



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Marianne Nordman

Typpilannoituksen määrän ja ajankohdan vaikutus rypsin siemenen öljypitoisuuteen

Opinnäytetyö
Kevät 2025
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Tekijä: Marianne Nordman

Työn nimi: Typpilannoituksen määrän ja ajankohdan vaikutus rypsin siemenen öljypitoisuuteen

Ohjaaja: Anna Tall

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 39

Liitteiden lukumäärä: 2

Rypsinviljelyn pinta-alat ovat Suomessa vaihdelleet vuosittain, ja vuosien 2022–2024 hehtaarisato on ollut keskimäärin 1250 kg/ha. Rypsinsiemenistä voidaan erilaisin menetelmin puristaa öljyä elintarvikkeeksi ja eläinten rehuksi. Puristusprosessin sivutuotteena syntyy rypsipuristetta, jota voidaan käyttää eläinten valkuaistäydentäjänä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia typpilannoituksen määrän ja levitysaikakohdan vaikutusta rypsin siemenen öljypitoisuuteen. Viljelykoe toteutettiin tilakokeena Etelä-Pohjanmaalla Lapualla kasvukaudella 2024 osana Rypsin ja rypsin viljelyvarmuuden ja -määrän lisääminen (VARPSI) -hanketta sekä yhteistyössä Boreal kasvinjalostus Oy:n, Yaran, Alavuden Öljynpuristamon ja Apetit -yritysten kanssa.

Viljelykokeessa oli kuusi koejäsentä ja viisi kerrannetta. Koejäsenet peruslannoitettiin kylvön yhteydessä ja lisäksi kolmelle koejäsenelle annettiin lisälannoitus kasvukauden aikana. Koejäsenistä yksi oli lannoittamaton ja tätä käytettiin vertailukohteena. Kasvukaudella kasvustoa seurattiin aistinvaraisesti sekä kuvaamalla. Koejäsenien sadot puitiin koeruutupuimurilla ja sato punnittiin ja niistä analysoitiin öljypitoisuus, valkuaispitoisuus, kosteus, vapaat rasvahapot (FFA) ja rikkakasvit.

Korkein öljypitoisuus saatiin jaetulla lannoituksella; kylvön yhteydessä 80 kg:lla typpeä ja lisälannoituksena kukinnan lopulla 30 kg:lla typpeä, ja öljysato tällaisella lisälannoitustavalla oli kolmanneksi korkein. Korkein öljysato tutkimuksessa saatiin tekemällä kertalannoitus kylvön yhteydessä 110 kg:lla typpeä. Tutkimus tehtiin yhtenä kasvukautena ja tulosten vertailtavuuden vuoksi viljelykoe tulisi toistaa useampana kasvukautena.

¹ Asiasanat: rypsi, typpilannoitus, viljelykoe, öljypitoisuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Natural Resources, Agriculture and Rural Enterprises

Author: Marianne Nordman

Title of thesis: The effect of nitrogen fertilization rate and timing on the oil content of rapeseed

Supervisor Anna Tall

Year: 2024

Number of pages: 39

Number of appendices: 2

The area under rapeseed in Finland has varied from year to year, but the average yield per hectare for 2022-2024 has been 1250kg/ha. Oil can be extracted from rapeseed for food and animal feed by various methods. A by-product of the crushing process is rapeseed pulp, which can be used as a protein concentrate for animals.

The aim of this thesis was to investigate the effect of nitrogen fertilisation rate and application timing on the oil content of rapeseed. The field trial was carried out as a farm trial in Lapua, South Ostrobothnia, in the growing season 2024 and was part of the project Increasing Rape and Rapeseed Variety and Volume Improvement (VARPSI) and in cooperation with Boreal Plant Breeding Ltd, Yara, Alavuden Öljynpuristamo and Apetit.

The field trial consisted of six subjects and five replicates. The experimental members received basic fertilization at sowing and three additional fertilizations during the growing season. One of the experimental members was not fertilized and was used as a control. During the growing season, vegetation monitoring was carried out by sensory and photographic observation. Harvests of the experimental members were harvested with a test-tree thresher and weighed and analysed for oil content, protein content, moisture, free fatty acids (FFA) and weeds.

The highest oil content was obtained with split fertilization; 80 kg of nitrogen at sowing and 30 kg of nitrogen as a top-up at the end of flowering, with the third highest oil yield with this type of top-up. The highest oil yield in the study was obtained with a single application of 110 kg nitrogen at sowing. The study was carried out in one growing season and to ensure comparability of results, the trial should be repeated in several growing seasons.

¹ Keywords: turnip rape, nitrogen fertilization, cultivation experiment, oil content

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkuuettelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 RYPSI	9
3 RYPSIN SIEMENEN ÖLJYPITOISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT ...	13
3.1 Ravinteiden merkitys	13
3.2 Kasvitautilien merkitys	14
3.3 Rikkakasvien ja tuholaisten merkitys.....	15
4 VILJELYKOE.....	17
5 KASVUKAUDEN HAVAINNOT.....	19
6 KASVUKAUDEN SÄÄ	27
7 TULOKSET	28
7.1 Korrenpituus.....	28
7.2 Sato ja tuhannen siemenen paino (TSP).....	29
7.3 Öljypitoisuus ja -sato	31
7.4 Öljy- ja valkuaispitoisuus	33
7.5 Vapaiden rasvahappojen pitoisuus.....	34
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	35
LÄHTEET	37
LIITTEET	39

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Rypsin kasvuasteet BBCH (Parhaan sadon puolesta, 2023, s.13).	9
Kuva 2. Viljelykokeen koejäsenet ja kerranteiden sijainti pellolla (Marianne Nordman, 2024).....	18
Kuva 3. Sirkkataimet kasvuasteella 10 (BBCH) (Marianne Nordman, 25.5.2024).	20
Kuva 4. Rypsin kasvusto kasvuasteella 12 (BBCH) (Marianne Nordman, 1.6.2024).	21
Kuva 5. Lisälannoitusten levittäminen kasvustolle käsikäyttöisellä kylvölannoittimella (Kari Alasaari, 2024).	22
Kuva 6. Koeruutujen kasvustoerot kasvuasteella 30 (BBCH) (Marianne Nordman, 17.6. 2024).....	22
Kuva 7. Viljelykokeen kasvuston ilmakekuva 50 (BBCH) (Anna-Kaisa Salovaara, 26.6.2024).....	23
Kuva 8. Rypsin kukinto kasvuasteella 50 (BBCH) (Marianne Nordman, 26.6.2024).....	24
Kuva 9. Ilmakekuva kasvustosta 50 (BBCH) (Anna-Kaisa Salovaara, 26.6.2024).	24
Kuva 10. Viljelykoeruutu puintihetkellä kasvuasteella 80 (BBCH) (Marianne Nordman, 9.9.2024).....	26
Kuva 11. Koeruutupuimuri (Marianne Nordman, 9.9.2024).....	26
Kuvio 1. Rypsin satotaso kg/ha ja korjuualla 1000ha vuosina 2017–2024 (LUKE).....	10
Kuvio 2. Kasvukauden tapahtumat kylvöstä puintiin kasvukaudella 2024.	19
Kuvio 3. Sademäärä ja kasvukauden kuukausien lämpösumma kertymä.	27
Kuvio 4. Sinuhe ^{BOR} korrenpituus (cm) keskiarvo eri koejäsenillä.	28
Kuvio 5. Sinuhe ^{BOR} sato keskiarvo kg/ha eri koejäsenillä.	29

Kuvio 6. Sinuhe ^{BOR} tuhannen siemenen paino (g) eri koejäsenillä.	30
Kuvio 7. Sinuhe ^{BOR} öljypitoisuus keskiarvo eri koejäsenillä.	31
Kuvio 8. Sinuhe ^{BOR} öljysato keskiarvo kg/ha eri koejäsenillä.	32
Kuvio 9. Sinuhe ^{BOR} öljypitoisuus ja valkuaispitoisuus.	33
Kuvio 10. Sinuhe ^{BOR} vapaiden rasvahappojen pitoisuus.....	34
Taulukko 1. Viljelykokeen koejäsenet.	17

Käytetyt termit ja lyhenteet

Tehoisa lämpösumma	Tehoisan lämpötilan summan yksikkö on vuorokausiaste °C vrk. Summaa kertyy päiviltä, jolloin vuorokauden keskilämpötila on +5 asteen yläpuolella. Summaa lasketaan kasvukauden aikana jokaiselta vuorokaudelta, jonka keskilämpötila on yli +5°C.
Koejäsen	Viljelykokeen kerranteessa on kuusi (6) kappaletta koejäseniä.
VARPSI	Rypsin ja rapsin viljelyvarmuuden ja -määrän lisääminen -hanke
NIR	Near Infrared. Lähi-infrapunaspektroskopia, jonka toiminta perustuu sähkömagneettisen säteilyn imeytymiseen aallonpituuksien 780-2500nm välillä. NIR-menetelmällä tyypillisiä määritettäviä parametreja ovat rasva, kosteus ja proteiini.
FFA	Free Fatty Acids eli vapaat rasvahapot. Siemenestä FFA mitataan uuttamalla öljyä, josta sitten titraamalla määritetään FFA-pitoisuus.
TSP	Tuhannen siemen paino grammoina (g).

1 JOHDANTO

Rypsin viljely on tärkeä osa Suomen maataloutta, ja sen merkitys kasvaa erityisesti kotimaisen valkuaisomavaraisuuden kehittämisessä. Rypsi on erinomainen kasvi lisättäväksi viljelykiertoon tilojen eri lohkoille. Rypsin viljelyssä lannoituspanosten optimointi on keskeinen tekijä sekä taloudellisuuden että ympäristövaikutusten näkökulmasta. Oikein suunnitelluilla ja tehdyillä lannoitusratkaisuilla sääolosuhteet huomioon ottaen on mahdollisuus parantaa satoa ja öljyn laatua samalla, kuin viljelyn kannattavuus säilyy mahdollisimman hyvänä.

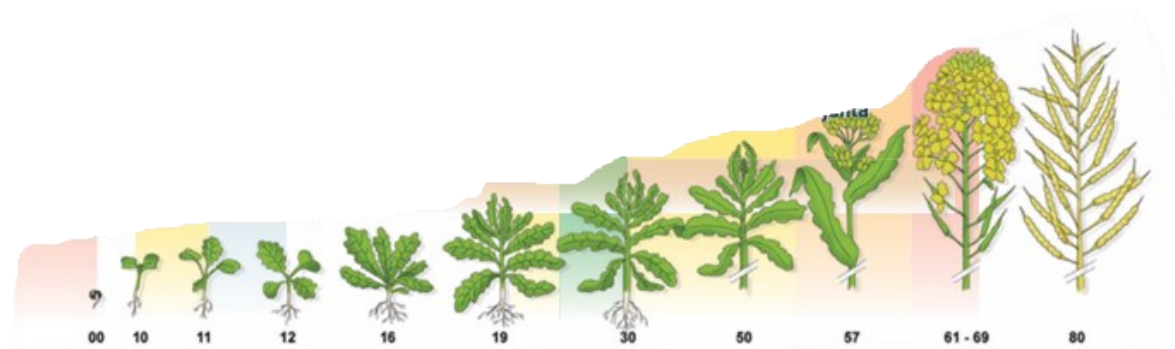
Rypsin jalostuksen sivutuotteena syntyvä rypsipuriste on arvokas valkuais täydentäjä eläinten ruokintaan. Sen korkea valkuaispitoisuus ja hyvä sulavuus tekevät siitä erinomaisen lisän muun muassa lehmien ja lampaiden ruokintaan. Näin ollen rypsin viljely ja sen prosessoinnin sivutuotteiden hyödyntäminen kytkeytyvät sekä taloudellisiin että ympäristöä ja ilmastoa tukeviin tavoitteisiin.

Rypsin viljelyalaa ja satotasojä pyritään nostattamaan rypsin ja rapsin viljelyvarmuuden ja -määrän lisääminen hankkeen (VARPSI) avulla. Pyhäjärvi-instituuttisäätiö on VARPSI-hankkeen hallinnoija sekä päätoteuttaja ja tämä opinnäytetyö tehtiin rypsin ja rapsin viljelyvarmuuden ja -määrän lisääminen hankkeelle, jolla saataisiin edistettyä rypsin viljelyä kotimaassa. Rypsin siemenen öljypitoisuus on merkittävä tekijä öljykasvilajikkeiden jalostajan sekä rypsin siementen ostajatahojen kannalta, jotka prosessoivat rypsin siemenestä rypsiöljyä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä viljelykoe rypsilie ja vertailla eri tyyppilannoitusstrategioiden vaikutusta saatuihin satokiloihin ja öljypitoisuuksiin. Suomessa jaetusta tyyppilannoituksesta on tehty muutamia tutkimuksia öljykasveille. Tämä tutkimus tuo uutta käytännönläheistä tietoa rypsinviljelijöille sekä tällä tutkimuksella on erittäin paljon käytännön merkitystä ja apua viljelijöille, kuten myös rypsin siementen jalostajille. Viljelyn taloudellisuuslaskelmat on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Käytännön viljelyssä taloudellisuus on kuitenkin lopulta se merkittävin tekijä viljelyn kannattavuuteen.

2 RYPSI

Rypsi (*Brassica rapa*) on yksi tärkeimmistä öljykasveista, mitä Suomessa viljellään (Seppänen & Yli-Halla, 2008a, s.75). Rypsin tunnistaa erittäin hyvin kasvin keltaisesta kukinnosta. Rypsi avaa ensimmäiseksi kukintonsa ylimmät kukat, kun taas rapsi aloittaa kukintonsa alimmista. Rypsin kasvuasteiden seurannassa käytetään Zadoksin asteikkoa, josta käytetään lyhennettä BBCH-asteikko (kuva 1). Rypsin viljely onnistuu parhaiten viljelyvyöhykkeillä I-III. Rypsin viljelyyn sopivia maita ovat multavat hietat sekä aitosavimaat ja maan pH:n tulisi olla 6–6,5.



Kuva 1. Rypsin kasvuasteet BBCH (Parhaan sadon puolesta, 2023, s.13).

Rypsi kuuluu ristikukkaisiin kasveihin ja on nauriin alalaji (Ruokatieto, 2022). Sen hedelmiä kutsutaan liduiksi ja niiden sisällä kehittyvät öljypitoiset siemenet. Öljykasveilla kasvu-aika on pidempi kuin viljoilla (Boreal, i.a.-a). Rypsin kasvu-aika on 107–109 vuorokautta riippuen lajikkeesta ja se vaatii tuleentuaakseen noin 1100 asteen lämpösumman. Rypsiä voidaan viljellä kevät- tai syysmuotoisena kasvustona.

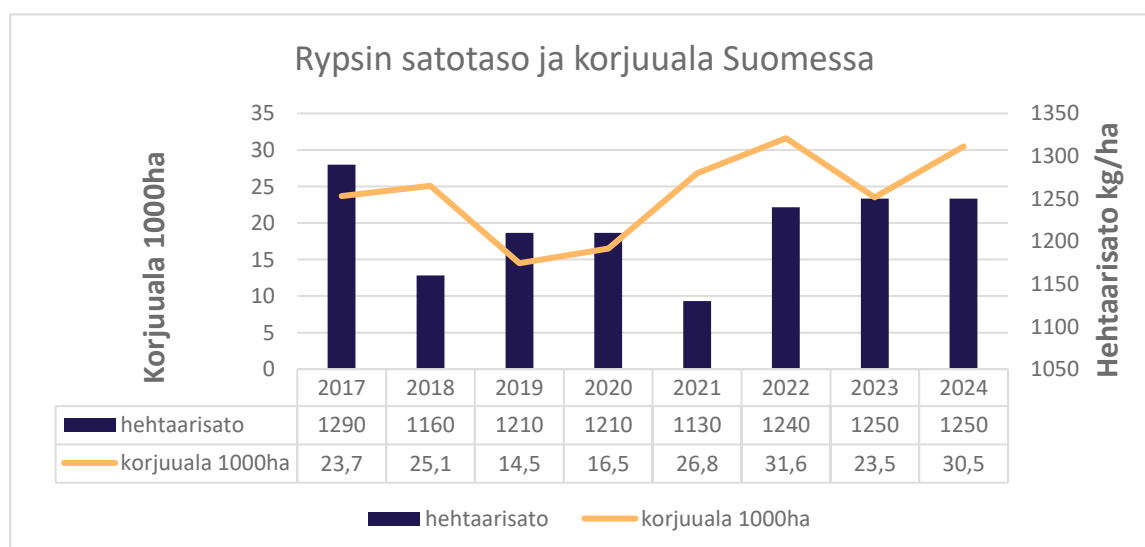
Rypsiä viljellään siemenen korkean valkuais- ja öljypitoisuuden vuoksi (Seppänen & Yli-Halla, 2008b, s.75). Rypsin siemenen öljypitoisuus on noin 40 % sekä valkuaispitoisuus 20–22 % siemenen painosta.

Rypsin siemen sisältää sekä rasvaa, valkuaista että kuitua (Ruokatieto, 2024). Rypsiöljy sisältää 75 % öljyhappoa, ja se on enemmän kuin esimerkiksi sinappiöljyssä tai maapähkinäöljyssä (Shen, 2023). Maanlaajuisesti rypsi tunnetaan arvokkaana ravinteiden lähteenä. Merkittävä etu rypsiöljyssä on, että se sisältää runsaasti tyydyttymättömiä rasvahappoja. Rypsiöljy tunnetaan ruokaöljynä, mutta sille on useita muitakin käyttökohteita.

esimerkiksi yhtenä raaka-aineena lääketeollisuudessa. Rypsin siemenestä saadaan teollisuudessa kylmäpuristusmenetelmällä puristettua rypsiöljyä elintarvikkeeksi, eläinten rehuksi, kemikaaleihin sekä polttoaineeksi (Chew, 2020). Puristusprosessin sivutuotteena syntyy rouhetta sekä puristejätettä ja sitä käytetään kotieläintiloilla eläinten ruokinnassa valkuaistäydentäjänä.

Öljykasveilla on tehty tutkimuksia, joissa eri lajikkeiden siementen öljypitoisuuksia sekä rasvahappokoostumuksia on vertailtu (Sharifi, 2015). Tutkimuksessa oli mukana viljeltyjä rypsi-, rapsi-, kaali- ja sinappikasvilajikkeita. Tutkimus osoitti, että Iranin Lavarkissa vuonna 2012 korjatun syyssadon siemenissä oli korkein öljypitoisuus rapsilajikkeilla verrattuna muihin tutkimuksessa mukana olleisiin kasvilajeihin ja lajikkeisiin. Tutkimuksessa on todettu rasvahappojen koostumuksen perusteella, että rypsilajikkeiden siementen öljy soveltuu parhaiten teolliseen käyttöön sekä ihmisravinnoksi. Rypsilajikkeiden öljy- sekä rasvahappopitoisuudet ovat tärkeä osa jalostuksellisesti.

Suomessa rypsin viljelyala on noin 72 000 ha. Aiempien vuosien kevät- ja syysrypsin sato-tilastot ovat noususuuntaiset (kuvio 1) (Luonnonvarakeskus, Luke, i.a.). Sadot ovat vuosien 2017–2024 vaihdelleet välillä 1130–1290 kg/ha (Luke, 2022.). Rypsin korjuualueella on vuosittaista vaihtelua, mutta korjuualue on kasvanut vuodesta 2019, jolloin se oli alhaisin tarkastelujaksolla.



Kuvio 1. Rypsin satotaso kg/ha ja korjuualue 1000ha vuosina 2017–2024 (LUKE).

Rypsi ja rapsi ovat hyvin samankaltaisia öljykasveja (Ruokatieto, 2022). Viljelykasvina öljykasvit jättävät maahan paljon typpeä, mikä vähentää typpilannoituksen tarvetta seuraavana kasvukautena. Rypsillä kasvina on maaperää parantava vaikutus. Samalla peltolohkolla on mahdollista viljellä rypsiä vain viiden vuoden välein möhöjuuririskin vuoksi (Rastas & Latvala ym, 2012).

Rypsin siementen kasvualustan tulisi olla mahdollisimman tasainen, jotta sadevesi ei jää sinne seisomaan (Tulisalo ym., 1992, s. 6–8). Oikeanlaisen kylvöalustan valmistaminen pienisiemeniselle rypsillemme vaatii tarkkuutta ja taitoa. Varsinainen kylvömuokkaus tehdään matalaan, vain noin 2–4 cm:n syvyyteen. Tarkoitus olisi saada hienojakoisempi maakerros siemenen ympärille, mutta maan pintakerros saisi jäädä karkeammaksi, jotta se ei kuoretuisi. Muokkauksen tärkein tavoite on kosteuden säätö sopivaksi itämistä ja taimettumista varten. Nopea taimettuminen vähentää tuholaisien ja rikkakasvien torjunnan tarvetta.

Rypsin siementen sopivan kylvöajankohdan määräävät maan kosteus sekä lämpötila (Tulisalo ym., 1992, s. 8–11). Rypsi tarvitsee itääkseen +5 C asteen lämpötilan ja vasta +10–15 C asteen lämpötila nopeuttaa ja tasaa siementen itämistä. Jos maa on lämmin, rypsi tulee sirkkataimelle jo 3–5 vuorokaudessa. Kylmässä maassa taimien kasvu samalle kasvuasteelle voi kestää jopa parikin viikkoa.

Kevätrypsin siementen kylvömääräksi suositellaan 200–300 kpl/m². (Vilja-alan yhteistyöryhmä VYR, i.a.-a). Kylvösiemenmäärällä ja kasvutiheydellä on vaikutusta kasvin rakenteeseen. Harvempi kasvutiheys vaikuttaa kasvien haaroittumiseen. Harvempi kasvusto lisää litujen määrää kasviyksilössä sekä harvemmassa kasvustossa varret kasvavat pidemmiksi ja paksummiksi. Tiheämmässä kasvustossa litujen tuotanto tapahtuu päävarressa sekä kasvit tuottavat vähemmän lituja, jos ne ovat haarattomia (Pahkala, ym., 2006.). Tiheämpi kasvusto taas on herkempi menemään lakoon ja on alttiimpi pahkahomeelle. Poutivilla mailla pienestä kasvutiheydestä on hyötyä, koska kasvin juuri pystyy kasvamaan suuremmaksi ja hyödyntämään paremmin suuremman maan vesivaroja (Harmanen, 1955).

Rypsin siementen kosteuden on oltava 20–25 %, jolloin lehtivihreäosuus on riittävän alhainen ajatellen puinnin aloittamista (Franssila, 2001, s.30–31). Leikkuupuinnin kannalta kosteuden on hyvä olla alle 15 %, yleensä leikkuupuinti tehdään siementen kosteuden ollessa 10–12 %. Liduista vihreän värin hävitessä yleensä siementen öljy- ja valkuaispitoisuus on korkeimmillaan. Puintia aloitettaessa rypsikasvuston väri on kauttaaltaan harmaanruskea. Sadosta saatavaan hintaan vaikuttaa lehtivihreäpitoisuus ja erityisesti se vaikuttaa puristettavan öljyn laatuun, minkä vuoksi puinti kannattaa aloittaa vasta kun alle 10 % siemenistä on sisältä vihertäviä. Rypsilajikkeilla tuleentuneet siemenet ovat pääosin punaisenruskean mustia, joillakin lajikkeilla osa siemenistä voi olla päältä kellertäviä. Rypsi kestää syksyllä sateita, mutta kova halla voi keskeyttää normaalin tuleentumisen.

Sadonkorjuun ajankohdalla on iso merkitys, jolloin lituja kannattaa avata ja tarkistaa siementen kehittymisen tilanne (Farmit, 2018). Liian aikainen puinti, jolloin siemenet ovat vielä kypsyttömiä vaikuttaa vapaiden rasvahappojen pitoisuuteen. Myöhäisen puinnin riskinä on siementen uudelleen itäminen ja se voi lisätä FFA-pitoisuutta. Siemenen liian korkea kuivauslämpötila voi nostaa FFA-pitoisuutta, tämän vuoksi on valittava sopiva kuivauslämpötila ja siten vältetään riski siementen vioittumiselle. Siementen asianmukaisella käsittelyllä ja varastoinnilla pystytään vaikuttamaan FFA-pitoisuuteen. Kasvuolosuhteet, kuten sää ja maaperän ominaisuudet vaikuttavat siementen laatuun ja FFA-pitoisuuteen. Eri rypsilajikkeiden välillä on geneettisiä eroja, jotka vaikuttavat öljyn laatuun ja FFA-pitoisuuteen. Rypsin siemenestä voidaan laboratoriossa analysoida vapaat rasvahapot (FFA), ja tulos saadaan uuttamalla rypsin siemenestä öljyä, josta titraamalla määritetään FFA-pitoisuus. Vapaiden rasvahappojen pitoisuuteen vaikuttavat useat tekijät.

3 RYPSIN SIEMENEN ÖLJYPITOISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

3.1 Ravinteiden merkitys

Rypsin kasvun ja sadon määrän kannalta tärkeitä ravinteita ovat typpi (N), fosfori (P), kalium (K), magnesium (Mg) ja rikki (S) (Franssila, 2001, s.17–18). Lannoitusta suunniteltaessa on otettava huomioon pellon viljavuusluvut ja ympäristötuen ehdot.

Rypsin lannoitus tehdään usein kertalannoituksena kylvön yhteydessä (Seppänen, 2008, s.82). Rikin ja boorin tarve on öljykasveilla suurempi kuin viljoilla. Lehtilannoituksella voidaan vielä varmistaa riittävä boorin saanti. 2000 kilon sadossa lannoitussuositus typelle on kivennäismailla 100–120 kg/ha. Fosfori ja kalium lannoituksen määrä perustuu viljavuustutkimukseen. Typpilannoitusta tarvitaan eloperäisillä mailla vähemmän, koska maan orgaanisesta aineksesta vapautuu typpeä kasvin käyttöön. Rypsisadon mukana poistuu 70 kg/ha typpeä sekä fosforia ja kaliumia 15 kg/ha.

Liian suuri typpilannoitus suhteessa muihin ravinteisiin saa aikaan rehevän kasvuston, jonka vuoksi soluseinät jäävät ohuiksi (Kasvinsuojeluseura, 2000, s.10). Kasvusto lakoutuu sekä altistuu taudeille, mikäli soluseinät ovat jääneet ohuiksi. Typpilannoituksella on vaikutus sadon valkuaispitoisuuteen. Rypsi tarvitsee siementaimen ja juurten kehittymiseen fosforia ja fosfori tehostaa muiden ravinteiden käyttöä. Juuriston kehittymisen heikentyminen aiheuttaa myös veden ja ravinteiden oton vähenemistä. Fosforin puute rypsilä heijastuu heikkoon kasvuun ja se versoutuu huonosti ja lehdet ovat punertavia tai likaisen vihreitä. Kaliumin tehtävä on kuljettaa yhteyttämistuotteita. Kaliumin puutteesta rypsi lakastuu, koska sen tarkoituksena on säädellä ilmarakojen toimintaa. Soluseinien heikentymisen on toinen puute, joka aiheuttaa lakoutumisriskiä. Kalium vahvistaa kasvia ja sen puutteessa on kasvi alttiimpi sienten aiheuttamille kasvitaudeille. Vastaavasti kalium lisää kasvin kylmänkestävyyttä. Rikin tarve rypsilä on suuri, koska se vaikuttaa siemenen öljypitoisuuteen. Magnesiumia rypsi tarvitsee yhteyttämiseen ja sen puutteesta yhteyttäminen vähenee. Magnesiumin puute aiheuttaa kasvin lehtivihreän kertymisen tummanvihreiksi nauhoiksi lehtien reunoille. Juurten normaaliin toimintaan rypsi tarvitsee kalsiumia.

Öljykasveista rypsilä ja rapsilla on tutkittu typpilannoituksen vaikuttavan positiivisesti siementuottoon sekä öljysatoon sadossa (Aminpanah, 2013). Rypsilajikkeiden välisiä eroja on saatu selville Iranissa tehdyllä tutkimuksella, jossa typpilannoituksen vaikutusta on koettu viidellä eri typpilannoitusmäärällä. Siementen valkuaispitoisuus nousi tasaisesti typpilannoitussuhteen kanssa.

3.2 Kasvitautilien merkitys

Rypsin viljelyssä merkittävimmät kasvitaudit ovat pahkahome, möhöjuuri ja taimipoltesienet (Franssila, 2001, s. 27–29). Sateisina kesinä rehevillä ja ylitieillä kasvustoilla esiintyy myös harmaahometta sekä pahkahometta. Kasvitauteja voi parhaiten torjua viljelykierrolla, joten öljykasveja olisi hyvä viljellä samalla loholla korkeintaan 4–5 vuoden välein.

Rypsin pahimmaksi taudiksi on osoittautunut pahkahome. Ensioireet ilmenevät kasvustossa 3–4 viikkoa kukinnan jälkeen. Rypsin varsiin, versojen ja lehtien haarakohtiin kehittyy vetisiä laikkuja. Tämän jälkeen sairas kasvinosa muuttuu vaaleaksi ja myöhemmin ruskeaksi. Siementen kehitys luidissa pysähtyy ja kasvin yläosa kuivuu taudin edetessä. Pahkahomeen riskiä voidaan pellolla vähentää kasvinvuorottelulla. Kemiallinen torjunta on tehävä kukinnan alkuvaiheessa ensimmäisten terälehtien pudotessa kasvustoon. Ruiskutuksen tarkoituksena on tehdä terälehdet myrkyllisiksi pahkahomeen sieni-itiöille ja tällöin estää taudin tunkeutuminen kasviin. Terälehdet pudotessaan muodostavat lehtihangan tyveen suojan, minkä alle sieni-itiö voi sopivan kosteissa olosuhteissa kehittyä ja tunkeutua lehtihangasta korren sisään kasvamaan. Korren sisällä kasvaessaan sieni-itiöt heikentävät nestevirtauksia ja sitä kautta vaikuttavat siementen kehittymiseen ja samalla öljypitoisuuteen.

Pahkahomesieni kuuluu Phacidiales-lahkoon ja sienellä on maljamainen itiöemä. Pahkahomesienellä on kotelomaljat, jotka kehittyvät kasvisolukon sisällä. Ympäristön kasvuolosuhteilla on suuri merkitys sienten tehokkaalle leviämiselle (Valkonen ym. 1996, s. 36–37b). Tuuli edesauttaa leviämistä, koska paine, joka syntyy kotelosienten itiöemän sisälle auttaa itiöitä sinkoamaan kauemmas ilmaan. Sadeepisaroiden mukana kulkeutuu kasvien

latvaosiin ilmassa olevia itiöitä. Sadepisarat hajoavat maan pintaan osuessaan pienemmiksi pisaroiksi ja roiskuttavat kasvin pinnalla olevia itiöitä laajemmalle alueelle.

Pahkahome ja möhöjuuri ovat kasvitauteja, joiden aiheuttajana ovat sienet (Valkonen ym, 1996, s. 30–33a). Möhöjuurisieni kuuluu lajina möhösienten luokkaan. Sieni elää kasvin juurissa eikä sillä ole rihmastoa. Möhöjuurisieni muodostaa juuren soluissa ja solukoissa epämuotoisen solumaisen rakenteen. Möhöjuuri on ristikukkaisten juuresten ja kaalilajien maalevintäinen kasvitauti ja tällöin jatkuva rypsinviljely nostaa möhöjuuren infektiokykyä. Maan happamuudella on huomattu olevan vaikutusta möhöjuuren oireiden puhkeamiselle. Möhöjuuren pahimpia tautioireita on havaittu peltolohkoilla, joiden pH alle 6,7. Tautia on myös havaittu neutraaleilla ja emäksisilläkin peltolohkoilla.

Taimipolte on kasvitauti, joka voi aiheuttaa vaurioita sirkkataimen juurelle ja varrelle jo ennen kuin taimet tulevat maan pinnalle (Franssila, 2001, s.27). Kasvinvuorotuksella sekä siementen peittauksella voidaan vähentää taimipoltevaurioita. Kasvit katkeilevat helposti tyvestä sekä taimettuneissa kasveissa sirkkavarsi ja -juuri tummuu.

3.3 Rikkakasvien ja tuholaisten merkitys

Rypsin sadon määrää ja laatua alentavat rikkakasvit, koska ne kilpailevat viljelykasvin kanssa vedestä, valosta, ravinteista ja kasvutilasta (Franssila, 2001, s. 22). Rikkakasvien vaikutuksesta voi aiheutua kasvuston lakoontumista ja epätasaista tuleentumista sekä ne mahdollisesti vaikeuttavat puintia. Rikkakasvit laskevat sadon laatua ja hankaloittavat rypsiöljyn puristusprosessia sekä tuovat sivumakua rypsiöljyyn. Pihatähtimö, pillikkeet, peltomatar sekä jauhosavikka ovat siemenrikkakasveista haitallisimmat. Rikkakasvien torjuntaa on hyvä tehdä suunnitelmallisesti. Rypsin kylväminen lämpimään maahan estää rikkakasvien kasvua, koska lämmin maa edesauttaa rypsin nopeaa taimettumista.

Rypsin pahimpia kasvituholaisia ovat aaltojuovakirppa sekä mutkajuovakirppa, rapsikuoriainen sekä kaalikoi (Seppänen, 2008, s.82–83). Rypsin viljelyssä on seurattava tarkasti kasvuston kehittymistä, jolloin nopealla toiminnalla käyttäen kasvinsuojeluaineita tuholaisten torjunnassa estetään rypsisadon menetystä.

Rypsin taimivaiheessa kirpat syövät pienen sirkkataimen lehtiä ja voivat aiheuttaa tällöin täydellisen rypsisadon menetyksen (Seppänen, 2008, s.82–83). Kylvösiemenen peittauksella ja tekemällä kasvintorjuntaruiskutus on mahdollisuus torjua kirppojen tuhoja. Torjuntaruiskutus on aiheellinen tehdä sirkkataimivaiheessa, jos pellolla havaitaan 1 kirppa/ sirkkataimi. Rypsin nopea taimettuminen heikentää kirppojen tuhoja.

Rapsikuoriainen on parin millimetrin mittainen ja sinisenmusta tuholainen (Seppänen, 2008, s.83). Aikaisin touko-kesäkuun vaihteessa on hyvä aloittaa kasvuston tarkastelu. Rapsikuoriaisten havaitseminen on vaikeampaa ruusukevaiheessa, koska ne piileskelevät lehtien suojissa syöden kehittyviä nuppuja. Torjuntakynnys rapsikuoriaiselle on 1 kpl/kasvi kasvin ollessa ruusuke- ja nuppuvaiheessa. Kukinnan alkuvaiheen lähellä torjunnan kynnysarvo on 2–3 kuoriaista/kasvi.

Kaalikoin toukka saattaa myös aiheuttaa rypsilijelykselle tuhoa (Franssila, 2001, s.26). Kaalikoin toukka on kirkkaanvihreä tai harmahtava tuholainen (Farmit, 2010). Kaalikoin toukat vaurioittavat rypsikasvustoa syömällä lehtiin reikiä. Kaalikoi ei talvehdi Suomessa vaan leviää alkukesästä kaukolevintänä.

4 VILJELYKOE

Viljelykokeen tarkoituksena oli selvittää typpilannoituksen ajankohdan ja määrän vaikutusta rypsin siemenen öljypitosuuteen. Eri typpilannoitusvaihtoehtoja oli kuusi viljelykokeen eri koejäsenille eri kasvukauden ajankohtina (taulukko 1).

Taulukko 1. Viljelykokeen koejäsenet.

Koejäsen	Lannoitus
1	"0" lannoittamaton
2	"ALL IN" 110 kg typpeä kylvön yhteydessä
3	"ALI" 80 kg typpeä kylvön yhteydessä
4	80 kg typpeä kylvön yhteydessä + korrenkasvuvaiheessa 30 kg typpeä
5	80 kg typpeä kylvön yhteydessä + kukinnan lopulla 30 kg typpeä
6	80 kg typpeä kylvön yhteydessä + korrenkasvu vaiheessa 30 kg typpeä + kukinnan lopulla 30 kg typpeä

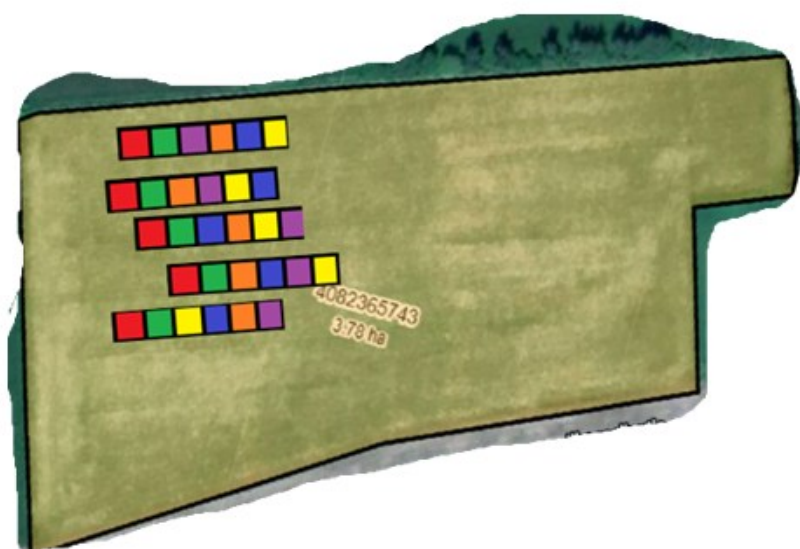
Agronomisesti myöhäisen lannoituksen ajankohdan tarkoituksena oli mallintaa korkean multavuuden takia maasta kesän mittaan vapautuvan typen tilannetta. Viljelykoe tehtiin Lapualla Kari Alasaaren peltolohkolla ja koe oli osana Rypsin ja rapsin viljelyvarmuuden ja -määrän lisääminen hanketta (VARPSI). Viljelykokeessa käytettiin uudehkoa rypsilajiketta Sinuhe^{BOR}.

Sinuhe^{BOR} on synteettinen kevättrypsilajike ja sen kasvu aika on 108 vuorokautta (Boreal, i.a.-b). Sinuhe^{BOR}-lajike sopii parhaiten viljelyyn viljelyvyöhykkeille I-IV ja on virallisten lajikekokeiden jälkeen tullut lajikeluetteloön vuonna 2022.

Peltolohkon maalaji oli runsasmultainen karkea hieta (KHt) ja se lukeutuu karkeat kivennäismaat -maalajiryhmään (Eurofins, 2024). Peltolohkolta otettiin keväällä Eurofinsin ProAgria NIR-maa-analyysi, jonka mukaan maasta vapautuva typpi on hyvin niukka, vain 20 kg/ha. Rypsin esikasvina oli ohra.

Viljelykokeessa rypsin riviväli oli 25 cm ja siinä oli kuusi koejäsentä ja viisi kerrannetta. Koejäsen 1 ja 2 pysyivät samoilla paikoilla jokaisessa kerranteessa, koska se oli kylvön kannalta järkevin toteutustapa. Viljelykoetta ympäröivä peltolohko kylvettiin samalla

kerralla myös rypsilille ja sen vuoksi kylvökoneella ajettiin ensin koejäsen 1, jonka jälkeen koejäsen 2. Koejäsenille 3–6 järjestys oli satunnaistettu (kuva 2). Kaikki koeruudut olivat yhtä suuria jokaisessa kerranteessa; 4 metriä leveitä ja 10 metriä pitkiä. Lisälannoite levitettiin molemmilla lisälannoituskerralla käsikäyttöisellä levittimellä.



- 1. Koejäsen "0" lannoittamaton
- 2. Koejäsen "ALL IN" kylvön yhteydessä 110 kg typpeä
- 3. Koejäsen "ali lannoitettu" 80 kg typpeä kylvön yhteydessä
- 4. Koejäsen 80 kg typpeä kylvön yhteydessä ja lisälannoitus 30 kg typpeä korrenkasvuvaiheessa
- 5. Koejäsen 80 kg typpeä kylvön yhteydessä ja lisälannoitus 30 kg typpeä kukinnan lopulla
- 6. Koejäsen 80 kg typpeä kylvön yhteydessä ja lisälannoitukset 30 kg typpeä korrenkasvuvaiheessa ja 30 kg typpeä kukinnan lopulla

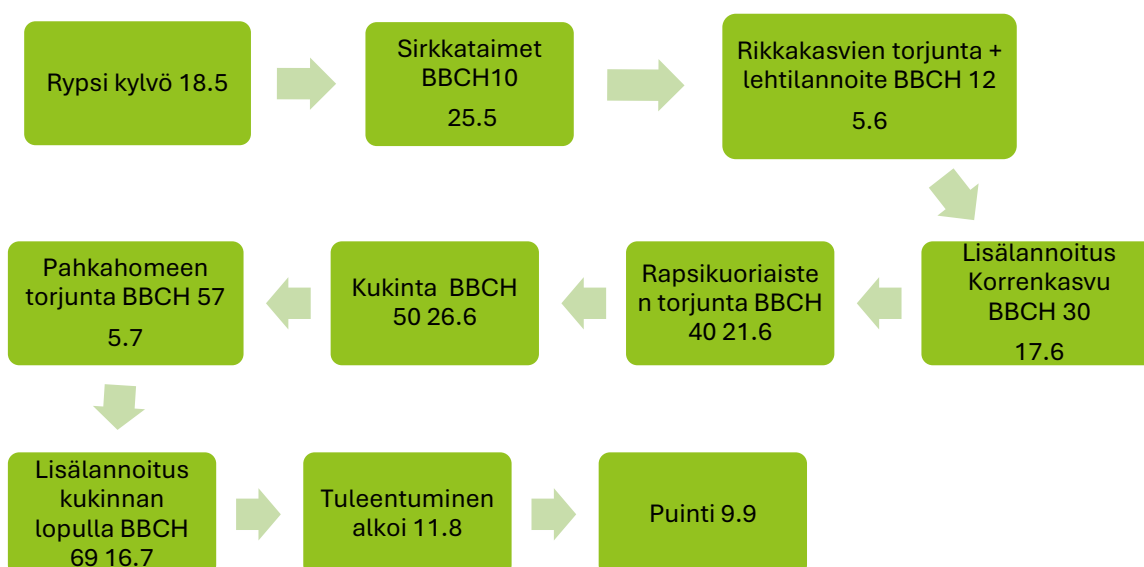
Kuva 2. Viljelykokeen koejäsenet ja kerranteiden sijainti pellolla (Marianne Nordman, 2024).

5 KASVUKAUDEN HAVAINNOT

Edellisenä syksynä 2023 kyseiselle peltolohkolle oli levitetty biotiittiä. Biotiitti on jauhemainen maanparannusaine, joka sisältää hidasliukoista kaliumia (Yara, 2024). Maanparannusaineen levityksen tarkoitus on nostaa maan pH-lukua sekä etenkin lisätä varastokaliumin määrää kyseisellä peltolohkolla.

Keväällä 2024 kylvöpäivän aamuna peltolohkolle tehtiin kylvömuokkaus kahteen kertaan käyttäen traktoria Massey Ferguson 7480 ja Potila Master 700- joustopiikkiästä, jolloin pellon mururakenne saatiin pienemmäksi ja maa toimii hyvänä kasvualustana pienisiemeniselle rypsilille. Myöhäisellä kylvömuokkauksella varmistettiin, että maassa on sopiva kosteus kylvöä ajatellen.

Rypsi kylvettiin 18.5.2024 siemenmäärällä 8 kg/ha. Siemen kylvettiin 2 cm syvyyteen. Kylvön yhteydessä tehtiin jaetun lannoitusstrategian ensimmäinen osa käyttäen lannoitteena Yara Y 1 hiven. Lisälannoitteena oli käytössä Yaran rikkisalpietari. Kasvukauden työt viljelykokeelle on kuvattuna kuviossa 2. Koneina viljelykokeessa käytettiin traktoria Massey Ferguson 4270 vm.1998 ja kylvinkonetta Junkkari Simulta 4000ST vuosimalli 2013.



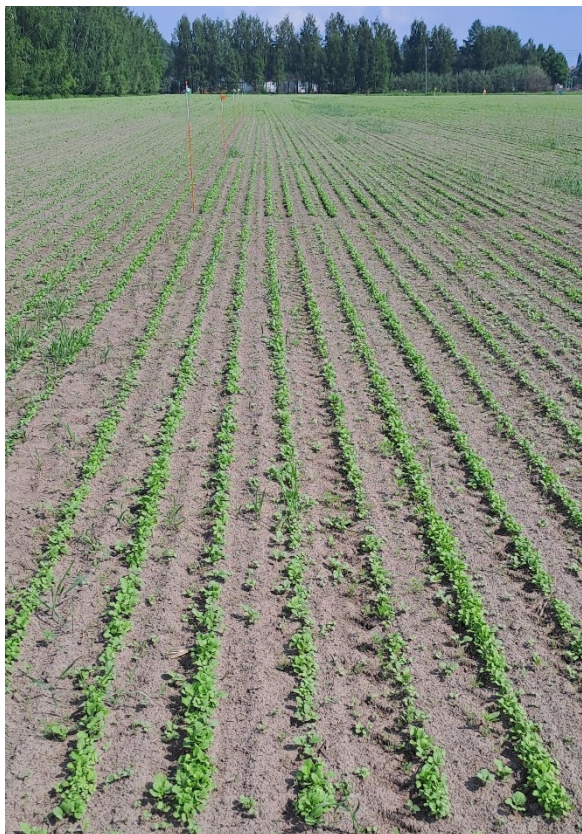
Kuvio 2. Kasvukauden tapahtumat kylvöstä puintiin kasvukaudella 2024.

Viljelykokeen jokaisella koejäsenellä havaittiin itämistä/ sirkkalehdet kasvustokäynnillä 25.5.2024, jolloin oli kulunut seitsemän vuorokautta kylvöstä (kuva 3).



Kuva 3. Sirkkataimet kasvuasteella 10 (BBCH) (Marianne Nordman, 25.5.2024).

Kasvuston itäminen oli tasaista ja suuria kasvustoeroja ei havaittu lannoittamattoman ja lannoitettujen ruutujen välillä (kuva 4). Kasvustot olivat koeruuduilla tasaisen vihreitä, eikä kirppoja havaittu millään koeruudulla. Kasvuston itämisolosuhteet olivat hyvät, eli lämpöä sekä kosteutta oli ollut riittävästi.



Kuva 4. Rypsin kasvusto kasvuasteella 12 (BBCH) (Marianne Nordman, 1.6.2024).

Ennen rikkakasvien torjuntaa 5.6.2024 koeruuduilla kasvuston kehitys oli tasaista ja ensimmäiset kasvulehdet olivat kasvaneet sekä toisten kasvulehtien kehittyminen oli alussa. Samaan aikaan havaittiin muutamia kirppoja, mutta ne eivät saa merkittäviä tuhoja aikaan enää tässä vaiheessa kasvuston kasvua. Viljelykokeen koeruuduilla rikkakasvit ruiskutettiin Galera-valmisteella kasvuston ollessa kasvuasteella BBCH 12. Samassa yhteydessä rikkakasvitorjunta-aineen kanssa kaikki ruudut saivat myös Yaran Mantrak mangaanipitoisen lehtilannoitteen 1,3 l/ha.

Lisälannoite levitettiin koejäsenille 4 ja 6 käsikäyttöisellä kylvölannoittimella käyttäen Yaran rikkisalpietarilla 17.6.2024 rypsin ollessa kasvuasteella 30 (kuva 5). Samaan aikaan kasvustossa oli havaittavissa lannoittamattomat koejäsenet heikompana sekä kellertävänä kasvustona. Koko lannoitusmäärän kerralla saaneet koejäsenet "ALL IN" olivat selvästi tummempana kasvustona (kuva 6). Kasvustoissa oli sivuhaaroja tasaisesti jokaisen kerranteen koejäsenellä lukuun ottamatta lannoittamattomia, joilla sivuversonta oli heikompa.



Kuva 5. Lisälannoitusten levittäminen kasvustolle käsikäyttöisellä kylvölannoittimella (Kari Alasaari, 2024).



Kuva 6. Koeruutujen kasvustoerot kasvuasteella 30 (BBCH) (Marianne Nordman, 17.6.2024).

Kasvustossa oli havaittavissa kukkanuppuja kasvustokäynnillä 20.6.2024 kaikilla koejäsenillä ja rapsikuoriaisia oli muutamia. Rapsikuoriaisten torjuntakynnys ylittyi ja kaikille ruuduille tehtiin Mavrik-valmisteella rapsikuoriaisten torjunta rypsin ollessa kasvuasteella 40 21.6.2024.

Kasvustokäynnillä 26.6.2024 kasvuston kukinta oli alkamassa (BBCH 50) tasaisesti jokaisella koejäsenellä. Lannoittamattomien koejäsenten kasvustot erottuivat selkeästi lyhyempänä korrenkasvuna, ja kasvusto oli vaaleampaa muihin koejäseniin verrattuna. Ilmakuva erottuu selkeästi vaaleampana kasvustona lannoittamattomat koejäsenet (kuva 7). Kasvuston korsien pituuksissa oli vaihtelua eri koejäsenten välillä (kuva 8 ja kuva 9). Koejäsenellä 6 kukinta-aika kesti 20 vuorokautta ja toisten koejäsenten kukinta-aika kesti 15 vuorokautta.



Kuva 7. Viljelykokeen kasvuston ilmakekuva 50 (BBCH) (Anna-Kaisa Salovaara, 26.6.2024).



Kuva 8. Rypsin kukinto kasvuasteella 50 (BBCH) (Marianne Nordman, 26.6.2024).



Kuva 9. Ilmakuva kasvustosta 50 (BBCH) (Anna-Kaisa Salovaara, 26.6.2024).

Toinen lisälannoitus tehtiin 16.7.2024 koejäsenelle 5 ja 6 kukinnan lopulla. Lisälannoite levitettiin käsikäyttöisellä kylvölannoittimella. Lisälannoitteena käytettiin Yaran rikkisalpietari-lannoitetta. Lituja oli kehittynyt hyvin kaikkiin kasviyksilöihin ja kukinta oli loppumassa.

Kasvustot olivat korkeita jokaisella koeruudulla lukuun ottamatta lannoittamattomia koejäseniä.

Kasvustojen korrenpituus mitattiin 30.7.2024 kukinnan jälkeen jokaisesta koejäsenestä sekä kerranteista. Mittauksissa jokaiselta koejäseneltä ja kaikista kerranteista mitattiin korrenpituus kolmelta keskimääräistä korkeutta edustavalta kasviyksilöltä ja niistä laskettiin keskiarvo.

Tuleentuminen oli tasaista jokaisella koeruudulla. Lannoittamattomien koejäsenten ruutujen kasvustot tuleentuivat 5–7 vrk ennen lannoitettujen koejäsenten kasvustoja. Koeruudut, jotka olivat saaneet lisälannoitukset sekä korrenkasvuvaiheessa että kukinnan lopulla, tuleentuivat viimeisinä ja niillä ruuduilla havaittiin jälkiversontaa eniten.

Puintia edeltävällä viikolla satoi runsaasti ja oli voimakkaita tuulimyrskyjä. Kasvusto pysyi kuitenkin hyvin pystyssä ja lakoa kasvustossa oli todella vähän (kuva 10). Koeruudut puitiin 9.9.2024 päivällä yökosteuden väistyttyä. Puinnissa jokainen koeruutu puitiin erikseen, minkä jälkeen puimurin leikkuupöytä puhdistettiin puhtaaksi ennen seuraavaa koeruutua. Viljelykokeen jokaisen koeruudun alasta rajattiin 0,5 m pituudesta pois molemmista päistä tasaisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Viljelykokeessa koeruutujen välillä pidettiin kasvukauden ajan pieni käytävä, jolloin havaintojen teko ja lisälannoitus oli helpompaa. Puinti leveys oli koeruutupuimurin leveys eli 1,5 m ja koko ruudun puintipituudeksi jäi 9 m. Puintava ruudun pinta-ala oli 13,5 m². Viljelykoe puitiin Wintersteiger koeruutupuimurilla (kuva 11).



Kuva 10. Viljelykoeruutu puintihetkellä kasvuasteella 80 (BBCH) (Marianne Nordman, 9.9.2024).



Kuva 11. Koeruutupuimuri (Marianne Nordman, 9.9.2024).

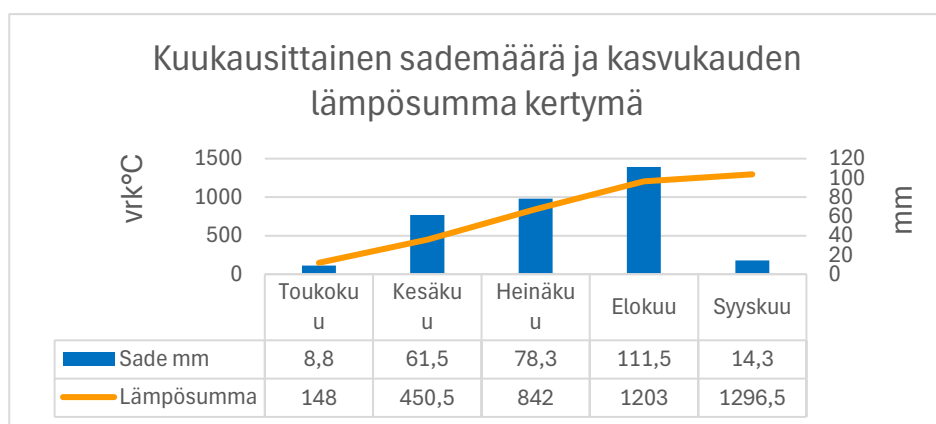
6 KASVUKAUDEN SÄÄ

Kasvukauden lämpötilaa sekä sademäärää seurattiin viljelykoetta lähimpänä olevasta sääasemasta, joka sijaitsee 2 km päässä koeruuduista. Sääasemana käytössä oli Davis Vantage pro, vuosimalli. 2010.

Ennen kylvöpäivää 18.5.2024 päivän ylin lämpötila oli jo yli +10 astetta, jolloin maa oli hyvin lämmennyt. Kylvöpäivän jälkeen oli aurinkoisia ja lämpöisiä päiviä, mikä edesauttoi taimien nopeaa kasvuun lähtöä ja vähensi tuholaispainetta. Toukokuun lopussa sade jakautui kolmelle päivälle ja sadetta kertyi yhteensä 8,8 mm. Rypsien kasvun kannalta sade tuli oikeaan aikaan ja maassa oleva kosteus riitti hyvin taimettumisvaiheeseen saakka.

Kylvöstä toukokuun loppuun lämpösummaa kertyi 148 astetta (kuvio 3). Kesäkuu oli kohtalaisen sateinen, peräti 19 sadepäivää. Kesäkuun loppuun mennessä oli lämpösummaa kertynyt 450,5 astetta. Heinäkuun vuorokausien keskilämpötila oli 17,6 astetta ja sadestummaa kertyi 78,3 mm. Lisälannoitusten jälkeen seuraavina päivinä satoi vettä, mikä edesauttoi kasvin ravinteiden saantia. Elokuussa sateet painottuivat kuun loppuun, jolloin sateet tulivat kovan tuulen saattamana ja yhden päivän sademäärä oli 36,6 mm. Lämpösummaa oli kertynyt elokuun loppuun mennessä 1203 astetta. Syyskuun alku puintiin saakka oli lämmin ja sadettakin kertyi vain 14,3 mm.

Rypsikasvustot puitiin koeruutupuimurilla 9.9.2024, jolloin kasvupäiviä kertyi kylvöstä puintiin 114 kasvuvuorokautta sekä lämpösummaa 1296,5 vrk°C ja sadesummaksi tästä ajanjaksosta saatiin 274,4 mm



Kuvio 3. Sademäärä ja kasvukauden kuukausien lämpösumma kertymä.

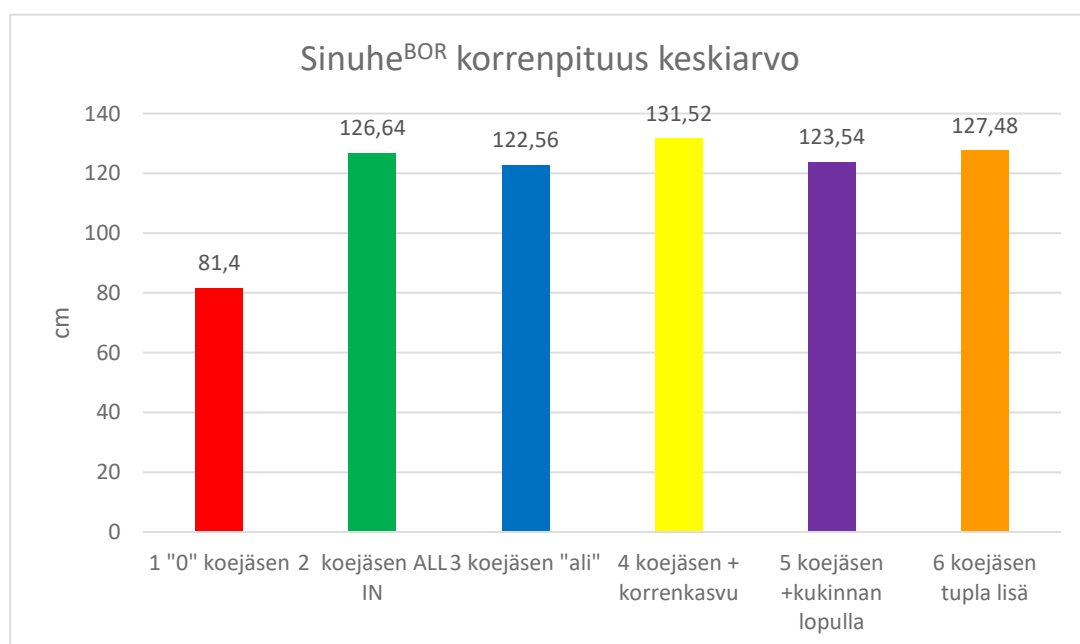
7 TULOKSET

Tässä opinnäytetyössä keskitytään vertailemaan rypsin eri lannoitusstrategioiden vaikutusta saatuihin satokiloihin ja öljypitoisuuksiin. Viljelyn taloudellisuus on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Käytännön viljelyssä taloudellisuus on merkittävässä osassa viljelijän suunnittelemaa työtä, joka voi vaikuttaa lannoituspanosten käyttämiseen. Tuloksissa on laskettu yksittäisen koejäsenen sato sekä jokaisesta kerranteesta keskiarvo. Tulosten tarkasteluun on otettu keskiarvot tuloksista ja koeruutujen sadot ovat muutettu vastaamaan satoa kg/ha, jolloin vertailtavuus muihin tuloksiin on helpompaa.

Rypsin siemeniä analysoitaessa hyödynnettiin Near infrared (NIR) laitetta Perten DA 7250 (Measurlabs, i.a.). NIR-laite on lähi-infrapunaspektroskopia, jonka toiminta perustuu sähkömagneettiseen säteilyn imeyttämiseen eri aallonpituuksien välillä.

7.1 Korrenpituus

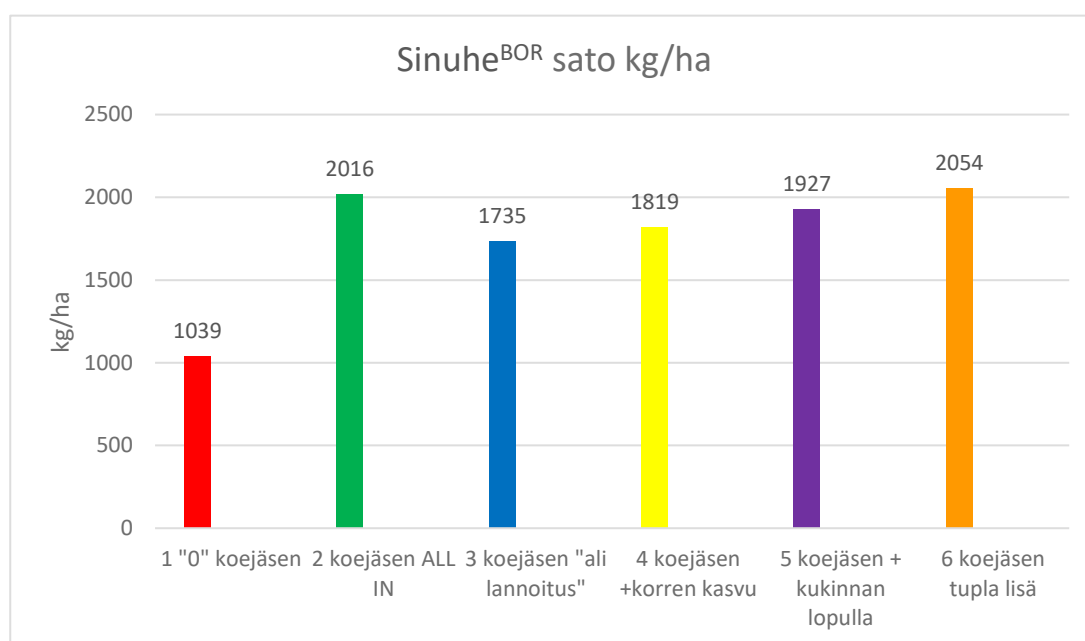
Koejäsen 1 (lannoittamaton) korrenpituus jäi selvästi muita lyhyemmäksi sekä kasvusto oli vaaleampi koko kasvukauden ajan (kuvio 4). Korrenpituus mitattiin 30.7.2024, jolloin mitattiin 3 mittausta/kerranne ja näistä laskettiin keskiarvo. Koejäsenten yksittäiset mittaustulokset korrenpituuksista ovat liitteessä 1.



Kuvio 4. Sinuhe^{BOR} korrenpituus (cm) keskiarvo eri koejäsenillä.

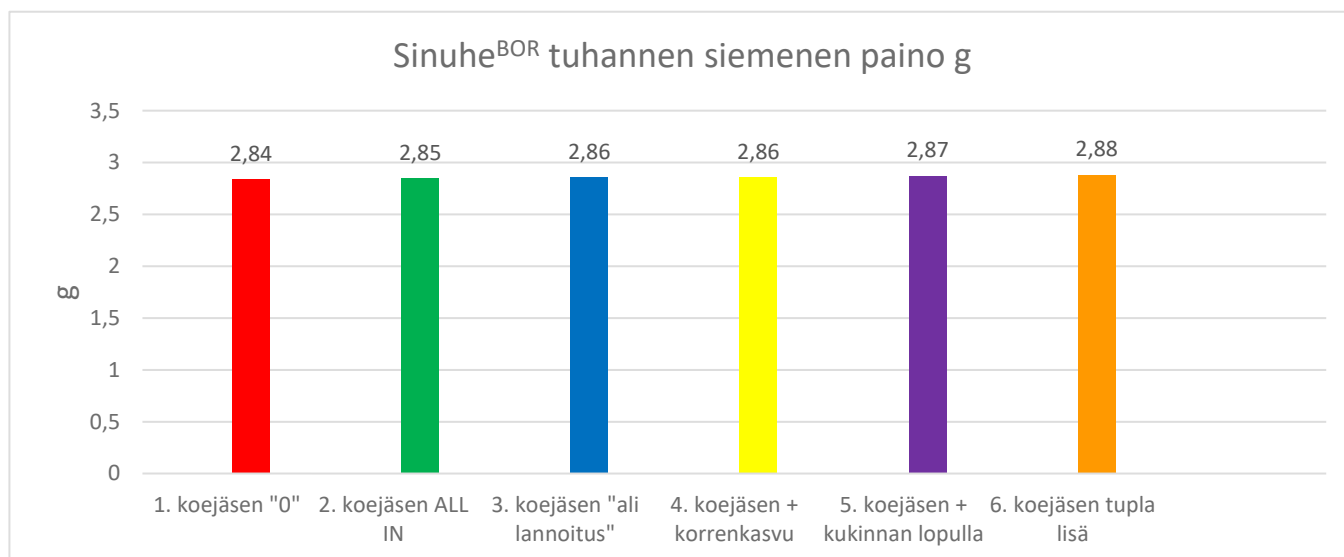
7.2 Sato ja tuhannen siemenen paino (TSP)

Parhaimman sadon tuotti koejäsen 6 (N 80+30+30 kg/ha). Ruutusato laskettiin kg/ha, jolloin tulokset ovat vertailukelpoisia jatkossakin (kuvio 5). Puinnin jälkeen koejäsenten sadot seulottiin ensimmäisen kerran lokakuussa 2024 käsiseulalla käyttäen 2 mm:n ja 1 mm:n seuloja. Seulat olivat kooltaan isompia, jolloin rikkakasvien siemenet oli vaikeampi erottaa. Seulonnan jälkeen sadot punnittiin keittiövaakaa apuna käyttäen ja saatiin selville ruutusato. Yksittäiset tulokset viljelykokeesta ovat liitteessä 2.



Kuvio 5. Sinuhe^{BOR} sato keskiarvo kg/ha eri koejäsenillä.

Parhaimman tsp:n tuotti koejäsen 6 (N 80+30+30 kg/ha) ja heikoimmaksi jäi koejäsen 1. Koejäsenten välillä tuhannen siemenen painon erot olivat hyvin pieniä. Jokaisen koejäsenen sadosta laskettiin tuhannen siemenen paino (TSP) ja niiden keskiarvot olivat 2,84 g - 2,88 g (kuvio 6).

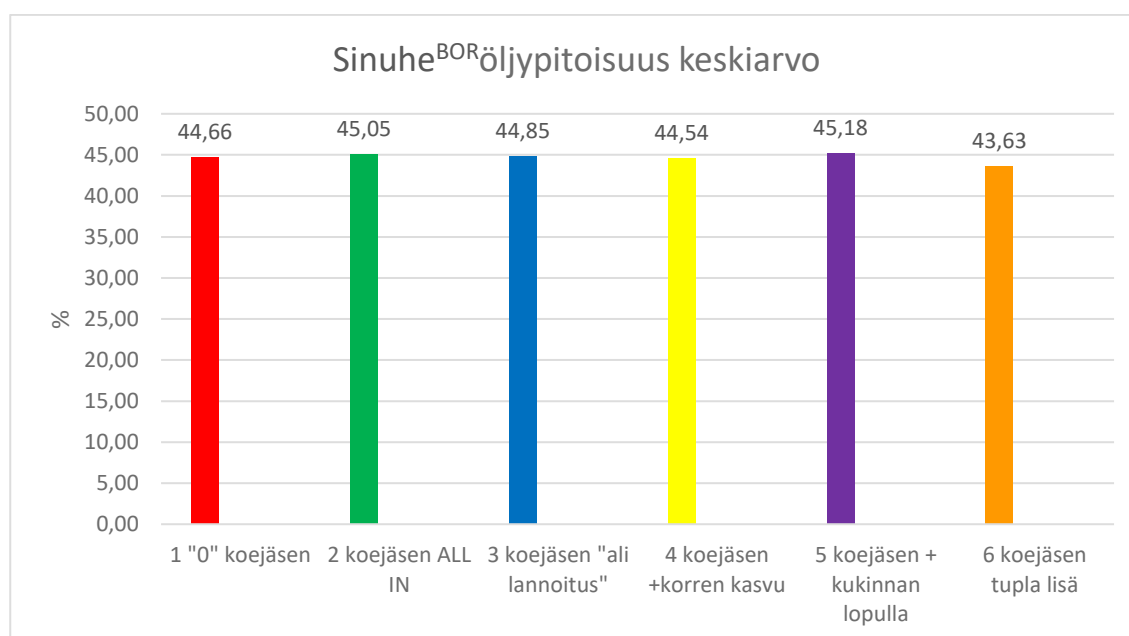


Kuvio 6. Sinuhe^{BOR} tuhannen siemenen paino (g) eri koejäsenillä.

7.3 Öljypitoisuus ja -sato

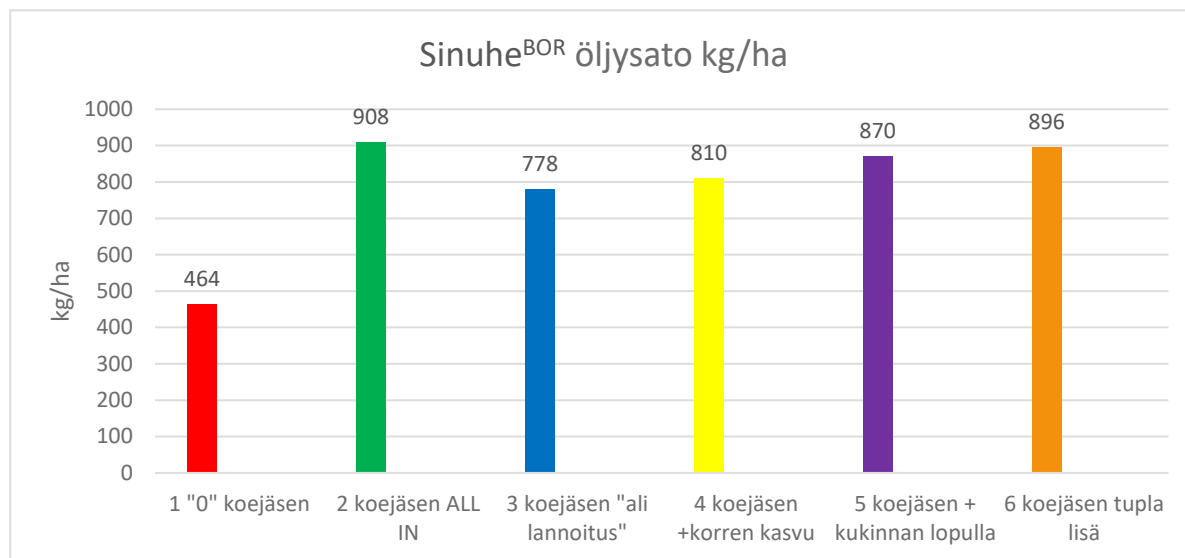
Parhaimman öljypitoisuuden sai kukintavaiheen lopulla tehty lisälannoitus (koejäsen 5). Huomattavaa on, että koejäsenen 5 (N 80+30 kg/ha) öljypitoisuus oli korkeampi kuin korrenkasvuaiheessa annetun lisälannoituksen saaneen koejäsenen 4:n (kuvio 7).

Viljelykokeen kaikkien koejäsenten sadot analysoitiin käyttäen NIR-laitetta SeAMK:lla. Tuloksissa kiinnitettiin huomiota öljypitoisuuteen (%) sekä valkuaispitoisuuteen (%). Koejäsenten tuloksista on laskettu keskiarvot ja niitä tuloksia tarkasteltiin. Öljysato laskettiin jokaisen koejäsenen sadosta. Koejäsen 2 (N 110 kg/ha kylvön yhteydessä) saavutti parhaimman tuloksen öljysadossa (908 kg/ha) öljypitoisuuden ollessa 45,05 %.



Kuvio 7. Sinuhe^{BOR} öljypitoisuus keskiarvo eri koejäsenillä.

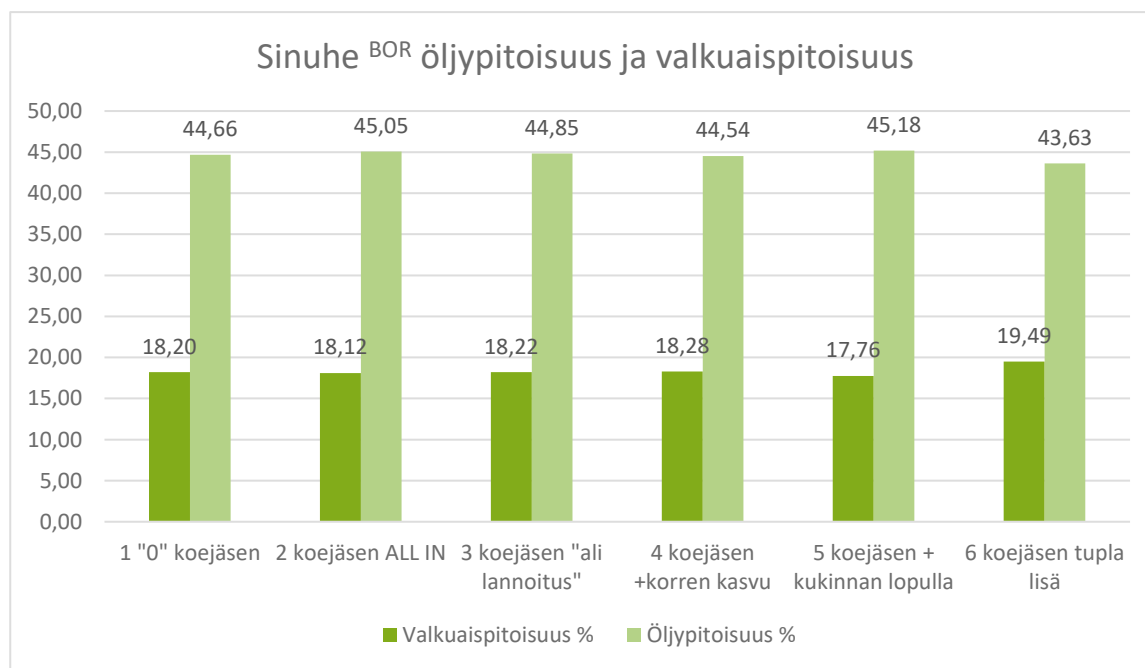
Kahden parhaan öljysadon tuottaneiden koejäsenten välinen ero öljysadossa oli pieni, vain 12 kg/ha, mutta öljypitoisuus laski 1,42 % (kuvio 8).



Kuvio 8. Sinuhe^{BOR} öljysato keskiarvo kg/ha eri koejäsenillä.

7.4 Öljy- ja valkuaispitoisuus

Tutkimuksessa koejäsen 2 (N 110 kg/ha) ja koejäsen 5 (N 80+30 kg/ha kukinnan lopulla) saivat hyvän tuloksen öljypitoisuudessa ja öljysadossa. Valkuaispitoisuus oli koejäsen 5:llä selkeästi muita koejäseniä alhaisempi (kuvio 9).



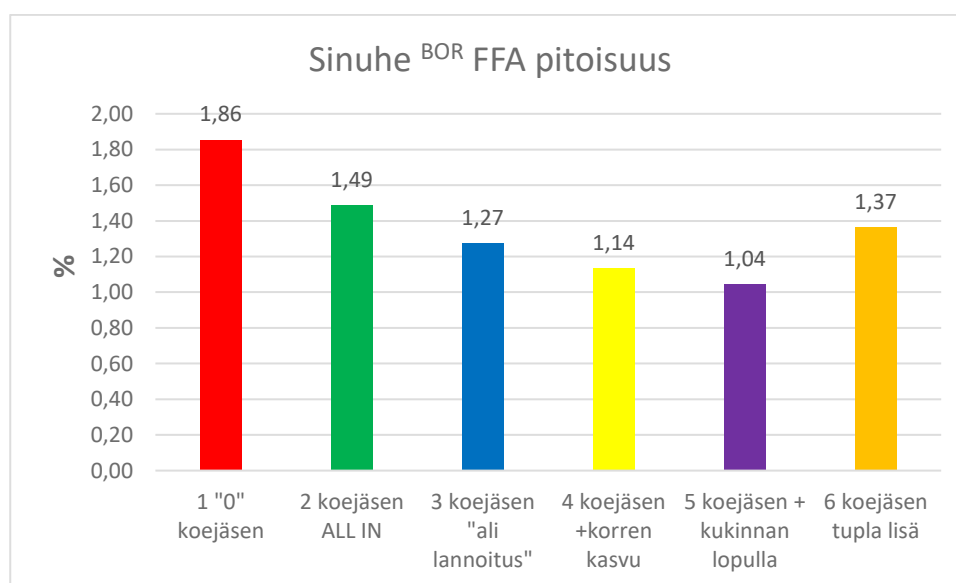
Kuvio 9. Sinuhe^{BOR} öljypitoisuus ja valkuaispitoisuus.

Koejäsen 1:n näytteestä löytyi seulonnassa rikkakasvien siemeniä; pillike, peltoemäkki, peltomatara ja peltohatikka. Koejäsen 1:n kasvusto oli harvempaa ja rikkakasveja oli selvästi enemmän. Koejäsenillä 2–6 löytyi rikkakasvin siemenistä pillikettä. Toisen kerran seulonnat tehtiin Apetitilla viljelykokeen koejäsenten sadoista, joihin otettiin 2 dl koosteenäyte. Siemenet seulottiin käsin kahdella seulalla, joiden koot olivat; 3 mm:n yläseula ja 1,1 mm:n alaseula.

7.5 Vapaiden rasvahappojen pitoisuus

Apetitin laboratoriosta saaduista tuloksista kävi ilmi sama ero kuin NIR laitteella saaduista tuloksista koejäsenen 2 (N 110 kg/ha) ja koejäsenen 6 (N 80+30+30 kg/ha) välillä. Laboratoriomittauksista saatiin selville myös vapaiden rasvahappojen osuus (FFA) siemenessä. Siemenestä FFA mitataan uuttamalla öljyä, josta sitten titraamalla määritetään FFA-pitoisuus.

Matalin arvo FFA pitoisuudessa tuli koejäsenen 5:lle (N 80+30 kg/ha) jolloin se oli paras (kuvio 10). FFA-tuloksen ollessa alle 1 siementä pidetään hyvälaatuisena ja arvo vaikuttaa olennaisesti erilaisten öljyjen valmistamiseen.



Kuvio 10. Sinuhe^{BOR} vapaiden rasvahappojen pitoisuus.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän viljelykokeen tuloksena voidaan todeta, että kahteen kertaan lisälannoituksen saanut (koejäsen 6) tuotti parhaimman sadon 2054 kg/ha. Kasvustossa oli selkeästi havaittavissa jälkiversontaa mikä oli lisännyt siementuotantoa. Lisälannoitukset kahteen kertaan saaneen (koejäsen 6) siemenen öljypitoisuuden laskiessa valkuaispitoisuus nousi, jolloin öljysato jäi heikommaksi. Heikomman öljysadon vuoksi lisälannoitusta ei ole järkevää tehdä kahteen kertaan kasvuston mahdollisen vaurioittamisen sekä taloudellisuuden näkökulmasta.

Viljelykoe osoitti, että kertalannoituksena kylvön yhteydessä koko lannoitusmäärän kerralla saanut (koejäsen 2) saavutti siemenen öljypitoisuudessa hyvän tuloksen ja näin ollen myös öljysato oli korkein 908 kg/ha. Tämän viljelykokeen tulosta tukee vanhempi tutkimus Jokioisilla tehdystä typpilannoituksen ajankohdasta (Köylijärvi, 1989). Antamalla koko typpilannoituksen kylvön yhteydessä (koejäsen 2) on riskinä, että kasvukauden ollessa epäsuotuisa kaikki lannoitusravinteet eivät tule kasvin käyttöön vaan, osa jää hyödyntämättä. Kertalannoituksessa on otettava huomioon mahdollisten riskien hajauttaminen eli käytännössä jaetun lannoittamisen tekeminen.

Yleisin tapa rypsinviljelyssä on tehdä jaettu lannoitus koejäsen 4:n tapaan eli korren kasvuvaiheessa, mutta tämän tutkimuksen perusteella öljypitoisuus ja öljysato jäivät heikommaksi kuin lisälannoituksen kukinnan lopulla saanut koejäsen 5. Kukinnan lopulla peltolohkolle on kuitenkin haastava mennä tekemään lannoituksia kasvuston korkeuden vuoksi ja tämän vuoksi kyseinen lannoitustapa ei välttämättä toimi. Jaettua lannoitusta tehtäessä kukinnan lopulla on vaarana vaurioittaa täydessä kasvussa oleva rypsikasvusto. Nykytekniikan nopean kehittymisen ansiosta tulevaisuudessa voi olla mahdollista tehdä lisälannoituksia ilmasta esimerkiksi droneja apuna käyttäen.

Alkukasvukauden kuivuus vaikutti ravinteiden liukoisuuteen, jolloin myöhäisempi lannoitus oli kasvukaudella 2024 parempi. Vuoden 2024 kasvukausi oli touko- ja kesäkuussa lämmin ja vähäsateinen. Elokuu oli sateinen, mikä vaikutti ravinteiden olevan paremmin kasvin käytössä. Lisälannoituksien jälkeen seuraavan vuorokauden aikana tuli vähäinen sademäärä, minkä ansiosta ravinteet pääsivät kasvin käyttöön nopeasti.

Tutkimus tuloksia katsottaessa pitää ottaa huomioon se, että tämä viljelykoe on tehty vain yhtenä kasvukautena ja se pitäisi toistaa täsmälleen samanlaisena useampana kasvukautena tulosten paremman vertailtavuuden vuoksi. Kasvukautena tuholaisien aiheuttamat vioitukset kasvustolle jäivät vähäiseksi, koska rypsin taimettuminen tapahtui nopeasti. Sääolosuhteet kasvukauden aikana olivat suotuisat rypsin nopealle taimettumiselle, jolloin vältyttiin suurimmilta kirppojen aiheuttamilta tuhoilta. Kasvukauden aikana tasainen kosteus ja lämpö vaikutti siihen, ettei pahkahometta juurikaan ollut.

LÄHTEET

- Aminpanah, H. (2013). Effect of nitrogen rate on seed yield, protein and oil content of two canola (*Brassica napus* L.) cultivars / VPLIV GNOJENJA Z DUŠIKOM NA PRIDELEK SEMEN, VSEBNOST BELJAKOVIN IN OLJA PRI DVEH SORTAH OLJNE OGRŠČICE (*Brassica napus* L.). *Acta agriculturae slovenica*, 101(2), 1–8.
<https://doi.org/10.14720/aas.2013.101.2.14909>
- Boreal Kasvinjalostus Oy. (i.a.-a). Öljykasvilajikkeet. <https://boreal.fi/lajike/oljykasvit/>
- Boreal Kasvinjalostus Oy. (i.a.-b). Sinuhe. <https://boreal.fi/lajikkeet/sinuhebor/>
- Chew, S. C. (5/2020). Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus*) oil: Chemistry and functionality. *Food research international*, 131, 108997.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108997>
- Eurofins Viljavuuspalvelu. (i.a.). Viljavuustutkimuksen tulkinta.
https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2857469/eurofinsagro_viljavuustutkimuksentulkinta_06022020_teroprint.pdf
- Farmit. Avomaan vihannekset: Kaalikoi. (29.4.2010). <https://www.farmit.net/kaalikoi-0>
- Farmit. Kasvinviljely: Kuivaa öljykasvit maltilla. (6.9.2018).
<https://www.farmit.net/kasvinviljely/2018/09/06/kuivaa-oljykasvit-maltilla>
- Franssila, E. (13.3.2001). Öljykasvinviljelijän opas. Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto MTK ja Elintarviketeollisuusliiton Öljypuristamoyhdistys.
- Harmanen, H. (2012). Hyviä rypsisatoja pienellä kylvösiemenmäärällä. *Maataloustieteen päivät 2012: 10.-11.1.2012, Viikki, Helsinki: esitelmä- ja posteritiivistelmät*.
<https://doi.org/10.33354/smst.75448>
- Kasvinsuojeluseura ry & Ansalehto, A. (2000). *Rypsin ja rapsin tasapainoinen kasvinsuojelu*. Kasvinsuojeluseura.
- Köylijärvi, Jaakko ja Pahkala, Katri. (1989). Kevätöljykasvien typpilannoitus ja sen ajoittaminen. Teoksessa K.Pahkala (toim.), Öljykasvien viljelyn edistäminen: Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985–1988 (s.38–51). Maatalouden tutkimuskeskus. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014042925168>
- Luonnonvarakeskus (LUKE). (17.2.2022). *Sato- ja luomusato 2021*.
<https://www.luke.fi/fi/tilastot/satotilasto/sato-ja-luomusato-2021>
- Luonnonvarakeskus (LUKE). (i.a.). *Viljelykasvien sato muuttujina Vuosi, Maakunta, Tieto, Tuotantotapa ja Kasvilaji*. <https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/>

- Measurlabs. (i.a.). *NIR-spektroskopia*. <https://measurlabs.com/fi/menetelmat/lahi-infrapunaspektroskopia-nir/>
- Pahkala, K., Känkänen, H., Peltonen-Sainio, P., & Huusela-Veistola, E. (2006). Rypsin itämisen ja kasvuun lähdön edistäminen. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote*, 21, 1–6. <https://doi.org/10.33354/smst.76104>
- Parhaan sadon puolesta 2023–24. (2023). Viljelijän Berner. Berner. <https://www.bernerbrandbank.fi/HcmGvWFMD2BB>
- Rastas, M., Latvala, S., & Hannukkala, A. (31.1.2012). Möhöjuuren esiintyminen suomalaisilla rypsi- ja rapsiviljelmillä. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote*, 28, 1–6. <https://doi.org/10.33354/smst.75591>
- Ruokatieto. (27.8.2024). *Rypsiöljyn puristuksen sivuvirrasta elintarvikkeeksi*. <https://ruokatieto.fi/artikkelit/rypsioljyn-puristuksen-sivuvirrasta-elintarvikkeeksi/>
- Ruokatieto. (2022). *Pelloilta kuluttajille*. <https://ruokatieto.fi/ruokatietoa/suomalaiset-ruokaketjut/erikoiskasvit/pelloilta-kuluttajalle/>
- Sharafi, Y., Majidi, M. M., Goli, S. A. H., & Rashidi, F. (10.3.2015). Oil Content and Fatty Acids Composition in Brassica Species. *International journal of food properties*, 18(10), 2145–2154. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.968284>
- Shen, J., Liu, Y., Wang, X., Bai, J., Lin, L., Luo, F., & Zhong, H. (16.2.2023). A Comprehensive Review of Health-Benefiting Components in Rapeseed Oil. *Nutrients*, 15(4), 999. <https://doi.org/10.3390/nu15040999>
- Seppänen, M., & Yli-Halla, M. (2008). Teoksessa M. Seppänen (toim.), *Peltokasvien tuotanto*. (2.p., s.75–86). Opetushallitus. TARKISTA
- Tulisalo, U., Wiik, A., & Wuori, T. (1992). *Rypsinviljelyopas*. Öljynpuristamo Oy
- Valkonen, J., Bremer, K., & Tapio, E. (1996a). *Kasvi sairastaa: Oppi kasvitaudeista*. Yliopistopaino.
- Valkonen, J., Bremer, K., & Tapio, E. (1996b). *Kasvi sairastaa: Oppi kasvitaudeista*. Yliopistopaino.
- Vilja-alan yhteistyöryhmä VYR. (i.a.-a). *Kylvösiemenmäärä*. <https://guide.vyr.fi/publications/rypsin-ja-rapsin-viljelyopas/kylvosiemenmaara>
- Yara. (2024). *Yara Biotiitti*. <https://www.yara.fi/lannoitus/lannoitteet/muut-tuotteet/yara-biotiitti/>

LIITTEET

Liite 1. Sinuhe^{BOR} korrenpituudet

Liite 2. Sinuhe^{BOR} kerranteiden mittaustulokset

Liite 1. Sinuhe^{BOR} korrenpituudet

	1 "0"	2	3	4	5	6	1. kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
	100	140	126,5	137,5	128,2	131	
	96	135,5	129	138	134	132,6	
	97	134	126	137	129	128	
keskiarvo	97,7	136,5	127,2	137,5	130,4	130,5	
	1 "0"	2	3	4	5	6	2 kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
	79	122,6	117,4	130,6	123,1	127,3	
	78,1	125	120,6	131	121,6	125,2	
	80,2	127	118,2	129,4	120	130	
keskiarvo	79,1	124,9	118,7	130,3	121,6	127,5	
	1 "0"	2	3	4	5	6	3 kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
	81,1	128,2	120,2	144,2	117,2	125,7	
	74,2	125,6	111,7	136,3	121,6	128,2	
	77,6	129,2	123	134,7	115	124,6	
keskiarvo	77,6	127,7	118,3	138,4	117,9	126,2	
	1 "0"	2	3	4	5	6	4 kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
	71,5	115,1	127,2	124,6	128	131,2	
	69,2	117,3	126,9	127	126,1	129,2	
	68	120,1	129,2	125	129,7	130,3	
keskiarvo	69,6	117,5	127,8	125,5	127,9	130,2	
	1 "0"	2	3	4	5	6	5 kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
	83,2	128,2	119,6	126,3	118,1	121,4	
	84,2	126	122,3	127,2	121,3	123,2	
	81,6	125,6	120,6	124,2	120,2	124,3	
keskiarvo	83	126,6	120,8	125,9	119,9	123,0	

Liite 2. Sinuhe^{BOR} kerranteiden mittaustulokset

	1 "0"	2	3	4	5	6	1. kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
Kosteus	7,49	7,07	8,50	8,18	7,92	8,64	
Öljypitoisuus (%)	46,29	45,57	44,04	45,05	44,80	43,61	
Valkuaispitoisuus	16,82	17,45	18,63	18,27	18,36	19,62	
siemenpaino	2,88	2,89	2,91	2,90	2,91	2,94	
Ruutusedon paino (kg)	1,85	3,55	2,68	2,79	2,79	3,14	
	1 "0"	2	3	4	5	6	2. kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
Kosteus	9,5	7,9	7,5	8,2	7,3	9,4	
Öljypitoisuus (%)	41,8	43,4	43,9	43,8	45,8	43,1	
Valkuaispitoisuus	21,0	19,6	19,4	18,6	16,7	20,2	
siemenpaino	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	
Ruutusedon paino (kg)	1,2	2,7	2,4	2,6	2,3	2,9	
	1 "0"	2	3	4	5	6	3. kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
Kosteus	8,3	9,0	8,9	9,5	8,9	7,6	
Öljypitoisuus (%)	45,3	44,6	44,5	44,7	45,0	43,8	
Valkuaispitoisuus	18,6	18,8	18,9	18,4	18,3	19,2	
Siemenpaino	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	
Ruutusedon paino (kg)	1,6	2,5	2,4	2,6	3,0	2,7	
	1 "0"	2	3	4	5	6	4. kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
Kosteus	7,5	8,7	9,1	7,8	8,9	8,5	
Öljypitoisuus (%)	45,4	45,8	45,4	43,7	44,7	43,5	
Valkuaispitoisuus	17,0	17,7	17,9	18,7	18,1	19,4	
Siemenpaino	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	
Ruutusedon paino (kg)	1,1	3,1	2,6	2,6	2,9	3,1	
	1 "0"	2	3	4	5	6	5. kerranne
	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	koejäsen	
Kosteus	6,5	6,2	6,2	6,7	6,7	7,0	
Öljypitoisuus (%)	44,6	46,0	46,4	45,4	45,6	44,1	
Valkuaispitoisuus	17,6	17,0	16,4	17,4	17,4	19,0	
Siemenpaino	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Ruutusedon paino (kg)	1,2	1,8	1,6	1,7	2,0	2,0	