



KASVUKOHAPÕHISE TÄPPISVÄETAMISE MÕJU SUVIRAPSI SAAGILE JA SEEMNETE KVALITEEDILE

EFFECT OF SITE-BASED FERTILIZATION ON SPRING OILSEED RAPE YIELD AND SEED QUALITY

Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Jaanus Kilgi

Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Eesti

Saabunud: 24.11.2014
Received:
Aktsepteeritud: 14.04.2015
Accepted:

Avaldatud veebis: 15.05.2015
Published online:

Vastutav autor: Jaan Kuht
Corresponding author:
e-mail: jaan.kuht@emu.ee

Keywords: spring oilseed rape, soil nutrient content, precision fertilizing, foliar fertilizing

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2015_1_kuht.pdf

ABSTRACT. The experiments, using two fertilization methods in the spring on oilseed rape in 2012, were carried out at two sites – on the Eerika experimental field (N 58°36.6'; E 26°32.5'), near Tartu and on the Erumäe field (N 58°27.9' ja E 26°32.5) of Pilsu farm. The aim of the study was to investigate site-based precision fertilization on the spring rape yield and oil content of rape seeds. The preceding crop was spring wheat. Five treatments were used: control treatment (K) without fertilizers, conventional fertilizing system (T), fertilization by site-specific information (MI), fertilization by site-specific information additionally with a mineral nitrogen fertilizer (MIMN), and site-specific fertilization additionally with a foliage nitrogen fertilizer (MILV). The highest grain and oil yield levels were achieved in the treatments with fertilized site-specific information additionally with foliage nitrogen fertilizer. On the production field, acceptable grain and oil yield increases were achieved in the treatment fertilized by site-specific information additionally with foliage nitrogen fertilizing. Compared to the conventional fertilization (T), the foliar fertilization (MILV) had, in the field experiment a 6.6% higher rapeseed yield, while in the production experiment this increase was 21.6%. The oil content of the spring oilseed rape seeds was higher in the control and conventional treatments. In both experiments the highest spring rapeseed oil content was obtained from the background foliar fertilizer plots (MILV) – in field experiments this was 1.3–1.7%, while in the production experiment 0.5% higher than the soil information fertilized treatments (MI) only. There was a negative correlation between the oil content and seed yield level, and between the oil content and protein content of spring oilseed rape.

© 2015 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2015 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Rapsikasvatus on Eesti põllumajanduses tõusnud olulisele kohale. Nüüdseks on raps kinnistunud meie põldudele kui sobiv külvikorrakultuur ja selle mitmekülgne toodang on leidnud koha töötlevas tööstuses. Viimase kümne aasta jooksul rapsi kasvupind suurenenud 3,57 korda ja moodustades kogu põllukultuuride kasvupinnast 7,2% (Viil jt, 2010). Viimastel aastatel on rapsi kasvupinna suurus stabiliseerunud ja sealjuures on suurenenud talirapsi osatähtsus.

Tänapäeval on põllumajanduses kasutusel tehnika, millega on võimalik masinate liikumist põllul täpselt juhtida globaalse satelliitnavigatsioonisüsteemi ehk

GNSS (GPS, GLONASS, Compass, vms) abil. GNSS annab operatiivselt vajalikku infot põllumajandustehnika asukoha kohta põllul, sealhulgas ka selle liikumisel (Ludowicy jt, 2002; Robinson, 2007; Nugis jt, 2009; Vösa jt, 2009). Täppisväetamisel antakse väetisi põllu piires erinevalt, lähtudes kasvukoha mulla toiteelementide sisaldusest või taimede toitumise olukorrast nende kasvuajal. Kuivõrd taimekasvatuse lõppeesmärk põllul on saak, siis on oluline teave põllu erinevate osade saagipotentsiaali kohta. Kui kombain on varustatud saagikust registreeriva seadmestikuga on saagi suurust võimalik teada saada saagikaardilt. Põllukaardi kontuuril eristuvad värvilised piirkonnad, mis

annavad visuaalse ülevaate põllu osade saagitasemest ning võimaldavad paremini planeerida tegevusi.

Toiteelementide lehekaudset manustamist peetakse kiireks ja majanduslikult tasuvaks väetamisviisiks, mis stimuleerib taimede kasvu ja arengut nende kasvuajal. Lisaks annab juureväline väetamine täiendava ja operatiivse võimaluse varustada taimi toitainetega eriti kui juured ei suuda mingil põhjusel rahuldada taimede kasvuaegset toitainete vajadust (Parker, 1999). Eestis täheldati suvinisuga korraldatud täppisväetamise katsetes leheväetiste positiivset mõju suvinisu saagile (Kuht jt, 2012) ja terade tähtsamatele kvaliteedinäitajatele (Kuht jt, 2013a). Kuigi raps on võimeline kasvatama korralikku ja sügavale mulda tungivat juurekava, ei ole selle toitainete mullast omastamise võime alati kõrge (Orlovius, 2003; Schjoerring jt, 1995). Seetõttu on otstarbekas jälgida rapsitaimede olukorda kasvuajal ja vajadusel kompenseerida toitainete või mikroelementide puudus kasvuaegse väetamisega.

Lisaks kohamäärangu võimaluste olemasolule on oluline teave kasvukoha mulla omadustest. Geoinformatsiooni (GIS) andmestik on muutunud täppisviljeluse lahutamatuks osaks (Jordan, Smith, 2005; Santhi jt, 2005). Mullaproovide kogumine on esimene samm kohtspetsiifilise andmebaasi loomiseks ja mulla toitainete sisalduse jälgimiseks (Crozier, Heiniger, 1998). GIS rakendused annavad teavet mullastiku, mulla toitainete sisalduse, happesuse jm varieerumise kohta kogu põllu piires. Selliste andmestikule tuginevate digitaliseeritud kaartide kasutamine töomasinate IT-rakendustes võimaldab koos GPS kohamäärangu seadmestikuga vastavalt vajadusele operatiivselt muuta tööprotsessi parameetreid masina liikumisel põllul. Täiendava väetamise tegeliku vajaduse üle saab mulla kõrval otsustada veel taimeanalüüsi andmete alusel. Taimede poolt kasutamata jäänud väetis on viljelejale majanduslik lisakulu ning võib suurendada keskkonna koormust leostunud mineraalainete näol.

Katsed on näidanud, et toiteelementide andmine lehtede kaudu aitab kiiresti üle saada kriitilisest hetkest taimede maksimumtarbe perioodil, parandab lämmastiku osalemist ainevahetusprotsessides, väldib saagikadu ning kvaliteedilangust. Samuti paraneb teiste toiteelementide kasutamise efektiivsus ning väheneb lämmastiku väljaleostumise oht (Järvan, 2006).

Käesoleva uurimuse raames katsetati uutset meetodikat, milles korrigeeriti leheväetise pritsimiskogus SPAD klorofüllimõõtja ja põllu lämmastikuvajaduse kaardistamist võimaldava N sensori abil. Uurimistöö eesmärgiks oli selgitada suvirapsi kasvatamise erinevatel aegadel (külvielset ja intensiivsel kasvuperioodil) tehtud kasvukohapõhise täppisväetamise meetodite mõju selle seemnesaagile ja seemnete olulisematele kvaliteedinäitajatele.

Materjal ja meetodika

2012. aasta kevadel viidi läbi katsed suvirapsi (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) täppisväetamise mõju

uurimiseks. Põldkatse korraldati Eesti Maaülikooli katsepõllul, asukohaga Eerika (koordinaadid N 58°36,6'; E 26°32,5'), Tartumaa ning tootmispõld rajati Pilsu talu tootmisaiale Erumäele (koordinaadid N 58°27,9' ja E 26°32,5), Tartumaa. Katsete eelviljana oli kasutusel suvinisu.

Täppisväetamine tugines kahele erineval ajal läbi viidud seirele:

1) katsekohtade ja kõikide katsevariantide mullast 2011. aasta sügiseste proovide võtmisele ja proovide agrokeemilisele analüüsile, mille andmeid kasutati Eerika katsetes eri variantide väetustasemetes arutamisel ja Erumäe katsetes lisaks veel külvielset väetamise laotusnormide reaalarajas muutmise tarbeks vastavate digitaliseeritud kaartide koostamisel,

2) kasvavate rapsitaimede vegetatsiooniindeksi (VI) mõõtmisele rapsi N väetise vajaduse kasvuaegseks määramiseks.

Eerika katseala rajati näivleeturund (LP) mullale (*WRB – Stagnic Luvisols (Albeluvisols)*) ja Erumäe katsealadel oli valdavalt leetjas (K_1) muld (*WRB – Luvisols*, FAO, 2006).

Igalt katsealalt võeti 2011. aasta sügisel mullaproovid mullaviljakuse tähtsamate agrokeemiliste näitajate määramiseks. Proovid viidi Põllumajandus-uuringute Keskuse laboratooriumisse keemilisteks analüüsideks. Laboris määrati proovidest mulla pH (1n KCl lahusest pH-meetriga), orgaaniline süsinik C_{org} ja üldlämmastik $N_{üld}\%$ (ISO 10694:1995 (elementanalüüs), lisaks veel mulla fosfori- (P) ja kaaliumi- (K) sisaldus, $mg\ 100\ g^{-1}$ (Mehlich III meetodil).

Mullaproovide analüüsi tulemuste alusel väetati 2012. a kevadel suvirapsi (Eerika põldkatsetes sort 'Fenja' ja Erumäe tootmiskatsetes 'Campino') mineraalväetisega vastavalt katseplaanile ja mullainfot arvestatavate variantides mulla toitainete sisalduse kohta kogutud info alusel. Mullaproovide analüüsi tulemuste alusel väetistega antava lisatoitainete vajaduse kindlaksmääramisel arvasime kõigepealt mulla toitainete $N_{üld}$, P ja K varud 1 ha künnikihi (20 cm, keskmise mulla lasuvustihedusega $1,5\ Mg\ m^{-3}$) kohta $kg\ ha^{-1}$, tuginedes sealjuures mullaanalüüsi tulemustele. Eerika põldkatse aladel oli kaaliumi vähesus, Erumäe põldkatse mullas aga P vähesus (tabel 1). P ja K kasutuse koefitsiendid mulla varudest leidsime Kevvai ja Kärblase (1996) poolt koostatud tabelite kaudu ja arvasime need ümber kilogrammidesse ühe hektari kohta. Katsevariantide mulla toitainesisaldusest lähtusime miinimumis olevatest näitajatest: kus oli mullas vähem toitaineid, seal suurendasime väetusenormi ja kus oli piisavalt, seal kasutasime planeeritud saagi saamiseks optimaalset väetusenormi. Planeeritud saak oli Eerika põldkatsetes $2,5\ t\ ha^{-1}$ ja Erumäe tootmiskatsetes $3\ t\ ha^{-1}$.

2012. a kevadel väetati mõlemat katsepõldu mineraalväetistega vastavalt katseplaanile. Erumäe tootmiskatsetes, kus mulla fosforisisaldus oli valdavalt madal, külvati fosforirikast mineraalväetist MAP 12-52 Soltex (N-12; P-52) väetisekülvikuga Amazone ZG-B 8200, töölaieuga 24 m. Katsevariantides, kus mullainfo

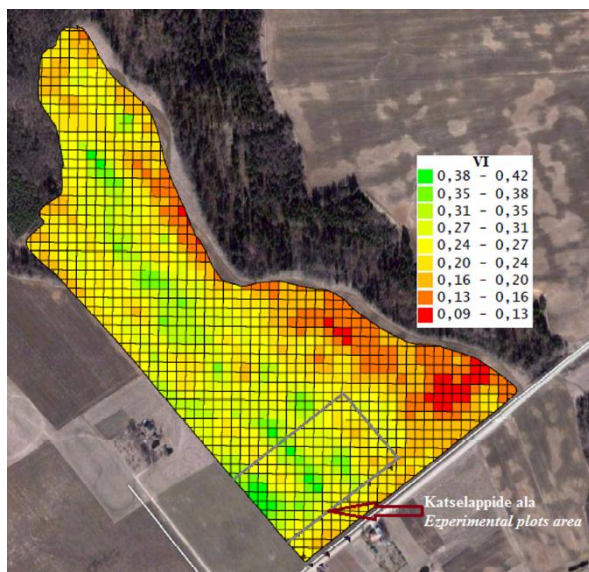
alusel oli ette nähtud erinevate normidega väetise külv, reguleeriti täiendava väetise väljakülv masina liikumisel GPS kohtmäärangu järgi automaatselt, lähtuvalt digitaliseeritud väetamiskaardi, andmestikust. Kasutati AgLeader SMS tarkvara, mis võimaldas analüüsida ja visualiseerida andmeid ning koostada tööplaan. Selle abil loodi MAP väetise külviks mõeldud töökaart (Kuht jt, 2013a). Väetamisprotsessi jälgimiseks oli traktori kabiinis AgLeader täppisviljelusmonitor, mis kasutas tööprotsessis vahetult SMS tarkvara kaardivaateid reaajas.

Eerika põldkatses, kus oli valdavalt väiksem K sisaldus (tabel 1), külvati kaaliumirikast väetist Yara Cropcare PK (3-11-24) käsitsi, vastavalt katselappide mulla väetistarbele. Eeldatavaks rapsi seemnesaagiks

planeeriti Eerika põldkatses 2,5 ja Erumäe tootmiskatses 3,0 t ha⁻¹. Lämmastikväetist ammooniumnitraat (N 34,4%) külvati eraldi.

Katselappide väetamisele järgnes suvirapsi külv, kasutades külvikut Väderstad Pneumo, mille töölaius oli 8 m.

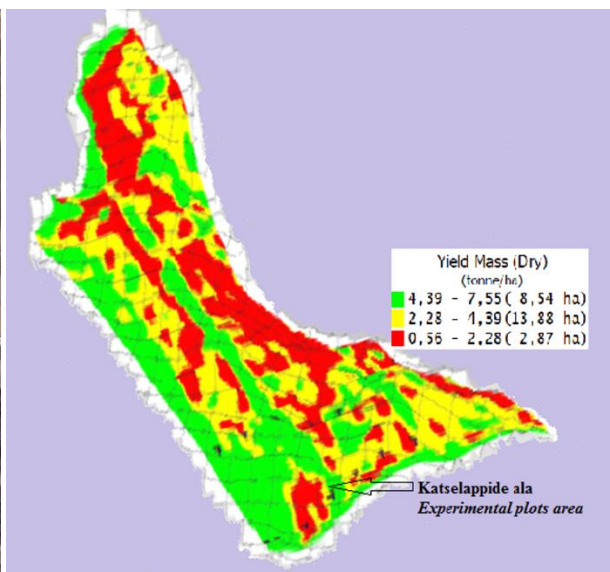
Lehekaudse väetamisega katsevarianti SIFF väetati kasvu ajal leheväetisega Nutricomplex 14-11-25 (sisaldas ka MgO, SO₃, Mn, B, Cu, Zn, Fe), normiga kuni 4 kg ha⁻¹. Suvirapsi kasvuaegse väetamise vajadus Eerika katses määrati Minolta SPAD klorofüllimõõtjaga ja Erumäe põllu tootmiskatses toimus see väetamise käigus N sensoriga OptRx (Stiekema, 2012). Lehekaudseks väetamiseks kasutati taimekaitsepritsi.



Joonis 1. Vegetatsiooniindeksi (VI) alusel koostatud kaart suvirapsi N väetamiseks, määratud N sensoriga OptRx 11.06.2012. a Erumäe põllul.

Figure 1. Spring rape nitrogen nutrition map based on vegetation index (VI) determined by N sensor OptRX 11/06/2012 in Erumäe field.

Erumäe katsepõllult koristati raps 27. septembril saagimõõtmise ja kohamäärangu seadmetega varustatud kombainiga NewHolland CX860, mille tulemusena koostati saagikaart. Spetsiaalse arvutiprogrammiga Ag Leader SMS (Ag Leader Technology tootekataloog, 2013) töödelduna oli võimalik visualiseerida saagitasemed erinevatel põlluosadel üldise saagikaardina (Kuht jt, 2013b ja 2013c) ja ka koristuskombaini töökäikude kaupa (Kuht jt, 2013a). Programm võimaldas vajaduse korral parema ülevaate saamiseks saagiandmeid töödelda ka vähemaarvulisele saagitasemete jaotusele ja paigutada need kas mullakaardile või ka erinevatele reljeefiosadele 3D kaardina jms



Joonis 2. Suvirapsi 3D saagikaart mis on jagatud Ag Leader SMS tarkvara abil kolmeks saagitasemeks ja paigutatud Erumäe põllu reljeefikaardile.

Figure 2. Spring oilseed rape yield 3D map, shared by Ag Leader SMS software for three yield levels and arranged on Erumäe field relief map.

(sarnaselt joonisele 2). Eerika katsepõllult koristati rapsisaak 25. septembril katsekombainiga "Sampo", heedri laiusega 2 m, mis võimaldas määrata iga lapi saaki ka kaalumise teel.

Tulemuste osas käsitletakse seemnesaagi ja mõnede seemnete kvaliteedinäitajate tulemusi. Koristuse käigus koristatud rapsi seemnesaagi proovid saadeti Põllumajandusuuringute Keskuse taimse materjali laborisse analüüsimiseks. Muude näitajate kõrval määrati ka õli (toorrasv) kuivaines (%), proteiinisaldus (%) ja erukahappe sisaldus (%). Kvaliteedinäitajad määrati NIR – meetodil.

Katsevariandid on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Katsevariandid**Table 1.** Experimental treatments

Variant <i>Treatment</i>	Tähis <i>Sign</i>	Väetamine <i>Fertilization</i>
Kontrollvariant <i>Control treatment</i>	K	Väetamata <i>Without fertilizers</i>
Tavaväetamine <i>Conventional fertilizing system</i>	T	Mineraalne NPK väetis vastavalt tavaviljelusele <i>Mineral NPK fertilizer added according to conventional agricultural practice</i>
Väetamine mulla toitainete sisalduse järgi <i>Fertilization according to soil nutrients content</i>	MI	Mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla toitainete vajadusest <i>Mineral NPK fertilizer added during sowing according to the soil nutrients deficiency</i>
Väetised mulla toitainete sisalduse ja taimede N vajaduse info alusel I <i>Fertilization according to soil nutrients content and to the N need of plants I</i>	N MIMN	Mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla toitainete vajadusest ja mineraalne N kasvu ajal klorofüllimõõtja määrangute järgi vastavalt taimede N vajadusele <i>Mineral NPK fertilizer added during sowing according to the soil nutrients deficiency and mineral N added during growth and need estimated by chlorophyll measurer</i>
Väetised mulla toitainete sisalduse ja taimede N vajaduse info alusel II <i>Fertilization according to soil nutrients content and to the N need of plants II</i>	N MILV	Mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla infost ja leheväetis kasvu ajal klorofüllimõõtja määrangute järgi vastavalt taimede N vajadusele <i>Mineral NPK fertilizer added during sowing according to the soil nutrients deficiency and foliage nitrogen fertilizer during growth period added according to the N deficiency</i>

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi Statistica 12 (Anova, Fisher LSD test, Statsoft, 2005). Uuritud näitajate omavaheliste seoste leidmiseks kasutati regressioonanalüüsi.

Tulemused ja arutelu

Kasvukohtade mulla agrokeemilised näitajad

Mulla agrokeemiste määramiste tulemuste järgi on näha, et mulla pH erinevused olid väikesed ja rapsikasvatuseks üldiselt soodsad (tabel 2).

Tabel 2. Suvirapsi kasvukohtade mulla agrokeemilised näitajad
Table 2. Agrochemical parameters of the soils

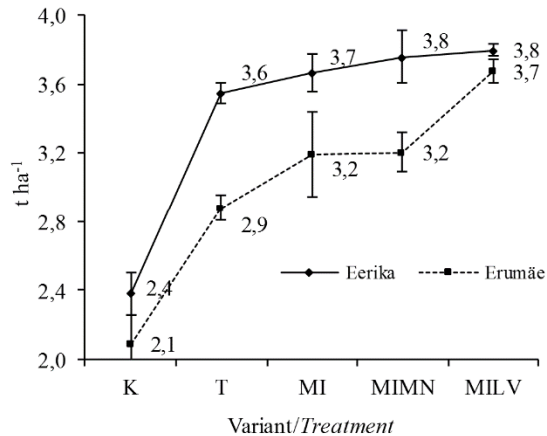
Variant <i>Treatment</i>	Katse koht <i>Trial location</i>	Mulla agrokeemilised näitajad <i>Soil agrochemical parameters</i>				
		pH _{KCl} <i>pH_{KCl}</i>	P <i>mg kg⁻¹</i>	K <i>mg kg⁻¹</i>	C _{org} <i>%</i>	pH _{KCl} <i>pH_{KCl}</i>
Väetamata (K) <i>Unfertilized</i>	Eerika	5,8	105	93	1,55	5,8
	Erumäe	6,8	72	169	1,29	6,8
Tavaväetamine (T) <i>Conventional fertilizing</i>	Eerika	5,4	134	99	1,66	5,5
	Erumäe	6,5	85	185	1,70	6,5
Mineraalväetised mulla- info alusel (MI) <i>Fertilization according to the soil data</i>	Eerika	6,1	112	124	1,62	6,1
	Erumäe	6,2	88	178	1,61	6,2
Väetised mulla ja taime info alusel I (MIMN) <i>Fertilization according to the soil and plant data I</i>	Eerika	6,2	150	145	1,61	6,2
	Erumäe	6,4	81	166	1,53	6,4
Väetised mulla ja taime info alusel II (MILV) <i>Fertilization according to the soil and plant data II</i>	Eerika	5,9	167	132	1,71	5,9
	Erumäe	6,5	72	160	1,43	6,5

Kõige paremini sobivad rapsile keskmised liivsavi- ja saviliivmullad, mille pH on üle 5,5 (Kaarli, 2003). Orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisalduse järgi on mõlema katseala mullad keskmise huumusesisaldusega. Muldade fosforisisalduse alusel on vastavalt väetistarbe gradatsioonile Eerika katseala mulla fosforitarve väike, Erumäe katsealal aga keskmine (vastavalt piirväärtus-

tele 96–170 mg 100 g⁻¹ ja 46–95 mg 100 g⁻¹; Põllumajandusuuringute Keskus, 2013). Muldade kaaliumisisaldus näitas valdavalt keskmist või sellele lähedast kaaliumivajadust (piirväärtused 96–130 mg 100 g⁻¹) Eerika katsealal ja väikest (piirväärtused 131–240 mg 100 g⁻¹) Erumäe katsetel. Samas peab silmas pidama, et kuna Mehlich 3 meetodil määratud Eesti põllumuldade väetistarve ja selle gradatsioon erineb tugevasti varasemast, Egnér-Riehm DL meetodil saadud P ja K tarbe gradatsioonist, siis ei ole need omavahel võrreldavad ja Meh-3 meetodi tõesus ja selle rakendusväärtus on veel vaieldav (Roostalu, 2014).

Suvirapsi seemnesaak

Parimad suvirapsi seemnesaagid saadi mõlemas katses katsepõllult, kus väetamine toimus lähtuvalt mulla toitainete sisaldusest ja hilisemal rapsitaimede kasvuaegsel juurevälisel väetamisel leheväetisega (MILV, joonis 3). Võrreldes tavaväetamisega oli Eerika põldkatses leheväetise kasutamisel 6,6% võrra suurem saak ja Erumäe tootmiskatses oli seemnesaaki koguni usutavalt 21,6% võrra enam. Uurijad on täheldanud rapsitaimede leheväetistega väetamise positiivset mõju seemnesaagi suurusele, kus on saadud lämmastikku sisaldavate leheväetiste kasutamisel 0,58 t ha⁻¹ (15%) kuni 0,76 t ha⁻¹ (19%) võrra suuremat rapsiseemnete enamsaaki (Kwiatkowski jt, 2012; Yara, 2012). Sarnaselt eelnevaga andis Erumäe tootmiskatses võrreldes tavaharimisega, usutava ($p < 0,05$) rapsi seemnesaagi 9,4% tõusu mullainfopõhine väetamine koos hilisema kasvuaegse ammoniumsalpeetriga väetamisega (MIMN). Seega saadi mõlemal kasvuaegsel väetamisel 2012. a rapsi kasvatamisel tootmiskatsel positiivseid tulemusi. Võrreldes teraviljadega nõuab raps rohkem toitaineid ja lämmastiku hilisem puudulik juurdepääs vähendab sageli rapsi seemnesaaki. Colnenne jt (1998) täheldasid samuti, et raps on kriitilistel perioodidel N puuduse suhtes tundlikum kui suvinisu.



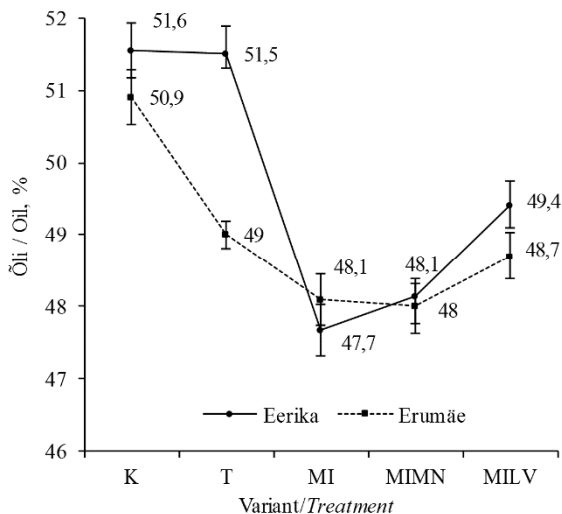
Joonis 3. Suvirapsi seemnesaak ($t\ ha^{-1}$) Eerika põldkatses ja Erumäe tootmiskatses (\pm standardviga, $n=4$)

Figure 3. The seeds yield ($t\ ha^{-1}$) of spring oilseed rape in experimental fields of Eerika and Erumäe (\pm standard error, $n=4$)

Eerika põldkatses olid MI ja MIMN variantide saagid võrreldes tavaväetamisega küll 3,3% ja 5,6% võrra suuremad, kuid ei mahtunud usutavuse piiridesse ($p > 0,05$). Selle põhjuseks võib olla põldkatse täpsem rapsikasvu korraldus võrreldes tootmiskatsesega ja kogu katse suhteliselt suur saagitase 2012. aasta vegetatsiooniperioodi soodsate ilmastikuolude tingimustes.

Rapsiseemnete õlisisaldus

Nii Eerika põldkatses kui ka Erumäe tootmiskatses olid toorõlirikkad mineraalväetisteta katsevariandi (K) ja tavavariandi (T) rapsiseemned (joonis 4).



Joonis 4. Suvirapsi toorõlisisaldus Eerika ja Erumäe katses (\pm standardviga, $n = 4$)

Figure 4. Raw oil content of spring oilseed rape seeds in Eerika and in Erumäe experiments (\pm standard error, $n = 4$)

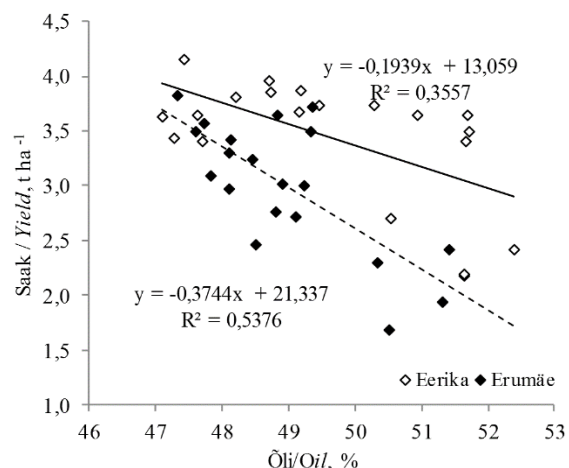
Nii Eerika kui Erumäe katses oli ülejäänud katsevariantidest suurima õlisisaldusega lehevätist saanud põllulappide (MILV) suvirapsi seemned, olles põldkatses 1,3–1,7% ja tootmiskatses 0,5% võrra suuremad kui teistes mullainfo põhjal väetatud katsevariantides.

Lääniste jt (2004) andmetel suurendab mikroelementide lisamine rapsiseemnete õlisisaldust. Katsetes kasutatud lehevätis Nutricomplex sisaldas väävlit.

Rapsiseemnete õlisisaldus oli negatiivses korrelatsioonis seemnesaagiga (Eerikal $r = 0,64$; $P \leq 0,05$ ja Erumäel $r = 0,84$; $P \leq 0,01$, joonis 5), mis viitab sellele, et suure seemnesaagiga kaasneb üldjuhul ka seemnete väiksem õlisisaldus. Samas näitab nõrgem korrelatiivne seos Eerika katsealalt kogutud rapsiseemnete õlisisalduse ja saagi vahel ka suuremat väetusvõtete mõju seosele kui Erumäe katses. Mitmete uurimistulemuste andmed kinnitavad, et seda võis põhjustada rapsitaime lammastikuga varustatuse taseme tõus. Näiteks Rathke jt (2005) ja Ahmad jt (2007) katsetes ilmes negatiivne seos rapsiseemnete toorõlisisalduse ja lammastikväetiste annuste vahel. Kuid mitmete autorite (Grant, Bailey, 1990; Malhi jt, 2007; Järvan, 2011) andmetel suurendavad väävlit sisaldavad lammastikväetised või lisaks lammastikväetistele antud väävlühendid nii rapsi seemnesaaki kui ka õlisisaldust.

Suivirapsi õlisaak

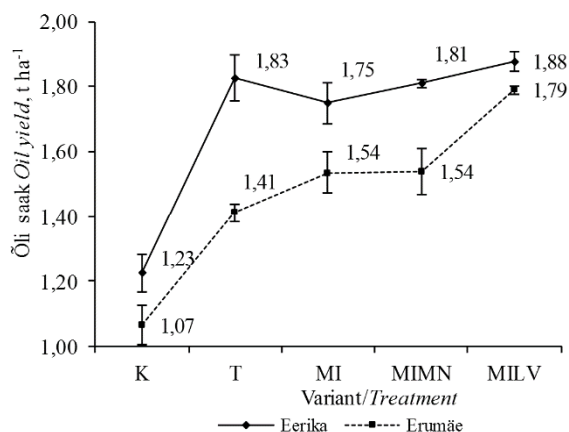
Erumäe tootmiskatses saadi suurimad õlisaagid samadelt katsevariantidelt (MI, MIMN ja MILV, joonis 6) kust saadi ka suurimad seemnesaagid, vastavalt 1,5, 1,5 ja 1,8 $t\ ha^{-1}$. Sealjuures oli märgata, et Eerika katse üldiselt madalama toorõli toodangu taustal tõusis Erumäe lehevätisega väetatud katsevariandi (MILV) õlisaak ligilähedaseks Eerika katse sama katsevariandi saagiga. Kuid Eerika põldkatses andsid õlisaagi osas enam-vähem võrdseid tulemusi kõik katsevariandid peale väetamata kontrollvariandi, kus see oli väiksem. Samas lehevätist saanud katsevariandis oli õlitoodang üks suuremaid, statistiliselt usutav 6,9%-line erinevus siiski vaid kontrolli (K) ja ülejäänud katsevariantide vahel (joonis 6). Kokkuvõttes saab järeldada, et õlisaak olenes rapsi seemnesaagist ja seemnete õlisisaldusest.



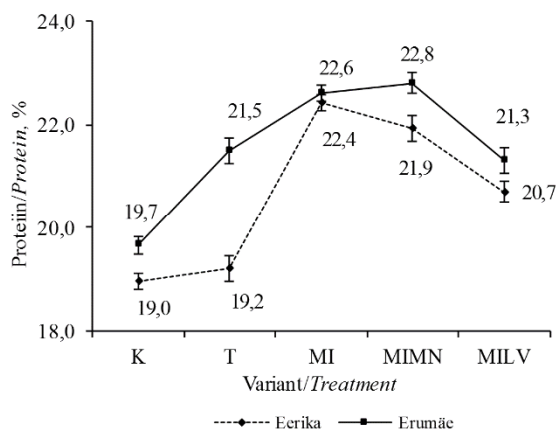
Joonis 5. Seos rapsiseemnete toorõli ja rapsi seemnesaagi vahel Eerika põld- ($r = 0,60$; $p \leq 0,05$; $n=20$) ja Erumäe tootmiskatses ($r = 0,73$; $p \leq 0,01$; $n = 20$)

Figure 5. Relationship between oil content and yield of rape seeds in in Eerika experimental ($r = 0,60$; $p \leq 0,05$; $n = 20$) and Erumäe production field experiments ($r = 0,73$; $p \leq 0,01$; $n = 20$)

Juureväliseks väetamiseks kasutatud Nutricomplex väetis sisaldas lisaks mikroelementidele väävlit ja sellega väetamisel ilmnis katsevariandis MILV võrreldes teiste kasvukohapõhise väetamise meetoditega (MI ja MIMN) tendents rapsi seemnesaagi, seemnete õlisisalduse ja seeläbi toorõli toodangu suurenemisele.



Joonis 6. Suvirapsi toorõli saak ($t\ ha^{-1}$) Eerika ja Erumäe katsetes (\pm standardviga, $n = 4$)
Figure 6. Raw oil yield ($t\ ha^{-1}$) of spring oilseed rape in production field of Eerika and Erumäe (\pm standard error, $n = 4$)



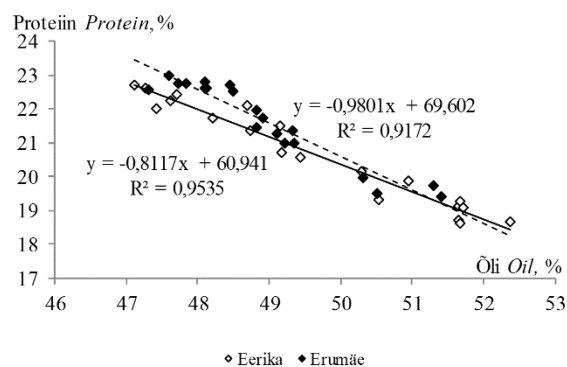
Joonis 7. Suvirapsi seemnete proteiinisaldus (\pm standardviga; $n = 4$)
Figure 7. Protein content of spring oilseed rape seeds in Eerika and in Erumäe experiments (\pm standard error, $n = 4$)

Rapsiseemnete proteiinisaldus

Suvirapsi seemnete proteiinisaldust mõjutasid katsevariandid erinevalt, kus Eerika katse rapsiseemned sisaldasid vähem proteiini (joonis 7). Võrreldes väetamata (K) ja tavaväetamise (T) katsevariantidega olid mõlema katseala MI ja MIMN variantide rapsiseemnete proteiinisaldused usutavalt suuremad ($p < 0,05$), kusjuures Eerika katses oli tõus MI variandis võrreldes tavaväetamisega (T) 16,7%. Lämmastikuga väetamine tõstab üldjuhul rapsiseemnete proteiinisaldust (Behrens jt, 2001; Rathke jt, 2005), kuid need

uuringud on näidanud, et rapsiseemnete proteiinisaldus ei tõuse mulda viidud N annuse pideval suurenemisel ühtlaselt. Sellist tõusu täheldati vaid kõrgematel lämmastikuannustel (Karaaslan, 2008). Ilmnis, et rapsi kasvuaegne täiendav väetamine mulda viidud mineraalse lämmastikuga katsevariandis MIMN soodustas seemnete proteiinisalduse tõusu. Seevastu leheväetistega kasvuaegne pritsimine (MILV) jättis aga Erumäe tootmiskatses proteiinisalduse tavaväetamisega (T) samale tasemele, Eerika põldkatses aga tõstis seda 7,8%.

Rapsiseemnete proteiinisaldus oli tugevas negatiivses seoses õlisisaldusega (joonis 8). Erinevalt seosest seemnete õlisisalduse ja saagi vahel (joonis 5), on seosed õlisisalduse ja seemnete proteiinisalduse vahel ($r = 0,98$; $P \leq 0,001$ ja $r = 0,96$ $P \leq 0,001$) tunduvalt tugevamad ja näitavad, et katsete eri väetusvariandid, sealhulgas ka leheväetamine, sellele seosele mõju ei avalda.



Joonis 8. Seos rapsiseemnete toorõlisisalduse ja proteiinisalduse vahel Eerika põld- $r = 0,98$; $p \leq 0,01$; $n = 20$) ja Erumäe tootmiskatses ($r = 0,96$; $p \leq 0,01$; $n = 20$)
Figure 8. Relationship between raw oil content and protein content of rape seeds in Eerika experimental field ($r = 0,98$; $p \leq 0,01$; $n = 20$) and Erumäe production field experiment ($r = 0,96$; $p \leq 0,01$; $n = 20$)

Seemnete erukaahappe sisalduses puudusid väetatud variantide vahelised selgesuunalised erinevused. Samas aga ei ületatud erukaahappe sisalduses üheski katsevariandis rapsiseemnete kokkuostul kehtestatud kvaliteedinõuete piirmäära – 2%.

Järeldused

Uurimus tugineb Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Rõhu katsejaamas paikneva Eerika põldkatse ja Tartu maakonnas asuva Pilsu talu Erumäe tootmispõllul korraldatud tootmiskatse andmetele. Neil aladel kasvatati 2012. a suvirapsi, mille eelviljaks oli suvinisu. Katsevariante oli viis. Erumäe tootmiskatses saadi mulla toitainesisalduse info alusel väetatud ning täiendavat mineraalset lämmastikku saanud aladelt (MIMN) arvestatav seemne- ja õlisaagi tõus võrreldes tavaviljelusega (T). Võrreldes tavaväetamisega oli Eerika põldkatses leheväetise kasutamisel 6,6% võrra suurem saak ja Erumäe tootmiskatses oli see 21,6% võrra suurem.

Rapsiseemnete toorõlisisaldus oli kohtpõhise väetamise variantides madalam kui väetamata ja tavavariantides. Mõlemas katses olid ülejäänud variantidest suurimad õlisisaldused leheväetist saanud lappide (MILV) suvirapsi seemnetes, olles põldkatses 1,3 – 1,7% ja tootmiskatses 0,5% võrra suuremad kui ülejäänud mullainfo põhjal väetatud variantides. Mõlemas katses aitas mikroelemente, sh väävlit sisaldav leheväetis kaasa rapsiseemnete õlisisalduse tõusule. Võrreldes väetamata (K) ja tavaväetamise (T) variantidega olid mõlema katseala MI ja MIMN variantide rapsiseemnete proteiinisisaldused usutavalt suuremad. Ilmnes ka, et rapsi õlisisaldus oli negatiivses seoses rapsi seemnesaagiga ja negatiivses seoses ka seemnete proteiinisisaldusega.

Tänuavaldus

Artikli autorid avaldavad tänu Eesti Põllumajandusministeeriumile, kes toetas käesolevat uurimistööd arendusprojekti T11027PKTM raames.

Kasutatud kirjandus

- Ag Leader Technology tootekataloog. 2013. SMS tarkvara. Ag Leader Technology korporatsioon, 37–41.
- Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M.T., Khattak, R.A. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. – Journal of Zhejiang University Science B, 8 (10), 731–737.
- Behrens, T., Horst, W.J., Wiesler, F. 2001. Effect of rate, timing and form of nitrogen application on yield formation and nitrogen balance in oilseed rape production. In: Plant Nutrition: Food Security and Sustainability of Agro-Ecosystems through Basic and Applied Research (eds. W.J. Horst *et al.*). – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 800–801.
- Colnenne, C., Meynard, J.M., Reau, R., Justes, E.J., Merrien, A. 1998. Determination of critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. – Annals of Botany, 81, 311–317.
- Crozier, C.R., Heiniger, R.W. 1998. Soil sampling for precision farming systems. Soil Facts. North Carolina Cooperative Extension Service, AG-439–36, 6 pp.
- FAO, 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006, Second Edition. World Soil Resources Report 103. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Grant, C.A., Bailey, L.D. 1990. Fertility management in canola production. In: Proceed. International Canola Conference, April 1990, Atlanta, GA, USA. Potash and Phosphate Institute, Atlanta, GA, USA, 651–670.
- Jordan, C., Smith, R.V. 2005. Methods to predict the agricultural contribution to catchment nitrate loads designation of nitrate vulnerable zones in Northern Ireland. – Journal of Hydrology, 304 (1), 316–329.
- Järvan, M. 2011. Rapsi tootmiskatsed Viljandimaal Auksis. – Põllukultuuride saak ja kvaliteet sõltuvalt agrotehnikast (koostaja M. Järvan), Saku, 65–70.
- Järvan, M. 2006. Lehekaudsest väetamisest. – EMVI infoleht nr 188, 4 lk.
- Kaarli, K. 2003. Õlikultuuride kasvataja käsiraamat. – Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium. Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku, 30 lk.
- Karaaslan, D. 2008. The effect of different nitrogen doses on seed yield, oil, protein and nutrient contents of sprint rape. – Pakistan Journal of Botany, v.40 (2), 807–813.
- Kevvai, L., Kärblane, H. 1996. Väetiste kasutamine. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat (koost. H. Kärblane), Tallinn, 285 lk.
- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Kutti, J. 2012. Suvinisu väetamine lähtuvalt kasvukoha taimetoitainete sisaldusest. – Agraarteadus, XIII (2), 3–10.
- Kuht, J., Tõrra, T., Kilgi, J., Makke, A. 2013a. Suvinisu terasaak ja kvaliteet olenevalt kasvukohapõhisest väetamisest. – Agraarteadus, XXIV (2), 65–70.
- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J. 2013b. Kasvukohapõhise väetamise mõju suvirapsi saagile ja seemnete õlisisaldusele (toim. T. Kangor, S. Tamm, R. Lindepuu). – Agronoomia 2013, Jõgeva Sordiretuse Instituut, 90–97.
- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Nugis, E. 2013c. Effect of site-based precision fertilisation on yield and oil content of spring oilseed rape seeds. – Agronomy Research, 11 (1), 67–72.
- Kwiatkowski, C.A., Gawęda, D., Drabowicz, M., Haliniarz, M. 2012. Effect of diverse fertilization, row spacing and sowing rate on weed infestation and yield of winter oilseed rape. – Acta Scientiarum Polonicum Agricultura, 11 (4), 53–63.
- Ludowicy, C., Schwaiberger, R., Leithold, P. 2002. Precision Farming: handbuch für die Praxis I. – Aufl., DLG Verlag, 350 p.
- Lääniste, P., Jõudu, J. Eremeev, V. 2004. Oil content of spring oilseed rape seeds according to fertilization. – Agronomy Research, 2 (1), 83–86.
- Malhi, S.S., Gan, Y., Raney, J.P. 2007. Yield, seed quality, and sulfur uptake of brassica oilseed crops in response to sulfur fertilization. – Agronomy Journal, 99, 570–577.
- Orlovius, K. 2003. Oilseed rape. In: Fertilizing for High Yield and Quality (ed. E.A. Kirbky), IPI Bulletin, Basel, 16, 125 pp.
- Nugis, E., Võsa, T., Vennik, K., Müüripeal, M., Kuht, J. 2009. Usability tests by DGPS for assessment of growth conditions for crops and soil physical properties. In: Jubileuszu XX- Lecia Katedry Maszyn rolniczych i Lesnych: Miedzynarodowa Konferencja Naukowa, Warszawa, Poland, 22–23 September 2009, 84–87.
- Põllumajandusuuringute Keskus, 2013. Väetistarbe gradatsioon, 2 lk. http://www.pmk.agri.ee/files/f308/Meh3GRADATSI_OON_2013.doc
- Parker, R. 2009. Plant and Soil Science: Fundamentals and Applications. Delmar, NY, USA, 797 pp.
- Rathke, G.-W., Christen, O., Diepenbrock, W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.)

- grown in different crop rotations. – *Field Crops Research*, 94, 2–3, 103–113.
- Robinson, E. 2007. GPS, GIS, VR, and remote sensing technologies continuing to evolve. – *Southeast Farm Press*, 34 (28), 12 p.
- Roostalu, H. 2014. Muldade väetistarbe meetodid, analüüsitulemuste tõlgendamine ja usaldusväärsus, ning kasutamine põllumajandusettevõttes. <http://www.slideshare.net/meitjurgens/muldade-vaetistarbe-meetodid-analysitulemuste>
- Schjoerring, J.K., Bock, J.G.H., Gammelvind, L., Jensen, C.R., Mogensen, V.O. 1995. Nitrogen incorporation and remobilization in different shoot components of fieldgrown winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) as affected by rate of nitrogen application and irrigation. – *Plant and Soil*, 177, 255–264.
- Statsoft 2005. Statistica 7.0. Copyright 1984–2005. Tulka, OK, USA, 716 pp.
- Santhi, C., Muttiah, R.S., Arnold, J.G., Srinivasan, R. 2005. A GIS-based regional planning tool for irrigation demand assessment and savings using SWAT. – *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 48 (1), 137–147.
- Stiekema, H. 2012. The Ag Leader OptRX Crop Sensor. Ag Leader Technology Inc., Ag Leader Europe bv, 4 pp.
- Võsa, T., Nugis, E., Vennik, K., Meripõld, H., Viil, P., Kuht, J. 2009. Some possibilities of studying the precision farming in Estonia, methods and results of complex investigation (eds. D. Li, C. Zhao). – *Computer and Computing Technologies in Agriculture II*, Springer. IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol. 293, 1–7.
- Viil, P., Tamm, K., Plakk, T., Koik, E., Vettik, R., Võsa, T., Siim, J. 2010. Rapeseed in research and daily problems (ed. J. Siim). – Saku, 2010, 85 pp. (summary in English)
- Yara. 2012. Oilseed rape. Yara's complete guide for the oilseed crop. Yara UK Limited, 20 pp.
- growing period. Five treatments were used: control treatment (without fertilizers, K), conventional fertilizing system (T), fertilization using site-specific soil agro-chemical information (MI), fertilization using site-specific information with additional mineral nitrogen fertilizer (MIMN), and site-specific fertilization with additional foliar nitrogen fertilizer (MILV). In the two last treatments (MIMN and MILV) the need for fertilization was determined from vegetation index (VI) measurements of rape plants by a SPAD N- tester (in field trial) or by an OptRx device (in the production experiment). The highest seed and oil yield was achieved in the treatments fertilized by site-specific soil nutrients information with additional foliar nitrogen fertilizer (MILV). Comparing the conventional fertilization (T) to the foliar fertilization (MILV), 6.6% and 21.6% higher rape seeds yields were obtained from the field experiment and production experiment, respectively. Comparing conventional treatments (T) with fertilization by site-specific information and with additional mineral nitrogen fertilizer (MIMN) in the Erumäe production field experiment, an acceptable seed and oil yield increase was achieved on the plots treated with additional mineral nitrogen fertilizer (MI, MIMN and MILV). The oil contents in the spring oilseed rape seeds in the control and in conventional treatments were higher compared to the other treatments. In both experiments, the highest spring rape seeds oil content was obtained from the background foliar fertilizer plots (MILV) – in the field experiments this was 1.3–1.7% while in the production experiment this was 0.5% higher than on the soil information fertilized treatments. There was a negative correlation between the oil content and seed yield $R = 0.6^*$ (in Eerika) and $R = 0.73^{**}$ (in Erumäe). Comparing the control (K) and conventional fertilization (T) treatments in both experiments, the spring rape seed protein content in MIMN was significantly higher, whereas the increase in the protein content in the Erumäe experiment was 16.7% in the MI treatment. There was also a negative correlation between the oil content and protein content in the spring oilseed rape seeds, $R = 0.98^{***}$ (in Eerika) and $R = 0.96^{***}$ (in Erumäe).

Effect of site based fertilization on spring oilseed rape yield and seed quality

Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Jaanus Kilgi
*Estonian University of Life Sciences,
 Institute of Agricultural and Environmental Sciences,
 Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia*

Summary

The study was based on the Eerika experimental field data of the Rõhu experimental station of the Estonian University of Life Sciences, and on the Erumäe production field data in Tartu County. The preceding crop was spring wheat. Precision fertilization is based on soil agro-chemical analysis, and these data were used for setting the pre-sowing fertilizer amounts and vegetation index (VI) measurements of the spring rape plants to determine the need for N fertilizer during the