



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Kervin Adamson

**VÄETAMISE MÕJU VAHEKULTUURIDE BIOMASSILE JA
TOITAINETE SIDUMISELE**

**THE EFFECT OF FERTILIZATION ON COVER CROP
BIOMASS AND NUTRIENT ACCUMULATION**

Bakalaureusetöö
Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendajad: Enn Lauringson, PhD

Liina Talgre, PhD

Merili Toom MSc

Tartu 2020

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Kervin Adamson		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine (119337)	
Pealkiri: Väetamise mõju vahekultuuride biomassile ja toitainete sidumisele			
Lehekülgi: 40	Jooniseid: 24	Tabeleid: 2	Lisasid: 1
Osakond / Õppetool: Taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: B390 Taimekasvatus Juhendaja(d): Enn Lauringson PhD, Liina Talgre PhD, Merili Toom MSc Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2020			
<p>Vahekultuuride kasvatamine külvikorras aitab vältida toitainete leostumist põhikultuuride vahelisel perioodil ja parandada mullaviljakust. Vahekultuuride efektiivseks toitainete sidumiseks on vajalik tagada nende suur biomass. Bakalaureusetöö eesmärgiks on selgitada välja väetamise mõju vahekultuuride biomassile ja toitainete sisaldumisele. Töö käigus analüüsiti kokku nelja erinevat katset (ETKI katse, OÜ Rannu Seeme katse ja kaks katset OÜ Erumäe Kari maadel), mis viidi läbi 2016-2019. aastatel. Katsetes kasutati erinevaid vahekultuuride segusid mida väetati kas mineraalse lämmastikväetisega või orgaanilise väetisega. ETKI katses kasutatud neljast vahekultuurist (kesaredis, keerispea, valge sinep ja tatar) avaldas mineraalväetise kasutamine usutavat mõju vaid kesaredise biomassile. OÜ Rannu Seeme katses uuriti väetamise mõju kahele vahekultuuride segule: Segu H (põldhernes, keerispea ja tatar) ning Segu V (talivikk, keerispea ja tatar). Mineraalväetisega väetamine mõjutas rohkem Segu H-d. OÜ Erumäe Kari maadele rajati vedelsõnnikuga väetamise katse kahel aastal. Vedelsõnnikuga väetamine suurendas mõlemal aastal vahekultuuride biomassi. Töös selgus, et nii mineraal- kui orgaaniline väetamine mõjutab vahekultuuride biomassi ja toitainete sidumist. Antud töö on ka edasiuurimise perspektiivi. Uurida saaks näiteks toitainete leostumist või vedelsõnniku mulda viimist koos vahekultuuride seemnetega.</p>			
Märksõnad: Vahekultuurid, orgaaniline aine, väetamine.			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bachelor's Thesis	
Author: Kervin Adamson		Curriculum: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: The effect of fertilization on cover crop biomass and nutrient accumulation			
Pages: 40	Figures: 24	Tables: 2	Appendixes: 1
Department / Chair: Chair of Crop Science and Plant Biology Field of research and (CERC S) code: B390 Crop Science Supervisors: Enn Lauringson PhD, Liina Talgre PhD, Merili Toom MSc Place and date: 2020, Tartu			
<p>In the modern agricultural sector, it is important to place great emphasis on maintaining and improving soil health. Healthy soil with high content of organic matter is the basis of successful agriculture. Cover crops are grown in fallow periods of cropping systems to protect the soil from nutrient loss and improve soil fertility. For sufficient nutrient accumulation, it is essential to produce high amount of biomass. The aim of the study was to evaluate the effect of fertilization on the biomass and nutrient accumulation of cover crops. Four different experiments were carried out between 2016-2019 at Estonian Crop Research Institute (ECRI), OÜ Rannu Seeme and OÜ Erumäe Kari. Different cover crop mixtures used in the experiments were fertilized with either a mineral or organic fertilizer. Of the four cover crops used in the ECRI experiment (forage radish, phacelia, white mustard and buckwheat), the use of mineral fertilizer had effect only on the biomass of forage radish. The effect of fertilization were studied in the experiment of OÜ Rannu Seeme on two mixtures of catch crops: Mixture H (field pea, phacelia and buckwheat) and Mixture V (hairy vetch, phacelia and buckwheat). Fertilization with mineral fertilizer had a greater effect on Mixture H. In the two year experiment at OÜ Erumäe Kari, liquid manure fertilization increased the biomass of cover crops in both years. The study indicated that both mineral and organic fertilizers affect biomass and nutrient accumulation of cover crops. Further research seems necessary to investigate nutrient leaching and the incorporation of liquid manure into the soil with cover crop seeds.</p>			
Keywords: Cover crops, organic matter, fertilization.			

SISUKORD

1. VAHEKULTUURIDE MÕJU	7
1.1 Vahekultuuride mõju mullale	7
1.2 Vahekultuuride mõju mulla toitainete sisaldusele.....	7
1.3 Vahekultuuride mõju mulla elustikule	8
1.4 Vahekultuuride mõju umbrohtumusele	8
1.5 Vahekultuuride mõju taimehaigustele	9
1.6 Vahekultuuride mõju putukatele	9
1.7 Vahekultuuride väetamine.....	10
2. KATSES KASUTATUD VAHEKULTUURIDE LÜHITUTVUSTUS.....	12
2.1 Kesaredis (<i>Raphanus sativus</i> var. <i>longipinnatus</i>)	12
2.2 Harilik keerispea (<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.).....	12
2.3 Valge sinep (<i>Sinapis alba</i> L.)	12
2.4 Tatar (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench)	13
2.5 Hernes (<i>Pisum sativum</i> L.)	13
2.6 Talivikk (<i>Vicia villosa</i> Roth)	13
2.7 Aleksandria ristik (<i>Trifolium alexandrinum</i> L.)	14
3. MATERJAL JA METOODIKA.....	15
3.1 Katsealade kirjeldus.....	15
3.2 Andmete kogumise ja analüüsi meetoodika.....	16
3.3 Katseperioodi ilmastik.....	16
3.3.1 Jõgeva ilmastik 2016. aasta augustis, septembris ja oktoobris.....	16
3.3.2 Rannu Seeme OÜ katseperioodi ilmastik.....	17
3.3.3 Erumäe Kari OÜ katseperioodi ilmastik 2018. aastal	18
3.3.4 Erumäe Kari OÜ katseperioodi ilmastik 2019. aastal	18
4. TULEMUSED JA ARUTELU.....	20
4.1 ETKI katse.....	20
4.2 Rannu Seeme OÜ katse	23
4.3 Erumäe Kari OÜ katse.....	28
4.3.1 Erumäe Kari OÜ katse 2018. aastal.....	28
4.3.2 Erumäe Kari OÜ katse 2019. aastal.....	31
KASUTATUD KIRJANDUS	36
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	40

SISSEJUHATUS

Tänapäevases ühiskonnas on palju tähelepanu pälvinud jätkusuutliku põllumajandamise edasiarendamine. Jätkusuutliku põllumajandamise all peetakse silmas vajadust kaitsta bioloogilist mitmekesisust ja säilitada keskkonna tasakaal. Üheks võimaluseks seda teha on vahekultuuride kasutamine külvikorras.

Vahekultuure kasvatatakse põhikultuuride vahelisel perioodil, et tagada pinnakaetus ja vähendada toitainete leostumist mullas. Vahekultuure saab kasutada nii tava- kui mahetootmises, kuid kõige rohkem leiab see kasutust mahepõllumajanduslikes ettevõtetes. Vahekultuurid külvatakse pärast varavalmivate kultuuride (taliteraviljad, varajased suviteraviljad jne) koristust sügistalviseks perioodiks, aga ka kevadel, suviseks, taliviljade eelseks perioodiks. Vahekultuuride liikide valikul on tähtis, et need oleksid kiire algarenguga ja suure biomassi moodustamise võimega ning allelopaatiliste omadustega (Zuk – Golaszewska *et al.* 2018). Vahekultuuride tähtsus seisneb eelkõige toitainete leostumise ja mullaerosiooni vältimises. Vahekultuurid aitavad tõsta mullaviljakust ning vähendada umbrohtumust, haigustekitajaid ja kahjurputukaid (Baldwin, Creamer 2006). Seetõttu on vahekultuuride abil võimalik minimaliseerida pestitsiidide kasutamist ja leevendada teravilja monokultuurilist mõju. Vahekultuuride biomassi mulda viimine parandab põhikultuuride saagikust, saagi kvaliteeti ja suurendab saagi jaoks vajalike mineraalsete toiteelementide (eelkõige lämmastiku) ja biogeensete elementide nagu vesinku, süsiniku või hapniku kättesaadavust (Zuk –Golaszewska *et al.* 2018). Vahekultuuride tõhusust mõjutab põhikultuur, vahekultuuri liik, umbrohtude liigiline koosseis ja keskkonnatingimused. Vahekultuure väetades suudavad vahekultuurid kasvatada suurema biomassi ja rohkem toitaineid siduda. Kui vahekultuurid enne põhikultuuri külvi mulda viia, on sealt vabanevad toidained põhikultuuride kergesti omastatavad (Singer *et al.* 2008).

Bakalaureusetöö eesmärgiks on selgitada välja väetamise mõju vahekultuuride biomassile ja toitainete sisaldumisele.

Töö hüpotees on: Mineraalväetisega või vedelsõnnikuga väetamine suurendab vahekultuuride biomassi ja toitainete sidumist.

Avaldan tänu bakalaureusetöö valmimise eest oma juhendajatele: Enn Lauringsonile, Liina Talgrele ja Merili Toomele. Veel tahan tänada Eesti Taimikasvatuse Instituuti, OÜ Rannu Seemet ja OÜ Erumäe Karja põldkatsete võimaldamise eest ning Eesti Maaülikooli Mullateaduse õppetooli labori kasutamise võimaldamise eest. Töö valmimist on toetanud projekt "Põhikultuuride järel vahekultuurina kasvatamiseks sobivate liikide ja segude ning nende viljelemiseks sobiva agrotehnika väljatöötamine“.

1. VAHEKULTUURIDE MÕJU

1.1 Vahekultuuride mõju mullale

On teada, et vahekultuurid vähendavad mulla erosiooni ning suurendavad orgaanilise aine sisaldust mullas ja mulla mikroobide aktiivsust (Haruna, Nkongolo 2015). Samuti avaldavad vahekultuurid suurt mõju mulla veerežiimile. Vahekultuuride positiivne mõju seisneb vee infiltratsiooni parandamises ja seega liigniiskest pinnasest vee eemaldamises ning ka aurumise vähendamises, mis loob soodsad tingimused järgmise kultuuri õigeaegseks külvamiseks.

On leitud, et vahekultuuride kasutamine haljasväetisena aitab lisaks vihmausside arvukuse tõusule kaasa ka mulla lasuvustiheduse vähendamisele, viimast just sügava juurekavaga kultuuride puhul (Lauringson *et al.* 2009) ja suurendab mulla veehoiuvõimet ning vee läbilaskvust (Talgre *et al.* 2015). Kõik see omakorda vähendab ajutiselt liigniiskete alade teket ja taimede põuakartlikust. Äärmuslikult kuivades tingimustes võib vahekultuuride mõju olla ka negatiivne, piirates järgmise kultuuri jaoks vajaliku vee kättesaadavust (Unger, Vigil 1998).

Vahekultuurid parandavad mulla bioloogilisi, keemilisi ja füüsikalisi omadusi (Dabney *et al.* 2007). Kui külvikorras kasutatakse vahekultuure, suurendab see märgatavalt mulla süsinikuvarusid (Kauer *et al.* 2015). Mulla orgaanilise aine sisalduse suurenemine vähendab ka mulla happesust (Talgre, Luik 2018). Happeline muld pärsib taimetoitainete kättesaadavust ning seeläbi ka taimede kasvu ja saagikust, kuna enamik taimi eelistavad neutraalset või nõrgalt happelist mulda.

1.2 Vahekultuuride mõju mulla toitainete sisaldusele

Toitainete leostumine on tänapäeva põllumajanduses ja keskkonnas väga suureks probleemiks, kuna see on kahjulik nii keskkonnalisest kui ka majanduslikust aspektist. Seoses kliima soojenemisega on leostumine muutumas aina suuremaks probleemiks, sest

külmasid talvesid, mil mullakoorik läbi külmuks, on jäänud järjest vähemaks. Sellega seoses otsitakse pidevalt võimalusi, kuidas toitainete leostumist mullast vähendada.

Vahekultuurid aitavad vähendada toitainete leostumist mullast ja suurendavad nende kättesaadavust põhikultuuridele (Toom *et al.* 2019 a). Talvised vahekultuurid külvatakse pärast varakult koristatava põhikultuuri koristust hilissuvel või sügisel ja küntakse mulda kevadel, enne uue kultuuri külvi. Kõrrelised ja ristõielised vahekultuurid seovad ainult põhikultuuride väetamisest üle jäävat mullalämmastikku (Kramberger *et al.* 2010), kuid samas on liblikõieliste vahekultuuride juurestiku ümber koondunud mügarbakterite kolooniad, mis aitavad taimel siduda ka õhulämmastikku (Büchi *et al.* 2015). Tähtis on, et talvine vahekultuur saaks sügisel piisavalt pika kasvuaja oma biomassi suurendamiseks ja lämmastiku endasse fikseerimiseks. Kuna meie regioonis võib sügisel kasvuperiood lühikeseks jääda, siis tuleks külviaja valikul sellega arvestada (Toom *et al.* 2019 a).

1.3 Vahekultuuride mõju mullaelustikule

Vahekultuuride biomass suurendab mikroobide hulka mullas (Finney *et al.* 2017). Kuna vahekultuurid suurendavad mulla orgaanilise aine sisaldust siis nendes muldades, kus kasvatatakse vahekultuure, on märgata ka vihmausside osakaalu suurenemist (Reintam *et al.* 2015).

1.4 Vahekultuuride mõju umbrohtumusele

Kuna umbrohud võivad põhjustada 40-60% põllukultuuride saagikadudest, tuleb umbrohutõrjele suurt tähelepanu pöörata (Rugare *et al.* 2018). Mahetootjatel pole lubatud kasutada sünteetilisi herbitsiide, seega vajavad nad umbrohutõrjeks alternatiivseid variante. Üheks herbitsiidide alternatiiviks oleks vahekultuuride kasutamine külvikorras. Vahekultuurid lämmatavad ja varjutavad umbrohtusid, et need ei saaks piisavalt õhku, valgust ja toitaineid.

Isegi kui vahekultuur hukkub, pärsib see siiski umbrohtude kasvu. Mullapinnale jääv biomassi kiht toimib multšina ja hoiab kevadel mullatemperatuuri madalal, ei lase valgust läbi ning mõjutab mullaniiskust (Baldwin, Creamer 2006).

Mõningatel vahekultuuri liikidel on ka allelopaatiline toime. Näiteks ristõielised sisaldavad väävliühendeid, mis on võimelised pärssima umbrohtude ja mullapatogeenide levikut (Haramoto, Gallandt 2004). Ka rukkil on hea allelopaatiline toime umbrohtudele, nimelt eritab rukki juurestik ainet, mis pärsib mõningate umbrohuseemnete idanevust (Managing Cover Crops... 2012).

1.5 Vahekultuuride mõju taimahaigustele

Vahekultuuride mõju taimahaigustekitajatele võib olla positiivne, negatiivne või neutraalne. See mõju varieerub suuresti sõltuvalt konkreetsetest asjaoludest ja olukorrast. Vahekultuur võib haiguse põhikultuurile üle anda, olles ise peremeesorganism, seda eriti sel juhul, kui vahekultuuri jäägid jäävad mullapinnale ja ei segata korralikult mullaga läbi - siis võivad patogeenid biomassist toitudes ellu jääda ja kanduda üle põhikultuurile. Samas aga võivad mõned, näiteks ristõielised vahekultuurid hoopis vähendada patogeenide hulka mullas. See võib tulla otsesest antagonismist või ka konkurentsist saadaoleva vee, energia ja toitainete pärast (Baldwin, Creamer 2006). Ka mullaharimine kannab väga tähtsat osa patogeenide hävitamises. Minimeeritud mullaharimine võib kaasa tuua haiguste leviku kiire tõusu, kuna patogeenid säilivad vähese harimise puhul mullas paremini (Garbeva *et al.* 2004). Minimeeritud harimise korral aitaks seda probleemi leevendada vahekultuuride kasvatamine.

1.6 Vahekultuuride mõju putukatele

Vahekultuurid on toiduks ja elupaigaks paljudele kasulikele putukatele, kes aitavad vähendada kahjurputukate arvukust ja umbrohtusid (Talgre, Eremeev 2012). Talvised vahekultuurid soodustavad jooksiklaste arvukuse suurenemist, kuna pakuvad neile paremaid talvitumisvõimalusi (Kruus *et al.* 2012). Jooksiklased on põllumehele kasulikud putukad. Osa neist on röövtoidulised, kes toituvad kahjuritest ja osa on taimtoidulised, kes tarvitavad toiduks umbrohtude seemneid (Honek *et al.* 2003, Lundgren 2009). Seega on nad põllul abiks nii kahjurite kui umbrohtude allasurumisel.

1.7 Vahekultuuride väetamine

Vahekultuuride väetamine aitab parandada põhikultuuri toitainete kättesaadavust, kuna tänu väetamisele kasvatavad vahekultuurid suurema biomassi ja koguvad endasse rohkem toitaineid. Hiljem on vahekultuuride poolt omastatud toitained põhikultuurile paremini omastatavad (Singer *et al.* 2008). Väetamine vedelsõnnikuga soovitatakse läbi viia vahetult enne vahekultuuride külvi (Reichinger 2016), et vältida lämmastiku lendumist.

Kui vahekultuure kasvatada ainult erosiooni vältimise ja veekaitse eesmärgil, siis enamasti piisab vajaliku biomassi kasvatamiseks mulla lämmastikuvarudest. Kui on tegemist põuase aastaga, siis põhikultuur suudab vähem lämmastikku mullast omastada ning sel juhul jääb vahekultuuride kasvatamiseks mulda piisavalt lämmastikku (Schmidt, Gläser 2013). Kui eelkultuuri saak jääb alla 70% kavandatud, siis pole vajadust lisaväetist vahekultuurile anda, kuna mullas on põhikultuuri poolt tarbimata jäänud lämmastik alles. Kui põhikultuurilt saadi planeeritud saagikus ja mulda üleliigset lämmastikku ei jäänud, siis on soovitatav vahekultuuri väetada. Sel juhul on võimalik saavutada vahekultuuri positiivne efekt: huumusevaru suurendamine, kontroll umbrohtude üle, mullakaetus, positiivne fütosanitaarne efekt, erosioonikaitse jne (Strotmann 2019).

Liblikõieliste puhul ei ole lämmastikuvaesed mullad kasvu piiravad tegurid, kuna liblikõielised vahekultuurid suudavad end varustada sümbiootiliste bakterite abil seotud lämmastikuga. Vastupidiselt mitteliblikõielistele vahekultuuridele näitavad liblikõielised ka madala lämmastikusisaldusega muldadel head kasvu. Lämmastiku fikseerimine mügarbakterite poolt on seda suurem, mida varem külv toimub. Väga hilise külvi korral ei moodustu aktiivseid juuremügaraid (Schmidt, Gläser 2013). Liblikõielisi sisaldavate segude eeliseks on õhulämmastiku sidumine. See tähendab, et nende lämmastikuga väetamisest võib loobuda. Liigne väetamine võib avaldada negatiivset mõju liblikõieliste vahekultuuride N sidumisele, kuna kogu lämmastikku ei suudeta muundada biomassiks ja talviste sademetega leostub see sügavamatesse mullakihtidesse (Schmidt, Gläser 2013).

Väetamise eelduseks on, et peab olema piisvalt vegetatsiooniaega biomassi moodustamiseks, millega tagatakse mullakaetus, mulla struktuuri parandamine, toitainete sidumine, umbrohutõrje jne (Mokry *et al.* 2018).

Vahekultuuride väetamisvajaduse hindamisel tuleks aluseks võtta kultuuri väetamisvajadus, määrata kindlaks millise mullaga on tegemist ja tuvastada eelkultuuri mõju mulla toitainete

sisaldusele. Varakult koristatavate lämmastikku tarbivate põhikultuuride järel on soovitatav vahekultuuride mõõdukas lämmastikuga väetamine (20-30 kg/ha). Lisaks peab vahekultuuride väetamine olema alati põllupõhine. Näiteks kui põhk jäetakse põllule, siis on lämmastikumajanduse tasakaalustamiseks vahekultuuride väetamine kasulik (Schmidt, Gläser 2014), kuna laia C/N suhtega põhu lagundamiseks vajavad mikroorganismid lämmastikku.

Erosiooni ohtlikel aladel, kus kiire mullakaetus mängib väga olulist rolli, on otstarbekas lämmastikku rohkem tarbivate vahekultuuride väetamine kiirema biomassi moodustamiseks (Reichinger 2016).

2. KATSES KASUTATUD VAHEKULTUURIDE LÜHITUTVUSTUS

2.1 Kesaredis (*Raphanus sativus var. longipinnatus*)

Kesaredis on mittetalvituv, võimsa peajuurega vahekultuur. Tänu suurele ja sügavale ulatuvale sammasjuurele aitab vähendada mulla tihenemist ja omastab toitained ka sügavamatest mullakihtidest. Vähendab mulla nematoodide hulka ja tänu suurele biomassile hästi ka umbrohtumust (Talgre, Luik 2018; MES Nõuandeteenistus 2014). Kesaredis on umbrohtude tõrjumisel vahekultuurina efektiivne, kuna pakub umbrohtudele suurt konkurentsi toitainete, vee ja valguse osas (Sturm *et al.* 2017).

2.2 Harilik keerispea (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)

Harilik keerispea on Eesti tingimustesse hästi sobituv, kiire kasvualgusega vahekultuur. Tänu kiirele kasvule on hea umbrohtumuse allasurumiseks. Umbes 15 cm pikkuseks kasvava peajuur koos paljude kõrvaljuurtega ja taime maapealse osaga annab märkimisväärse koguse biomassi (Johannes Valk; Talgre, Luik 2018; MES Nõuandeteenistus 2014). Keerispeal ei ole ühiseid haigusi ja kahjureid meil külvikorras kasvatatavate kultuuridega. Seetõttu sobib hästi vahekultuuriks, kuna katkestab haiguste ja kahjurite tsükli (Choosing and managing..., 2012)

2.3 Valge sinep (*Sinapis alba* L.)

Valge sinep on kiire tärkamisega (Brust *et al* 2014) ja kui külvata sellisel ajal, mil päevas on veel vähemalt 13 tundi valget aega siis läheb taim ka kiiresti õitsema (Talgre, Luik 2018). Eeliseks on kasulike seente ja bakterite elutegevuse soodustamine mullas. Struktuurses mullas on juurte areng hea, kuid tihedas ja raskes mullas mitte eriti (MES Nõuandeteenistus 2014). Sobib hästi teraviljarohkesse külvikorda, kus ei kasvatata ristõielisi kultuure. Valge

sinep suudab sügisel ka hilisema külvi puhul märkimisväärse koguse biomassi kasvatada. (Toom *et al.* 2019 b)

2.4 Tatar (*Fagopyrum esculentum* Moench)

Tatral on allelopaatiline toime umbrohtumuse pärssimiseks (Iqbal *et al.* 2003) ning kultuuride juurehaiguste vähendamiseks (Pirogovskaya *et al.* 2004). Tatar vahekultuurina on keskkonnatingimuste suhtes vähenõudlik taim ning seda saab kasvatada ka toitainevaestel muldadel (Popović *et al.* 2014). Tatar on kiire kasvuga kultuur. On tehtud kindlaks, et tatar on võimeline omastama teistele kultuuridele raskesti omastatavat mullafosforit, muutes selle järgnevatele taimedele kergesti omastatavaks (Talgre ja Luik, 2018).

2.5 Hernes (*Pisum sativum* L.)

Tegemist on liblikõielise kultuuriga, mis suudab juurtel kinnituvate mügarbakterite abil siduda õhulämmastikku. (Talgre, Luik 2018). Vajadusel sobib hernes kasvatamiseks ka kuivematel muldadel, kuna selle juurekava on võimeline kuival perioodil sügavamatest mullakihtidest vett kätte saama (Benjamin, Nielsen 2006).

2.6 Talivikk (*Vicia villosa* Roth)

Talivikki vahekultuurina tasub külvata aladele kus põhikultuurist on mulda jäänud palju lämmastikku ja on oht selle põhjavette leostumisele, kuna talivikk on väga hea mullalämmastiku siduja (Rosecrance *et al.* 2000). Lisaks seob talivikk mügarbakterite abil õhulämmastikku. Talivikk on hea talvituja, seega sobib meie kliimasse väga hästi (Toom *et al.* 2018 b). Seda on kinnitanud ka Taanis tehtud uuringud, kus Mueller ja Thorup-Kristensen (2001) leidsid, et tegu on ühe talvekindlama üheaastase liblikõielisega. Nõrga varre tõttu sobib eelkõige segudesse, kus saab teistele taimedele toetuda.

2.7 Aleksandria ristik (*Trifolium alexandrinum* L.)

Liblikõieline, sümbisoosis mügarbakteritega on võimeline õhulämmastikku siduma. Aleksandria ristik on külmakartlik ja põhjamaiseid talvesid üle ei ela (Toom *et al.* 2018 b) ning sügisel külvatuna jääb ka biomassi kasv tagasihoidlikuks, seega sobib see Eesti tingimustesse paremini kevadel külvatud vahekultuurina (Toom *et al.* 2019 b). Juurekava sügavale ei ulatu, seega ei ole sobiv külviks põuakartlikele aladele (Talgre, Luik 2018).

3. MATERJAL JA METOODIKA

3.1 Katsealade kirjeldus

Katsed viidi läbi 2016–2019. aastal ETKI katsepõllul, ettevõtete Rannu Seeme OÜ ja Erumäe kari tootmispõldudel eesmärgiga uurida väetamise mõju erinevatele vahekultuuridele ja nende segudele. Katses hinnati vahekultuuride biomassi suurust ja selle toitainete sisaldust.

1. ETKI katse rajati 2016. aastal. Katses uuriti lämmastikväetise mõju neljale vahekultuurile: kesaredisele, keerispeale, valgele sinepile ja tatrале. Väetisega variandile lisati koos külviga 30 kg ha⁻¹ lämmastikku. Vahekultuurid külvati pärast talinisu koristust 3. augustil. Katsevariandid paiknesid randomiseeritud asetusega neljas korduses. Ühe katselapi pindala oli 24 m². Katsealal oli leostunud kamar-karbonaat liivsavimuld. Vahekultuuride biomassid koguti oktoobri viimasel nädalal.

2. 2017. aastal rajati katse Rannu Seeme OÜ tootmispõllule. Eelviljaks oli talirüps. Katses kasutati nelja vahekultuuri – tatart, keerispead, hernest ja talivikki. Nendest moodustati kaks segu. Esimeses segus kasutati tatart ja keerispead koos hernega (Segu H), ning teises segus tatart ja keerispead koos talivikiga (Segu V) (tabel 1). Mõlemale segule anti 30 kg ha⁻¹ lämmastikku. Võrdluseks kasutati väetamata varianti. Kohe peale eelvilja koristust põld kooriti ja külvati vahekultuuride segu ning anti väetis. Külvati külvikuga Horch Focus.

Tabel 1. Rannu Seeme OÜ tootmispõllule rajatud katse segud

	Segus kasutatud liigid	Külvisenorm kg/ha
Segu H	Hernes	30
	Keerispea	3
	Tatar	12
Segu V	Talivikk	17
	Keerispea	3
	Tatar	12

3. 2018 ja 2019 aastal uuriti lägaga väetamise mõju vahekultuuride segule ettevõttes Erumäe kari. Segusse võeti 2 kg kesaredist +3 kg Aleksandria ristikut +3 kg keerispead. 2018. aastal rajati katse 24. augustil, eelviljaks oli talinisu. 2019. aastal külvati vahekultuuride segu 02. septembril, eelviljaks oli talinisu. Mõlemal aastal anti vahetult enne külvi põllule

vedelsõnnikut normiga 30 kg ha⁻¹. Ettevõttes on kasutusel otsekülvi tehnoloogia. Külvati külvikuga Cross Slot.

Rannu Seeme ja Erumäe kari põldudel oli näivleetunud liivsavimuld (Stagnic Luvisol, WRB 2014 klassifikatsioon). Künnikihi tusedus oli 25–29 cm.

3.2 Andmete kogumise ja analüüsi meetodika

Vahekultuuride biomass koguti kõikidel katselappidel oktoobri II pooles, kolmes korduses 0,25 m² raami abil.

Vahekultuurid sorteeriti liikide viisi, eraldati umbrohud ja peale seda kuivatati proovid 80°C juures konstantse kaaluni. Töös on vahekultuuride biomass esitatud kuivaine massina (KA kg ha⁻¹). Keemilised analüüsid taimede toitainete sisalduse määramiseks teostati Eesti Maaülikooli Mullateaduse õppetooli laboris. Taimse materjali proovid kuivatati õhkuivaks ja jahvatati. Saadud proovist määrati N, P, K, Ca, Mg ja C sisaldus.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi (ANOVA) meetodil 95% usalduspiiri juures. Variantide vahelisteks võrdlusteks kasutati Fisher LSD testi.

3.3 Katseperioodi ilmastik

3.3.1 Jõgeva ilmastik 2016. aasta augustis, septembris ja oktoobris

Tabel 2. Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete summa (mm) Jõgeval 2016. aasta august–oktoober võrrelduna 1922–2015. aasta keskmisega

	August			September			Oktoober		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Õhutemperatuur (°C), 2016	16,2	14,3	16,7	14,1	11,4	10,1	6,9	2,3	2,6
Keskmine aastatel 1922-2015	16,6	15,5	14,1	12,3	10,5	8,8	7,2	5,3	3,5
Efektiiivsete temperatuuride summa (°C), 2016	112	93	128	91	66	51	22	1	2
Keskmine aastatel 1922-2015	116	105	100	75	58	44	31	18	12
Sademete summa (mm), 2016	69	71	40	13	0	7	9	0	43
Keskmine aastatel 1922-2015	30	28	30	21	21	23	21	23	21

Märkus. Riigi Ilmateenistuse Jõgeva meteoroloogiajaama vaatlusandmeid, allikas: ilmateenistus.ee

Augusti keskmine õhutemperatuur oli 15,7 °C. Augustikuu efektiivsete (üle 5 °C) õhutemperatuuride summa oli 332 °C, augusti temperatuurid olid normilähedased. Sademeid kogunes augustikuu rohkem kui tavaliselt. Aastal 1922. alanud ilmastikuvaatluste andmetel on Jõgeval sajusem ilm ainult neljal korral esinenud. (Keppart 2016 a).

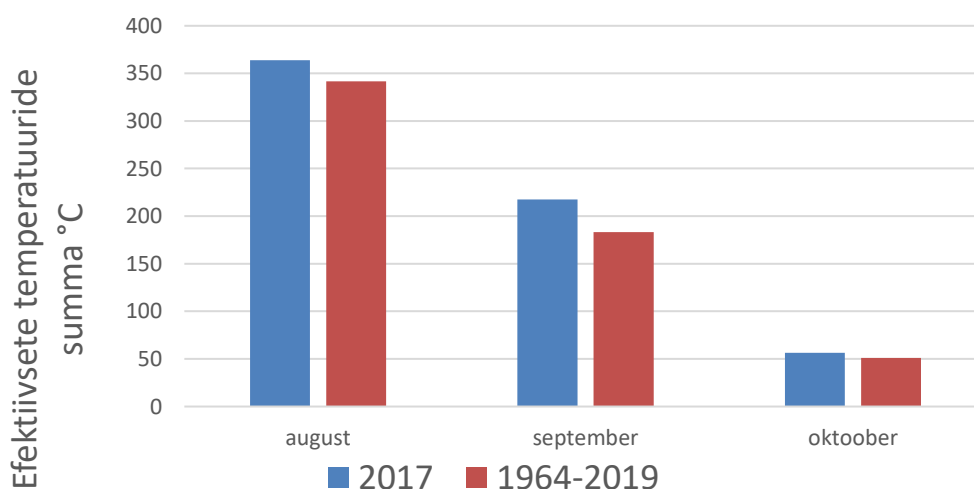
Septembris oli Jõgeval tavalisest pisut soojem ja kuivem ilm. Temperatuurid olid kõrgemad kuu esimesel poolel ja viimastel päevadel. Jõgeva efektiivsete õhutemperatuuride summa septembris oli 207 °C, mis on keskmiselt 30°C kõrgem (Keppart 2016 b).

Oktoobrikuus oli efektiivsete õhutemperatuuride summa 26 °C, seda on tavapärasega võrreldes 35°C vähem (Keppart 2016 c).

3.3.2 Rannu Seeme OÜ katseperioodi ilmastik

Rannu Seeme OÜ ja Erumäe Kari OÜ ilmastiku andmete analüüsimiseks on kasutatud Rõhu Katsejaama metoandmeid ja neid on võrreldud Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama pikaajalise keskmisega (1964–2019).

Efektiivsete temperatuuride summa Rannu Seeme OÜ katseperioodil oli augustis 364°C, septembris 217,4°C ja oktoobris 56,3°C. Kolme kuu summaks tuleb 637,7°C, mida on 61,9°C rohkem kui 1964-2019. aastate samal perioodil keskmisena (joonis 1).

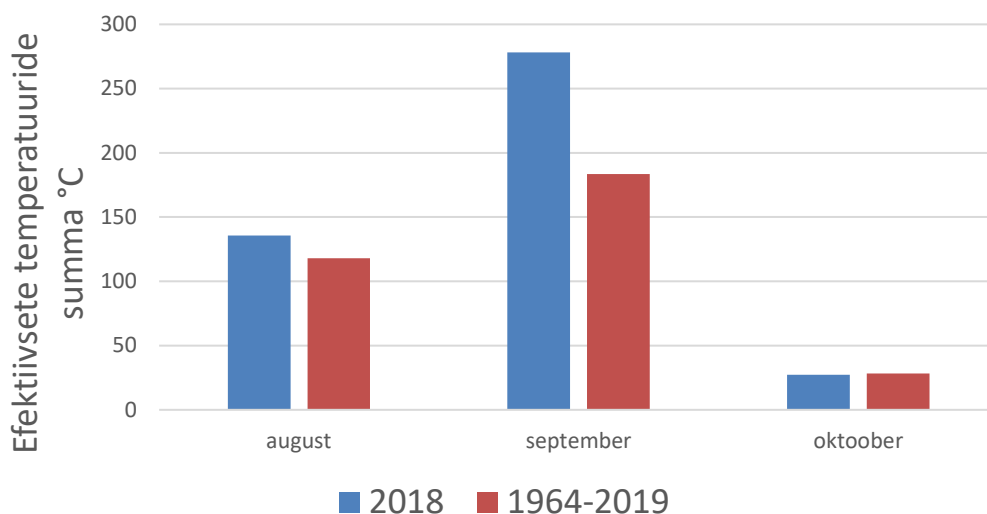


Joonis 1. Efektiivsete temperatuuride (üle 5°C) summa 2017. aastal võrrelduna Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama pikaajalise keskmisega (1964–2019).

2017. aasta efektiivsete temperatuuride summa oli augustis 22,5°C, septembris 34°C ja oktoobris 5,4°C suurem kui keskmine.

3.3.3 Erumäe Kari OÜ katseperioodi ilmastik 2018. aastal

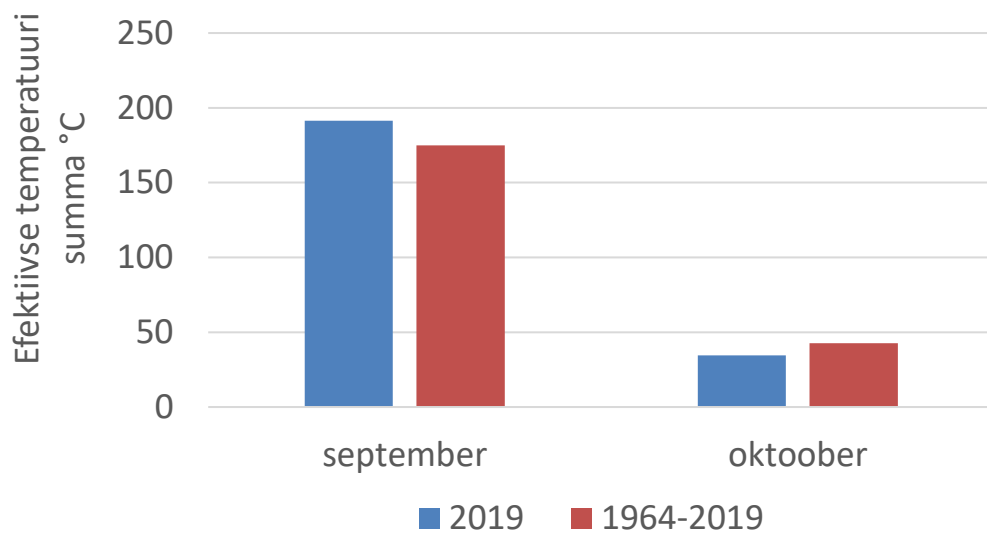
August kujunes tavalisest pisut soojemaks, efektiivsete temperatuuride summa oli 135,7°C, mis oli 17,8°C üle keskmise. Septembrikuu temperatuur oli keskmisest palju kõrgem, efektiivsete temperatuuride summa (278,1°C) tõusis 94,7°C üle keskmise. Augusti efektiivsete temperatuuride summa (27,2°C) oli keskmisest 1,1°C võrra madalam (joonis 2).



Joonis 2. Efektiivsete temperatuuride (üle 5°C) summa 2018. aastal võrrelduna Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama pikaajalise keskmisega (1964–2019).

3.3.4 Erumäe Kari OÜ katseperioodi ilmastik 2019. aastal

2019. aasta septembri efektiivsete temperatuuride summa oli 191,3°C, seda on tavapärasest 16,4°C rohkem. Oktoobris oli sama number 34,5°C, mis on 8,2°C keskmisest väiksem (joonis 3).



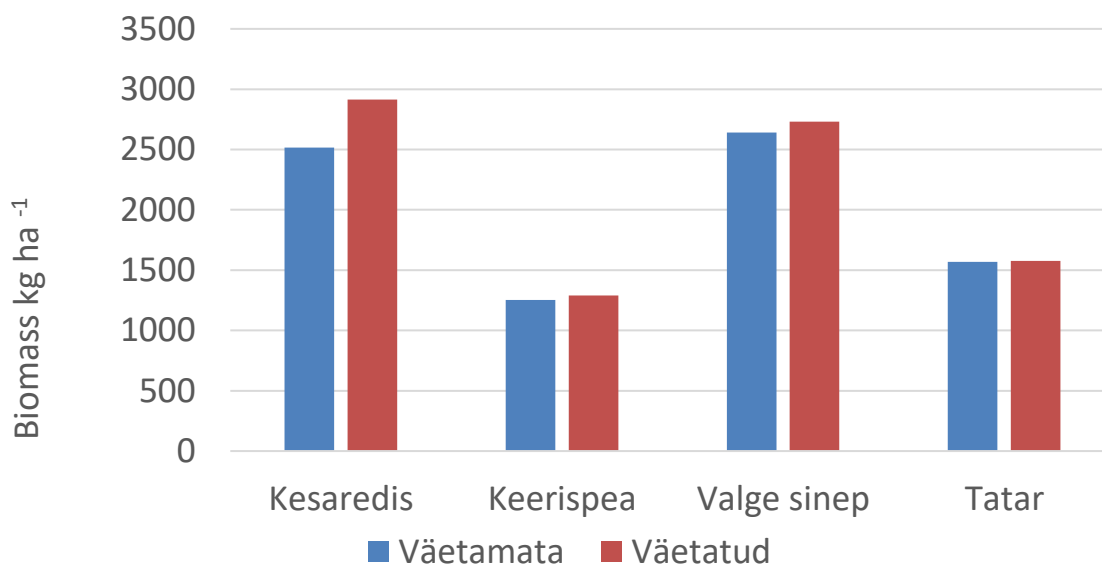
Joonis 3. Efektiivsete temperatuuride (üle 5°C) summa 2019. aastal võrrelduna Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama pikaajalise keskmisega (1964–2019).

4. TULEMUSED JA ARUTELU

4.1 ETKI katse

Katses uuriti lämmastikväetise mõju neljale vahekultuurile: kesaredisele, keerispeale, valgele sinepile ja tatrale.

Mineraalväetisega väetamine mõjutas kesaredise biomassi positiivselt. Väetamata variandis saadi kesaredise biomassiks 2515 kg ha⁻¹ ja väetatud variandis 2915 kg ha⁻¹. Väetamine suurendas kesaredise biomassi 400 kg ha⁻¹ võrra. Sellega suurenes ka mulla orgaanilise aine varu, mis mõjutab positiivselt mulla füüsikalisi omadusi. Keerispea, valge sinepi ja hariliku tatra biomassi suurust lämmastikuga väetamine ei mõjutanud (joonis 4).



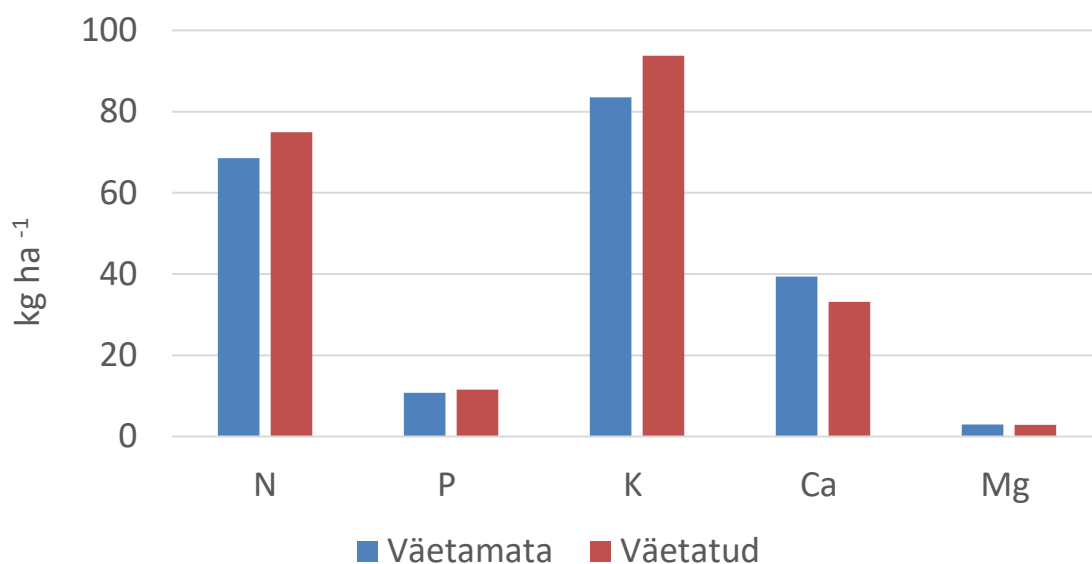
Joonis 4. Kesaredise, keerispea, valge sinepi ja tatra biomassi saagikused kg ha⁻¹ väetatud ja väetamata katsetes.

Oletatavasti on kesaredis suure väetise tarbega ja tema intensiivne kasvuperiood võrreldes teiste kultuuridega kestab kauem, seetõttu ongi lämmastikuga väetamine suurendanud oluliselt ainult kesaredise biomassi.

Sandler *et al.* (2015) leidsid oma uurimuses, et kõige paremad redise biomassi näitajad saavutati kui lämmastikufooni oli 33 kg ha⁻¹ ja edasisel lämmastikufooni suurendamisel redise klorofüllis sisaldus oluliselt ei suurenenud. Kusjuures väetamata redise biomass oli

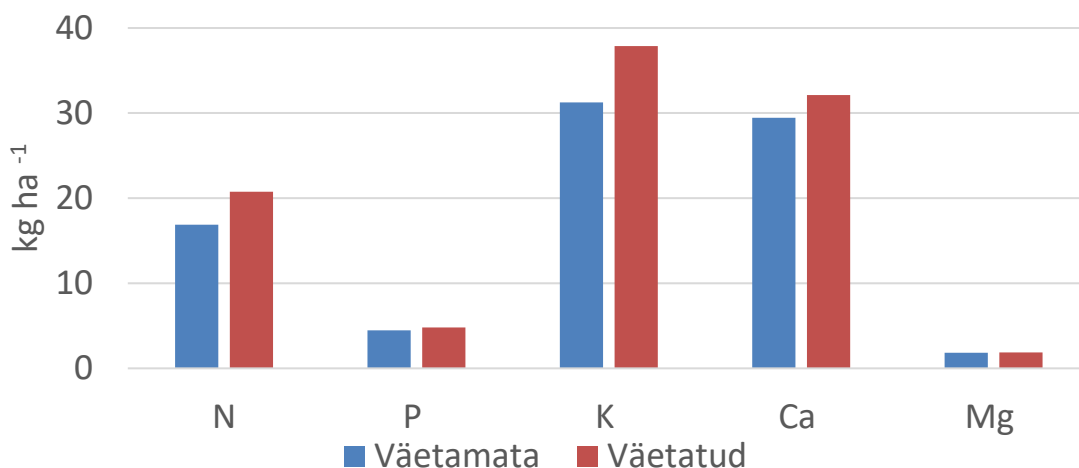
väiksem kõigist mistahes lämmastikufooniga variantides. Seevastu Sanchez *et al.*, (1991) leidsid Floridas läbiviidud katsetes, et lämmastikuga väetamine ei mõjutanud kesaredise biomassi. Pakistanis läbiviidud katsed näitasid, et seal on optimaalne anda redisele lämmastikku 60 kg ha⁻¹ (Asghar *et al.*, 2006).

Kesaredisel suurenes väetamise mõjul makroelementide omastatavus. Lämmastikku, fosforit ja kaaliumit seoti rohkem vastavalt 6,4 kg ha⁻¹, 0,7 kg ha⁻¹ ja 10,3 kg ha⁻¹. Mikroelementide – kaltsiumi ja magneesiumi kogused kesaredise väetamise korral ei suurenenud. Kõige rohkem suutis kesaredis omastada kaaliumit – väetamata variandis 83,5 kg ha⁻¹ ja väetatud variandis 93,8 kg ha⁻¹. Kõige vähem omastati magneesiumit vastavalt 3,0 kg ha⁻¹ ja 2,9 kg ha⁻¹ (joonis 5).



Joonis 5. Kesaredise biomassi toitainete sisaldus kg ha⁻¹ väetatud ja väetamata katses.

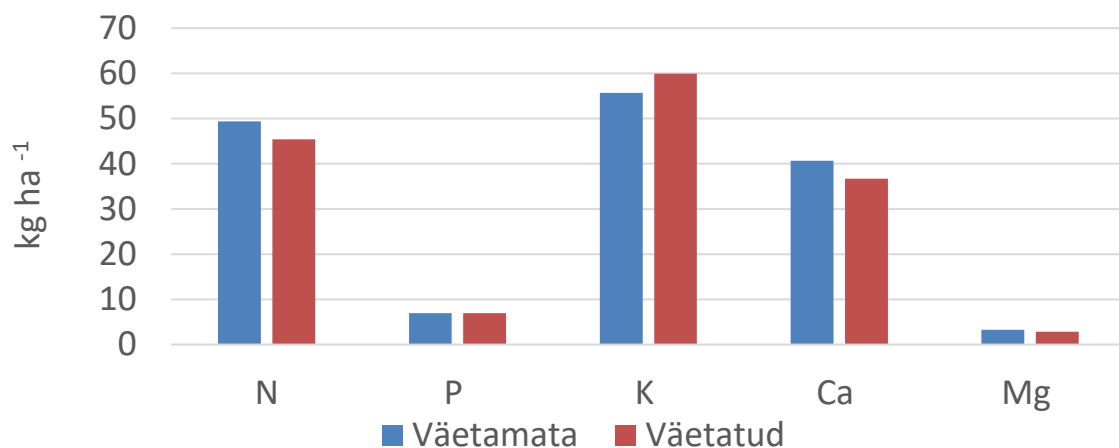
Keerispeal suurenes väetamise tagajärjel lämmastiku, kaaliumi ja kaltsiumi omastatavus vastavalt 3,8 kg ha⁻¹, 6,6 kg ha⁻¹ ja 2,7 kg ha⁻¹. Fosfori ja magneesiumi osakaal ei muutunud (joonis 6).



Joonis 6. Keerispea biomassi toitainete sisaldus kg ha⁻¹ hektari kohta väetatud ja väetamata katses.

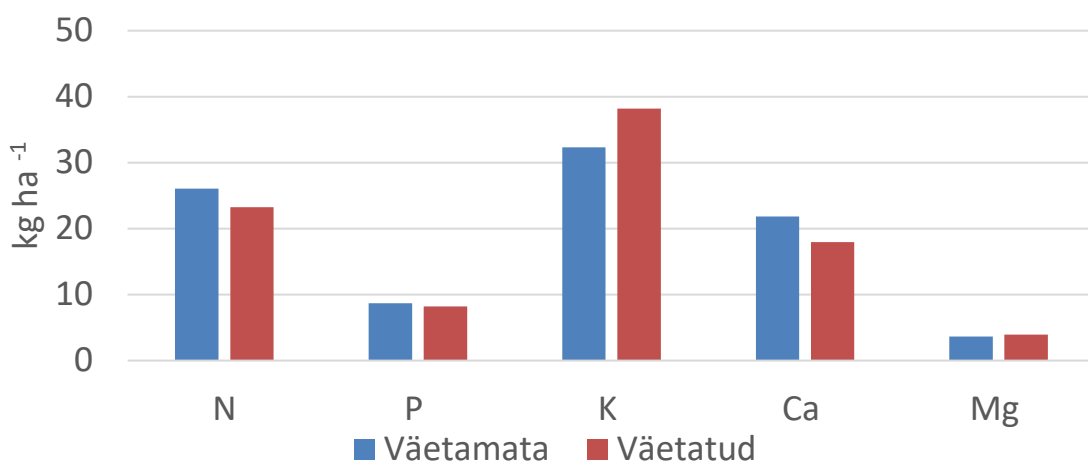
Valge sinepi pikapäeva taime olemus tuli rohkem esile. Tema aktiivne kasvuaeg oli lühem ja õitsemine algas varakult, ning seetõttu oli väetamise mõju biomassile väiksem kui kesaredisel (joonis 4).

Katse kasvuaegsete vaatluste käigus oli näha, et valge sinepi väetatud variant sai kasvu alguses edumaa, kuid hiljem biomassi saagid ühtlustusid. Kõige rohkem suutis valge sinep omastada kaaliumit. Kaaliumit seoti väetatud variandis 4,2 kg ha⁻¹ rohkem kui väetamata variandis. Lämmastiku ja kaltsiumi omastatavus vähenes vastavalt 4 kg ha⁻¹ ja 3,9 kg ha⁻¹. Fosfori ja magneesiumi omastatavus oluliselt ei muutunud (joonis 7).



Joonis 7. Valge sinepi biomassi toitainete sisaldus kg ha⁻¹ väetatud ja väetamata katses.

Sarnaselt valgele sinepile suurenes tatarl väetamise tagajärjel ainult kaaliumi omastatavus 5,9 kg ha⁻¹. Lämmastiku omastatavus oli väetatud variandis väiksem 2,8 kg ha⁻¹ ja kaltsiumi omastatavus 3,9 kg ha⁻¹ ning fosfori ja magneesiumi kogus praktiliselt ei muutunud (joonis 8).



Joonis 8. Tatra biomassi toitainete sisaldus kg ha⁻¹ väetatud ja väetamata katse.

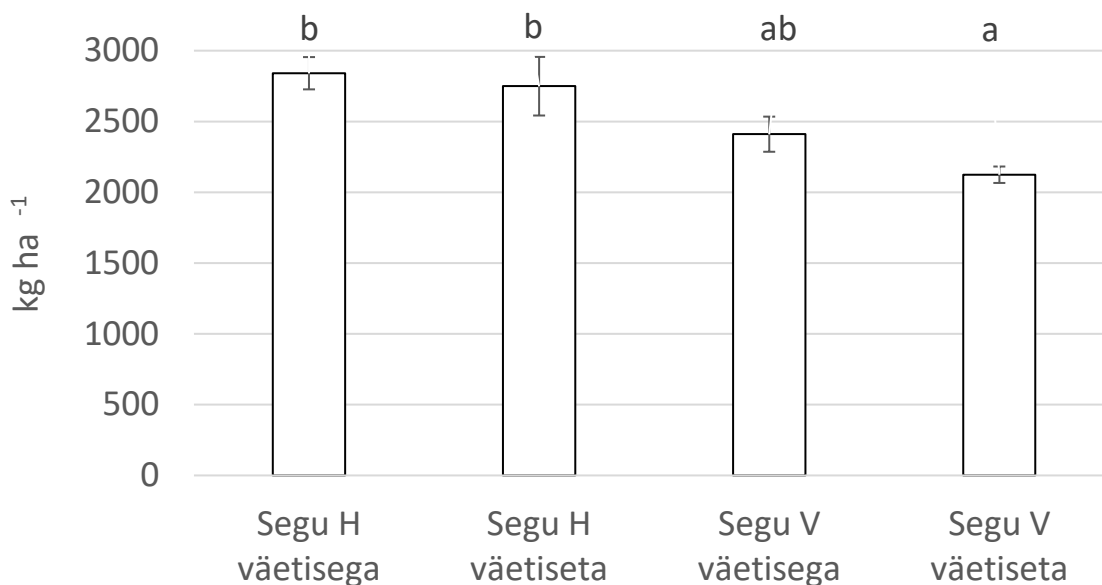
Proovide võtmise ajal tatar õitses ja aktiivne kasvuperiood oli läbi. Taimede õitsemise ajal nende juurte aktiivsus ja toitainete omastatavus väheneb (Talgre, Luik 2018).

4.2 Rannu Seeme OÜ katse

Katses kasutati nelja vahekultuuri – tatart, keerispead, hernest ja talivikki. Nendest moodustati kaks segu. Esimeses segus kasvas tatar ja keerispea koos hernega (segu H), ning teises segus tatar ja keerispea koos talivikiga (segu V). Katses määrati ka umbrohtude biomass. Mõlemal segul oli väetisega variant, millele lisati 30 kg ha⁻¹ lämmastikku ja ilma väetamata kontrollvariant.

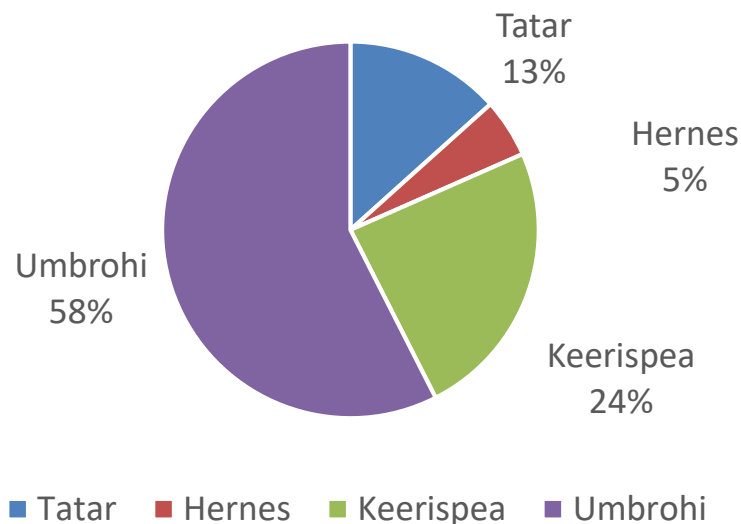
Tulemused näitasid, et segude väetamine biomassi suurusel ei mõjutanud. Kõige suurema biomassi - 2840,6 kg ha⁻¹ suutis kasvatada väetatud segu H ja kõige väiksem biomass moodustus väetamata segul V - 2123,8 kg ha⁻¹. Väetamata vahekultuuri segul H oli biomass usutavalt suurem kui väetamata segul V, vastavalt 2749 kg ha⁻¹ ja 2124 kg ha⁻¹

(joonis 9). Ilmselt võib segu V biomass olla madalam seetõttu, et talivikk jäi segus konkurentsile teistele liikidele alla.



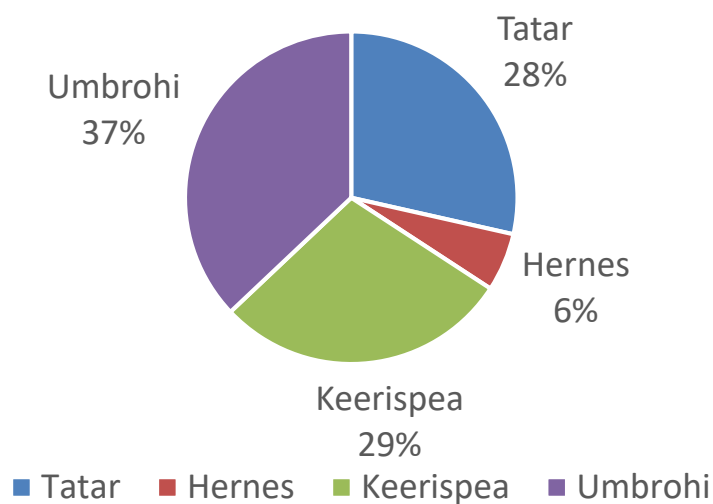
Joonis 9. Vahekultuuride segude biomass kg ha⁻¹. Rannu Seeme OÜ katses. Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust segude vahel (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vearivad joonisel tähistavad standardviga. Segu H – tatar, keerispea, hernes; Segu V- tatar, keerispea, talivikk.

Väetamata segus H moodustas kõige suurema biomassi umbrohi 58% (1580 kg ha⁻¹), seejärel keerispea 24% (663,2 kg ha⁻¹), tatar 13% (367,2 kg ha⁻¹) ning hernes 5% (138,6 kg ha⁻¹), ehk kõige vähem biomassi moodustas hernes (joonis 10). Umbrohud on enamasti leplikud kasvutingimuste suhtes, konkurentsivõimelisemad ja saavad kasvueelise kultuurtaimede ees.



Joonis 10. Liikide osakaal (%) väetamata segus H.

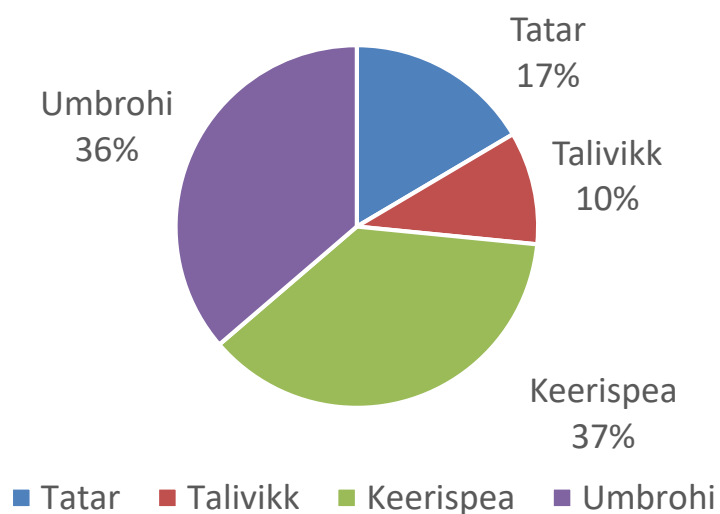
Väetatud variandis moodustas umbrohi 37% biomassist ($1046,8 \text{ kg ha}^{-1}$). Keerispea, tatra ja herne biomass suurenes väetatud variandis vastavalt 29%-ni, 28%-ni ja 6%-ni. Kõige rohkem mõjutas väetamine tatart, mille biomass võrreldes väetamata variandiga suurenes $438,8 \text{ kg ha}^{-1}$. (joonis 11). Oletatavasti surus tatar oma maapealse biomassiga alla ka umbrohtumust.



Joonis 11. Liikide osakaal % väetatud segus H.

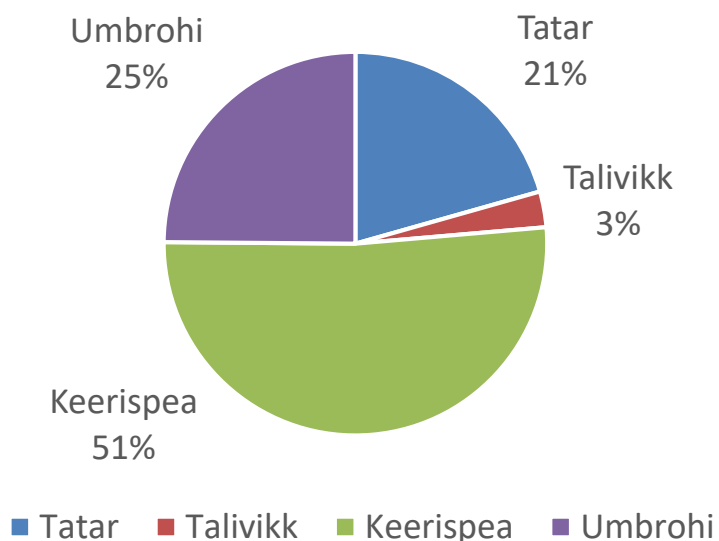
Segu V väetamata variandis oli biomassi suuruse poolest esikohal keerispea 37% (789 kg ha^{-1}). Sellele järgnesid umbrohud 36% (771 kg ha^{-1}), tatar 17% (350 kg ha^{-1}) ja talivikk 10%

(214 kg ha⁻¹), nähtavasti jättis keerispea ja umbrohu suur maapealne biomass tatra ja talivikki varju (joonis 12).



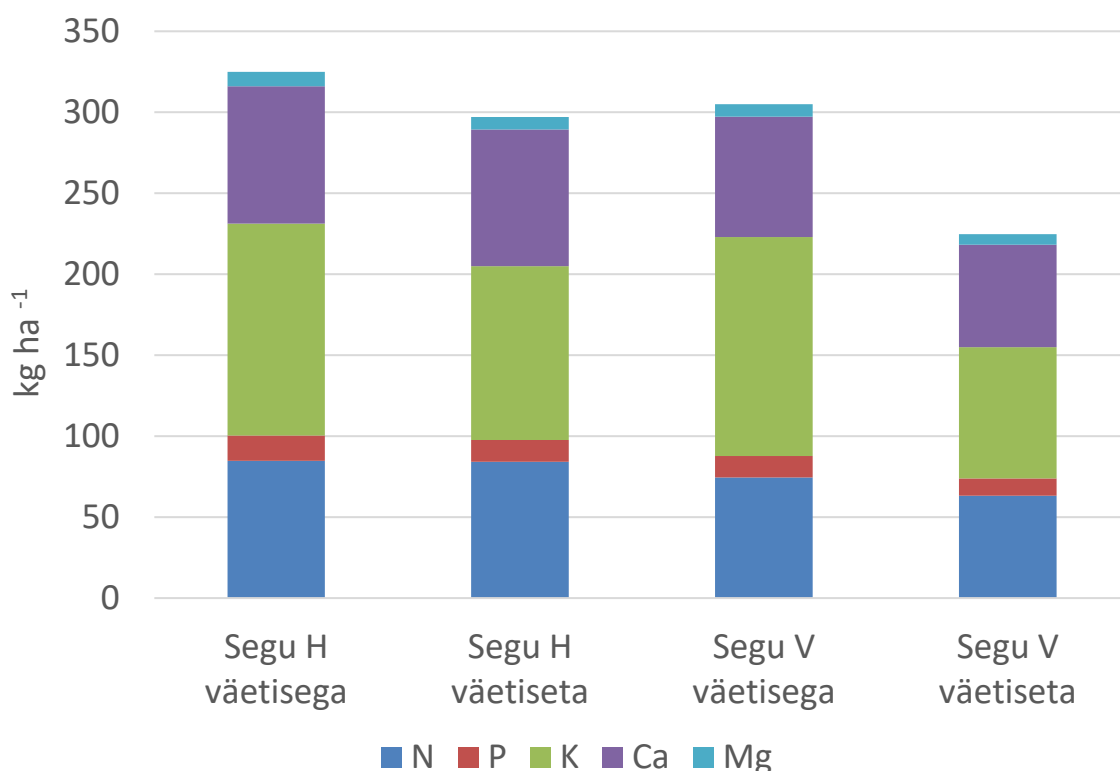
Joonis 12. Liikide osakaal (%) väetamata segus V.

Väetatud variandis suurenes märkimisväärselt keerispea biomass, mis oli 51%. Teiste vahekultuuride ja umbrohu biomass vähenes (joonis 13). Ilmselt oli jõulise kasvuga keerispea tugev konkurent teistele liikidele.



Joonis 13. Liikide osakaal (%) väetatud segus V.

Segu H väetisega omastas kokku rohkem toitaineid kui Segu V väetisega. Segus H omastati lämmastikku kokku 84,8 kg ha⁻¹, fosforit 15,6 kg ha⁻¹, kaaliumit 131,0 kg ha⁻¹, kaltsiumit 84,8 kg ha⁻¹ ja magneesiumit 8,8 kg ha⁻¹. Segus V omastati toitaineid vastavalt 74,4 kg ha⁻¹, 13,4 kg ha⁻¹, 135,1 kg ha⁻¹, 74,4 kg ha⁻¹ ja 7,6 kg ha⁻¹. Seega segus H omastati kõiki toitaineid peale kaaliumi rohkem kui segus V (joonis 14).



Joonis 14. Väetamise mõju vahekultuuride toitainete sisaldusele kg ha⁻¹. Segu H – tatar, keerispea, hernes; Segu V- tatar, keerispea, talivikk

Kui võrrelda väetatud ja väetamata variante omavahel, siis segus H suurenes väetamise mõjul fosfori hulk 2,3 kg ha⁻¹, kaalium 23,5 kg ha⁻¹ ja magneesium 1,1 kg ha⁻¹ võrra. Lämmastiku ja kaltsiumi sisaldus oluliselt ei muutunud. Segus V suurenesid väetamise mõjul kõikide toitainete sisaldused – lämmastik 11,2 kg ha⁻¹, fosfor 2,7 kg ha⁻¹, kaalium 54,2 kg ha⁻¹, kaltsium 11,2 kg ha⁻¹ ja magneesium 1,1 kg ha⁻¹. Võib öelda, et väetamisel oli suurem mõju segule V kui segule H (joonis 14).

4.3 Erumäe Kari OÜ katse

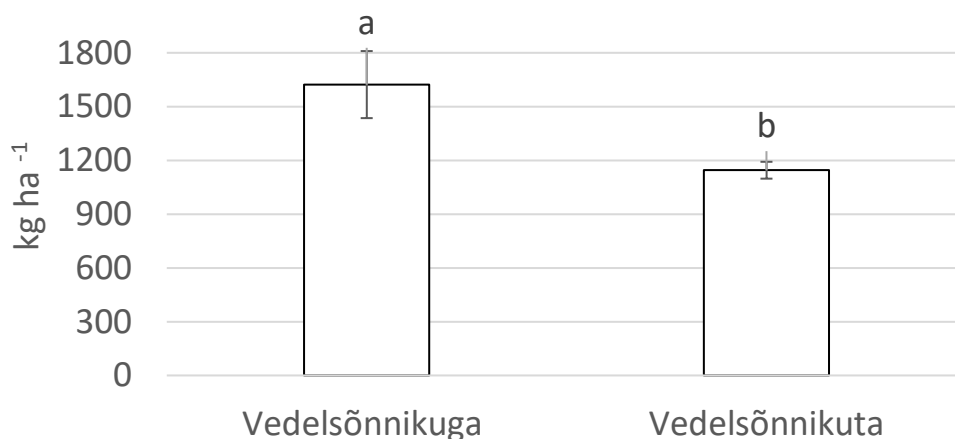
4.3.1 Erumäe Kari OÜ katse 2018. aastal

Vahekultuure reklaamitakse kui viisi, kuidas vältida sõnniku toitainete leostumist või lendumist põllult põhikultuuridest vabal perioodil. Vedelsõnnikuga väetamine mõjub vahekultuuride liikidele ja nende biomassile erinevalt. Näiteks mõjutas vedelsõnnikuga väetamine vahekultuurina kasvatatava kaera, rukki, redise biomassi ja mõju oli väiksem paljudest liikidest koosnevatele segudele (Brown 2016). Minimeeritud harimisel on küllalt suure levikuga talviseks vahekultuuriks vedelsõnnikuga väetatud rukki kasvatamine (Everett *et al.* 2019)

Selgitamaks vedelsõnniku mõju vahekultuuride biomassile ja toitainete sidumise võimele, viidi katsed läbi Erumäe Kari OÜ põldudel. 2018. aastal rajati katse seguga, milles olid kesaredis, keerispea ja aleksandria ristik. Vahetult enne külvi anti põllule 30 t/ha vedesõnnikut.

Ka kirjanduse andmetel soovitatakse vedelsõnnik mulda viia vahetult enne külvi (Reichinger 2016; Schmit, Gläser 2013). Üha enam leiab soovitusi ja tehnoloogiaid koos vedelsõnniku andmisega viia mulda ka vahekultuuride seemned (Johnson 2018).

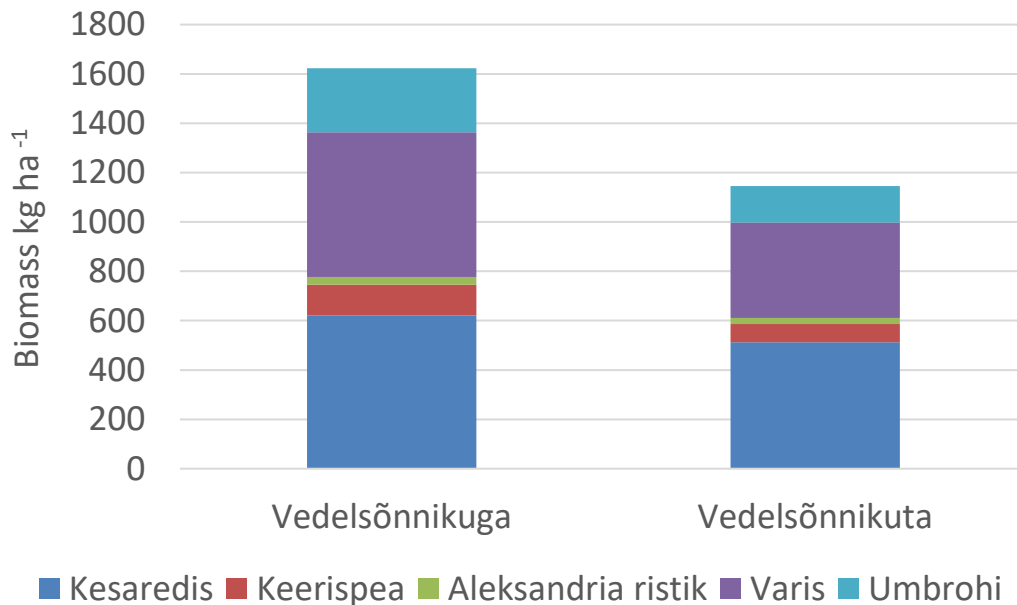
Vedelsõnnikuga variandis oli vahekultuuride biomassi saak 1623 kg ha⁻¹ ja vedelsõnnikuta variandis 1145 kg ha⁻¹ ehk 478 kg ha⁻¹ vähem kui väetatud variandis. (joonis 15).



Joonis 15. Vahekultuuride segu (kesaredis, keerispea ja aleksandria ristik) biomass kg ha⁻¹ vedelsõnnikuga väetades ja vedelsõnnikuta 2018. aastal. Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust segude vahel (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vearibad joonisel tähistavad standarddviiga.

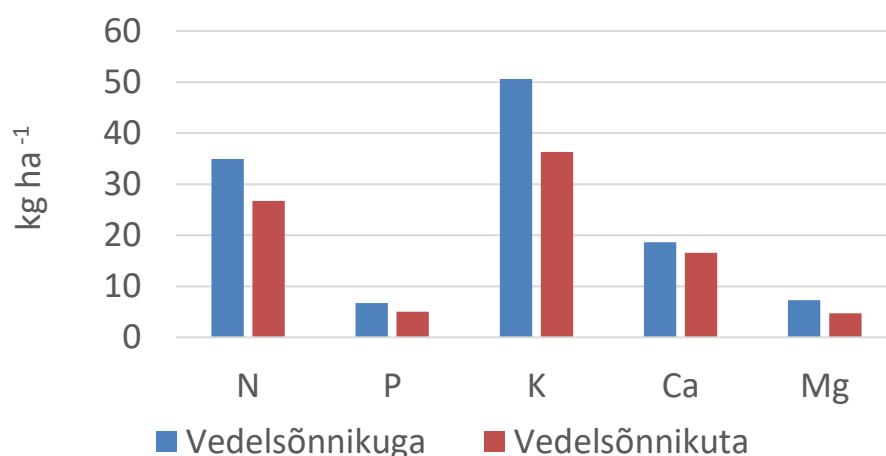
Kõige suurema biomassi vedelsõnnikuga väetatud variandis suutis moodustada kesaredis 621 kg ha⁻¹. Keerispea biomassiks kujunes 124 kg ha⁻¹ ja aleksandria ristikul kõigest 32 kg/ha. Ilma vedelsõnnikuta variandis olid biomassid vastavalt 512 kg ha⁻¹, 74 kg ha⁻¹ ja 25 kg ha⁻¹ (joonis 16).

Ka Jõgeva katsetest selgus, et hilise külviga aleksandria ristikul on väike biomassi saak ja seega ka väike konkurentsivõime (Toom 2019 c). Kuna oli põuane aasta, siis arvatavasti seetõttu oli ka väetatud variandis umbrohtumus suurem kui väetamata variandis. Põuast tekkinud tühimikes tärkasid vedelsõnnikuga mulda viidud umbrohtude seemned.



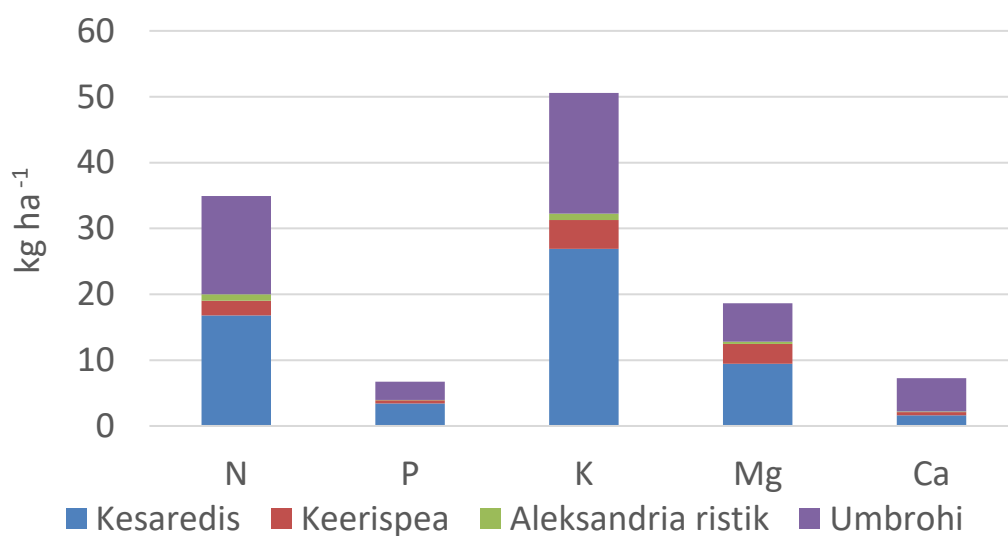
Joonis 16. Vahekultuuride biomass kg ha⁻¹ kohta.

Toitainetest seoti vahekultuuride poolt kõige rohkem kaaliumit ja lämmastikku. Seotud kaaliumi kogused väetatud ja väetamata variantides olid vastavalt 50,6 kg ha⁻¹ ja 36,3 kg ha⁻¹, ehk väetatud variandi puhul seoti kaaliumit 14,3 kg ha⁻¹ rohkem. Lämmastiku puhul olid kogused vastavalt 34,9 kg ha⁻¹ ja 26,7 kg ha⁻¹, väetamata variandis omastati lämmastikku 8,2 kg rohkem. Fosfori, kaltsiumi ja magneesiumi kogused väetatud ja väetamata variantide vahel oluliselt ei erinenud (joonis 17).



Joonis 17. Seotud toitainete sisaldused kg ha⁻¹.

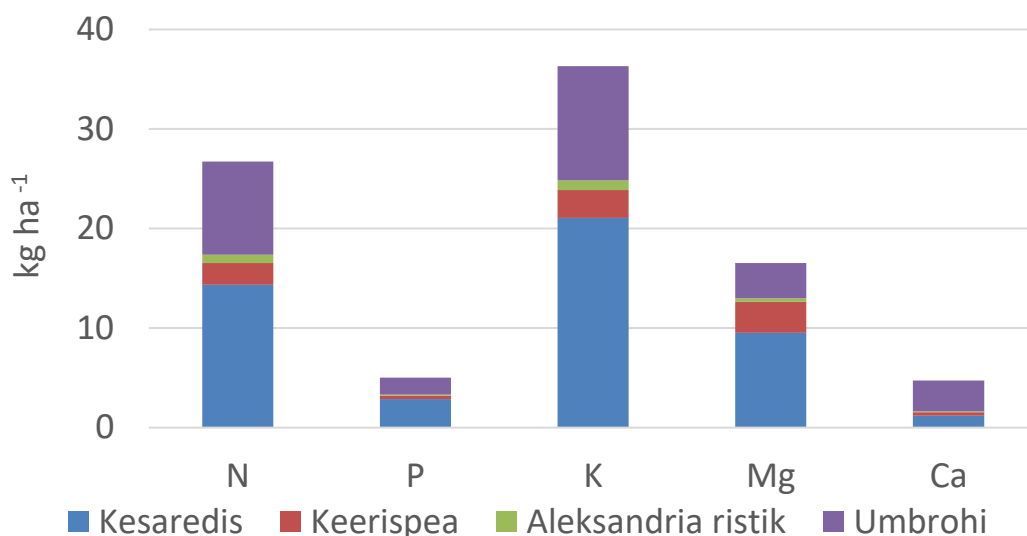
Vahekultuuridest sidus toitaineid kõige paremini kesaredis – lämmastikku 14,4 kg ha⁻¹, fosforit 3,4 kg ha⁻¹, kaaliumit 26,9 kg ha⁻¹, kaltsiumit 9,5 kg ha⁻¹ ja magneesiumit 1,6 kg ha⁻¹ (joonis 18).



Joonis 18. Vahekultuuride toitainete sisaldused vedelsõnnikuga.

Keerispea sidus toitained vastavalt 2,2 kg ha⁻¹, 0,5 kg ha⁻¹, 4,4 kg ha⁻¹, 3 kg ha⁻¹ ja 0,49 kg ha⁻¹ ning aleksandria ristik 0,86 kg ha⁻¹, 0,1 kg ha⁻¹, 0,98 kg ha⁻¹, 0,34 kg ha⁻¹ ja 0,09 kg ha⁻¹ (joonis 18).

Kõige rohkem mõjutas vedelsõnnikuga väetamine kesaredise toitainete sisaldust. (joonis 19).

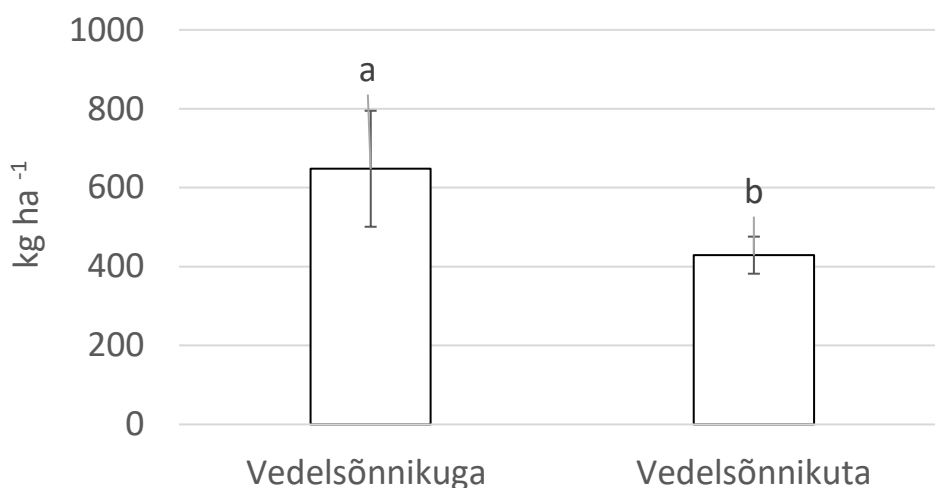


Joonis 19. Vahekultuuride toitainete sisaldused vedelsõnnikuta.

Vedelsõnnikuga väetamine suurendas kesaredisel märgatavalt lämmastiku ($2,46 \text{ kg ha}^{-1}$) ja kaaliumi ($5,8 \text{ kg ha}^{-1}$) omastamist. Fosfori, magneesiumi ja kaltsiumi kogused võrreldes väetamata variandiga oluliselt ei muutunud. Keerispea puhul suurenes märgatavalt ainult kaaliumi sisaldus ($1,62 \text{ kg ha}^{-1}$), ning muude toitainete sisaldused väetamise mõjul ei suurenenud. Aleksandria ristiku toitainete sisaldused jäid mõlema variandi puhul praktiliselt samaks (joonised 18, 19).

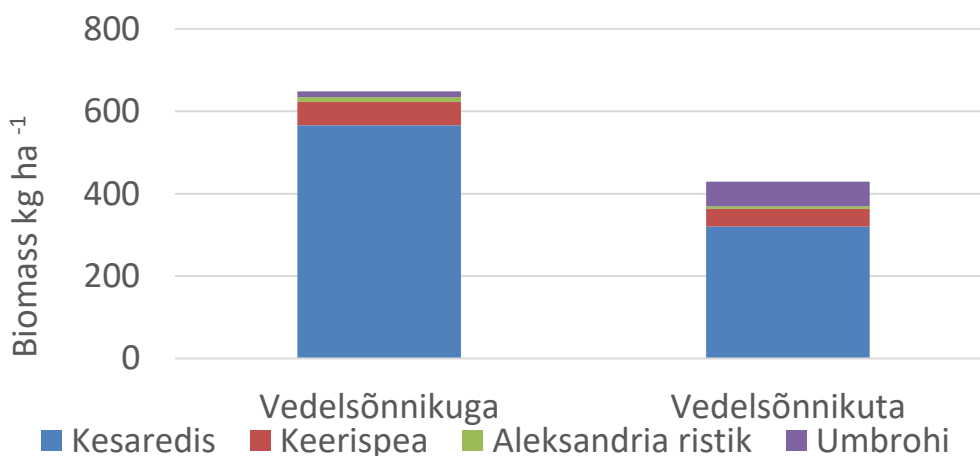
4.3.2 Väetamise mõju 2019. aastal

Selgus, et 2019. aastal suurenes vahekultuuride biomass vedelsõnnikuga väetamisel usutavalt (joonis 20).



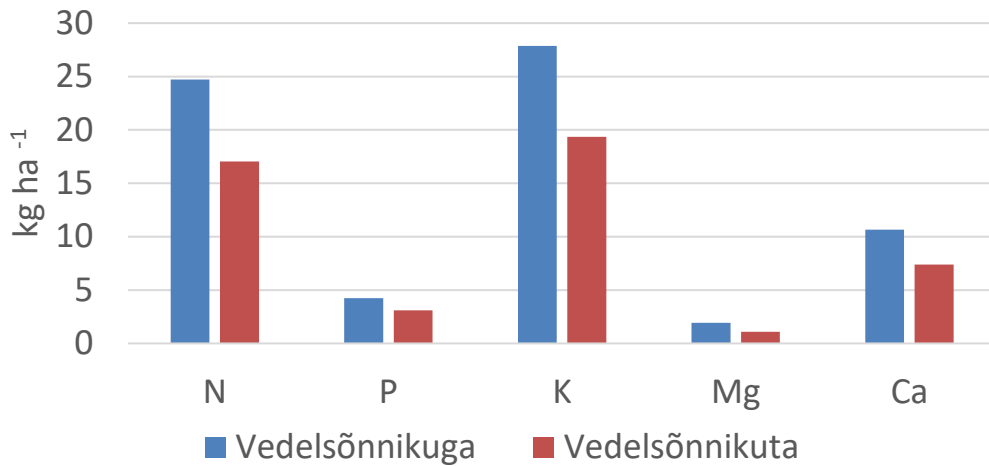
Joonis 20. Vahekultuuride segu biomass kg ha^{-1} kohta vedelsõnnikuga väetades ja vedelsõnnikuta. Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust segude vahel (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vearibad joonisel tähistavad standardviga.

Vedelsõnnikuga väetamine tõstis kesaredise, keerispea ja aleksandria ristiku segu biomassi. Kõige rohkem mõjutas vedelsõnnikuga väetamine kesaredise kasvu (joonis 21). Vedelsõnnikuga väetades kasvas kesaredise biomass 246 kg ha^{-1} , keerispea biomass 14 kg ha^{-1} ja aleksandria ristiku biomass 5 kg h^{-1} , kusjuures umbrohu biomass vähenes 46 kg ha^{-1} võrra. Väetatud variandis sai kesaredis koheselt kasvuhoo sisse ning surus seeläbi umbrohtumuse maha. Ka Hohenheimi Ülikooli uurimususes Lõuna-Saksamaal leiti, et kesaredis on umbrohtude tõrjumisel efektiivne kui toimub kiire tärkamine ja biomassi kasv (Sturm *et al.* 2017).



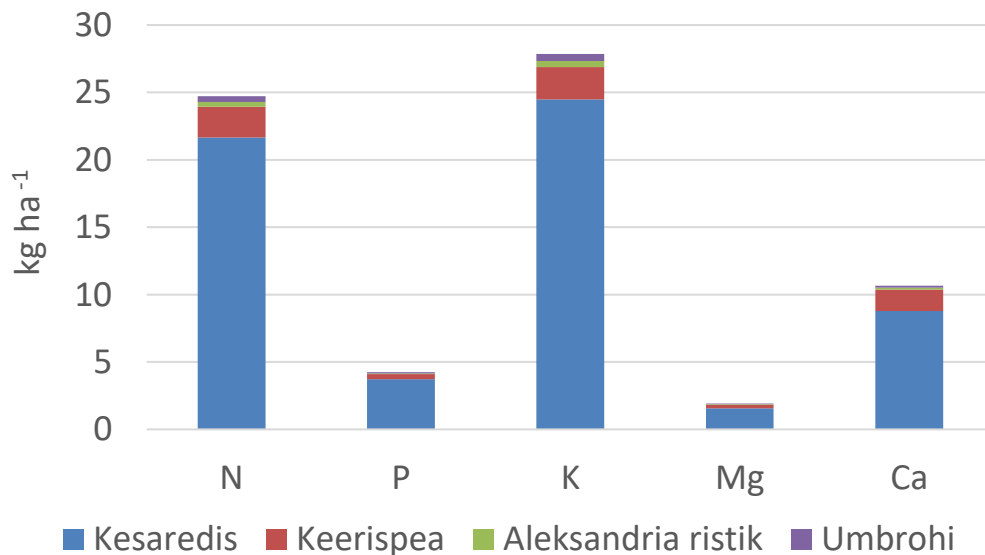
Joonis 21. Vahekultuuride biomass kg ha^{-1} .

Tänu vedelsõnnikuga väetamisele paranes ka vahekultuuride toitainete omastamine (joonis 22).



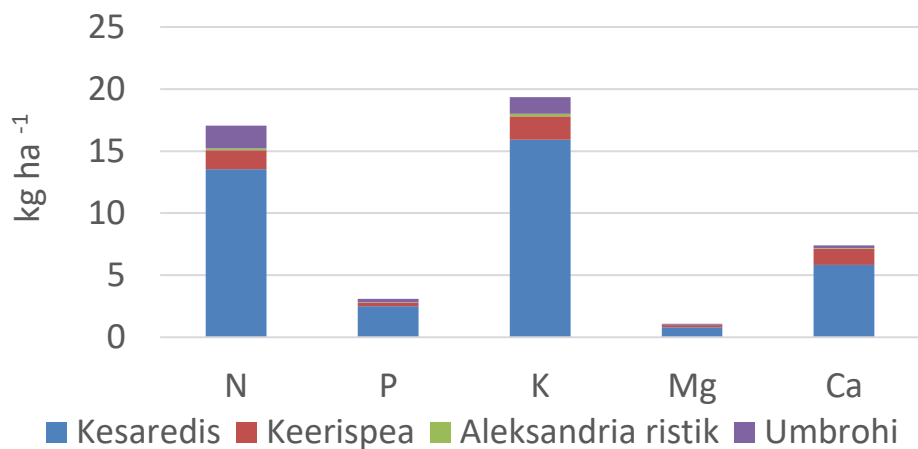
Joonis 22. Seotud toitainete sisaldused kg ha⁻¹.

Sarnaselt 2018. aasta katsele on ka selles katses kesaredis kõige parem toitainete siduja (joonis 23).



Joonis 23. Vahekultuuride toitainete sisaldused vedelsõnnikuga.

Väetatud variandis seoti rohkem lämmastikku (7,7 kg ha⁻¹), fosforit (1,1 kg ha⁻¹), kaaliumit (8,5 kg ha⁻¹), magneesiumit (0,8 kg ha⁻¹) ja kaltsiumit (3,3 kg ha⁻¹) (joonised 23, 24).



Joonis 24. Vahekultuuride toitainete sisaldused vedelsõnnikuta.

Võib järeldada, et sarnaselt 2018. aastale suurendas vedelsõnnikuga väetamine vahekultuuride biomassi ja toitainete sidumist ka 2019. aastal.

Ühtlane tärkamine ja biomassi kasv aitavad suuresti vähendada umbrohtumust, 2018. aastal oli põud ning seetõttu sai vahekultuuride tärkamine ja biomassi kasv häiritud ja tekkinud tühimikest tärkasid umbrohud. 2019. aastal seda probleemi polnud, kuna niiskust oli mullas piisavalt.

KOKKUVÕTE

ETKI katses kasutatud neljast vahekultuurist (kesaredis, keerispea valge sinep ja tatar) suurenes väetamise mõjul ainsana kesaredise biomass (400 kg ha^{-1} võrra). Keerispea, valge sinepi ja tatra biomassi lämmastikuga väetamine oluliselt ei suurendanud. Toitainetest omastas kesaredis väetatud variandis võrreldes väetamata variandiga rohkem lämmastikku, fosforit ja kaaliumit, samas kaltsiumi ja magneesiumi omastatavus ei muutunud. Võrreldes väetamata variandiga, seoti lämmastiku, fosforit ja kaaliumi väetatud kesaredise poolt rohkem vastavalt $6,4 \text{ kg ha}^{-1}$, $0,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ja $10,3 \text{ kg ha}^{-1}$. Kesaredise intensiivne kasvuperiood võrreldes teiste katses kasutatud vahekultuuridega kestis kauem ja seetõttu suutis kesaredis kasvatada ka suurema biomassi. Valge sinepi ja tatra aktiivne kasvuaeg oli lühem ja õitsemine algas varakult, mistõttu oli väetamise mõju biomassile väiksem kui teistel liikidel. Rannu Seeme OÜ katses suurendas väetamine biomassi usutavalt hernega, kuid mitte talivikiga segus. Kõige suurema biomassi - 2840 kg ha^{-1} suutis kasvatada väetatud segu hernega. Taliviki segu puhul võis biomass jääda madalamaks seetõttu, et teised vahekultuurid ja umbrohud pärssisid taliviki kasvu. Toitainete omastamise seisukohalt mõjutas väetamine taliviki segu rohkem kui herne segu, kuigi absoluutarvudes omastas hernega segu rohkem toitaineid.

Erumäe Kari OÜ maadele 2018. ja 2019. aastal rajatud katsetes selgus, et mõlemal aastal suurendas vedesõnnikuga väetamine oluliselt vahekultuuride biomassi (sõltuvalt aastast kuni 478 kg ha^{-1}). Mõlemal aastal mõjutas vedelsõnnikuga väetamine kõige rohkem kesaredise biomassi ja ka toitainete omastamist. 2019. aastal vedelsõnnikuga variandis oli umbrohtumus väiksem kui vedelsõnnikuta variandis aga 2018. aastal oli vastupidi. Arvatavasti oli 2018. aastal umbrohtumus suurem seetõttu, et tegemist oli põuase aastaga ja tekkinud tühimikest tärkasid sinna vedelsõnnikuga viidud umbrohtude seemned.

Seega on püstitatud hüpotees: “Mineraalväetisega või vedelsõnnikuga väetamine suurendab vahekultuuride biomassi ja toitainete sidumist.” leidnud antud töös kinnitust.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Asghar, H. N., Ishaq, M., Zahir, Z. A., Khalid, M., & Arshad, M.** (2006). Response of radish to integrated use of nitrogen fertilizer and recycled organic waste. – Pak. J. Bot., 38, 691-700.
- Baldwin, K.R., Creamer, N.G.** (2006). Organig production. – Center for Environmental Farming Systems.
- Benjamin, J.G., Nielsen, D.C.** (2006) Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea – Field Crops Research. Nr. 97. 248-253.
- Brown, C.** 2016. Slurry Seeding Cover Crops Following Wheat Harvest.
<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/news/croptalk/2016/ct-0616a7.htm> (vaadatud 12.05.2020)
- Brust, J., Claupein, W., Gerhards, R.,** (2014). Growth and weed suppression ability of common and new cover crops in Germany – Crop Protection. Nr. 63. 1-8.
- Büchi, L., Gebhard, C.A., Liebisch, F., Sinaj, S., Ramseier, H., Charles, R.** (2015). Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. – Plant and Soil. Nr. 393 (1), 163-175.
- Choosing and managing cover crops in organic agricultural systems. (2012).
https://orprints.org/30573/12/Fiches_Especies_EngraisVerts_ENG_2018.pdf (10.04.2020).
- Dabney, S. M., Delgado, J. A., Reeves, D. W.** (2007). Using winter cover crops to improve soil and water quality. – Communications in Soil Science and Plant Analysis. Nr 32, 1221-1250.
- Everett, L. A., Wilson M. L., Randall J. Pepin R. J., Coulter J.A.** (2019) Winter Rye Cover Crop with Liquid Manure Injection Reduces Spring Soil Nitrate but Not Maize Yield. – Agronomy 2019, 9. pdf 14 lk <https://www.mdpi.com/journal/agronomy> (12.05.2020)
- Finney, D.M., Buyer, J.S., Kaye, J.P.** (2017). Living cover crops have immediate impacts on soil microbial community structure and function. – Journal of Soil and Water Conservation. Nr. 72 (4), 361-373.
- Garbeva, P., Veen, J.A., Elsas, J.D.** (2004). Microbial Diversity In Soil – Selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness annual review of phytopathology, Vol. 42, 243-270.
- Haramoto, E.R., Gallandt, E.R.** (2004). Brassica cover cropping for weed management: A review. – Renewable Agriculture and Food Systems. Nr 19 (4), 187-198.
- Haruna, S. I., Nkongolo, N. V.** (2015). Cover Crop Management Effects on Soil Physical and Biological Properties – Procedia Environmental Sciences. Nr 9, pp.13-14.

- Honek, A., Martinkova, Z., Jarosik, V.** (2003). Ground beetles (Carabidae) as seed predators. – European Journal of Entomology, Nr. 100, 531–544.
- Iqbal, Z., Hiradate, S., Noda, A., Isojima, S., Fujii, Y.** (2003). Allelopathic activity of buckwheat: Isolation and characterization of phenolics – Weed Science. Nr 51(5). 657-662.
- Johannes Valk. (s.a). Harilik keerispea. [veebileht] <https://www.veed.ee/?id=63> (12.04.2020).
- Johnson, J.** (2018). Using cover crops along with manure. <https://www.farmprogress.com/cover-crops/using-cover-crops-along-manure> (12.05.2020)
- Kauer, K., Tein, B., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A.** (2015). Viljelussüsteemide mõju mulla süsinikuvarule. – Agronoomia 2015. 16-21.
- Keppart, L.** (2016) a). Augustikuu agrometeoroloogiline iseloomustus. [veebileht] <http://www.etki.ee/images/pdf/IIm2016/August2016.pdf> (10.05.2017)
- Keppart, L.** (2016) b). Septembrikuu agrometeoroloogiline iseloomustus. [veebileht] <http://www.etki.ee/images/pdf/IIm2016/2016september.pdf> (10.05.2017)
- Keppart, L.** (2016) c). Oktoobrikuu iseloomustus. [veebileht] <http://www.etki.ee/images/pdf/IIm2016/2016okt.pdf> (10.05.2017)
- Kramberger, B., Gselman, A., Janzekovic, M., Kaligalic, M., Bracko, B.** (2010). Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. – European Journal of Agronomy. Nr 31 (2), 103-109.
- Kruus, M., Kruus, E., Luik, A.** (2012). Viljelusviisi mõju jooksiklaste liigirikkusele. – Teaduselt mahepõllumajandusele. 53–55.
- Lauringson, E., Talgre, L., Kuht, J., Makke, A.** (2009). Liblikõieliste haljasväetiskultuuride järelmõju mulla lasuvutihedusele ja vihmausside arvukusele. – Agronoomia 2009. 48–53.
- Lundgren, Jonathan G.** (2009). Relationships of Natural Enemies and Non -Prey Foods. – Springer. 450.
- Managing Cover Crops Profitably. (2012) /ED A.Clark. U.S. Department of Agriculture: Sustainable Agriculture Research and Education.
- MES Nõuandeteenistus.** (2014) Vahekultuurid külvikorras. [veebileht] <https://www.pikk.ee/valdkonnad/taimekasvatus/kulvikord/vahekultuurid-kulvikorras/#.Vk3B0LfouUI> (12.04.2020).
- Mokry, M., Mann, T., Heckelmann A.** (2018). Information zur neuen Düngeverordnung – Düngung von Zweit- und Zwischenfrüchten.
- Mueller, T., Thorup-Kristensen, K.** (2001). N-fixation of selected green manure plants in an organic crop rotation. Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 18, No 4, 345–363
- Pirogovskaya, G.V., Rusalovitch, A.M., Soroko, V.I., Sazonenko, O.P., Shakovets, O.E.** (2004). Efficiency of New Forms of Mineral Fertilizers for Field Grown Buckwheat on Light Textured Soils – Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. 470-474

- Popović, V., Sikora, V., Berenji, J., Filipović, V., Dolijanović, Ž., Ikanović, J., Dončić, D.** (2014). Analysis of buckwheat production in the world and Serbia – Economics of Agriculture. 53-62.
- Reichinger, C.** 2016. Wann macht Düngung zur Zwischenfrucht und Strohrotte Sinn? Boden.Wasser.Schutz. Der Bauer 2016.
- Reintam, E., Kahu, G., Sulp, K., Sanches de Cima, D., Are, M., Luik, A.** (2015). Viljelusviisi ja väetamise mõju vihmaussidele. – Agronomiam 2015. 34-39.
- Rosecrance, R., McCarty, G., Shelton, D., Teasdale J.R.** (2000) Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures – Plant and Soil. Nr. 227. 283–290.
- Rugare, J.T., Pieterse, P.J., Mabasa, S.** (2018). Biochemical and morphological roles of allelopathic crops in integrated weed management: A review. – African Journal of Rural Development. Nr 3 (3), 869-882.
- Sanchez, C. A., Ozaki, H. Y., Schiler, K., & Lockart, M.** (1991). Nitrogen fertilization of radishes on Histosols: Response and 15N recovery. – HortSci., 26, 865-867.
- Sandler, L., Nelson, K.A., Dudenhoefter, C.J.** (2015) Radish Planting Date and Nitrogen Rate for Cover Crop Production and the Impact on Corn Yields in Upstate Missouri - Journal of Agricultural Science. Nr. 7. 1-13
- Schmidt, A., Gläser. H.** (2013). Anbau von Zwischenfrüchten – Auswertung der Versuchsanlagen 2012/13 in Sachsen. 36 S.
- Schmidt, A., Gläser. H.** (2014). Anbau von Zwischenfrüchten. Auswertung der Versuchsanlagen 2013/14 in Sachsen. 44 lk.
- Singer, J.W., Cambardella, C.A., Moorman, T.B.** (2008). Enhancing Nutrient Cycling by Coupling Cover Crops with Manure Injection – Agronomy Journal. 1735–1739.
- Strotmann, K.** (2019) Zwischenfruchtdüngung: Was ist erlaubt, was sinnvoll?
- Sturm, D.J., Kunz, C., Peteinatos, G., Gerhards, R.** (2017) Do cover crop sowing date and fertilization affect field weed suppression – Plant Soil Environ. Nr. 63. 82–88.
- Zuk–Golaszewska, K., Wanic, M., Orzech, K.** (2018). The role of catch crops in field plant production - a review. – Journal of Elementology. Nr 24, pp.575-587.
- Talgre, L., Eremeev, V.** (2012). Kõrreliste vahekultuuride mõju umbrohtumusele. – Teaduselt Mahepõllumajandusele. 86-88.
- Talgre, L., Eremeev, V., Reintam, E., Tein, B., Sanches de Cima, D., Madsen, H., Alaru, M., Luik, A.** (2015). Talvised vahekultuurid parandavad mulda ja kultuuride saagikust. Toim. M. Alaru, A. Astover, K. Karp, R. Viiralt, A. Must. Agronomiam 2015. 40–44.
- Talgre, L., Luik, A.** (2018). Haljasväetis - mullaviljakuse parandaja. Toim. E. Peetsmann. Eesti Maaülikool. 26 lk

- Toom, M., Talgre, L., Mäe, A., Tamm, A., Narits, L., Edesi, L., Haljak, M., Lauringson, E.** (2019) b). Selecting winter cover crop species for northern climatic conditions – Biological Agriculture & Horticulture. Nr. 35(4). 263-274.
- Toom, M., Talgre, L., Pechter, P., Narits, L., Tamm, S., Lauringson, E.** (2019) c). The effect of sowing date on cover crop biomass and nitrogen accumulation – Agronomy Research. Nr. 17(4). 1779-1787.
- Toom, M.; Tamm, S.; Talgre, L.; Tamm, I.; Tamm, Ü.; Narits, L.; Hiiesalu, I.; Mäe, A.; Lauringson, E.** (2019) a). The Effect of Cover Crops on the Yield of Spring Barley in Estonia – Agriculture 2019 Nr. 9. 172.
- Unger, P. W., Vigil, M. F.** (1998). Cover crop effects on soil water relationships – Journal of Soil and Water Conservation. Nr 53 (3), 200-207.

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, **Kervin Adamson**,

sünniaeg **16.12.1997**.

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Väetamise mõju vahekultuuride biomassile ja toitainete sidumisele,
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on **Enn Lauringson PhD, Liina Talgre PhD, Merili Toom MSc,**
(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, 18.05.2020
(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Enn Lauringson
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

18.05.2020
(*kuupäev*)

Liina Talgre
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

18.05.2020
(*kuupäev*)

Merili Toom
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

18.05.2020
(*kuupäev*)