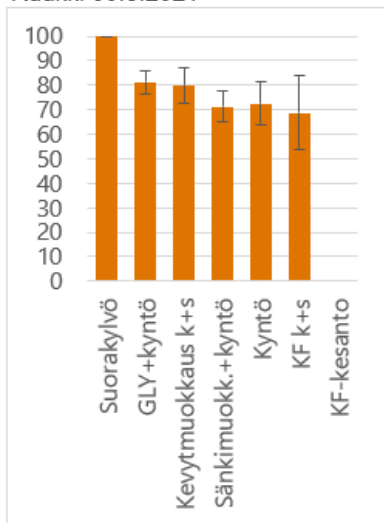
Vuonna 2022 koejäsenessä 1 tehtiin glyfosaattiruiskutus ennen kauran suorakylvöä, mikä muutti tilanteen kokonaan erityisesti Ruukissa, jossa juolavehnän peittävyys pieneni tuossa koejäsenessä lähelle nollaa (Kuva 16). Sitä vastoin edellissyksyn glyfosaattiruiskutus koejäsenessä 2 ei Ruukissa tehonnut läheskään yhtä hyvin kuin muilla koepaikoilla, joilla se vaikutti tehokkaimmalta. Kaikilla koepaikoilla nähtiin suotuisa jälkivaikutus edellisvuoden KwickFinn-kesannosta ja viherlannoituskasvustosta koejäsenessä 7, jossa juolavehnän peittävyys oli kolmen kokeen keskiarvona alle 10 % (Kuva 15). Pelkkä kyntö näytti tehottomimmalta Ruukissa ja Inkoossa, muutoin erot olivat suhteellisen pieniä ja erisuuntaisia eri koepaikoilla.

Vuonna 2023 ohrassa juolavehnän määrä kasvoi edellisvuoteen verraten erityisesti koejäsenessä 7, jossa jatkettiin toisena vuonna peräkkäin viljaa suorakylvönä. Nähdään, että vuoden 2021 KwickFinn-kesannon vaikutus ei enää kantanut vuodelle 2023. Myös kevytmuokkauskoekäsenessä 3 ja kyntökoekäsenessä 5 juolavehää oli runsaasti ja keskimäärin enemmän kuin edellisvuonna. Näissä kolmessa koejäsenessä juolavehnän peittävyys oli kolmen kokeen keskiarvona merkittävästi suurempi kuin glyfosaattia sisältävissä koejäsenissä 1 ja 2. Ruukissa em. kolmessa koejäsenessä juolavehnän peittävyys oli yli 80 % ennen ohran puintia.

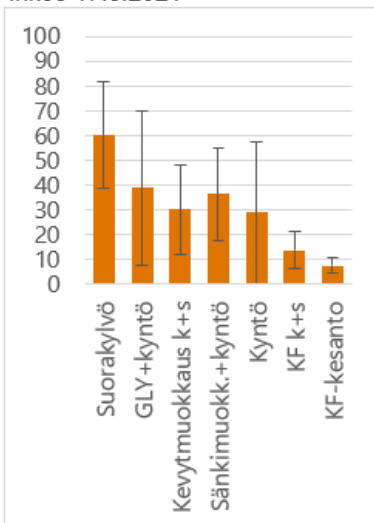


Kuva 15. Juolavehnän peittävyys-% eri JUOTVAI 1-koepaikoilla keskimäärin juuri ennen viljankorjuuta vuosittain. Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkittävästi (Westfallin stepdown-menetelmä, merkitsevyytaso $\alpha = 0,05$). Virhepalkki ilmaisee keskihajonnan.

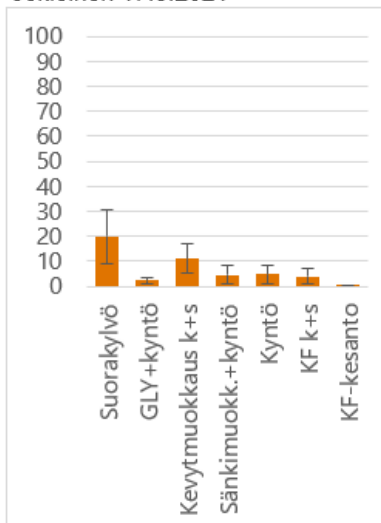
Ruukki 30.8.2021



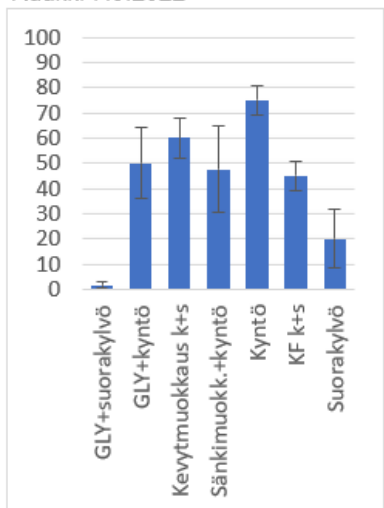
Inkoo 17.8.2021



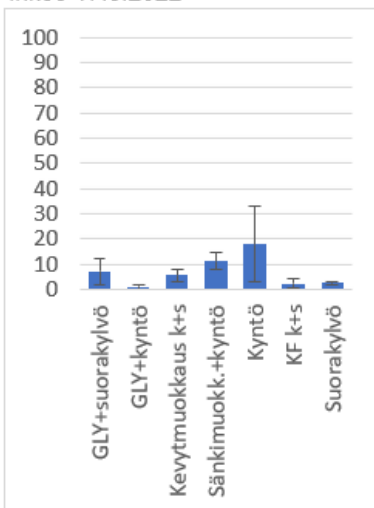
Jokioinen 17.8.2021



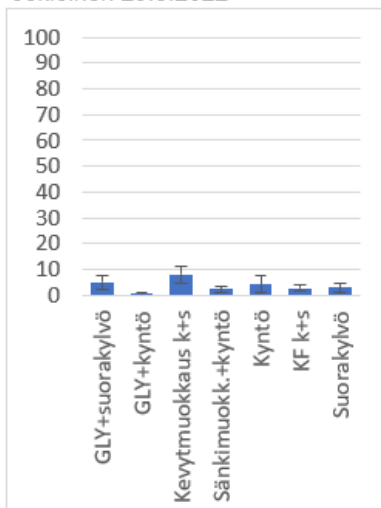
Ruukki 7.9.2022



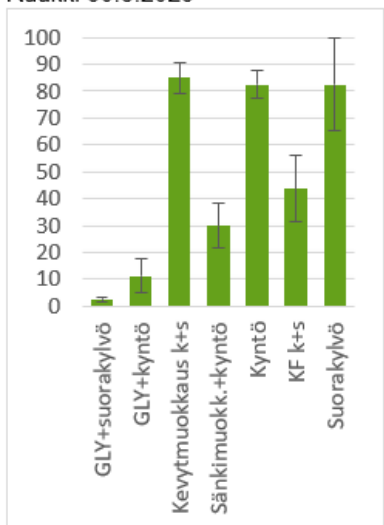
Inkoo 17.8.2022



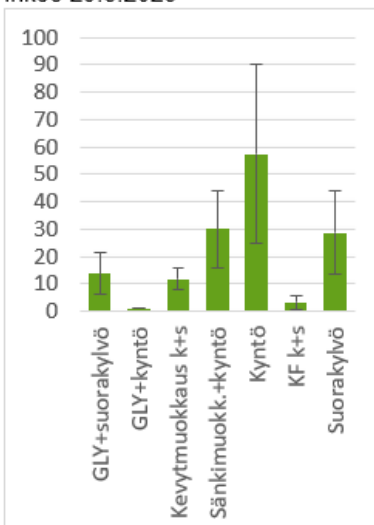
Jokioinen 29.8.2022



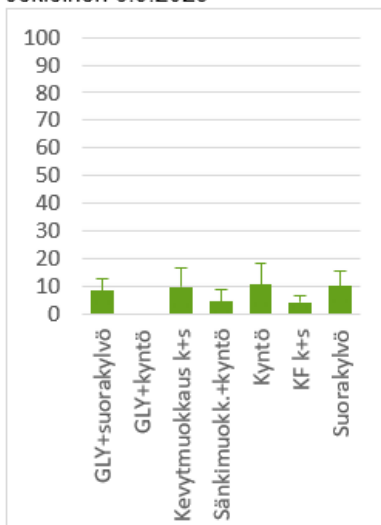
Ruukki 30.8.2023



Inkoo 29.8.2023



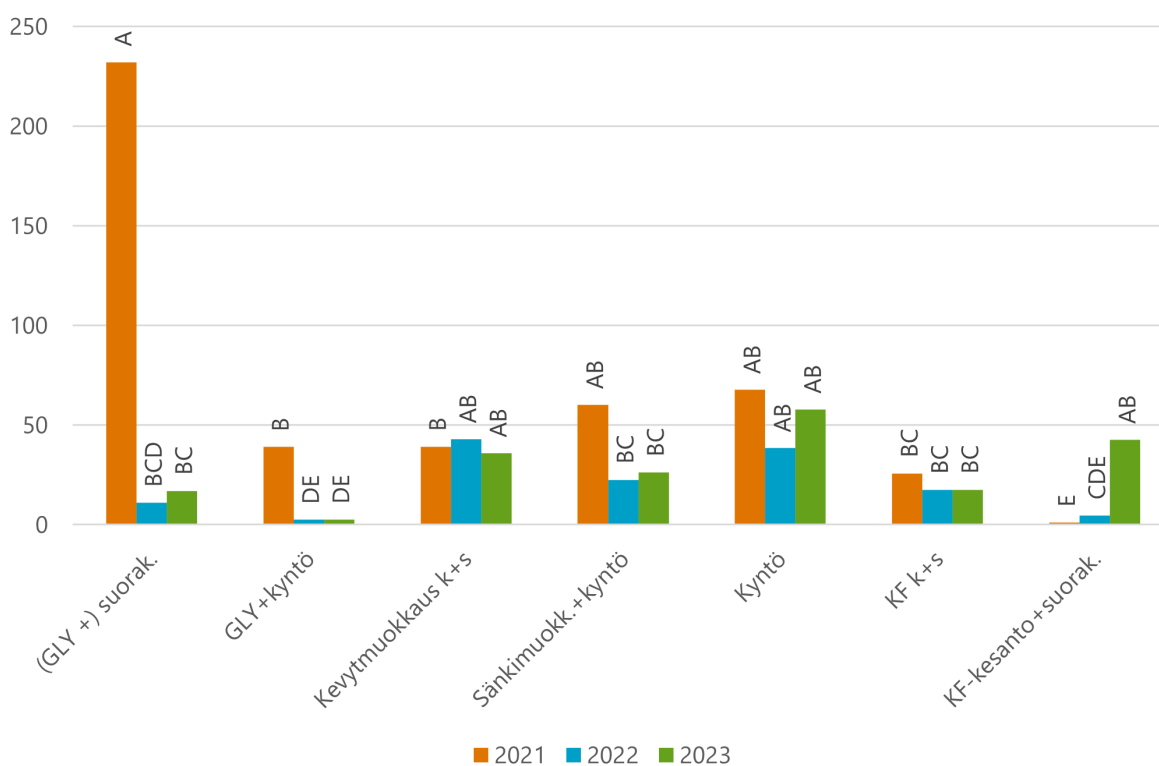
Jokioinen 6.9.2023



Kuva 16. Juolavehnan peittävyyshäviö-% JUOTVAI 1 -kokeilla eri koepaikoilla vuosittain juuri ennen puintia.

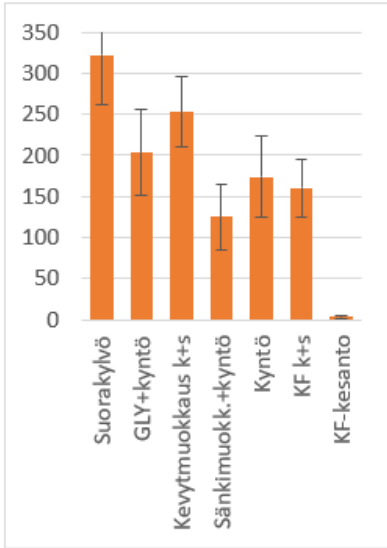
Käsittelyjen vaikutus juolavehnän biomassaan

Kuvan 18 kaavioissa esitetään juolavehnän biomassatulokset puinnin aikaan edellisen kuvan tavoin vuosittain eri koepaikoilla. Biomassakaaviot ovat hyvin samansuuntaisia kuin peittävyyskaaviot. Merkittävimmät poikkeamat nähtiin Ruukissa vuonna 2021 sänkimuokkaus +kyntö -koejäsenessä, jossa juolavehnän biomassa oli melko pieni suhteessa peittävyteen. Niin ikään Ruukissa vuonna 2023 kyntökoejäsenessä juolavehnän biomassa oli pienehkö suhteessa peittävyteen. Jokioisten biomassadata puuttuu vuodelta 2021, koska siinä vaiheessa koko koetta harkittiin keskeytettäväksi ohran viljelyn epäonnistuttua. Kuvassa 17 nähdään biomassatulokset keskimäärin eri vuosina kolmella koepaikalla. Vuosina 2022 ja 2023 syysglyfosaatin ja kynnön yhdistelmä vähensi juolavehnän biomassaa keskimäärin tehokkaammin. Kuvasta 18 nähdään kuitenkin, että Ruukissa glyfosaatti ennen suorakylvöä vähensi juolavehettä erityisesti vuonna 2022 selvästi tehokkaammin kuin glyfosaatin ja kevätkynnön yhdistelmä.

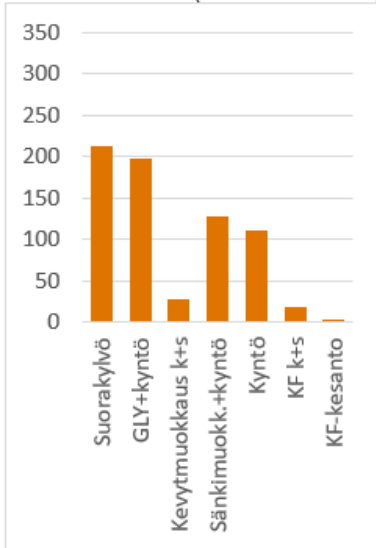


Kuva 17. Juolavehnän keskimääräinen ilmakeiva biomassa eri JUOTVAI 1-koepaikoilla viljan puinnin aikaan vuosittain. Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Westfallin stepdown-menetelmä, merkitsevyystaso $\alpha = 0,05$).

Ruukki 9.9.2021

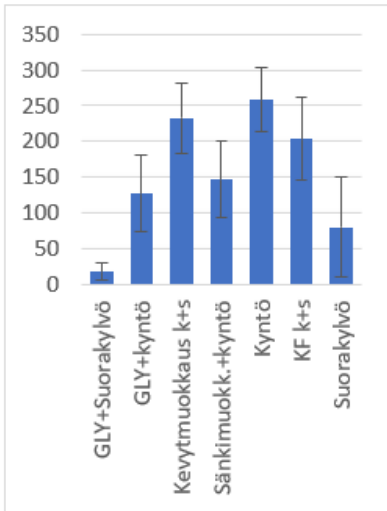


Inkoo 23.8.2021 (vain 1. kerranne)

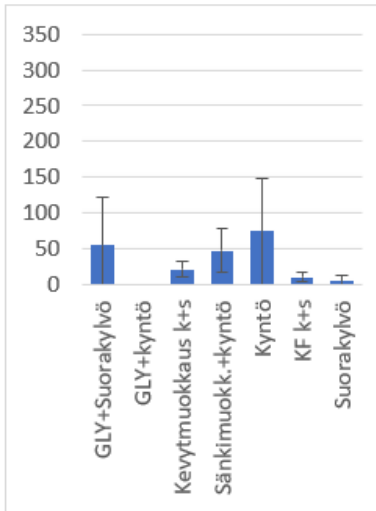


Jokioinen 2021 (puuttuu)

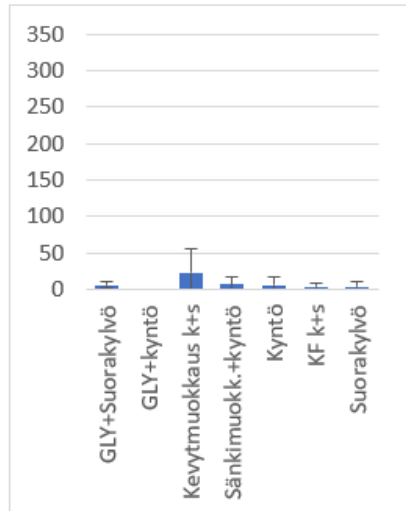
Ruukki 13.9.2022



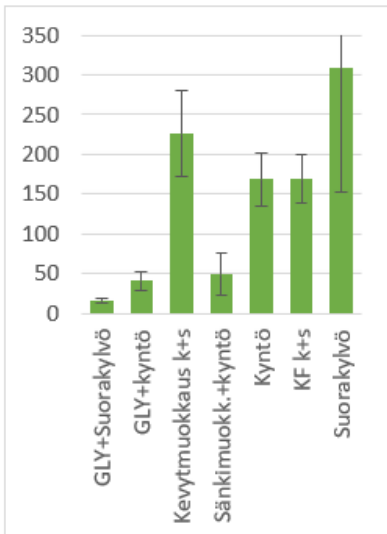
Inkoo 19.8.2022



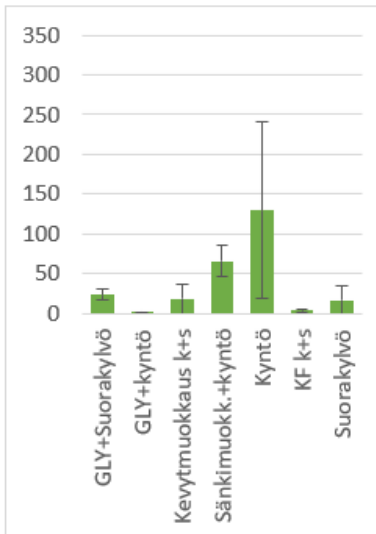
Jokioinen 6.9.2022



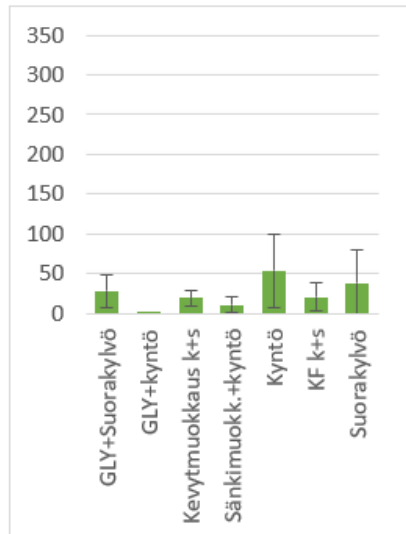
Ruukki 11.9.2023



Inkoo 8.9.2023



Jokioinen 6.9.2023



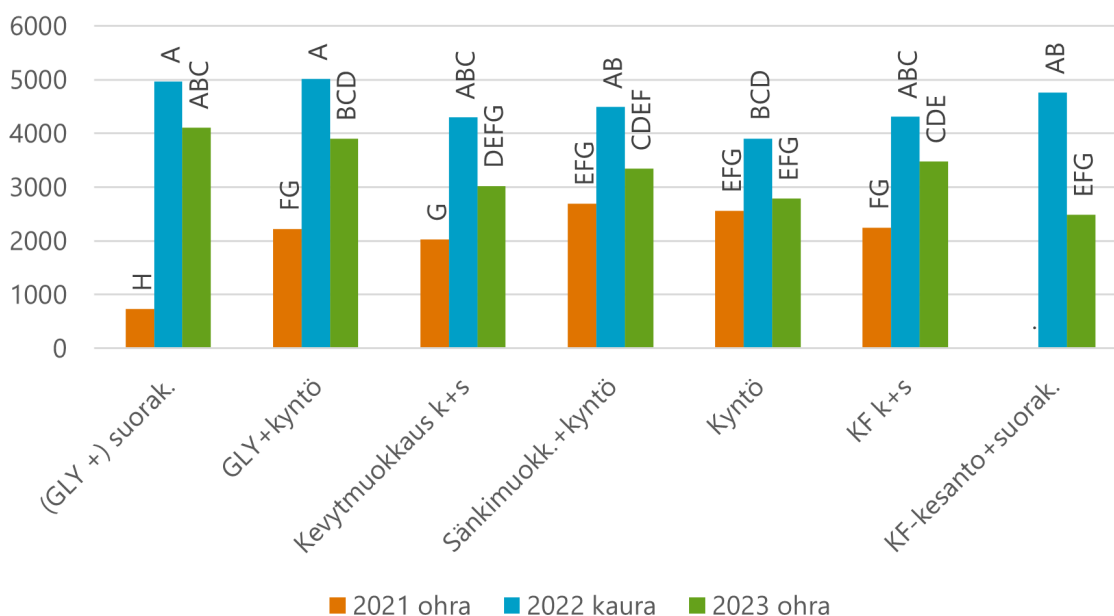
Kuva 18. Juolavehnen ilmakeiva biomassa g/m² JUOTVAI 1 -kokeilla eri koepaikoilla vuosittain puinnin aikaan.

Käsittelyjen vaikutus viljasadon määrään

Jokioisissa ensimmäisen koevuoden 2021 ohran viljely epäonnistui pahoin, eikä olematonta ohrasatoa saatu edes puitua. Toukokuun märkyys häiritsi kevätmuokkauksia ja ohran kylvöä ja kesä-heinäkuun kuumuus ja kuivuus täydensi tuhon. Koetta kuitenkin jatkettiin, ja 2022 kauran viljely ja 2023 ohran viljely onnistui. Viljasadot esitetään kuvan 20 kaavioissa juolaveh-
nän peittävyys- ja biomassakuvien tapaan vuosittain eri koepaikoilla. Pääosin satotulokset ovat juolavehnehavaintojen peilikuvia siten, että juolavehnen vähentyessä viljasadot kasvoivat. Näin kävi erityisesti Ruukissa ja Inkoossa, jossa juolavehneää oli selvästi enemmän kuin Jokioisissa. Vuonna 2021 Ruukissa suorakylvökoejäsenestä 1 ei saatu juuri lainkaan ohrasatoa, ja myös Inkoossa suorakylvökoejäsenen sato oli selvästi pienin. Muiden kojäsenten välillä keskimääräisissä ohrasadoissa ei ollut merkitseviä eroja (Kuva 19). Jokioisten lisäksi myös Inkoossa ohra kärsi kuumasta ja kuivasta kesästä, ja sato jäi kaikissa kojäsenissä heikoksi.

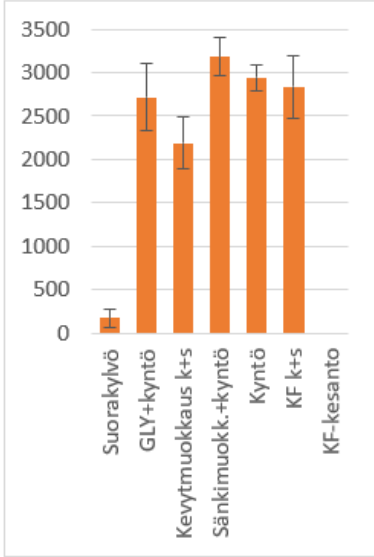
Kaura kasvoi vuonna 2022 hyvin, ja kaikilla koepaikoilla vähintään yhdestä kojäsenestä korjattiin yli 5 000 kg/ha kaurasatoja (Kuva 20). Pelkkä kyntö tuotti heikoimman kaurasadon sekä Ruukissa että Inkoossa, ja sato oli kokeissa keskimäärin yli 1 000 kg/ha ja tilastollisesti merkitsevästi heikompi kuin glyfosaattikojäsenissä 1 ja 2 (Kuva 19). Jokioisissa suorakylvö kojäsenessä 7 tuotti verraten heikon kaurasadon muihin koepaikkoihin nähden.

Vuonna 2023 kokeilla viljeltiin jälleen ohraa, ja olosuhteiden ollessa suotuisimmat kuin vuonna 2021, ohrasta saatiin kohtalainen sato kaikilla koepaikoilla. Glyfosaattia sisältävät kojäsenet 1 ja 2 erottuivat keskimäärin parhaina (Kuva 19), mutta erityisesti Ruukissa (Kuva 20). Glyfosaatti+suorakylvö-kojäsenessä 1 ohrasato oli kaikkien kokeiden keskiarvona merkitsevästi suurempi kuin kevytmuokkaus-, kyntö- ja suorakylvökojäsenessä (Kuva 19). Suorakylvö (kojäsen 7) ja pelkkä kyntö (kojäsen 5) tuottivat keskimäärin heikoimman ohrasadon. Ruukissa suorakylvö- ja kevytmuokkauskojäsenet tuottivat erityisen heikon ohrasadon.

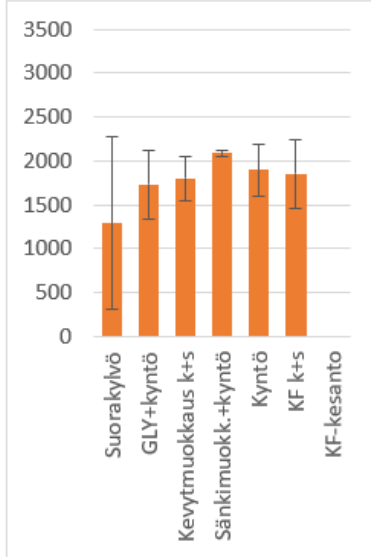


Kuva 19. Viljasadot kg/ha eri koepaikkojen keskiarvoina vuosittain. Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Westfallin stepdown-menetelmä, merkitsevyystaso $\alpha = 0,05$). Vuoden 2021 Jokioisten ohrasato puuttuu keskiarvoista, koska ohran kasvu epäonnistui pahoin.

Ruukki 31.8.2021 ohra Vertti

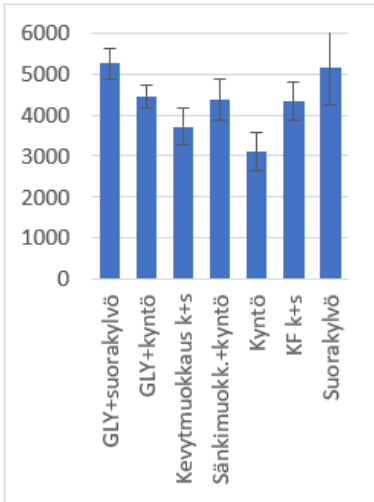


Inkoo 20.8.2021 ohra RGT Planet

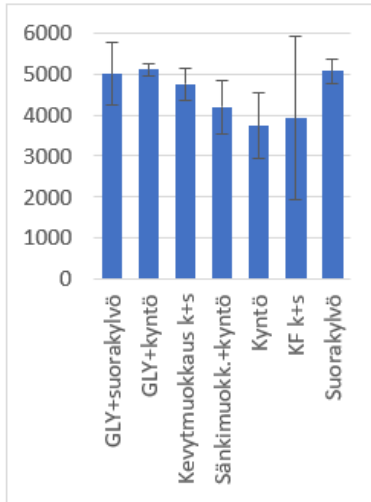


Jokioinen 2021 (puuttuu)

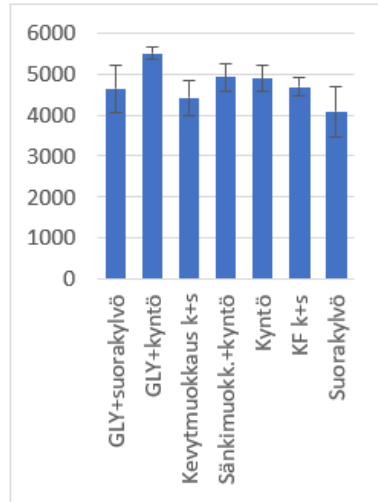
Ruukki 8.9.2022 kaura Perttu



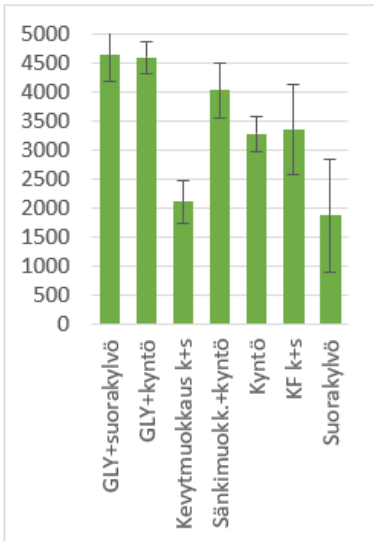
Inkoo 18.8.2022 kaura Niklas



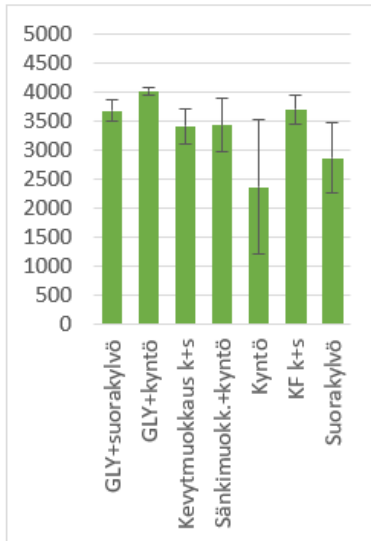
Jokioinen 30.8.2022 kaura Niklas



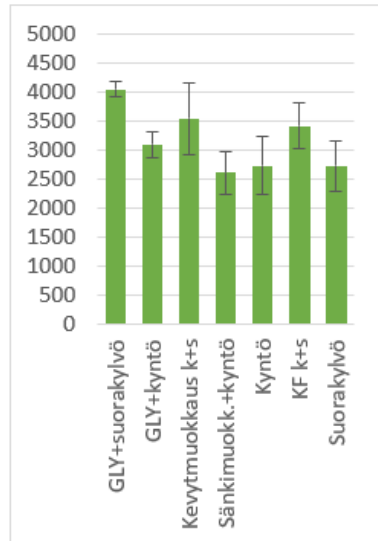
Ruukki 5.9.2023 ohra Hermanni



Inkoo 7.9.2023 ohra RGT Planet



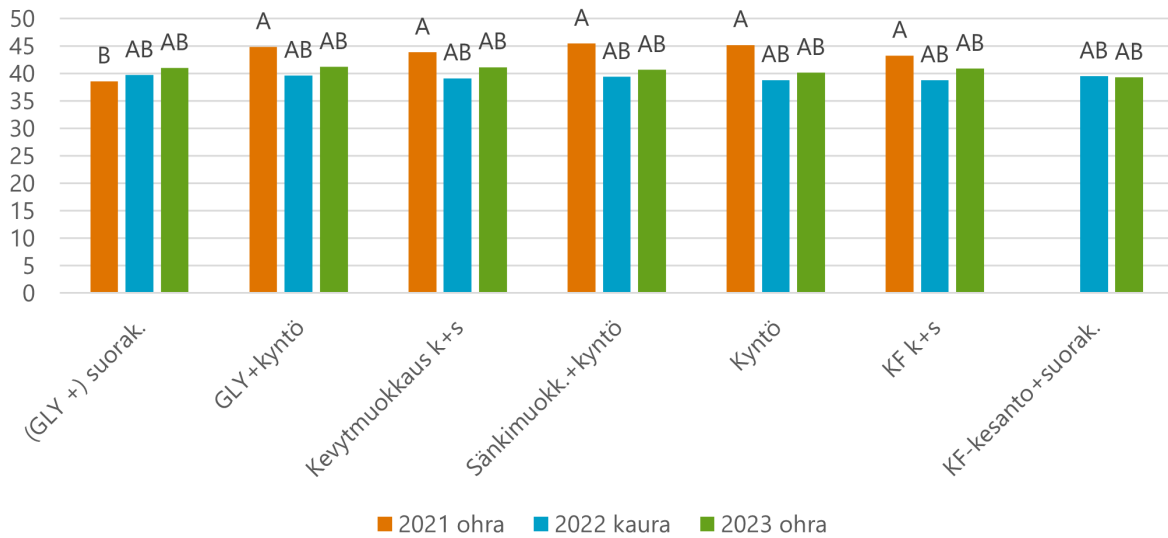
Jokioinen 19.9.2023 ohra Fennica



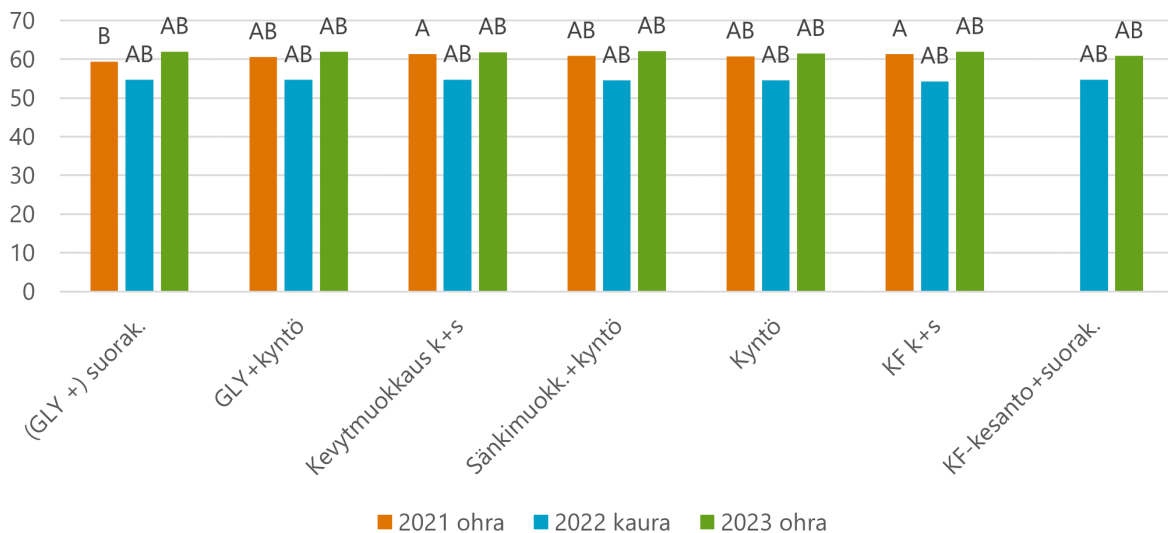
Kuva 20. Viljasadot kg/ha (vakio kosteudella 14 %) JUOTVAI 1 -kokeilla eri koepaikoilla vuosittain.

Käsittelyjen vaikutus viljasadon laatuun

Viljasatojen laatueroet koejäsenten välillä olivat pieniä. Kuvassa 21 esitetään viljojen tuhannen jyvän painot ja kuvassa 22 hehtolitrapainot kolmen kokeen keskiarvoina eri vuosina. Koejäsenissä, joista saatiin suurimmat satomäärät, myös tuhannen jyvän painot ja hehtolitrapainot olivat yleensä suurimmat.



Kuva 21. Viljojen tuhannen jyvän painot g eri koepaikoilla keskimäärin vuosittain. Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Westfallin stepdown-menetelmä, merkitsevyystaso $\alpha = 0,05$).



Kuva 22. Viljojen hehtolitrapainot kg eri koepaikoilla keskimäärin vuosittain. Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Westfallin stepdown-menetelmä, merkitsevyystaso $\alpha = 0,05$).

3.5.2. Kasvinvuorotus ja herbisidit kevytmuokatulla pellolla (JUOTVAI 2 -koe)

Vuonna 2021 koejäsenen 2 ennen kevätvehnän kylvöä ruiskutettu Finalsan-pelargonihappovalmiste aiheutti juolavehnässä vain lievää vaalentumista. 10.8.2021 peittävyshavaintojen mukaan se ei vähentänyt juolavehnan peittävyttä käytännössä lainkaan (Taulukko 12). Koejäsenessä 3 kevätvehnälle ruiskutettu Avoxa-valmiste vähensi juolavehnan peittävyttä alle kolmannekseen käsittelemättömään verraten. Vuonna 2022 Targa Super 5 SC kevättrypsille koejäsenissä 2 ja 3 ja puna-apilalle koejäsenessä 4 teho si juolavehnään varsin hyvin: juolavehnaä oli näissä koejäsenissä 11.8.2022 vain 1,0–4,8 %, kun käsittelemättömässä kevättrypsissä koejäsenessä 1 juolavehnan peittävyys oli 67,5 %. Targa Super 5 SC:n hyvältä näyttänyt teho ei kuitenkaan kantanut seuraavaan vuoteen, vaan 4.9.2023 juolavehnan peittävyys oli kaikissa koejäsenissä selvästi suurempi kuin huonosti kasvaneen kevätvehnän. Käsittelemättömässä koejäsenessä 1 juolavehnan peittävyys oli peräti 100 %, ja koejäsenessä 3, jossa juolavehnaä oli torjuttu kemiallisesti kahtena vuonna, juolavehnan peittävyys oli silti 65 %.

Taulukko 12. JUOTVAI 2, Ypäjä. Juolavehnan peittävyys % eri koejäsenissä vähän ennen viljelykasvien sadonkorjuuta vuosina 2021, 2022 ja 2023. Herbisidien käyttöajankohdat A = 18.5.2021; B = 16.6.2021; C = 23.5.2022; D = 23.6.2022; SD = keskihajonta.

Nro	Viljelykasvit ja herbisidit	Käyttömäärä l/ha	Ajan-kohta	10.8.2021			11.8.2022			4.9.2023		
				Peittävyys-%			Peittävyys-%			Peittävyys-%		
				Juolavehnä			Juolavehnä			Juolavehnä		
				SD		SD		SD		SD		
1	Kevätvehnä 2021			46,3	a	17	67,5	a	10	100	a	0
	Kevättrypsi 2022											
	Kevätvehnä 2023											
2	Finalsan	16	A	42,5	a	17	4,8	b	4	87	a	8
	Kevätvehnä 2021											
	Kevättrypsi 2022											
	Targa Super 5 SC	2,0	D									
	Sito Plus	0,2	D									
	Kevätvehnä 2023											
3	Kevätvehnä 2021			12,5	c	6,5	1,0	b	1	65	b	20
	Avoxa	1,8	B									
	Kevättrypsi 2022											
	Targa Super 5 SC	2,0	D									
	Sito Plus	0,2	D									
	Kevätvehnä 2023											
4	Ohra + puna-apila 2021			26,3	b	15	2,0	b	1	86	a	13
	Puna-apila 2022											
	Targa Super 5 SC	3,0	C									
	Kevätvehnä 2023											
LSD P=0.05				10,75			6,79			15,5		
Keskihajonta (SD)				6,72			4,24			9,69		
Keskiarvo				31,88			18,81			84,5		
Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan merkitsevästi (P=0.05, Student-Newman-Keuls).												

Viljelykasvien sadot jäivät JUOTVAI 2 -kokeella heikoiksi kaikkina koevuosina. Kevytmuokatassa maassa juolavehnä pääsi vahvistumaan nopeasti keväällä, eikä viljelykasvi kyennyt kilpailemaan sen kanssa. Kemiallinen torjunta ei enää pelastanut viljelykasvin satoa. Vuonna 2021 kevätvehnän sato jäi alle 1 000 kg/ha kaikissa koejäsenissä, eikä juolavehnän torjunta Finalsanilla tai Avoxalla parantanut vehnäsatoa. Vuonna 2022 myös kevättrypsin ja puna-apilan sadot jäivät heikoiksi, vaikka Targa Super 5 SC:llä saatiin juolavehnään peittävyyshavaintojen perusteella hyvä teho. Juolavehnän kilpailuvaikutus rypsiin ja apilaan oli voimakas jo ennen torjuntaruiskutusta, eivätkä viljelykasvit enää toipuneet vaikeasta alkukesästä. Vuonna 2023 kevätvehnän viljely epäonnistui varsin pahoin, ilmeisesti ainakin osittain aikaisen kylvön ja kevään hallavaurioiden vuoksi. Heikossa kevätvehnässä ja kevyellä maalajilla juolavehnä vahvistui siten reheväksi uudelleen kaikissa koejäsenissä, ja vehnäsadot jäivät todella pieniksi.

Taulukko 13. JUOTVAI 2, Ypäjä. Viljelykasvien siemensadot vuosina 2021, 2022 ja 2023.

				28.10.2021		8.9.2022		8.9.2022		4.9.2023		
				Siemensato		Siemensato		Siemensato		Siemensato		
				kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha		
				Kevätvehnä		Kevättrypsi		Puna-apila		Kevätvehnä		
Nro	Viljelykasvit ja herbisidit	Käyttömäärä l/ha	Ajan-kohta		SD		SD		SD		SD	
1	Kevätvehnä 2021			791	a	489						
	Kevättrypsi 2022						32	c	33			
	Kevätvehnä 2023									16	a	11
2	Finalsan	16	A	958	a	369						
	Kevätvehnä 2021											
	Kevättrypsi 2022						101	b	28			
	Targa Super 5 SC	2,0	D									
	Sito Plus	0,2	D									
	Kevätvehnä 2023									625	a	611
3	Kevätvehnä 2021			916	a	516						
	Avoxa	1,8	B									
	Kevättrypsi 2022						235	a	61			
	Targa Super 5 SC	2,0	D									
	Sito Plus	0,2	D									
	Kevätvehnä 2023									689	a	520
4	Ohra + puna-apila 2021			731	a	322						
	Puna-apila 2022								29	13		
	Targa Super 5 SC	3,0	C									
	Kevätvehnä 2023									177	a	187
LSD P=0.05				234			62				505	
Keskihajonta (SD)				146			36				316	
Keskiarvo				849			123		29		377	
Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan merkitsevästi (P=0.05, Student-Newman-Keuls).												

3.5.3. Mekaaninen kesanto ja valikoivat herbisidit syysviljoilla (JUOTVAI 3 -koe)

JUOTVAI 3 -kokeella nähtiin, että pelkkä lautasmuokkaimen käyttö koejäsenessä 1 ei juuri vähentänyt juolavehettä (Taulukko 14), mikä verotti myös ruissadon määrää vuosina 2022 ja 2023 (Taulukko 16). Koejäsenessä 2 pelkkä kesannointi lautasmuokkaimella vuonna 2021 sen sijaan pienensi juolavehnen peittävyttä vuosina 2021 ja 2022 ja vielä vuonna 2023 juolavehnen biomassaa selvästi verrattuna koejäseneseen 1 (Taulukko 15). Koejäsenissä 3 ja 4 toteutettu KvikFinn-pikakesanto täydennettynä loppukesän viherlannoituskasvustolla osoittautui hyvin tehokkaaksi: viherlannoituskasvustossa ei syksyllä 2021 havaittu lainkaan juolavehettä. Seuraavan vuoden syksynä samoissa koejäsenissä juolavehnen peittävyys oli edelleen hyvin pieni, tosin koejäsenessä 4 Targa Super 5 SC -ruiskutus kevätrypsille todennäköisesti myötävaikutti siihen. Edelleen syksyllä 2023 juolavehnen biomassaa oli näissä koejäsenissä hyvin pieni, tosin silloin koejäsenessä 3 rukiille käytetty Broadway-herbisidi piti osaltaan juolavehettä kurissa.

Taulukko 14. JUOTVAI 3, Ypäjä. Juolavehnen peittävyys % eri koejäsenissä vähän ennen viljelykasvien sadonkorjuuta vuosina 2021 ja 2022. Herbisidien käyttöajankohdat A = 23.6.2022; B = 15.5.2023.

					10.8.2021			11.8.2022		
					Peittävyys			Peittävyys		
					%			%		
					Juolavehänä			Juolavehänä		
Nro	Viljelykasvit ja herbisidit	Käyttömäärä	Yksikkö	Ajan-kohta	SD		SD		SD	
1	Lautasmuokkaus aina				40	a	23	31	a	14
	Ohra 2021 Ruis 2022 Ruis 2023									
2	Kesanto 2021 lautasmuokkain				15	b	12	7	b	9
	Ruis 2022 Ruis 2023									
3	KvikFinn-pikakesanto 2021				0	b	0	2	b	1
	Viherlannoitusseos 2021									
	Ruis 2022 Ruis 2023									
	Broadway	220	g/ha	B						
	Dassoil	0.5	L/ha	B						
4	KvikFinn-pikakesanto 2021				0	b	0	1	b	1
	Viherlannoitusseos 2021									
	Kevätrypsi 2022									
	Targa Super 5 SC	2	L/ha	A						
	Sito Plus	0,2	L/ha	A						
	Ruis 2023									
LSD P=0,05					20		11			
Keskihajonta (SD)					12		7			
Keskiarvo					14		10			
Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan merkitsevästi (P=0,05, Student-Newman-Keuls).										

Taulukko 15. JUOTVAI 3, Ypäjä. Rukiin ja juolavehnän ilmakeiva biomassassa kokeen lopussa 6.10.2023. Herbisidien käyttöajankohdat A = 23.6.2022; B = 15.5.2023.

					6.10.2023			6.10.2023		
					Biomassa			Biomassa		
					g/m ²			g/m ²		
					Ruis			Juolavehnä		
Nro	Viljelykasvit ja herbisidit	Käyttömäärä	Yksikkö	Ajan-kohta			SD			SD
1	Lautasmuokkaus aina				636	b	309	278	a	224
	Ohra2021 Ruis2022 Ruis2023									
2	Kesanto 2021 lautasmuokkain				649	b	160	100	b	72
	Ruis 2022 Ruis 2023									
3	KvikFinn pikakesanto 2021				793	b	72	9	b	10
	Viherlannoitusseos 2021									
	Ruis 2022 Ruis 2023									
	Broadway	220	g/ha	B						
	Dassoil	0,5	L/ha	B						
4	KvikFinn pikakesanto 2021				1 147	a	119	7	b	3
	Viherlannoitusseos 2021									
	Kevättrypsi 2022									
	Targa Super 5 SC	2	L/ha	A						
	Sito Plus	0,2	L/ha	A						
	Ruis 2023									
LSD P=0.05					274			171		
Keskihajonta (SD)					171			107		
Keskiarvo					807			98		
Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan merkitsevästi (P=0.05, Student-Newman-Keuls).										

Vuonna 2021 kesannointi lautasmuokkaimella koejäsenessä 2 vähensi juolavehettä seuraavina vuosina niin, että rukiille saatiin huomattavat sadonlisät vuosille 2022 ja 2023 verrattuna koejäseneseen 1 (pelkkä kevytluokkainen lautasaikella) (Taulukko 16). Vielä suuremmat rukiin sadonlisät saatiin koejäsenessä 3, jossa vuonna 2021 KvikFinn-kesanto torjui juolavehettä ja viherlannoituskasvusto täydensi tehon sekä todennäköisesti jätti maahan ravinteita, joita ruis pystyi hyödyntämään. Koejäsenessä 4 kevätrypsi kasvoi heikosti ja tuotti olemattoman siemensadon. Tämä johtui todennäköisesti pääasiassa siitä, että leveälehtiset rikkakasvit jäivät rypsilta torjumatta. Vuonna 2023 samasta koejäsenestä saatiin kuitenkin koko kokeen suurin ruissato 4 412 kg/ha.

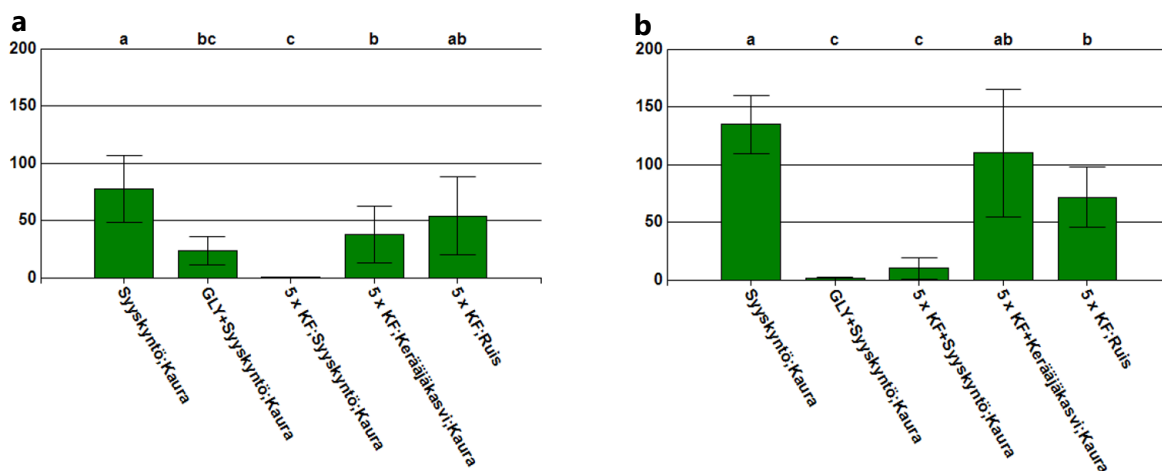
Taulukko 15. JUOTVAI 3, Ypäjä. Rukiin ja kevätrypsin siemensadot kg/ha 2022 ja 2023. Herbisidien käyttöajankohdat A = 23.6.2022; B = 15.5.2023.

					8.9.2022			8.9.2022		15.8.2023		
					Siemensato			Siemensato		Siemensato		
					kg/ha			kg/ha		kg/ha		
					Ruis			Kevät-rypsi		Ruis		
Nro	Viljelykasvit ja herbisidit	Käyttömäärä	Yksikkö	Ajan kohta	SD		SD		SD			
1	Lautasmuokkaus aina				1 682	b	580			2 101	c	1 220
	Ohra2021 Ruis2022 Ruis2023											
2	Kesanto 2021 lautasmuokkain				3 060	a	517			2 946	bc	762
	Ruis 2022 Ruis 2023											
3	KvikFinn pikakesanto 2021				3 465	a	806			3 635	ab	283
	Viherlannoitusseos 2021											
	Ruis 2022 Ruis 2023											
	Broadway	220	g/ha	B								
	Dassoil	0.5	L/ha	B								
4	KvikFinn pikakesanto 2021							98	50	4 412	a	317
	Viherlannoitusseos 2021											
	Kevätrypsi 2022											
	Targa Super 5 SC	2	L/ha	A								
	Sito Plus	0,2	L/ha	A								
	Ruis 2023											
LSD P=.05					895		.		993			
Keskihajonta (SD)					517		.		621			
Keskiarvo					2 736		98		3 273			
Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan merkitsevästi (P=0.05, Student-Newman-Keuls).												

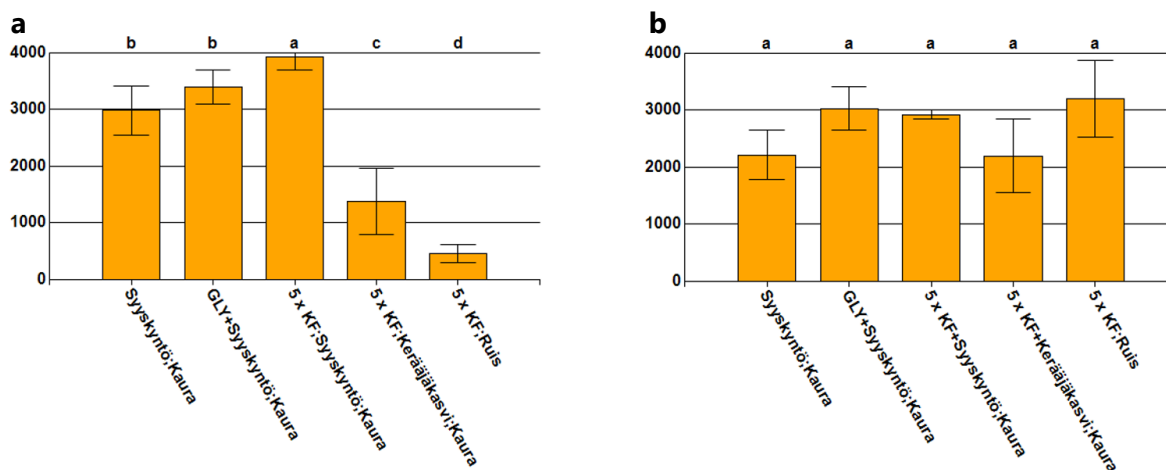
3.5.4. Nurmen lopetus (JUOTVAI 4 -kokeet)

Jokioisten ja Ruukin JUOTVAI 4 -nurmenlopetuskokeissa 2022–2023 juolavehnan biomassatulokset syksyllä 2023 kuvaavat hyvin käsittelyjen tehoa juolavehnaan. Syksyllä 2023 molemmilla koepaikoilla juolavehnanä oli runsaimmin pelkästään syyskynnetyssä, vuonna 2023 kauraa kasvaneessa koejäsenessä 1 (Kuva 23). Kun nurmi ruiskutettiin glyfosaatilla ennen syyskyntöä koejäsenessä 2, juolavehnanä saatiin torjuttua tehokkaasti erityisesti Ruukissa. Jokioisissa paras teho juolavehnanä saatiin kuitenkin koejäsenessä 3, jossa nurmi lopetettiin viidellä KvikFinn-muokkauksella ja täydennettiin syyskynnöllä. Pelkkä KvikFinn viisi kertaa ilman kyntöä koejäsenissä 4 ja 5 tehosi juolavehnanä heikosti molemmilla koepaikoilla. Teho

juolavehnään heijastui loogisesti kauran ja rukiin satoihin vuonna 2023 (Kuva 24). Jokioisissa ruis talvehti heikosti ja jäi harvaksi koejäsenessä 5, ja myös kaura jäi harvaksi kyntämättömässä koejäsenessä 4, joten niissä koejäsenissä viljasadot jäivät pienemmiksi kuin Ruukissa. Molemmilla koepaikoilla koejäsenen 4 syksyllä 2022 kylvetty raiheinä+valkoapila -kerääjäkasviseos orastui ja talvehti heikosti. Jokioisissa selvästi suurin kaurasato, 3 919 kg/ha, saatiin koejäsenestä 3 (5 x KwickFinn + kyntö). Ruukissa glyfosaatti + syyskyntö (koejäsen 2) ja 5 x KwickFinn + kyntö tuottivat molemmat noin 3 000 kg/ha kaurasadon. Ruukissa paras kilomääräinen satotulos saatiin rukiista koejäsenessä 5, 3 196 kg/ha.



Kuva 23. a) JUOTVAI 4 Jokioinen, juolavehnän ilmakuiva biomassa g/m² 19.9.2023. **b)** JUOTVAI 4 Ruukki, juolavehnän ilmakuiva biomassa g/m² 12.9.2023



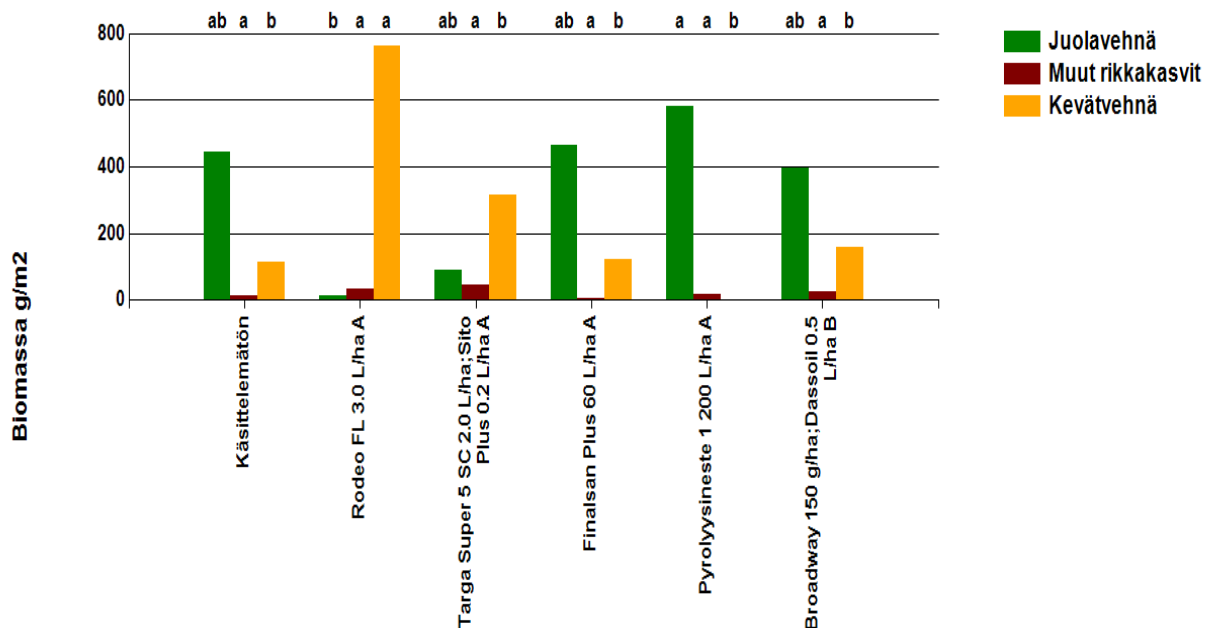
Kuva 24. a) JUOTVAI 4 Jokioinen. Viljasadot kg/ha, ruis 14.8.2023, kaura 18.9.2023. **b)** JUOTVAI 4 Ruukki. Viljasadot kg/ha, ruis 28.8.2023, kaura 5.9.2023

3.5.5. Juolavehnän torjunta suorakylvetyllä kevätvehnällä (JUOTVAI 5 -kokeet)

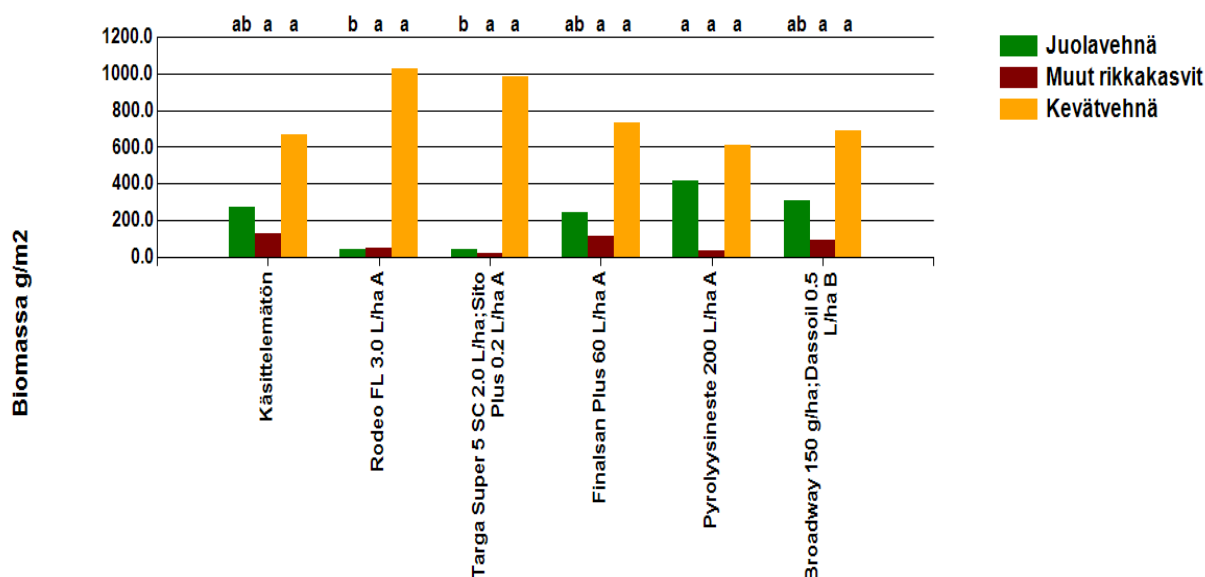
JUOTVAI 5 -kokeissa vuonna 2022 juolavehnän versotiheys ja peittävyys havainnoitiin päivää ennen ensimmäistä herbisidiruiskutusta (A) Inkoossa ja kaksi päivää ennen ensimmäistä ruis-
kutusta Jokioisissa. Tasalaatuisilla koepaikoilla versotiheys arvioitiin vain käsittelemättömissä koeruuduissa (neljästä 0,25 m² näyteruudusta koeruutua kohden). Jokioisissa juolavehnän

tiheys oli suuri: keskimäärin 497 versoa/m², kun versotiheys Inkoossa oli keskimäärin 212 versoa/m². Juolavehnän peittävyys arvioitiin silmämääräisesti jokaisesta koeruudusta ennen ensimmäistä herbisidiruiskutusta (A). Jokioisissa juolavehnän keskimääräinen peittävyys oli 22–26 % ja Inkoossa 16–31 %.

Jokioisissa juolavehnää oli siis tiheämmässä kuin Inkoossa ja kasvukauden aikana juolavehnä kilpaili siten Jokioisissa selvästi voimakkaammin kevätvehnän kanssa kuin Inkoossa. Siten myös käsittelyjen tehokkuudessa juolavehnään oli Jokioisissa selvemmat erot kuin Inkoossa. Glyfosaattikäsittely (Rodeo-valmiste) ennen vehnän kylvöä pienensi Jokioisissa juolavehnän biomassaa 97 % (Kuva 25). Targa Super 5 SC vähensi juolavehnän biomassaa 80 %. Kevätvehnän biomassa korreloi juolavehnän biomassaan käänteisesti siten, että glyfosaattikoejäsenessä kevätvehnän biomassa oli selvästi suurin ja Targa Super 5 SC -koejäsenessä toiseksi suurin. Jokioisten pyrolyysineste-koejäsenestä kevätvehnää ei löytynyt syksyllä 2022 lainkaan. Myös Inkoossa glyfosaatti ja Targa Super 5 SC tehosivat juolavehnään parhaiten, ja keskenään hyvin tasavahvasti. Finalsanilla, pyrolyysinesteellä tai Broadwaylla ei ollut kummallakaan koepaikalla käytännössä lainkaan vaikutusta juolavehnän biomassaan. Koska Inkoon kokeessa juolavehnää oli vähemmän kuin Jokioisissa, käsittelyt eivät heijastuneet kevätvehnän biomassaan yhtä voimakkaasti kuin Jokioisissa. Muita rikkakasveja esiintyi molemmilla kokeilla melko vähän, ja käsittelyjen vaikutukset niiden määrään olivat vähäisiä.

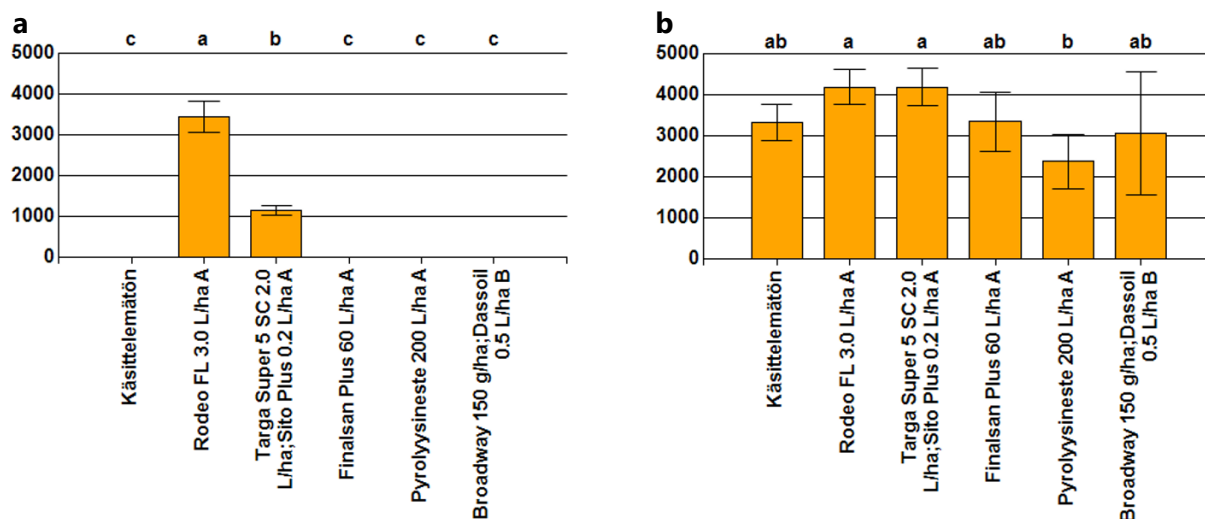


Kuva 25. JUOTVAI 5, Jokioinen. Juolavehnän, muiden rikkakasvien ja kevätvehnän ilmakeiva biomassa 7.9.2022. Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (P = 0.05, Student-Newman-Keuls).



Kuva 26. JUOTVAI 5, Inko. Juolavehnan, muiden rikkakasvien ja kevätvehnan ilmakuiva biomassa 2.9.2022. Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($P = 0.05$, Student-Newman-Keuls).

Jokioisissa kevätvehnan satoerot olivat suuret: glyphosaattikoejäsenestä saatiin vehnäsatoa 3 437 kg/ha ja Targa Super 5 SC -koejäsenestä 1 141 kg/ha, mutta muista koejäsenistä vehnäsatoa ei saatu lainkaan (Kuva 27 a). Myös Inkoossa (Kuva 27 b) Targa Super 5 SC ja glyphosaattikoejäsenistä saatiin parhaat ja keskenään lähes tarkalleen yhtä suuret sadot (4 182-4 185 kg/ha). Muiden koejäsenten vehnäsadot Inkoossa olivat käsittelemättömän koejäsenen tasolla (3 317 kg/ha) tai pyrolyysineste-koejäsenessä jopa selvästi pienempi (2 362 kg/ha).



Kuva 27. a) JUOTVAI 5, Jokioinen. Vehnäsato kg/ha 8.9.2022. Virhepalkki ilmaisee keskihajonnan. Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($P = 0,05$, Student-Newman-Keuls). **b)** JUOTVAI 5, Inko. Vehnäsato kg/ha 2.9.2022. Virhepalkki ilmaisee keskihajonnan. Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($P = 0.05$, Student-Newman-Keuls).

3.6. Kannattavuusvertailujen tulokset

JUOTVAI 1-kokeiden katetuotto C:tä (Taulukko 16) vertailtaessa nähdään, että vaihtelu kate-
tuotto C:ssä on suurta sekä vuosien että koepaikkojen välillä. Erot koejäsenten välillä ovat
myös merkittäviä. Vuosittainen vaihtelu johtuu pääasiassa siitä, miten kasvukauden olosuh-
teet ovat vaikuttaneet satoon. Ensimmäinen koevuosi 2021 oli haastava sekä sään että kor-
kean juolavehnapaineen vuoksi. Jokioisissa erityisen heikko taloudellinen tulos vuonna 2021
johtui tietysti myös siitä, että ohrasta ei saatu satoa lainkaan. Toisena vuonna olosuhteet oli-
vat paremmat, mikä näkyy paremman sadon kautta parempana taloudellisena tuloksena kai-
kissa koejäsenissä kaikilla koepaikoilla. Vuosittaisen vaihtelun tasaamiseksi katetuottovertai-
lussa esitetään myös kolmen vuoden koesarjan katetuotto yhteensä.

Kannattavuuslaskelmien laskentaperusteet ja yksityiskohtaisemmat kannattavuuslaskelmat
esitetään raportin liitteenä.

Taulukko 16. Katetuotto C JUOTVAI 1 -kokeiden eri koejäsenissä eri koepaikoilla vuosittain ja
koevuosien summana. Korostusväreillä korostetaan vuosittaista katetuottoa ja kokonaistuot-
toa niin, että mitä vihreämpi taulukon solu on, sitä positiivisempi tulos on ja mitä punaisempi
solu on, sitä negatiivisempi on tulos.

	Katetuotto C			
Inkoo	2021	2022	2023	Yhteensä
1. (GLY) + suorakylvö	-406	153	-42	-295
2. GLY+kyntö	-507	-6	-161	-675
3. Kevytmuokkaus k+s	-422	92	-107	-438
4. Sänkimuokkaus + kyntö	-490	-144	-246	-881
5. Kyntö	-479	-180	-384	-1043
6. KF k+s	-712	-437	-445	-1595
7. KF-kesanto (+ suorakylvö)	-286	222	-123	-187
Jokioinen				
1. (GLY) + suorakylvö	-530	163	43	-324
2. GLY+kyntö	-769	102	-289	-956
3. Kevytmuokkaus k+s	-630	90	-76	-616
4. Sänkimuokkaus + kyntö	-775	3	-406	-1178
5. Kyntö	-593	41	-342	-894
6. KF k+s	-932	-252	-485	-1668
7. KF-kesanto (+ suorakylvö)	-442	111	-136	-467
Ruukki				
1. (GLY) + suorakylvö	-664	238	129	-297
2. GLY+kyntö	-571	-102	-81	-753
3. Kevytmuokkaus k+s	-426	-49	-324	-799
4. Sänkimuokkaus + kyntö	-389	-96	-157	-642
5. Kyntö	-387	-267	-242	-895
6. KF k+s	-615	-335	-504	-1454
7. KF-kesanto (+ suorakylvö)	-626	268	-288	-646

Koepaikoilla keskimäärin paras taloudellinen kokonaistulos kolmelta vuodelta saatiin koejäsenestä 1 eli suorakylvöstä. Inkoon kenttäkokeella katetuotto C vaihteli kannattavimman KwickFinn + kesanto koejäsenen (-187 €) ja kannattamattomimman koejäsenen KwickFinn keväällä ja syksyllä (-1 595 €) välillä. Jokioisen kenttäkokeella suorakylvö + glyfosaatti antoi parhaimman tuloksen, -324 €, kun KwickFinn keväällä ja syksyllä antoi heikoimman tuloksen, -1 668 €. Myös Ruukin kenttäkokeella suorakylvö + glyfosaatti antoi parhaan tuloksen, -297 €, ja KwickFinn keväällä ja syksyllä heikoimman -1 454 €. 1. koejäsenen tulos olisi ollut vielä selvästi parempi, jos ensimmäisenäkin vuonna ennen kylvöä olisi käytetty glyfosaattia, mutta tuolloin koejäsen pidettiin tarkoituksella ikään kuin käsittelemättömänä verranteena.

KwickFinn keväällä ja syksyllä (koejäsen 6) antoi huonoimman tuloksen kahdeksassa yhdeksästä tapauksesta. Vaikka KwickFinn tehosi juolavehnään melko hyvin ja viljasadotkin olivat verraten hyviä, menetelmän huono taloudellinen tulos johtuu suurista kustannuksista. KwickFinn on kallis erikoiskone, jota voidaan käyttää pienellä osalla peltoalasta, mikä nostaa menetelmän kiinteitä kustannuksia. Samalla kun työleveys on kapea, myös ajonopeus on alhainen, mikä johtaa korkeisiin muuttuviin kustannuksiin sekä traktorin kustannusten että kuljettajan palkan osalta.

Yleinen tavanomaisen viljelyn strategia eli glyfosatti syksyllä sängelle + kyntö (koejäsen 2) ei myöskään tuottanut kovin hyvää taloudellista tulosta. Strategia vaatii monta konetta ja ajokertaa, joten sekä kiinteät että muuttuvat kustannukset ovat melko korkeat, joita hyvällä sato-tuloksellakaan ei pystytty kompensoimaan.

KwickFinn-puolikesanto ensimmäisenä vuonna ja suorakylvö kahtena jälkimmäisenä vuonna tuotti neljässä tapauksesta yhdeksästä suurimman katetuoton, vaikka ensimmäisen vuoden kustannukset olivat korkeat. Ensimmäisen vuoden korkeat kustannukset johtuivat useista KwickFinn-muokkauskerroista. Lopulta kuitenkin hyvään katetuottoon johtivat ensimmäisenä vuonna nostettu monimuotoisuuskasvin tuki ja seuraavina kenttäkoevuosina saatu viljelykasvin sato sekä pienet kiinteät ja muuttuvat kustannukset.

Muiden koejäsenten osalta taloudelliset tulokset olivat vaihtelevia. Yleisesti voidaan todeta, että koneiden kiinteät kustannukset ovat suhteellisesti varsin korkeita. Mitä vähemmällä koneilla viljely onnistuu niin, että myös satotulos on tyydyttävä, sitä parempi taloudellinen tulos on. Ajokertojen määrällä tai työtuntien määrällä ei ole yhtä suurta vaikutusta tulokseen. Myös tukipolitiikalla voi olla merkittävä vaikutus tulokseen, mikä nähtiin koejäsenessä 7, jossa Inkoossa saatiin selvästi paras taloudellinen tulos kesantokoejäsenestä, jossa viljelykasvi ei tuottanut myytävää satoa lainkaan. Seuraavana vuonna tuossa koejäsenessä oli hyvin vähän juolavehää, kauran sato oli korkea ja koejäsenestä saatiin kaikilla koepaikoilla paras taloudellinen tulos.

4. Johtopäätökset

JUOTVAI 1 -koesarja osoitti, että kevätiljoiden viljelyssä joillakin muokkausstrategioilla voidaan parhaimmillaan päästä lähelle glyfosaatin tehoa juolavehnan torjunnassa. Mitä suurempi juolavehnapaine on, sitä vaikeampaa se kuitenkin on. Erytisesti kevyellä maalla juolavehna runsastuu nopeasti uudelleen muokkaustoimien jälkeen. Kaikilla koepaikoilla KwickFinn-puolikesannon teho kesti vain seuraavaan vuoteen ja kolmantena vuonna juolavehna runsastui uudelleen, kun mitään muokkauksia ei tehty. Sänkimuokkauksella voidaan selvästi parantaa kynnön tehoa juolavehnaan. Jokioisten ja Inkoon hietasavilla, joilla juolavehnaa oli vähemmän kuin Ruukissa, myös pelkkä KwickFinn syksyisin ja keväisin toimi melko hyvin. Ruukissa aiemmin tehdyissä kokeissa myös alkukesän kesannon teho on ollut hyvä jopa kahden vuoden päähän, kun kesannoinnin jälkeen maa on kynnetty viimeistään seuraavan vuoden keväällä (Salonen ym. 2022).

Savimailla syyskyntö on yleensä varmin tapa onnistua kevätkylvöissä. Suorakylvö, kevytmuokaus tai useampaan ajokertaan perustuva kevätkuokkaus esim. KwickFinnillä voi epäonnistua kuivuuden tai märkyyden vuoksi. Syksyllä kynnettäessä juolavehna voidaan torjua tehokkaimmin kyntöä edeltävällä glyfosaatikäsittelyllä, mutta myös sänkimuokaus ennen kyntöä vähentää selvästi juolavehnaa. Myös syksyllä tehtävä glyfosaattikäsittely voi epäonnistua tai jäädä teholtaan vajaaksi, mikäli ruiskutus menee myöhäiseksi, sääolot ovat huonot, juolavehnan kasvu on heikkoa tai olki haittaa ruiskutuksen suorittamista. Näin kävi Ruukissa JUOTVAI 1 – kokeen ensimmäisenä vuonna, jolloin ruiskutus voitiin tehdä vasta 1.10.2021.

JUOTVAI 4- nurmen lopetuskokeiden perusteella kyntö tehostaa KwickFinn-käsittelyn tehoa juolavehnaan huomattavasti, jolloin voidaan päästä yhtä hyvään tehoon kuin glyfosaatin ja kynnön avulla.

Pellon maalajilla on suuri merkitys muokkausmenetelmien tehoon juolavehnan torjunnassa, vaikutusten pysyvyyteen, vaikutuksiin maan rakenteeseen ja viljelykasvien satoon. Inkoon liejusavimaalla hanhenjalkaterillä varustettu kultivaattori ja myös KwickFinn syksyisin ja keväisin riittivät pitämään juolavehnan kurissa jopa ilman kyntöä. Jokioisten hietasavella kevytmuokkauksen teho ei ollut aivan yhtä hyvä, mutta turvasi kuitenkin hyvän viljasadon. Ruukin kevyellä ja multavalla hietamaalla pelkkä kevytmuokaus ei riittänyt, vaan sänkimuokkauksen tulos parani merkittävästi, kun maa vielä kynnettiin keväällä. Toisaalta pelkkä kyntö ei riittänyt juolavehnan torjuntaan Ruukissa. Kevyessä maassa kyntämällä haudattu juolavehna kasvaa nopeasti kyntöviilujen välistä tai viilujen läpi. Hieman yllättäen myös savimailla pelkän kynnön teho juolavehnaan oli heikko.

Edellä esitetyn perusteella voisi olla järkevää, että savimaat kultivoidaan tai kevytmuokataan syksyllä sekä keväällä, mikäli glyfosaattia ei voida käyttää. Tällöin vältetään kynnön haitallisilta ympäristö- ja kustannusvaikutuksilta savimailla, joilla ne ovat usein suurempia kuin kevyillä mailla (mm. eroosio, maan rakenteen vauriot, suuri kyntövastus). Kevyillä mailla sänkimuokaukselta kannattaa useimmiten tehostaa kynnöllä. Mikäli juolavehnan tilanne pääsee pahenemaan, voidaan torjuntaa tehostaa puolikesannoilla (kuten JUOTVAI 1- ja JUOTVAI 4-kokeissa), jotka torjuntavaikutuksen tehostamiseksi kannattaa päättää kyntöön.

Kun glyfosaattia voitiin käyttää, suorakylvö tuotti useimmiten hyviä satoja ja koska menetelmän kustannukset ovat pienet, päästiin usein positiiviseen taloudelliseen lopputulokseen.

Mikäli juolavehnapaine oli kova ja glyfosaattia ei käytetty, suorakylvetyt viljakasvustot tukahtuivat juolavehnään ja sato jäi hyvin pieneksi. Saattaa olla, että kun juolavehnä saadaan suorakylvöön siirryttäessä hallintaan, glyfosaattia ei tarvita suorakylvössäkään välttämättä joka vuosi (Kauppi ym. 2024).

Kuten suorakylvössä, myös kevytmuokatulla maalla JUOTVAI 2 -kokeessa juolavehnä pääsi liiaksi viljelykasvin edelle, jolloin viljelykasville ruiskutettava valikoiva juolavehnäntorjunta-aine ei enää pelastanut satoa. Siten myös kevytmuokatulla maalla tehokkaaseen juolavehnän torjuntaan tarvittaisiin glyfosaattia tai muuta juolavehnään hyvin tehoavaa herbisidiä ennen kevätkylvöä.

Ypäjän JUOTVAI 3 -kokeessa ensimmäisen vuoden KwickFinn ja viherlannoituskasvusto vähensi juolavehneä seuraavina kahtena vuonna tehokkaasti, kun viljeltiin ruista tai kevätrypsiä, ja juolavehneä kuritettiin valikoivilla juolavehnäntorjunta-aineilla. Rukiin suorakylvö jyrättyyn viherlannoituskasvustoon onnistui hyvin, ja näin juolavehnälle ei jäänyt tilaa ja aikaa runsastua. Kevätrypsin/rapsin (tai syysrypsin/rapsin) vaikutus välikasvina olisi varmasti parempi, kun sen kylvössä ja rikkakasvien torjunnassa onnistuttaisiin paremmin.

JUOTVAI-hankkeessa ei tutkittu lainkaan eri menetelmien ympäristövaikutuksia. Kasvinsuojeluaineiden käytöllä on haittavaikutuksia ympäristössä, mutta niin on myös mekaanisilla muokausmenetelmillä. Ringselle ym. (2020) mainitsevat mekaanisen maanmuokkauksen suuren energiankulutuksen, fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja maan muokkauksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt, ravinnehuuhtoumat ja muokkauksen vahingollisuuden maan rakenteelle ja maaperäeliöstölle. Näitä vaikutuksia tulisi tarkastella jatkotutkimuksissa ja punnita eri viljelymenetelmien hyötyjä ja haittoja mahdollisimman kokonaisvaltaisesti.

4.1. Glyfosaattia korvaavat herbisidivaihtoehdot juolavehnän torjunnassa

Glyfosaatti on juolavehnän torjunnassa tehokkaampi kuin mikään muu herbisidi. Lähimmäs glyfosaatin tehoa päästään valikoivilla rikkaheinien torjunta-aineilla eli graminisideilla, joista JUOTVAI-tutkimuksessa käytettiin kvitsalofoppi-P-butyylä (valmiste Targa Super 5 SC). Graminisidien käyttö on niiden nykyisten käyttöohjeiden mukaan sallittua monilla leveälehtisillä viljelykasveilla, joiden käyttö viljelykiertossa siten mahdollistaa graminisidien käytön. JUOTVAI 2- ja JUOTVAI 3- viljelykiertokokeissa kevätrypsille käytettynä sen teho oli melko hyvä, mutta rypsisadot jäivät heikoiksi. Nämä kokeet kevytmuokattiin, jolloin juolavehnä sai ilmeisesti liian ison etumatkan viljelykasviin nähden, ja juolavehnä ehti haitata viljelykasvin kasvua liikaa jo ennen torjuntaruiskutusta. Keväällä kylvettävillä viljelykasveilla graminisideista saadaan siten paras hyöty kynnetyllä maalla.

Suorakylvö säästää työ- ja konekustannuksia ja ehkäisee kasvihuonekaasupäästöjä, eroosiota ja ravinnehuuhtoumia, mutta menetelmä tarvitsee tuekseen glyfosaattia (Neve ym. 2024). Glyfosaatille ei ole tällä hetkellä vaihtoehtoja juolavehnän torjunnassa ennen kevätiljojen suorakylvöä. JUOTVAI 5-kokeiden perusteella Targa Super 5 SC tai muut graminisidit ennen suorakylvöä voisivat olla toimiva vaihtoehto juolavehnän torjuntaan, mutta niin kauan kuin glyfosaatti on käytettävissä, niiden rekisteröinnille tuohon tarkoitukseen ei ole todellista tarvetta. JUOTVAI 5 -kokeissa kävi myös selvästi ilmi, että suorakylvetyllä kevätiljalla valikoivan juolavehnäntorjunta-aine Broadwayn (florasulaami+pyroksulaami) sallittu käyttöajankohta on

liian myöhään, jotta juolavehnään saataisiin riittävä teho viljasadon varmistamiseksi. Siten viljoilla käytettävien valikoivien herbisidien kohdalla voidaan tehdä sama johtopäätös kuin graminisidien, että ne soveltuvat juolavehnan torjuntaan lähinnä kynnetyllä maalla.

4.2. Glyfosaattia korvaavat mekaaniset ja viljelytekniset keinot juolavehnan torjunnassa

JUOTVAI-hankkeen kokeet osoittavat, että juolavehnan hallinta mekaanisin keinoin on mahdollista, kun käytetään nykyaikaisia muokkauslaitteita riittävän usein ja oikeaan aikaan. Eri maalajeilla täytyy kuitenkin soveltaa hieman erilaisia strategioita hyvään tehoon ja viljelyn kannattavuuteen pääsemiseksi.

Tunnetusti pelkkä kyntö ei pidä juolavehnan riittävästi kurissa varsinkaan kevyellä maalla, mutta JUOTVAI 1-kokeissa kyntö tuotti heikon torjuntatuloksen myös savimailla. Kevätviljojen viljelyssä kevytmuokkaus hanhenjalkakultivaattorilla keväisin ja syksyisin on hyvä menetelmä savimailla, jos juolavehnan määrä ei ole kovin suuri. Lautasmuokkain ei kurita juolavehnan riittävästi, se nähtiin selvästi JUOTVAI 2 ja JUOTVAI 3 -kokeilla. KwickFinn-muokkaus syksyisin ja keväisin on teholtaan hyvä, mutta kustannuksiltaan korkea ja kevätkylvöjen kannalta riskialtis herkästi kuivuvilla savimailla. Helposti kynnetyillä kevyillä mailla sänkimuokkausta kannattaa tehostaa syys- tai kevätkynnöllä.

Jos juolavehnätilanne on päässyt pahaksi, KwickFinn tai vastaava juolavehännostin voi olla tarpeen. Alkukesän yleensä kuivia olosuhteita kannattaa käyttää hyväksi ja toteuttaa puolikesanto muokkaamalla maata 3–4 kertaa juolannostimella. Jos juolannostinta ei ole käytettävissä, myös kultivaattori tai järeä joustopiikkiäes soveltuu, mutta tällöin tarvitaan useampia ajokertoja. JUOTVAI 1 -kokeissa puolikesannointia seurasi keskikesällä kylvetty viherlannoitusseos, jonka jälkeen kevätiljojen viljelyä jatkettiin suorakylvönä. Strategian heikkoudeksi paljastui kaikilla koepaikoilla, että juolavehna runsastui uudelleen jo kaksi vuotta puolikesannon jälkeen. JUOTVAI 3-kokeessa, jossa puolikesannon ja viherlannoituksen jälkeen viljelykierrossa oli syysruista, juolavehna ei päässyt uudelleen runsastumaan yhtä nopeasti. Aiemmissä tutkimuksissa (Salonen ym. 2022) juolavehnään on saatu pidempiaikainen teho, kun puolikesanto on päätetty kyntöön. Myös JUOTVAI 4 -nurmenlopetuskokeissa syyskynnön nähtiin tehostavan KwickFinn-puolikesantoa selvästi. Koetulosten perusteella juolavehnaisen nurmen lopetuksessa voidaan suositella yhden niiton jälkeen KwickFinn-puolikesantoa + syyskyntöä, jos glyfosaattia ei haluta tai voida käyttää.

4.3. Glyfosaatin vaihtoehtojen taloudellinen kannattavuus

Suorakylvökokeet keväthehnällä vuonna 2022 Jokioisissa ja Inkoossa ja kolmevuotiset kevytmuokatut viljelykiertokokeet Ypäjällä osoittivat, että ilman tehokasta maan muokkausta glyfosaattia ennen kevätkylvöä on vaikea korvata. Jos juolavehnan on runsaasti, valikoivilla juolavehnan torjunta-aineilla ei pystytä pelastamaan viljelykasvin satoa, ja taloudellinen kannattavuus on tällöin varmasti heikompi kuin glyfosaatilla ennen kylvöä.

Hankkeen varsinaiset kannattavuusvertailut tehtiin kevätiljojen eri muokkausstrategioiden ja glyfosaatin kevät- tai syyskäyttöön perustuvien strategioiden välillä. Keskimäärin paras taloudellinen kokonaistulos kolmelta vuodelta saatiin suorakylvöstä, jossa kahtena vuonna kolmesta käytettiin glyfosaattia ennen kylvöä. Kone- ja työkustannusten pienuus selittää tulosta

vahvasti. Kun ensimmäisen vuoden KwickFinn-puolikesannon jälkeen viljeltiin kevätiljoja suorakylvönä, saatiin myös hyvä taloudellinen tulos ensimmäisen vuoden monimuotoisuuskasvin tuen ja seuraavien vuosien hyvän sadon ja pienien työ- ja konekustannusten ansiosta. Koejäsenet, jotka sisälsivät paljon koneita ja muokkauskertoja, olivat taloudelliselta kannattavuudeltaan heikkoja, koska korkeat kustannukset ylittivät tuotot.

Kiitokset

Haluamme lämpimästi kiittää kaikkia hankkeen toteutukseen osallistuneita. Hankkeen juola-vehnaöosion toteutukseen Lukessa osallistuivat Timo Lötjönen, Jukka Salonen, Matti Eskola, Anne Muotila, Leena Ruokonen, Anna Tamminen, Timo Keränen ja Mari Niemi. Nylands Svenska Lantbrukssällskapetissa hanketta toteuttivat Jasmin Isotupa, Sonja Träskman, Mikael Fröberg ja Martin Träskman.

Kiitokset myös MMM:n Tove Jernin vetämälle hankkeen ohjausryhmälle hyvistä kommentteista ja kehitysehdotuksista matkan varrella. Lopuksi kiitokset LUOTO2023 -tutkimushankkeelle, jonka rahoituksen avulla loppuraportti viimeisteltiin.

Jokioisissa 18.6.2024

Pentti Ruuttunen

Liitteet

JUOTVAI 1 -kokeiden katetuottolaskelmat

Katetuotto C koejäsenittäin ja vuosittain eri koepaikolla

Liitetaulukko 1. Katetuotto C koejäsenittäin ja vuosittain eri koepaikolla.

Inkoo	Katetuotto C			
	2021	2022	2023	Yhteensä
NSL koejäsen 1	-406	153	-42	-295
NSL koejäsen 2	-507	-6	-161	-675
NSL koejäsen 3	-422	92	-107	-438
NSL koejäsen 4	-490	-144	-246	-881
NSL koejäsen 5	-479	-180	-384	-1 043
NSL koejäsen 6	-712	-437	-445	-1 595
NSL koejäsen 7	-286	222	-123	-187
Jokioinen				
JOK koejäsen 1	-530	163	43	-324
JOK koejäsen 2	-769	102	-289	-956
JOK koejäsen 3	-630	90	-76	-616
JOK koejäsen 4	-775	3	-406	-1 178
JOK koejäsen 5	-593	41	-342	-894
JOK koejäsen 6	-932	-252	-485	-1 668
JOK koejäsen 7	-442	111	-136	-467
Ruukki				
RUU koejäsen 1	-664	238	129	-297
RUU koejäsen 2	-571	-102	-81	-753
RUU koejäsen 3	-426	-49	-324	-799
RUU koejäsen 4	-389	-96	-157	-642
RUU koejäsen 5	-387	-267	-242	-895
RUU koejäsen 6	-615	-335	-504	-1 454
RUU koejäsen 7	-626	268	-288	-646

Liitetaulukko 2. Työkustannukset Inkoossa 2021–2023.

Inkoo työkustannukset 2021 (sis. syksy 2020)				
	traktoritunnit (min)	muu työ (min)	yhteensä (h)	kustannus (19,20 €/h)
(GLY) + suorakylvö	43	300	5,7	109,76
GLY+kyntö	146	300	7,4	142,72
Kevytmuokkaus k+s	102	300	6,7	128,64
Sänkimuokkaus + kyntö	165	300	7,8	148,8
Kyntö	146	300	7,4	142,72
KF k+s	187	300	8,1	155,84
KF-kesanto	322	300	10,4	199,04
Inkoo työkustannukset 2022 (sis. syksy 2021)				
	traktoritunnit (min)	muu työ (min)	yhteensä (h)	kustannus (19,20 €/h)
(GLY) + suorakylvö	52	300	5,9	112,64
GLY+kyntö	155	300	7,6	145,6
Kevytmuokkaus k+s	103	300	6,7	128,96
Sänkimuokkaus + kyntö	166	300	7,8	149,12
Kyntö	146	300	7,4	142,72
KF k+s	259	300	9,3	178,88
KF-kesanto	43	300	5,7	109,76
Inkoo työkustannukset 2023 (sis. syksy 2022)				
	traktoritunnit (min)	muu työ (min)	yhteensä (h)	kustannus (19,20 €/h)
(GLY) + suorakylvö	52	300	5,9	112,64
GLY+kyntö	155	300	7,6	145,6
Kevytmuokkaus k+s	103	300	6,7	128,96
Sänkimuokkaus + kyntö	166	300	7,8	149,12
Kyntö	146	300	7,4	142,72
KF k+s	259	300	9,3	178,88
KF-kesanto	43	300	5,7	109,76

Liitetaulukko 3. Työkustannukset Jokioisilla 2021–2023.

Jokioinen työkustannukset 2021 (sis. syksy 2020)				
	traktoritunnit (min)	muu työ (min)	yhteensä (h)	kustannus (19,20 €/h)
(GLY) + suorakylvö	43	300	5,7	109,76
GLY+kyntö	180	300	8,0	153,6
Kevytmuokkaus k+s	109	300	6,8	130,88
Sänkimuokkaus + kyntö	206	300	8,4	161,92
Kyntö	180	300	8,0	153,6
KF k+s	187	300	8,1	155,84
KF-kesanto	250	300	9,2	176
Jokioinen työkustannukset 2022 (sis. syksy 2021)				
	traktoritunnit (min)	muu työ (min)	yhteensä (h)	kustannus (19,20 €/h)
(GLY) + suorakylvö	52	300	5,9	112,64
GLY+kyntö	189	300	8,2	156,48
Kevytmuokkaus k+s	103	300	6,7	128,96
Sänkimuokkaus + kyntö	200	300	8,3	160
Kyntö	180	300	8,0	153,6
KF k+s	259	300	9,3	178,88
KF-kesanto	43	300	5,7	109,76
Jokioinen työkustannukset 2023 (sis. syksy 2022)				
	traktoritunnit (min)	muu työ (min)	yhteensä (h)	kustannus (19,20 €/h)
(GLY) + suorakylvö	52	300	5,9	112,64
GLY+kyntö	189	300	8,2	156,48
Kevytmuokkaus k+s	103	300	6,7	128,96
Sänkimuokkaus + kyntö	200	300	8,3	160
Kyntö	180	300	8,0	153,6
KF k+s	259	300	9,3	178,88
KF-kesanto	43	300	5,7	109,76

Liitetaulukko 4. Työkustannukset Ruukissa 2021–2023.

Ruukki työkustannukset 2021 (sis. syksy 2020)				
	traktoritunnit (min)	muu työ (min)	yhteensä (h)	kustannus (19,20 €/h)
(GLY) + suorakylvö	43	300	5,7	109,76
GLY+kyntö	163	300	7,7	148,16
Kevytmuokkaus k+s	102	300	6,7	128,64
Sänkimuokkaus + kyntö	182	300	8,0	154,24
Kyntö	163	300	7,7	148,16
KF k+s	187	300	8,1	155,84
KF-kesanto	322	300	10,4	199,04
Ruukki työkustannukset 2022 (sis. syksy 2021)				
	traktoritunnit (min)	muu työ (min)	yhteensä (h)	kustannus (19,20 €/h)
(GLY) + suorakylvö	52	300	5,9	112,64
GLY+kyntö	172	300	7,9	151,04
Kevytmuokkaus k+s	103	300	6,7	128,96
Sänkimuokkaus + kyntö	183	300	8,1	154,56
Kyntö	163	300	7,7	148,16
KF k+s	259	300	9,3	178,88
KF-kesanto	43	300	5,7	109,76
Ruukki työkustannukset 2023 (sis. syksy 2022)				
	traktoritunnit (min)	muu työ (min)	yhteensä (h)	kustannus (19,20 €/h)
(GLY) + suorakylvö	52	300	5,9	112,64
GLY+kyntö	172	300	7,9	151,04
Kevytmuokkaus k+s	103	300	6,7	128,96
Sänkimuokkaus + kyntö	183	300	8,1	154,56
Kyntö	163	300	7,7	148,16
KF k+s	259	300	9,3	178,88
KF-kesanto	43	300	5,7	109,76

Suositus laskennalliseksi oman työn kustannukseksi vuonna 2023 = oma työn palkkavaatimus 16,80 e/h + eläkevaikutusmaksut (MYEL + MATA + ryhmähenkivakuutusmaksu) 2,40 e/h = 19,20 e/h.

Liitetaulukko 5. Traktorin kustannukset.

Traktori 101–120 kW,	€/h
Poltto- ja voiteluainekustannukset:	15,48
Kiinteät kustannukset (käyttö 15 v ja 600 h/v):	17,07

lähde: Kasvitalouslaskelmien hinnoitteluohje vuodelle 2023

Työvaihe	min/ha
Kyntö	86
Amazone Catros 4 m	19
Amazone Catros 3 m	26
Köckerling Allrounder 4 m	20
KvickFinn 3 m	72
S-piikkiäestys 6 m	17
Ruiskutus (sis. ruiskun täyttö)	9
Kylvö (sis. kylvökoneen täyttö)	34

Suoritusika min/ha: *Standardiajan laskentapohja (Peltonen TTS/2004)*

Liitetaulukko 6. Traktoriyötunnit Inkoossa 2021–2023.

Inkoo traktoriyötunnit 2021 (sis. syksy 2020)		min	muuttuvat kustannukset €	kiinteät kustannukset €
(GLY) + suorakylvö	kylvö, ruiskutus x1	43	11,09	12,23
GLY+kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x1, kylvö, ruiskutus x 1	146	37,67	41,54
Kevytmuokkaus k+s	lautasäestys, allrounder x2. kylvö, ruiskutus x1	102	26,32	29,02
Sänkimuokkaus + kyntö	lautasäestys, kyntö, s-piikkiäestys, kylvö, ruiskutus x1	165	42,57	46,94
Kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x1, kylvö, ruiskutus x1	146	37,67	41,54
KF k+s	KvickFinn x2, kylvö, ruiskutus x1	187	48,25	53,20
KF-kesanto	Kvickfinn x4, kylvö	322	83,08	91,61
Inkoo traktoriyötunnit 2022 (sis. syksy 2021)		min	muuttuvat kustannukset €	kiinteät kustannukset €
(GLY) + suorakylvö	kylvö, ruiskutus x2	52	13,42	14,79
GLY+kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x1, kylvö, ruiskutus x2	155	39,99	44,10
Kevytmuokkaus k+s	Allrounder x3, kylvö, ruiskutus x1	103	26,57	29,30
Sänkimuokkaus + kyntö	allrounder, kyntö, s-piikkiäestys, kylvö, ruiskutus	166	42,83	47,23
Kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x1, kylvö, ruiskutus x1	146	37,67	41,54
KF k+s	KvickFinn x3, kylvö, ruiskutus x1	259	66,82	73,69
KF-kesanto	kylvö, ruiskutus x1	43	11,09	12,23
Inkoo traktoriyötunnit 2023 (sis. syksy 2022)		min	muuttuvat kustannukset €	kiinteät kustannukset €
(GLY) + suorakylvö	kylvö, ruiskutus x2	52	13,42	14,79
GLY+kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x1, kylvö, ruiskutus x2	155	39,99	44,10
Kevytmuokkaus k+s	Allrounder x3, kylvö, ruiskutus x1	103	26,57	29,30
Sänkimuokkaus + kyntö	allrounder, kyntö, s-piikkiäestys, kylvö, ruiskutus	166	42,83	47,23
Kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x1, kylvö, ruiskutus x1	146	37,67	41,54
KF k+s	KvickFinn x3, kylvö, ruiskutus x1	259	66,82	73,69
KF-kesanto	kylvö, ruiskutus x1	43	11,09	12,23

Liitetaulukko 7. Traktorityötunnit Jokioisilla 2021–2023.

Jokioinen traktorityötunnit 2021 (sis. syksy 2020)		min	muuttuvat kustannukset €	kiinteät kustannukset €
(GLY) + suorakylvö	kylvö, ruiskutus x1	43	11,09	12,23
GLY+kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x3, kylvö, ruiskutus x 1	180	46,44	51,21
Kevytmuokkaus k+s	lautasäestys, allrounder x2, kylvö, ruiskutus x1	109	28,12	31,01
Sänkimuokkaus + kyntö	lautasäestys, kyntö, s-piikkiäestys x3, kylvö, ruiskutus x1	206	53,15	58,61
Kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x3, kylvö, ruiskutus x1	180	46,44	51,21
KF k+s	KvickFinn x2, kylvö, ruiskutus x1	187	48,25	53,20
KF-kesanto	Kvickfinn x3, kylvö	250	64,50	71,13
Jokioinen traktorityötunnit 2022 (sis. syksy 2021)		min	muuttuvat kustannukset €	kiinteät kustannukset €
(GLY) + suorakylvö	kylvö, ruiskutus x2	52	13,42	14,79
GLY+kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x3, kylvö, ruiskutus x 2	189	48,76	53,77
Kevytmuokkaus k+s	Allrounder x3, kylvö, ruiskutus x1	103	26,57	29,30
Sänkimuokkaus + kyntö	allrounder, kyntö, s-piikkiäestys x3, kylvö, ruiskutus	200	51,60	56,90
Kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x3, kylvö, ruiskutus x1	180	46,44	51,21
KF k+s	KvickFinn x3, kylvö, ruiskutus x1	259	66,82	73,69
KF-kesanto	kylvö, ruiskutus x1	43	11,09	12,23
Jokioinen traktorityötunnit 2023 (sis. syksy 2022)		min	muuttuvat kustannukset €	kiinteät kustannukset €
(GLY) + suorakylvö	kylvö, ruiskutus x2	52	13,42	14,79
GLY+kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x3, kylvö, ruiskutus x 2	189	48,76	53,77
Kevytmuokkaus k+s	Allrounder x3, kylvö, ruiskutus x1	103	26,57	29,30
Sänkimuokkaus + kyntö	allrounder, kyntö, s-piikkiäestys x3, kylvö, ruiskutus	200	51,60	56,90
Kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x3, kylvö, ruiskutus x1	180	46,44	51,21
KF k+s	KvickFinn x3, kylvö, ruiskutus x1	259	66,82	73,69
KF-kesanto	kylvö, ruiskutus x1	43	11,09	12,23

Liitetaulukko 8. Traktorityötunnit Ruukissa 2021–2023.

Ruukki traktorityötunnit 2021 (sis. syksy 2020)		min	muuttuvat kustannukset €	kiinteät kustannukset €
(GLY) + suorakylvö	kylvö, ruiskutus x1	43	11,09	12,23
GLY+kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x2, kylvö, ruiskutus x 1	163	42,05	46,37
Kevytmuokkaus k+s	lautasäestys, Allrounder x2, kylvö, ruiskutus x1	102	26,32	29,02
Sänkimuokkaus + kyntö	lautasäestys, kyntö, s-piikkiäestys x2, kylvö, ruiskutus x1	182	46,96	51,78
Kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x2, kylvö, ruiskutus x1	163	42,05	46,37
KF k+s	KvickFinn x2, kylvö, ruiskutus x1	187	48,25	53,20
KF-kesanto	KvickFinn x4, kylvö	322	83,08	91,61
Ruukki traktorityötunnit 2022 (sis. syksy 2021)		min	muuttuvat kustannukset €	kiinteät kustannukset €
(GLY) + suorakylvö	kylvö, ruiskutus x2	52	13,42	14,79
GLY+kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x2, kylvö, ruiskutus x 2	172	44,38	48,93
Kevytmuokkaus k+s	Allrounder x3, kylvö, ruiskutus x1	103	26,57	29,30
Sänkimuokkaus + kyntö	Allrounder, kyntö, s-piikkiäestys x2, kylvö, ruiskutus x1	183	47,21	52,06
Kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x2, kylvö, ruiskutus x1	163	42,05	46,37
KF k+s	KvickFinn x3, kylvö, ruiskutus x1	259	66,82	73,69
KF-kesanto	kylvö, ruiskutus x1	43	11,09	12,23
Ruukki traktorityötunnit 2023 (sis. syksy 2022)		min	muuttuvat kustannukset €	kiinteät kustannukset €
(GLY) + suorakylvö	kylvö, ruiskutus x2	52	13,42	14,79
GLY+kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x2, kylvö, ruiskutus x 2	172	44,38	48,93
Kevytmuokkaus k+s	Allrounder x3, kylvö, ruiskutus x1	103	26,57	29,30
Sänkimuokkaus + kyntö	Allrounder, kyntö, s-piikkiäestys x2, kylvö, ruiskutus x1	183	47,21	52,06
Kyntö	kyntö, s-piikkiäestys x2, kylvö, ruiskutus x1	163	42,05	46,37
KF k+s	KvickFinn x3, kylvö, ruiskutus x1	259	66,82	73,69
KF-kesanto	kylvö, ruiskutus x1	43	11,09	12,23

Liitetaulukko 9. Kiinteät konekustannukset.

	Köckerling Allrounder 4 m	KvickFinn Premium 2800	Paluu- aura	Amazone Catros 3001-T	Amazone Catros 4001-T	S-piik- kiäes	Kylvö- kone	Ruisku
Hankintahinta	19 480	28 850	27 500	15 000	20 000	27 000	65 000	30 000
Jäännösarvo 10 %	1 948	2 885	2 750	1 500	2 000	2 700	6 500	3 000
Vuotuinen tasapoisto	1 168,80	1 731,00	¹ 650,00	900,00	1 200,00	1 620,00	3 900,00	1 800,00
Korko (5 %)	535,7	793,375	756,25	412,5	550	742,5	1 787,5	825
Säilytys	272,16	226,8	181,44	272,16	362,88	362,88	362,88	204,12
Vakuutusmaksut	ei luotettavaa tietoa saatavilla							
Peruskustannus €/v	1 976,66	2 751,18	² 587,69	1 584,66	2 112,88	2 725,38	6 050,38	2 829,12
Peruskustannus €/v/ha *	24,71	275,12	51,75	19,81	26,41	34,07	75,63	35,36
*viljatila, 100 ha								
Poistomenetelmänä käytetään tasapoistoa								
Pitoaika, vuosia:	15							

Liitetaulukko 10. Kiinteät konekustannukset koejäsenittäin ja vuosittain eri koepaikolla.

	Inkoo kiinteät konekustannukset 1. vuosi	€/ha/v	Jokioinen kiinteät konekustannukset 1. vuosi	€/ha/v	Ruukki kiinteät konekustannukset 1. vuosi	€/ha/v
(GLY) + suorakylvö	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99
GLY+kyntö	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81
Kevytmuokkaus k+s	Catros 4m, Allrounder, kylvökone, ruisku	162,11	Catros 3m, Allrounder, kylvökone ruisku	155,51	Catros 4m, Allrounder, kylvökone ruisku	162,11
Sänkimuokkaus + kyntö	Catros 4m, aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	223,23	Catros 3m, aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	216,62	Catros 4m, aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	223,23
Kyntö	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81
KF k+s	KvickFinn, kylvökone, ruisku	386,11	KvickFinn, kylvökone, ruisku	386,11	KvickFinn, kylvökone, ruisku	386,11
KF-kesanto	Kvickfinn, kylvökone	275,12	Kvickfinn, kylvökone	275,12	Kvickfinn, kylvökone	275,12
	Inkoo kiinteät konekustannukset 2. vuosi	€/ha/v	Jokioinen kiinteät konekustannukset 2. vuosi	€/ha/v	Ruukki kiinteät konekustannukset 2. vuosi	€/ha/v
(GLY) + suorakylvö	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99
GLY+kyntö	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81
Kevytmuokkaus k+s	Allrounder, kylvökone, ruisku	135,70	Allrounder, kylvökone, ruisku	135,70	Allrounder, kylvökone, ruisku	135,70
Sänkimuokkaus + kyntö	Allrounder, aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	221,52	Allrounder, aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	221,52	Allrounder, aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	221,52
Kyntö	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81
KF k+s	KvickFinn, kylvökone, ruisku	386,11	KvickFinn, kylvökone, ruisku	386,11	KvickFinn, kylvökone, ruisku	386,11
KF-kesanto	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99
	Inkoo kiinteät konekustannukset 3. vuosi	€/ha/v	Jokioinen kiinteät konekustannukset 3. vuosi	€/ha/v	Ruukki kiinteät konekustannukset 3. vuosi	€/ha/v
(GLY) + suorakylvö	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99
GLY+kyntö	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81
Kevytmuokkaus k+s	Allrounder, kylvökone, ruisku	135,70	Allrounder, kylvökone, ruisku	135,70	Allrounder, kylvökone, ruisku	135,70
Sänkimuokkaus + kyntö	Allrounder, aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	221,52	Allrounder, aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	221,52	Allrounder, aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	221,52
Kyntö	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81	aura, s-piikkiäes, kylvökone, ruisku	196,81
KF k+s	KvickFinn, kylvökone, ruisku	386,11	KvickFinn, kylvökone, ruisku	386,11	KvickFinn, kylvökone, ruisku	386,11
KF-kesanto	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99	kylvökone, ruisku	110,99

Liitetaulukko 11. Hinnat työkoneille, lannoitteille ja kasvinsuojeluaineille.

Kone	Hankintahinta alv 0 €	Lähde	Säilytys, m ²
Kverneland (ES 85-200-4)	27 500,00 €	mascus.fi 1/24	8
Köckerling Allrounder 3 m	13 840,00 €	Tarjous Lyckegårdilta 9.1.2024	9
Köckerling Allrounder 4 m	19 480,00 €	Tarjous Lyckegårdilta 9.1.2024	12
KvickFinn Premium 2800	28 850,00 €	Tarjous Lyckegårdilta 9.1.2024	10
KvickFinn Bio 2800	23 700,00 €	Tarjous Lyckegårdilta 9.1.2024	10
Amazone Catros 3001-T	15 000,00 €	Krister Hildén, arvio	12
Amazone Catros 4001-T	20 000,00 €	Krister Hildén, arvio	16
Ruisku	30 000,00 €	Krister Hildén, arvio	9
S-piikkiäes	27 000,00 €	mascus.fi 1/24	16
Kylvökone	65 000,00 €	mascus.fi 1/24	16
Traktori	123 000,00 €	Kasvitalouslaskelmien hinnoitteluohje vuodelle 2023	

Lannoite (Minun Maatilani Visu 15.1.2023)	€/t
YaraMila Y1	770
YaraMila Y3	800
YaraMila Y6	840
YaraMila Y4	810
YaraBela Seleenisalpjetari	710
CAN 27	610
BeFert NPK 27-3-5	690

Kasvinsuojeluaineet (Peltokasvien kasvinsuojelu 2023)	€/ha
Biathlon 4D 55g/ha +Sito 0,1 l/ha	17
Ariane S 2 L/ha	21
Tartan 360-K 3,0 L/ha + Sito 0,5 l/ha	48
Chekker plus 0,45 l/ha	15
Starane XL 1 L/ha	20
Rodeo FL 3 L/ha	34
Biathlon 4D 50 g/ha	15
MCPA 1 L/ha + sito	12
Tartan 360-K 3,0 L/ha + Sito 0,5 l/ha	35
Premium Classic 12 g/ha	7
Roundup Powermax 1,5 kg/ha	40
Roundup Powermax 2 kg/ha	53
Pixxaro 0,3 L/ha + Trimmer 12g/ha + kiinnite 0,1 L/ha	18

Liitetaulukko 12. Katetuottolaskelmat koejäsenittäin jokaiselta koepaikalta vuodelta 2022.**Koejäsen 1**

GLY + suorakylvö	Inkoo			Jokioinen			Ruukki		
	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha
Tuotot									
Kaura	4,996	210	1049	4,64	210	974	5,251	210	1103
Viljelyn tuotot	4,996		1049	4,64		974	5,251		1103
Tuet									
Perustulotuki			139			139			118
Luonnonhaittakorvaus			217			217			242
Ympäristökorvaus			45			45			45
Ekोजärjestelmätuki			0			0			0
Tuet yhteensä			401			401			405
Tuotot yhteensä			1450			1375			1508
Muuttuvat kustannukset									
Siemen (kg, €/kg)	260	0,41	107	249	0,41	102	225	0,41	92
Lannoitus	YaraMila Y3 330 kg/ha		264	BeFert NPK 27-3-5 310 kg/ha		214	YaraMila Y4 300 kg/ha		264
Kalkitus			13			13			13
Kasvinsuojelu	Ariane S 2 L/ha		21	Ariane S 2 L/ha		21	Premium Classic 12 g/ha		7
	Tartan 360-K 3,0 L/ha + Sito 0,5 l/ha		48	Rodeo FL 3 L/ha		34	Roundup Powermax 1,5 kg/ha		40
Traktorityö			13			13			13
Leikkuupuinti			15			15			15
Kuivatus	0,02		100	0,02		93	0,02		105
Rahti ja välitys	0,02		100	0,02		93	0,02		105
Korko	0,5	0,05	20	0,5	0,05	18	0,5	0,05	19
Muuttuvat kustannukset yhteensä			701			616			674
Katetuotto A			749			759			834
Katetuotto A ilman tukia			348			358			429
Työkustannukset (ihmistyö)			113			113			113
Katetuotto B			637			647			722
Katetuotto B ilman tukia			236			246			317
Kiinteät kustannukset									
Konekustannukset	Traktori		15	Traktori		15	Traktori		15
	Puimuri		178	Puimuri		178	Puimuri		178
	Kuivuri		67	Kuivuri		67	Kuivuri		67
	Muut koneet		111	Muut koneet		111	Muut koneet		111
Konekustannukset yhteensä			371			371			371
Rakennuskustannukset yhteensä			55			55			55
Yleiskustannukset			58			58			58
Katetuotto C			153			163			238
Katetuotto ilman tukia			-248			-238			-167

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2024

Koejäsen 2

Kyntö + GLY	Inkoo			Jokioinen			Ruukki		
	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha
Tuotot									
Kaura	5,096	210	1070	5,498	210	1155	4,452	210	935
Viljelyn tuotot	5,096		1070	5,498		1155	4,452		935
Tuet									
Perustulotuki			139			139			118
Luonnonhaittakorvaus			217			217			242
Ympäristökorvaus			45			45			45
Ekोजärjestelmätuki			0			0			0
Tuet yhteensä			401			401			405
Tuotot yhteensä			1471			1556			1340
Muuttuvat kustannukset									
Siemen (kg, €/kg)	260	0,41	107	249	0,41	102	225	0,41	92
				<i>BeFert NPK 27-3-5 310</i>			<i>YaraMila Y3 330</i>		
Lannoitus	<i>YaraMila Y3 330 kg/ha</i>		264	<i>kg/ha</i>		214	<i>kg/ha</i>		264
Kalkitus			13			13			13
Kasvinsuojelu	<i>Ariane S 2 L/ha</i>		21	<i>Ariane S 2 L/ha</i>		21	<i>Premium Classic</i>		7
	<i>Tartan 360-K 3,0 L/ha + Sito</i>		48	<i>Rodeo FL 3 L/ha</i>		34	<i>12 g/ha</i>		
	<i>0,5 l/ha</i>						<i>Roundup Power-</i>		53
							<i>max</i>		
							<i>2 kg/ha</i>		
Traktoriyö			40			49			44
Leikkuupuinti			15			15			15
Kuivatus	0,02		102	0,02		110	0,02		89
Rahti ja välitys	0,02		102	0,02		110	0,02		89
Korko	0,5	0,05	21	0,5	0,05	21	0,5	0,05	20
Muuttuvat kustannukset yhteensä			733			689			687
Katetuotto A			738			867			653
Katetuotto A ilman tukia			337			466			248
Työkustannukset (ihmistyö)			146			156			151
Katetuotto B			592			711			502
Katetuotto B ilman tukia			191			310			97
Kiinteät kustannukset									
Konekustannukset	<i>Traktori</i>		44	<i>Traktori</i>		54	<i>Traktori</i>		49
	<i>Puimuri</i>		178	<i>Puimuri</i>		178	<i>Puimuri</i>		178
	<i>Kuivuri</i>		67	<i>Kuivuri</i>		67	<i>Kuivuri</i>		67
	<i>Muut koneet</i>		197	<i>Muut koneet</i>		197	<i>Muut koneet</i>		197
Konekustannukset yhteensä			486			496			491
Rakennuskustannukset yhteensä			55			55			55
Yleiskustannukset			58			58			58
Katetuotto C			-6			102			-102
Katetuotto ilman tukia			-407			-299			-507

Koejäsen 3

Allrounder	Inkoo			Jokioinen			Ruukki		
	tn/ha	euro/tn	euro/ ha	tn/ha	euro/tn	euro/ ha	tn/ha	euro/tn	euro/ ha
Tuotot									
Kaura	4,754	210	998	4,414	210	927	3,72	210	781
Viljelyn tuotot	4,754		998	4,414		927	3,72		781
Tuet									
Perustulotuki			139			139			118
Luonnonhaittakorvaus			217			217			242
Ympäristökorvaus			45			45			45
Eköjärjestelmätuki			0			0			0
Tuet yhteensä			401			401			405
Tuotot yhteensä			1399			1328			1186
Muuttuvat kustannukset									
Siemen (kg, €/kg)	260	0,41	107	249	0,41	102	225	0,41	92
	YaraMila Y3			BeFert NPK 27-3-5					
Lannoitus	330 kg/ha		264	310 kg/ha		214	YaraMila Y3 330 kg/ha		264
Kalkitus			13			13			13
							Premium Classic		
Kasvinsuojelu	Ariane S 2 L/ha		21	Ariane S 2 L/ha		21	12 g/ha		7
Traktorityö			27			27			27
Leikkuupuinti			15			15			15
Kuivatus	0,02		95	0,02		88	0,02		74
Rahti ja välitys	0,02		95	0,02		88	0,02		74
Korko	0,5	0,05	19	0,5	0,05	17	0,5	0,05	17
Muuttuvat kustannukset yhteensä			656			586			584
Katetuotto A			744			742			603
Katetuotto A ilman tukia			343			341			198
Työkustannukset (ihmistyö)			129			129			129
Katetuotto B			615			613			474
Katetuotto B ilman tukia			214			212			69
Kiinteät kustannukset									
Konekustannukset	Traktori		29	Traktori		29	Traktori		29
	Puimuri		178	Puimuri		178	Puimuri		178
	Kuivuri		67	Kuivuri		67	Kuivuri		67
	Muut koneet		136	Muut koneet		136	Muut koneet		136
Konekustannukset yhteensä			410			410			410
Rakennuskustannukset yhteensä			55			55			55
Yleiskustannukset			58			58			58
Katetuotto C			92			90			-49
Katetuotto ilman tukia			-309			-311			-454

Koejäsen 4

Allrounder + kyntö	Inkoo			Jokioinen			Ruukki		
	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha
Tuotot									
Kaura	4,192	210	880	4,911	210	1031	4,366	210	917
Viljelyn tuotot	4,192		880	4,911		1031	4,366		917
Tuet									
Perustulotuki			139			139			118
Luonnonhaittakorvaus			217			217			242
Ympäristökorvaus			45			45			45
Eköjärjestelmätuki			0			0			0
Tuet yhteensä			401			401			405
Tuotot yhteensä			1281			1432			1322
Muuttuvat kustannukset									
Siemen (kg, €/kg)	260	0,41	107	249	0,41	102	225	0,41	92
	<i>YaraMila Y3 330</i>			<i>BeFert NPK 27-3-5 310</i>			<i>YaraMila Y3 330</i>		
Lannoitus			264			214			264
	<i>kg/ha</i>			<i>kg/ha</i>			<i>kg/ha</i>		
Kalkitus			13			13			13
Kasvinsuojelu			21			21			7
	<i>Ariane S 2 L/ha</i>			<i>Ariane S 2 L/ha</i>			<i>Premium Classic 12 g/ha</i>		
Traktorityö			43			52			47
Leikkuupuinti			15			15			15
Kuivatus	0,02		84	0,02		98	0,02		87
Rahti ja välitys	0,02		84	0,02		98	0,02		87
Korko	0,5	0,05	19	0,5	0,05	19	0,5	0,05	19
Muuttuvat kustannukset yhteensä			650			633			632
Katetuotto A			631			800			690
Katetuotto A ilman tukia			230			399			285
Työkustannukset (ihmistyö)			149			160			155
Katetuotto B			482			640			535
Katetuotto B ilman tukia			81			239			130
Kiinteät kustannukset									
Konekustannukset			47			57			52
	<i>Traktori</i>			<i>Traktori</i>			<i>Traktori</i>		
	<i>Puimuri</i>		178	<i>Puimuri</i>		178	<i>Puimuri</i>		178
	<i>Kuivuri</i>		67	<i>Kuivuri</i>		67	<i>Kuivuri</i>		67
	<i>Muut koneet</i>		222	<i>Muut koneet</i>		222	<i>Muut koneet</i>		222
Konekustannukset yhteensä			514			523			519
Rakennuskustannukset yhteensä			55			55			55
Yleiskustannukset			58			58			58
Katetuotto C			-144			3			-96
Katetuotto ilman tukia			-545			-398			-501

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2024

Koejäsen 5

Kyntö	Inkoo			Jokioinen			Ruukki		
	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha
Tuotot									
Kaura	3,731	210	784	4,882	210	1025	3,107	210	652
Viljelyn tuotot	3,731		784	4,882		1025	3,107		652
Tuet									
Perustulotuki			139			139			118
Luonnonhaittakorvaus			217			217			242
Ympäristökorvaus			45			45			45
Eköjärjestelmätuki			0			0			0
Tuet yhteensä			401			401			405
Tuotot yhteensä			1185			1426			1057
Muuttuvat kustannukset									
Siemen (kg, €/kg)	260	0,41	107	249	0,41	102	225	0,41	92
	<i>YaraMila Y3 330</i>			<i>BeFert NPK 27-3-5 310</i>			<i>YaraMila Y3 330</i>		
Lannoitus			264			214			264
	<i>kg/ha</i>			<i>kg/ha</i>			<i>kg/ha</i>		
Kalkitus			13			13			13
Kasvinsuojelu			21			21			7
	<i>Ariane S 2 L/ha</i>			<i>Ariane S 2 L/ha</i>			<i>Premium Classic 12 g/ha</i>		
Traktorityö			38			46			42
Leikkuupuinti			15			15			15
Kuivatus	0,02		75	0,02		98	0,02		62
Rahti ja välitys	0,02		75	0,02		98	0,02		62
Korko	0,5	0,05	19	0,5	0,05	19	0,5	0,05	18
Muuttuvat kustannukset yhteensä			625			626			575
Katetuotto A			559			800			483
Katetuotto A ilman tukia			158			399			78
Työkustannukset (ihmistyö)			143			154			148
Katetuotto B			416			647			334
Katetuotto B ilman tukia			15			246			-71
Kiinteät kustannukset									
Konekustannukset			42			51			46
	<i>Traktori</i>			<i>Traktori</i>			<i>Traktori</i>		
	<i>Puimuri</i>		178	<i>Puimuri</i>		178	<i>Puimuri</i>		178
	<i>Kuivuri</i>		67	<i>Kuivuri</i>		67	<i>Kuivuri</i>		67
	<i>Muut koneet</i>		197	<i>Muut koneet</i>		197	<i>Muut koneet</i>		197
Konekustannukset yhteensä			483			493			488
Rakennuskustannukset yhteensä			55			55			55
Yleiskustannukset			58			58			58
Katetuotto C			-180			41			-267
Katetuotto ilman tukia			-581			-360			-672

Koejäsen 6

KvickFinn	Inkoo			Jokioinen			Ruukki		
	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha
Tuotot									
Kaura	3,916	210	822	4,683	210	983	4,322	210	908
Viljelyn tuotot	3,916		822	4,683		983	4,322		908
Tuet									
Perustulotuki			139			139			118
Luonnonhaittakorvaus			217			217			242
Ympäristökorvaus			45			45			45
Eköjärjestelmätuki			0			0			0
Tuet yhteensä			401			401			405
Tuotot yhteensä			1223			1384			1313
Muuttuvat kustannukset									
Siemen (kg, €/kg)	260	0,41	107	249	0,41	102	225	0,41	92
	<i>YaraMila Y3 330</i>			<i>BeFert NPK 27-3-5 310</i>			<i>YaraMila Y3 330</i>		
Lannoitus			264			214			264
	<i>kg/ha</i>			<i>kg/ha</i>			<i>kg/ha</i>		
Kalkitus			13			13			13
Kasvinsuojelu			21			21			7
	<i>Ariane S 2 L/ha</i>			<i>Ariane S 2 L/ha</i>			<i>Premium Classic 12 g/ha</i>		
Traktorityö			67			67			67
Leikkuupuinti			15			15			15
Kuivatus	0,02		78	0,02		94	0,02		86
Rahti ja välitys	0,02		78	0,02		94	0,02		86
Korko	0,5	0,05	21	0,5	0,05	20	0,5	0,05	20
Muuttuvat kustannukset yhteensä			664			639			651
Katetuotto A			560			745			662
Katetuotto A ilman tukia			159			344			257
Työkustannukset (ihmistyö)			179			179			179
Katetuotto B			381			566			483
Katetuotto B ilman tukia			-20			165			78
Kiinteät kustannukset									
Konekustannukset			74			74			74
	<i>Traktori</i>			<i>Traktori</i>			<i>Traktori</i>		
	<i>Puimuri</i>		178	<i>Puimuri</i>		178	<i>Puimuri</i>		178
	<i>Kuivuri</i>		67	<i>Kuivuri</i>		67	<i>Kuivuri</i>		67
	<i>Muut koneet</i>		386	<i>Muut koneet</i>		386	<i>Muut koneet</i>		386
Konekustannukset yhteensä			705			705			705
Rakennuskustannukset yhteensä			55			55			55
Yleiskustannukset			58			58			58
Katetuotto C			-437			-252			-335
Katetuotto ilman tukia			-838			-653			-740

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2024

Koejäsen 7

KvickFinn puolikesanto + suorakylvö	Inkoo			Jokioinen			Ruukki		
	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha	tn/ha	euro/tn	euro/ha
Tuotot									
Kaura	5,065	210	1064	4,079	210	857	5,14	210	1079
Viljelyn tuotot	5,065		1064	4,079		857	5,14		1079
Tuet									
Perustulotuki			139			139			118
Luonnonhaittakorvaus			217			217			242
Ympäristökorvaus			45			45			45
Eköjärjestelmätuki			0			0			0
Tuet yhteensä			401			401			405
Tuotot yhteensä			1465			1258			1484
Muuttuvat kustannukset									
Siemen (kg, €/kg)	260	0,41	107	249	0,41	102	225	0,41	92
	YaraMila Y3 330			BeFert NPK 27-3-5 310			YaraMila Y3 330		
Lannoitus		kg/ha	264		kg/ha	214		kg/ha	264
Kalkitus			13			13			13
Kasvinsuojelu									
	Ariane S 2 L/ha		21	Ariane S 2 L/ha		21	Premium Classic 12 g/ha		7
Traktorityö			11			11			11
Leikkuupuinti			15			15			15
Kuivatus	0,02		101	0,02		82	0,02		103
Rahti ja välitys	0,02		101	0,02		82	0,02		103
Korko	0,5	0,05	19	0,5	0,05	16	0,5	0,05	18
Muuttuvat kustannukset yhteensä			652			556			626
Katetuotto A			813			702			859
Katetuotto A ilman tukia			412			301			454
Työkustannukset (ihmistyö)			110			110			110
Katetuotto B			703			592			749
Katetuotto B ilman tukia			302			191			344
Kiinteät kustannukset									
Konekustannukset									
	Traktori		12	Traktori		12	Traktori		12
	Puimuri		178	Puimuri		178	Puimuri		178
	Kuivuri		67	Kuivuri		67	Kuivuri		67
	Muut koneet		111	Muut koneet		111	Muut koneet		111
Konekustannukset yhteensä			368			368			368
Rakennuskustannukset yhteensä			55			55			55
Yleiskustannukset			58			58			58
Katetuotto C			222			111			268
Katetuotto ilman tukia			-179			-290			-137

Viitteet

- Andreasen, C., Streibig, J.C. & Haas, H. 1991. Soil properties affecting the distribution of 37 weed species in Danish fields. *Weed Research* 31: 181–187.
- Andreasen, C. & Skovgaard, I.M. 2009. Crop and soil factors of importance for the distribution of plant species on arable fields in Denmark. *Agriculture, Ecosystem & Environment* 133: 61–67.
- Antier, C., Andersson, R., Auskalniene, O., Barić, K., Baret, P., Besenhofer, G., Calha, L., Carrola dos Santos, S., de Cauwer, B., Chachalis, D., Dorner, Z., Follak, S., Forristal, P.D., Gaskov, S., Gonzalez-Andujar, J., Hull, R., Jalli, H., Kierzek, R., Kiss, J. & Wirth, J. 2020. A survey on the uses of glyphosate in European countries. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-00545-1>
- Bakken, A.K., Brandsæter, L.O., Mangerud, K., Riley, H., Eltun, R. & Fykse, H. 2011. Effects of tractor weight, wheel placement and depth of ploughing on the infestation of perennial weeds in organically farmed cereals. *European Journal of Agronomy* 34: 239–246.
- Benbrook, C.M. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe* 28: 3.
- Bergkvist, G., Ringselle, B., Magnuski, E., Mangerud, K. & Brandsæter, L.O. 2017. Control of *Elymus repens* by rhizome fragmentation and repeated mowing in a newly established white clover sward. *Weed Research Society* 57: 172–181.
- Boström, U. & Fogelfors, H. 1999. Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden: 2. Weed flora and diversity. *Soil and Tillage Research* 50: 283–293.
- Boström, U., Andersson, L., Forkman, J., Hakman, I., Liew, J. & Magnuski, E. 2013. Seasonal variation in sprout capacity from intact rhizome systems of three perennial weeds. *European Weed Research Society* 53: 387–398.
- Brandsæter, L.O., Fogelfors, H., Fykse, H., Graglias, E., Jensen, R.K., Melander, B., Salonen, J. & Vanhala, P. 2010. Seasonal restrictions of bud growth on roots of *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis* and rhizomes of *Elymus repens*. *Weed Research* 50: 102–109.
- Brandsæter, L.O., Goul Thomsen, M., Wærnhus, K. & Fykse, H. 2012. Effects of repeated clover undersowing in spring cereals and stubble treatments in autumn on *Elymus repens*, *Sonchus arvensis* and *Cirsium arvense*. *Crop Protection* 32: 104–110.
- Brandsæter, L.O., Mangerud, K., Andersson, L., Børresen, T., Brodal, G. & Melander, B. 2020. Influence of mechanical weeding and fertilisation on perennial weeds, fungal diseases, soil structure and crop yield in organic spring cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 70: 318–332.
- Chandler, K., Murphy, S.D. & Swanton, C.J. 1994. Effect of tillage and glyphosate on control of quackgrass (*Elytrigia repens*). *Weed Technology* 8: 450–456.
- Cressey, D. 2015. Widely used herbicide linked to cancer. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature.2015.17181>.

- Erviö, R., Hyvärinen, S., Erviö, L.-R. & Salonen, J. 1994. Soil properties affecting weed distribution in spring cereal and vegetable fields. *Agricultural Science in Finland* 3: 497–503.
- FAO 2022. FAOSTAT. Pesticide use. <https://www.fao.org/faostat/en/?#data/RP> Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hagner, M., Tiilikkala, K., Lindqvist, I., Niemelä, K., Wikberg, H., Källi, A. & Rasa, K. 2020. Performance of Liquids from Slow Pyrolysis and Hydrothermal Carbonization in Plant Protection. *Waste Biomass Valor* 11: 1005–1016. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-00545-1>
- Holm, L.G., Plucknett, D.L., Pancho, J.V. & Herberger, J.P. 1977. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology*. Honolulu, HI, USA: University Press of Hawaii. 609 s.
- Hyvönen, T. & Huusela-Veistola, E. 2008. Arable weeds as indicators of agricultural intensity – A case study from Finland. *Biological Conservation* 141: 2857–2864.
- Håkansson, S. 1967. Experiments with *Agropyron repens* (L.) Beauv. I. Development and growth, and the response to burial at different development stages. *Annals of the Agricultural Collage of Sweden* 33: 823–873.
- Håkansson, S. 1968. Experiments with *Agropyron repens* (L.) Beauv. III: Production of aerial and underground shoots after planting rhizome pieces of different lengths at varying depths. *Annals of the Agricultural Collage of Sweden* 34: 31–51.
- Håkansson, S. 1969. Experiments with *Agropyron repens* (L.) Beauv. VII: Temperature and light effects on development and growth. *Annals of the Agricultural Collage of Sweden* 35: 953–987.
- Håkansson, S. & Jonsson, E. 1970. Experiments with *Agropyron repens* (L.) Beauv. VIII: Responses of the plant to TCA and low moisture contents in the soil. *Annals of the Agricultural Collage of Sweden* 36: 135–151.
- Håkansson, I., Stenberg, M. & Rydberg, T. 1998. Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in Sweden. *Soil and Tillage Research* 46: 209–223.
- Håkansson, S. 2003. *Weeds and Weed Management on Arable Land: An Ecological Approach*. CABI Publishing: Wallingford, UK. 288 s.
- Hämet-Ahti, L., Suominen, J., Ulvinen, T. & Uotila, P. 1998. *Retkeilykasvio (Field Flora of Finland)*. 4. Painos. Luonnontieteellinen keskusmuseo, Kasvimuseo. Helsinki. 656 s.
- IARC 2015. IRAC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; volume 112. Some organophosphate insecticides and herbicides: tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon and glyphosate. <https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/MonographVolume112-1.pdf> International Agency for Research on Cancer. World Health Organization. Viitattu 13.5.2024.
- Jacobsson, J. 2006. Kvickrotsbekämpning genom uttorkning och köldpåverkan efter jordbearbetning. Hushållningsällskapet Väst: Vänersborg, Ruotsi. 50 s.

- Kauppi, K., Kaseva, J., Jalli, M., Palojärvi, A. & Alakukku, L. 2024. Long-term nitrogen and phosphorus balances for spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivation as affected by primary tillage of a Nordic clay soil. *European Journal of Agronomy*, Volume 155. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127131>.
- Kivlin, R.T. & Doll, J.D. 1988. Quackgrass (*Agropyron repens*) control with SC-0224 and glyphosate. *Weed Technology* 2: 147–152.
- Kolberg, D., Brandsæter, L.O., Bergkvist, G., Solhaug, K.A., Melander, B. & Ringselle, B. 2018. Effect of rhizome fragmentation, clover competition, shoot-cutting frequency, and cutting height on quackgrass (*Elymus repens*). *Weed Science* 66: 215–225.
- Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2023/2660, annettu 28 päivänä marraskuuta 2023, tehoai-
neen glyfosaatti hyväksynnän uusimisesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen
(EY) N:o 1107/2009 mukaisesti ja komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) N:o 540/2011
muuttamisesta (OJ L, 2023/2660, 29.11.2023, ELI: [http://data.eu-
ropa.eu/eli/reg_impl/2023/2660/oj](http://data.eu-ropa.eu/eli/reg_impl/2023/2660/oj)) Viitattu 13.5.2024.
- Lampinen, R. & Lahti, T. 2021. Kasviatlas 2020. *Elytrigia repens* – niittyjuola. Helsingin Yliopisto,
Luonnontieteellinen keskusmuseo, Helsinki. Levinneisyyskartat osoitteessa [https://kasvi-
atlas.fi](https://kasvi-atlas.fi).
- Lehti, J. 2022. Juolavehnan hallinta eri muokkausmenetelmillä kevätiljan viljelyssä. Maisterintut-
kielma, Helsingin yliopisto. 41 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-202205101848>.
- Lemieux, C., Cloutier, D.C. & Leroux, G.D. 1993. Distribution and survival of quackgrass (*Elytrigia re-
pens*) rhizome buds. *Weed Science* 41: 600–606.
- Lötjönen, T. 2014. Kestorikkakasvien torjunta – kokemuksia tiloilta ja koetoiminnasta. [https://ju-
kuri.luke.fi/handle/10024/484277](https://ju-kuri.luke.fi/handle/10024/484277) Maa- ja elintarviketalouden tutkimuslaitos.
- Lötjönen, T. & Salonen, J. 2016. Intensifying bare fallow strategies to control *Elymus repens* in or-
ganic soils. *Agricultural and Food Science* 25: 153–163.
- Majek, B.A., Erickson, C. & Duke, W.B. 1984. Tillage effects and environmental influences in quack-
grass (*Agropyron repens*) rhizome growth. *Weed Science* 32: 376–381.
- Melander, B. 1993. Modelling the effects of *Elymus repens* (L.) Gould competition on yield of cere-
als, peas and oilseed rape. *Weed Research* 33: 99–108.
- Melander, B. 1995. Pre-harvest assessments of *Elymus repens* (L.) Gould interference in five arable
crops. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 45: 188–196.
- Melander, B., Rasmussen, I.A. & Bertelsen, I. 2005. Integration of *Elymus repens* control and post-
harvest catch crop growing in organic cropping systems. *Proceedings, 13th European Weed
Research Society Symposium, Bari, Italy, 19–23 June 2005*. 347–348.
<https://ewrs.org/en/Members-area/Downloads/Symposium-Proceedings>.
- Melander, B., Rasmussen, I.A. & Olesen, J.E. 2016. Incompatibility between fertility building
measures and the management of perennial weeds in organic cropping systems. *Agriculture,
Ecosystems & Environment* 220: 184–192.

- Mercer, K.L., Jordan, N.R. & Shaw, R. 2002. Multivariate differentiation of quackgrass (*Elytrigia repens*) from three farming systems. *Weed Science* 50: 677–685.
- Neuteboom, J.H. 1975. Variability of *Elytrigia repens* (L.) Desv. (syn. *Agropyron repens* (L.) P.B.) on Dutch agricultural soils. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen* 75: 1–29.
- Neuteboom, J.H. 1980. Variability of couch (*Elytrigia repens* (L.) Desv.) in grasslands and arable fields in two localities in the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica* 29: 407–417.
- Neve, P., Matzrafi, M., Ulber, L., Baraibar, B., Beffa, R., Belvaux, X., Torra, J., Mennan, H., Ringselle, B., Salonen, J., Soukup, J., Andert, S. Dücker, R., Gonzalez, E., & Hamouzova, K., Karpinski, I., Travlos, I., Vidotto, F., Kudsk, P. & Mommaertslaan, J. 2024. Current and future glyphosate use in European agriculture. *Weed Research* 64. DOI: 10.1111/wre.12624.
- O'Donovan, J.T. 1991. Quackgrass (*Elytrigia repens*) interference in canola (*Brassica campestris*). *Weed Science* 39: 397–401.
- Palmer, J. 1958. Studies in the behavior of the rhizome of *Agropyron repens* (L.) Beauv. I. The seasonal development and growth of the parent plant and rhizome. *New Phytologist* 57: 145–159.
- Palmer, J.H. & Sagar, G.R. 1963. *Agropyron repens* (L.) Beauv. (*Triticum repens* L.; *Elytrigia repens* (L.) Nevski). *Journal of Ecology* 51: 783–794.
- Peltonen, M. & Vanhala, A. 1992. Maatalouden työnormit. Kasvintuotannon yleiset työt. Työteho-seuran maataloustiedote 421. Helsinki: Työteho-seura. 8 s.
- Peltonen, S. (toim.) 2023. Peltokasvien Kasvinsuojelu 2023. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja 1175. Grano Oy, Vaasa. 81 s.
- Peltonen, S. (toim.) 2024. Peltokasvien Kasvinsuojelu 2024. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja 1178. Grano Oy, Vaasa. 81 s.
- ProAgria Keskusten Liitto 2023. Kasvitalouslaskelmien hinnoitteluohe vuodelle 2023.
- Raleigh, S.M., Flanagan, T.R. & Veatch, C. 1962. Life history studies as related to weed control in the Northeast. 4 – Quackgrass. Rhode Island. Agricultural Experiment Station. Bulletin 365. 10 s.
- Reid, T.A., Navabi, A., Cahill, J.C., Salmon, D. & Spaner, D. 2009. A genetic analysis of weed competitive ability in spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 89: 591–599.
- Ringselle, B. 2015. Resource efficient control of *Elymus repens*. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 36. 35 s.
https://pub.epsilon.slu.se/12150/1/ringselle_b_150427.pdf
- Ringselle, B., Bergkvist, G., Aronsson, H. & Andersson, L. 2015. Under-sown cover crops and post-harvest mowing as measures to control *Elymus repens*. *Weed Research* 55: 309–319.
- Ringselle, B., Bergkvist, G., Aronsson, H. & Andersson, L. 2016. Importance of timing and repetition of stubble cultivation for post-harvest control of *Elymus repens*. *Weed Research* 56: 41–46.

- Ringselle, B., Pierto-Ruiz, I., Andersson, L., Aronsson, H. & Bergkvist, G. 2017. *Elymus repens* biomass allocation and acquisition as affected by light and nutrient supply and companion crop competition. *Annals of Botany* 119: 477–485.
- Ringselle, B., De Cauwer, B., Salonen, J. & Soukup, J. 2020. A review of non-chemical management of couch grass (*Elymus repens*). *Agronomy* 10: 1178.
- Ringselle, B., Oliver, B.O., Berge, T.W., Fløistad, I.S., Berge, L. & Brandsæter, L.O. 2021. Dry weight minimum in the underground storage and proliferation organs of six creeping perennial weeds. *Weed Research* 61: 231–241.
- Saari, A. 2023. KvickFinn juolannostin juolavehnän torjunnassa. AMK-opinnäytetyö, Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. 33 s. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023110228464>.
- Salonen, J. 1992. Propagation, impact and management of *Elymus repens* in continuous cereal cultivation. Teoksessa: Richardson, R.G. (toim.). Proceedings of the First International Weed Control Congress. Submitted papers and posters summaries 2. Melbourne, Australia: Weed Science Society of Victoria Inc. 502 s.
- Salonen, J., Hyvönen, T. & Jalli, H. 2011. Composition of weed flora in spring cereals in Finland – a fourth survey. *Agricultural and Food Science* 20: 245–261.
- Salonen, J., Lötjönen, T. & Ruuttunen, P. 2022. Juolavehänä hallintaan mekaanisin menetelmin. Luke Tietokortti. Luonnonvarakeskus. 5 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202301092077>.
- Salonen, J., Jalli, H., Muotila, A., Niemi, M., Ojanen, H., Ruuttunen, P. & Hyvönen, T. 2023. Fifth survey on weed flora in spring cereals in Finland. *Agricultural and Food Science*, 32(2): 51–68. <https://doi.org/10.23986/afsci.130009>
- Sheppard, B.W., Richards, M.C. & Pascal, J.A. 1984. Agronomic effects from the control of *Agropyron repens* in barley by pre-harvest application of glyphosate. *Weed Research* 2: 9–16.
- Szczepaniak, M., Bieniek, W., Boroń, P., Szklarczyk, M. & Mizianty, M. 2009. A contribution to characterisation of genetic variation in some natural Polish populations of *Elymus repens* (L.) Gould and *Elymus hipsidus* (Opiz) Melderis (Poaceae) as revealed by RAPD markers. *Plant Biology* 11: 766–773.
- Thomsen, M.G., Mangerud, K., Riley, H. & Brandsæter, L.O. 2015. Method, timing and duration of bare fallow for the control of *Cirsium arvense* and other creeping perennials. *Crop Protection* 77: 31–37.
- Tørresen, K.S., Fykse, H. & Rafoss, T. 2010. Autumn growth of *Elytrigia repens*, *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis* at high latitudes in an outdoor pot experiment. *Weed Research* 50: 353–363.
- TUKES 2024 a. Kasvinsuojeluaineiden myyntimäärät. <https://tukes.fi/kemikaalit/kasvinsuojeluaineet/myyntitilastot>. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Viitattu 13.5.2024.
- TUKES 2024 b. Glyfosaatti hyväksytään uudelleen kymmeneksi vuodeksi. <https://tukes.fi/-/glyfosaatti-hyvaksytaan-uedelleen-kymmeneksi-vuodeksi>. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Viitattu 13.5.2024.

- Vengris, J. 1962. The effect of rhizome length and depth of planting on the mechanical and chemical control of quackgrass. *Weeds* 10: 71–74.
- Wedin, D.A. & Tilman, D. 1990. Influence of nitrogen loading and species composition on the carbon balance of grasslands. *Science* 250: 1720–1723.
- Werner, P.A. & Rioux, R. 1977. The biology of Canadian weeds. 24. *Agropyron repens* (L.) Beauv. *Canadian Journal of Plant Science* 57: 905–919.
- Williams, E.D. & Attwood, P.J. 1971. Seed production of *Agropyron repens* (L.) Beauv. in arable crops in England and Wales in 1969. *Weed Research* 11: 22–30.
- Williams, E.D. 1978. Germination and longevity of seed of *Agropyron repens* L. Beauv. and *Agrostis gigantea* Roth. in soil in relation to different cultivation regimes. *Weed Research* 18: 129–138.
- Zou, L. 2015. Crop Rotation as a Tool Towards Sustainable Barley Cropping. Academic Dissertation University of Helsinki 26/2015. 47 s.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

