



# VAHEKULTUURIDE BIOMASSI MOODUSTAMISE JA LÄMMASTIKU SIDUMISE VÕIME NING MÕJU SUVIODRA SAAGILE

## THE EFFECT OF COVER CROPS ON BIOMASS AND NITROGEN ACCUMULATION AND ON SPRING BARLEY YIELD

Merili Toom<sup>1</sup>, Liina Talgre<sup>2</sup>, Sirje Tamm<sup>1</sup>, Ülle Tamm<sup>1</sup>, Ilmar Tamm<sup>1</sup>, Lea Narits<sup>1</sup>, Tiina Talve<sup>1</sup>, Liina Edesi<sup>1</sup>,  
Enn Lauringson<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maaelu Teadmiskeskus, J. Aamisepa 1, 48309 Jõgeva

<sup>2</sup>Eesti Maaülikool, põllumajandus ja keskkonnainstituut, mullateaduse õppetool, Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51006 Tartu

Saabunud:  
Received: 27.05.2023

Aktspteeritud:  
Accepted: 21.06.2023

Avaldatud veebis:  
Published online: 15.08.2023

Vastutav autor:  
Corresponding author: Merili Toom

**E-mail:** merili.toom@metk.agri.ee

### ORCID:

0000-0001-8779-1025 (MT)  
0000-0003-0949-6973 (LT)  
0000-0002-0258-2951 (ÜT)  
0000-0003-4934-988X (IT)  
0000-0002-7856-8726 (LN)  
0000-0002-8659-5759 (TT)  
0000-0002-8871-1071 (LE)

**Keywords:** cover crops, biomass,  
nitrogen accumulation, crop yield

**DOI:** 10.15159/jas.23.01

**ABSTRACT.** Cover crops play an important role in preventing nutrient loss, reducing agricultural inputs, improving soil quality and environmental sustainability. The objectives of the study were to determine the biomass and nitrogen accumulation of cover crops and their effect on the following spring barley (*Hordeum vulgare* L.). Field trials with cover crop species winter rye (*Secale cereale* L.), winter turnip rape (*Brassica rapa* spp. *oleifera* L.), forage radish (*Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus*), hairy vetch (*Vicia villosa* Roth), and berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) were carried out during four growing seasons (2016/17, 2017/18, 2018/19, and 2019/20) at the Estonian Crop Research Institute (present: The Centre of Estonian Rural Research and Knowledge, METK). Cover crop biomass and N accumulation in autumn and in spring depended on species and growing conditions. The biomass and nitrogen (N) accumulation were at their lowest in the first growing season (2016/17) due to lowest level of effective temperatures. Forage radish accumulated the highest amount of biomass and N in autumn. Berseem clover accumulated lowest amount of biomass and N in the year with drought conditions (2018) before sowing. Among overwintered cover crops, hairy vetch accumulated the highest amount of N in the spring although its biomass was similar to winter turnip rape. Winter rye had the lowest biomass and N accumulation in spring. As an average over the four years, only forage radish and hairy vetch significantly increased the yield of subsequent barley. None of the cover crops had a negative effect on barley, as the yield level following other species was similar to the control without cover crop. The knowledge about cover crop selection is useful to integrate suitable species into Estonian cropping systems.

© 2023 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. | © 2023 Estonian Academic Agricultural Society.

### Sissejuhatus

Vahekultuuridel on keskkonnasäästlikus taimekasvatases tähtis roll, aidates vältida mulla toitainete kadu põhikultuuride vabal perioodil, parandada mulla kvaliteeti ja vähendada sünteetilisi sisendeid (Plaza-Bonilla jt, 2015; Żuk-Gołaszewska jt, 2019).

Vahekultuurid külvatakse enamasti hilissuvel või sügisel pärast põhikultuuri koristust ja viiakse mulda kevadel enne järgmise kultuuri külvi (Weil ja Kremen, 2007). Nende efektiivsus sõltub suuresti biomassist,

mille moodustumist mõjutab nii vahekultuuri liik, kasvuperioodi pikkus kui ka mulla- ja ilmastikutingimused (Ruis jt, 2019). Põhjamaistes kliimatingimustes jääb vahekultuuri kasvuperiood pärast põhikultuuri koristust lühikeseks, mistõttu on väga oluline kiirekasvuliste liikide valik (Holland jt, 2021). Vahekultuuridena kasvatatakse enamasti kõrrelisi ja ristõielisi, mis on efektiivsed mulla lämmastiku (N) sidujad (Tosti jt, 2012; Tuulos jt, 2014) ning liblikõielisi, mis on õhulämmastiku sidujad (Perrone jt, 2020). Talvituvad vahekultuurid kasvavad ja seovad



lämmastikku järgneval kevadel kuni nende muldaviimiseni. Külmaõrnad liigid lagunevad enne põhikultuuri külvamist, võimaldades keskkonnasäästlikku kasutamist ka otsekülvi tingimustes (Lawley jt, 2012).

Pärast muldaviimist saavad mikroorganismide poolt lagundatud biomassist vabanenud toitained kasutada järgnevat kultuurid. Sõltuvalt biomassi kogusest ja keemilisest koostisest, keskkonnateguritest ning agrotehnoloogiast, võib vahekultuuride mõju põhikultuuri saagile olla varieeruv (Jahanzad jt, 2017; Mancinelli jt, 2019).

Uurimistöö eesmärk oli hinnata sügistalviste vahekultuuride – talirukis (*Secale cereale* L.), talirüps (*Brassica rapa* subsp. *oleifera* L.), kesaredis (*Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus*), talivikk (*Vicia villosa* Roth) ja Aleksandria ristik (*Trifolium alexandrinum* L.) – biomassi moodustumise ja lämmastiku sidumise võimet ning mõju järgneva suviadra (*Hordeum vulgare* L.) saagile.

### Materjal ja meetodika

Põldkatsed viidi läbi katseaastatel 2016/17, 2017/18, 2018/19 ja 2019/20 Eesti Taimekasvatuse Instituudis (praegune Maaelu Teadmiskeskus). Katsealal oli leostunud kamar-karbonaat liivsavimuld (IUSS 2015), mille agrokeemilised näitajad olid järgmised:  $pH_{KCl}$  6,2; P 104 ning K 194 mg kg<sup>-1</sup>; C<sub>org</sub> 2,0%; N<sub>üld</sub> 0,15%. Katses olid vahekultuurideks kesaredis (Tillage radish®, 10 kg ha<sup>-1</sup>), talirüps ('Largo', 10 kg ha<sup>-1</sup>), talivikk ('Villana' 50 kg ha<sup>-1</sup>), Aleksandria ristik ('Akenaton', 15 kg ha<sup>-1</sup>) ja talirukis ('Sangaste', 180 kg ha<sup>-1</sup>), lisaks oli vahekultuurita kontrollvariant. Vahekultuurid külvati pärast teravilja koristust kõikidel aastatel augusti esimesel nädalal 24 m<sup>2</sup> suuruste katse-lappidena randomiseeritult neljas korduses. Taime maapealne ja -alune biomass määrati sügisel vegetatsiooniperioodi lõpus ning talvituvatel liikidel (talirukis, talirüps ja talivikk) ka kevadel, vahetult enne vahekultuuride sisseküüdi ja suviadra külvil ning väljendati kuivaines kg ha<sup>-1</sup>. Suviader 'Maali' (400 idanevat tera m<sup>2</sup>) külvati väetisi kasutamata igal aastal vahetult pärast vahekultuuride sisseküüdi mai esimesel nädalal. Suviadra terasaak (kg ha<sup>-1</sup>) arvatati 14% niiskusesisaldusele. Taime süsiniku (C) ja lämmastiku (N) üldsisaldus määrati Dumas kuivpõletusmeetodil CNS elementanalüsaatoriga Eesti Maaülikooli mullateaduse ja agrokeemia laboris.

Keskmine õhutemperatuur vahekultuuride kasvuperioodil sügisel (augusti algusest oktoobri lõpuni) oli 2016. ja 2017. aastal (vastavalt 10,5 ja 10,8 °C) sarnane pikaajalisele keskmisele (10,4 °C) ning 2018. ja 2019. aastal kõrgem (vastavalt 12,7 ja 11,1 °C). Efektiivsete temperatuuride summa (> +5 °C) (ETS) vahekultuuride kasvuperioodil 2016., 2017., 2018. ja 2019. aastal oli vastavalt 566, 597, 747 ja 608 °C. Keskmine sademete hulk oli 2016. ja 2017. aastal (vastavalt 84 ja 92 mm) suurem võrreldes pikaajalise keskmisega (74 mm) ja mõnevõrra väiksem 2019. aastal (68 mm). 2018. aastal eelnes vahekultuuride külvile väga kuiv periood:

juulikuu sademete hulk (15 mm) oli pikaajalisest keskmisest (79 mm) oluliselt madalam. Vihmasadu algas päev pärast vahekultuuride külvil, 4. augustil ja kuu lõpuks oli sademete hulk 76 mm, olles 13 mm võrra pikaajalisest keskmisest (89 mm) väiksem. Septembris oli sademete hulk (72 mm) aga pikaajalisest keskmisest (66 mm) suurem ja oktoobri lõpuks oli kogu kasvuperioodi (august-oktoober) keskmine sademete hulk (75 mm) sarnane pikaajalisele keskmisele (74 mm). Kevadel oli efektiivsete temperatuuride summa alates märtsist kuni vahekultuuride mulda viimiseni 40, 113, 127 ja 79 °C (vastavalt 2017., 2018., 2019. ja 2020. aastal).

Uuritud näitajate vahelist erinevust ( $p < 0,05$ ) analüüsiti dispersioonanalüüsi meetodil statistikatarkvaraga Agrobases Generation II. Vahekultuuride biomassi (maapealne ja -alune) ja N sisalduse aastasiseste erinevuste usutavuse hindamiseks kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi (ANOVA). Vahekultuuride ja aasta mõju ning nende faktorite koosmõju vahekultuuride biomassile (maapealne ja -alune) ja N sisaldusele katseaastate (2016–2019 ja 2017–2020) keskmistena kontrolliti kahefaktorilise dispersioonanalüüsiga. Vahekultuuride ja aasta mõju ning nende koosmõju suviadra terasaagile kontrolliti kahefaktorilise dispersioonanalüüsiga. Statistiliselt olulise erinevuse määramiseks kasutati *post hoc* Fisher's Least Significant Difference (LSD) testi. Tulemused loeti statistiliselt oluliseks  $p \leq 0,05$  korral.

### Tulemused ja arutelu

#### Vahekultuuride biomass ja N sidumise võime sügisel

Vahekultuuride biomass ja N sidumise võime sõltuvad eelkõige vahekultuuri liigist ja kasvuperioodi ilmastikutingimustest (Talgre jt, 2011; Handlířová jt, 2017). Käesolevas katses oli vahekultuuride biomass ja N sidumise võime väiksem kõige madalama efektiivsete temperatuuride summaga 2016. aastal (tabel 1). Vegetatsiooniperioodi lõpus oli kõikidel uuritud aastatel usutavalt ( $p < 0,05$ ) suurima biomassi (2515–3841 kg ha<sup>-1</sup>) ja N sidumise võimega (69–126 kg ha<sup>-1</sup>) kesaredis (joonis 1). See tulenes ka kesaredise massiivsest juurestikust, mille osakaal oli 45–56% kogu biomassist. Võrreldes kesaredisega oli talirüpsi biomass ja N sidumise võime väiksem (vastavalt 1169–2312 kg ha<sup>-1</sup> ja 29–74 kg ha<sup>-1</sup>). Vastupidiselt kesaredisele on talirüps aga talvekindel ning kevadel kasvades seob N muldaviimiseni (Tuulos jt, 2014). Ristõieliste puhul peab aga arvestama, et nad on tundlikud sama perekonna liikide järjestikku kasvatamisel külvikorras. Lisaks on ristõielised kultuurid pemeestaimeks patogeenile *Plasmodiphora brassicae*, mis põhjustab nuutri teket (Howard jt, 2010).

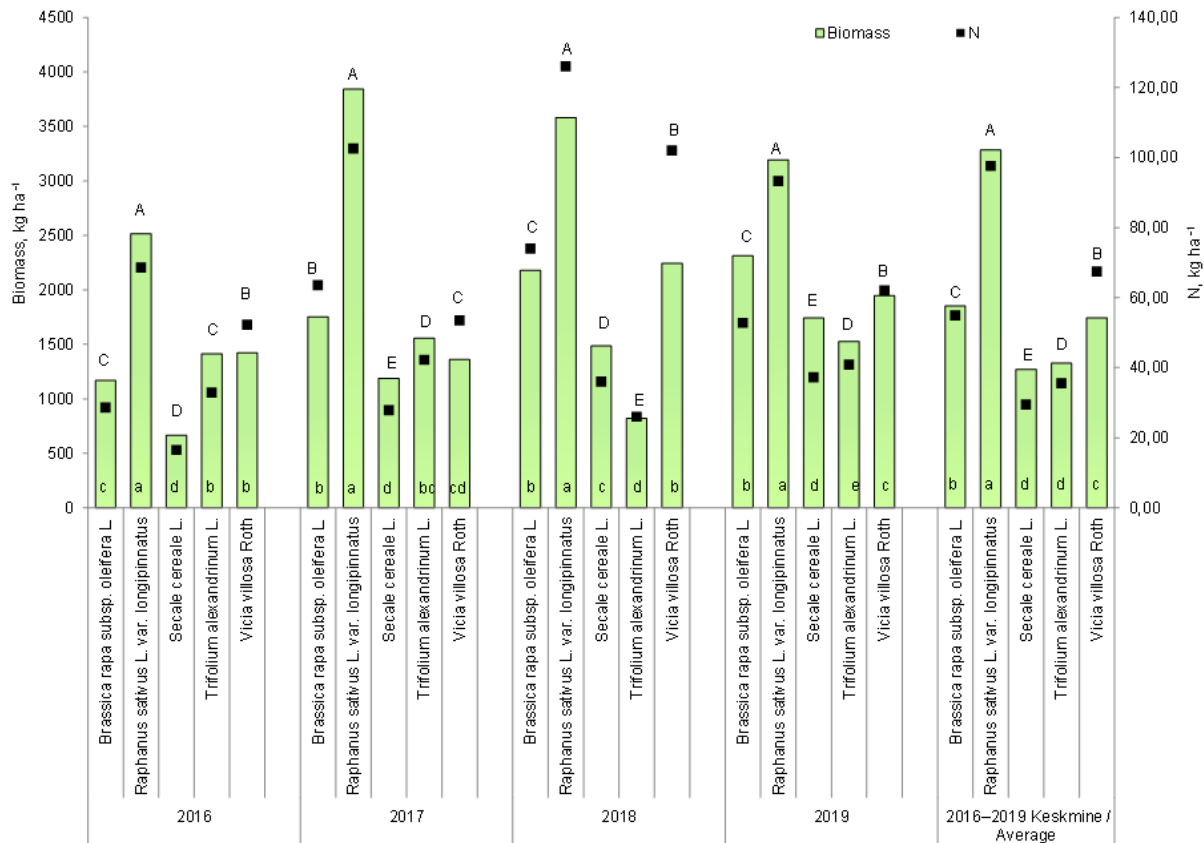
Liblikõieliste vahekultuuride biomassi moodustumise ja N sidumise võime on liigiti erinev (Parr jt, 2011). Meie katses oli taliviki keskmine biomass ja N sidumise võime (1744 ja 67 kg ha<sup>-1</sup>) suurem kui Aleksandria ristikul (1330 ja 36 kg ha<sup>-1</sup>). Aleksandria ristiku biomass ja N sidumise võime jäid väikseimaks

**Table 1.** Vahekuultuuride keskmine biomass (maapealne ja -alune) ja N sidumise võime (kuivainet kg ha<sup>-1</sup>) 2016–2020. aastal  
**Table 1.** The average biomass (above- and below ground) and nitrogen accumulation of cover crops (dry matter kg ha<sup>-1</sup>) 2016–2020

	Vahekuultuurid sügisel / Cover crops in autumn, kg ha <sup>-1</sup>		Vahekuultuurid kevadel / Cover crops in spring, kg ha <sup>-1</sup>	
	biomass / biomass	lämmastik / nitrogen	biomass / biomass	lämmastik / nitrogen
2016	1438 <sup>c</sup>	40 <sup>c</sup>	×	×
2017	1940 <sup>b</sup>	58 <sup>b</sup>	1424 <sup>d</sup>	47 <sup>d</sup>
2018	2062 <sup>a</sup>	73 <sup>a</sup>	2382 <sup>c</sup>	65 <sup>c</sup>
2019	2144 <sup>a</sup>	57 <sup>b</sup>	2901 <sup>a</sup>	84 <sup>a</sup>
2020	×	×	2719 <sup>b</sup>	71 <sup>b</sup>

*Samas tulbas erineva tähga (a, b, c, d) tähistatud arvanded erinevad usutavalt (p < 0.05; ANOVA, Fisher LSD test)*

*Means followed by the different letter (a, b, c, d) in the same column are significantly different (p < 0.05; ANOVA, Fisher LSD test)*

**Joonis 1.** Vahekuultuuride biomass (maapealne ja -alune) ja N sisaldus (kuivainet kg ha<sup>-1</sup>) 2016–2019. aastal ning aastate keskmisena sügisel. Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust katsevariantide vahel aasta sees (p < 0.05; ANOVA, Fisher LSD test) (väiketähed – biomass; suurtähed – N).**Figure 1.** The biomass (above- and below ground) and nitrogen accumulation of cover crops (dry matter kg ha<sup>-1</sup>) in autumn 2016–2019 and the average of these years within years, bars marked with different letters are significantly different (p < 0.05; ANOVA, Fisher LSD test) (lowercase letter – biomass; uppercase letter – N).

kuiva külveelse perioodiga 2018. aastal, seevastu talivikil olid need katseastate suurimad. Ka Anderson (2017) leidis, et Aleksandria ristik oli põuatundlik.

Kuigi talirukis on maailmas vahekuultuurina väga levinud suure biomassi moodustamise võime tõttu (Poffenbarger jt, 2015; Hill jt, 2016), siis meie katses jäi rukki biomass ja N sidumise võime sügisel väikeseks (vastavalt 667–1740 kg ha<sup>-1</sup> ja 16–37 kg ha<sup>-1</sup>). Üheks põhjuseks võib olla katses kasutatud sordi ‘Sangaste’ madal võrsumisvõime (Tupits, 2009). Vastupidiselt liblikõielistele on kõrrelised vahekuultuurid tundlikud ka vähese mulla N sisalduse suhtes. Adamson jt (2021) uuring näitas, et vedelsõnnikuga väetamisega on võimalik suurendada vahekuultuuride biomassi. Samal ajal

takistab vahekuultuur sõnnikust toitainete väljaleostumist (Raave, 2021). Vaatamata väikesele biomassile on rukis hea umbrohtude allasuruja (Madsen jt, 2016). Lisaks on uurimused näidanud, et rukis moodustab hilise külvi korral teiste vahekuultuuridega võrreldes suurema biomassi (Van Eerd, 2018; Zhou jt, 2019).

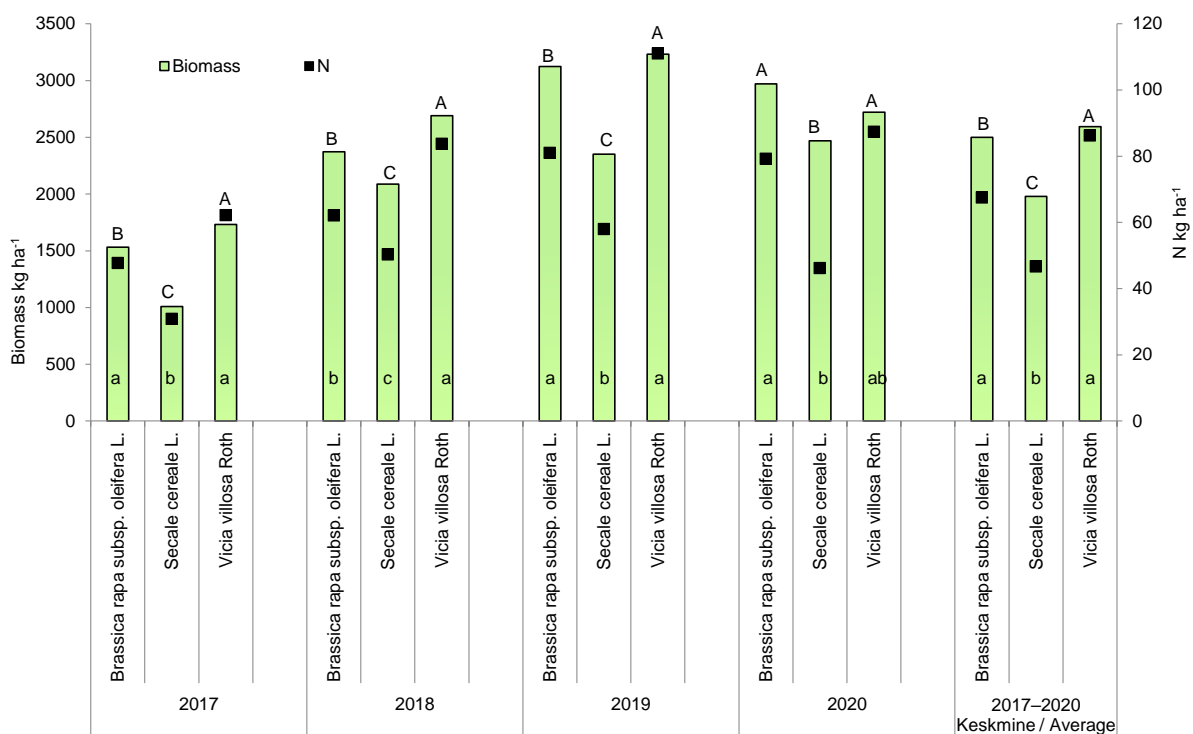
### Vahekuultuuride biomass ja N sidumise võime kevadel

Käesolevas uurimuses talvitusid talivikk, talirüps ja talirukis kõikidel katseastatel. Mittetalvituvatest liikidest oli külmaõrnem Aleksandria ristik, hukkudes sügisel esimeste külmadega. Kesaredis oli miinuskraadi-dele vastupidavam, lagunedes lõplikult kevadel mulla sulamisel.

Kevadine biomass ja N sidumise võime sõltusid ilmastikutingimustest vahekultuuride kasvuperioodil, olles kooskõlas varasemate uurimustega (Lawson jt, 2015; Mirsky jt, 2017). Meie tulemused näitasid, et väikseimaks jäi biomass ja N sidumise võime madalaima efektiivsete temperatuuride summaga (40 °C) 2017. aasta kevadel (tabel 1).

Aastate keskmisena ei erinenud taliviki (2593 kg ha<sup>-1</sup>) ja talirüpsi (2499 kg ha<sup>-1</sup>) biomass usutavalt (joonis 2),

talivikk oli aga suurema N sidumise võimega (86 kg ha<sup>-1</sup>) kui talirüps (67 kg ha<sup>-1</sup>). Väikseima biomassi (1978 kg ha<sup>-1</sup>) ja N sidumise võimega (47 kg ha<sup>-1</sup>) oli talirukis. Liblikõieliste vahekultuuride suurt N sidumise võimet kinnitavad ka teiste uuringute tulemused. Perrone jt (2020) katses moodustas rukis oluliselt suurema biomassi võrreldes talivikiga, kuid viimane oli kõrgema N sidumise võimega.



**Joonis 2.** Vahekultuuride biomass (maapealne ja -alune) ja N sisaldus (kuivainet kg ha<sup>-1</sup>) 2017–2020. aastal ja aastate keskmisena kevadel. Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust katsevariantide vahel aasta sees ( $p < 0.05$ ; ANOVA, Fisher LSD test) (väiketähed – biomass; suurtähed – N).

**Figure 2.** The biomass (above- and below ground) and nitrogen accumulation of cover crops (dry matter kg ha<sup>-1</sup>) in spring of 2017–2020 and the average of these years Within years, bars marked with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ; ANOVA, Fisher LSD test) (lowercase letter – biomass; uppercase letter – N).

### Vahekultuuride mõju suviokra saagile

2018. aastal suurenes suviokra saak usutavalt kesareidise ja taliviki järel (vastavalt 460 ja 340 kg ha<sup>-1</sup> võrra) (joonis 3). Teistel aastatel variantide vahel usutavaid erinevusi ei olnud, aga 2017. ja 2019. aastal mõjusid talivikk ja kesareidis tendentsina saaki suurendavalt. Nendes variantides suurenes usutavalt suviokra saak ka aastate keskmisena.

Suurema N sisalduse ja kitsama C:N suhte tõttu on liblikõielistel võrreldes teiste vahekultuuridega enamasti suurem positiivne mõju järgnevale kultuurile (Campiglia jt, 2014; Mancinelli jt, 2019). Campiglia jt (2009) leidsid, et taliviki järgselt oli kartuli saagitase võrdväärne mineraalse N väetise variandiga. Talivikil on olnud positiivne mõju ka tomati (Sainju jt, 2003) ja maisi saagile (Teasdale jt, 2004; Parr jt, 2011; Spargo jt, 2016). Väiksema biomassi ja N sidumise võimega liblikõieline, Aleksandria ristik, meie katses odra saagile mõju ei avaldanud. Aleksandria ristik ei moodus-

tanud sügisel suurt biomassi, hukkus esimeste külma-dega ega taganud piisavas koguses N järgnevale kultuurile. Samas on eelnev uurimus Eestis näidanud, et kevadel külvatud Aleksandria ristik moodustab suve jooksul suure biomassi ja seob hulgaliselt N ning suurendab järgnevale taliteraviljade saaki (Tamm jt, 2016).

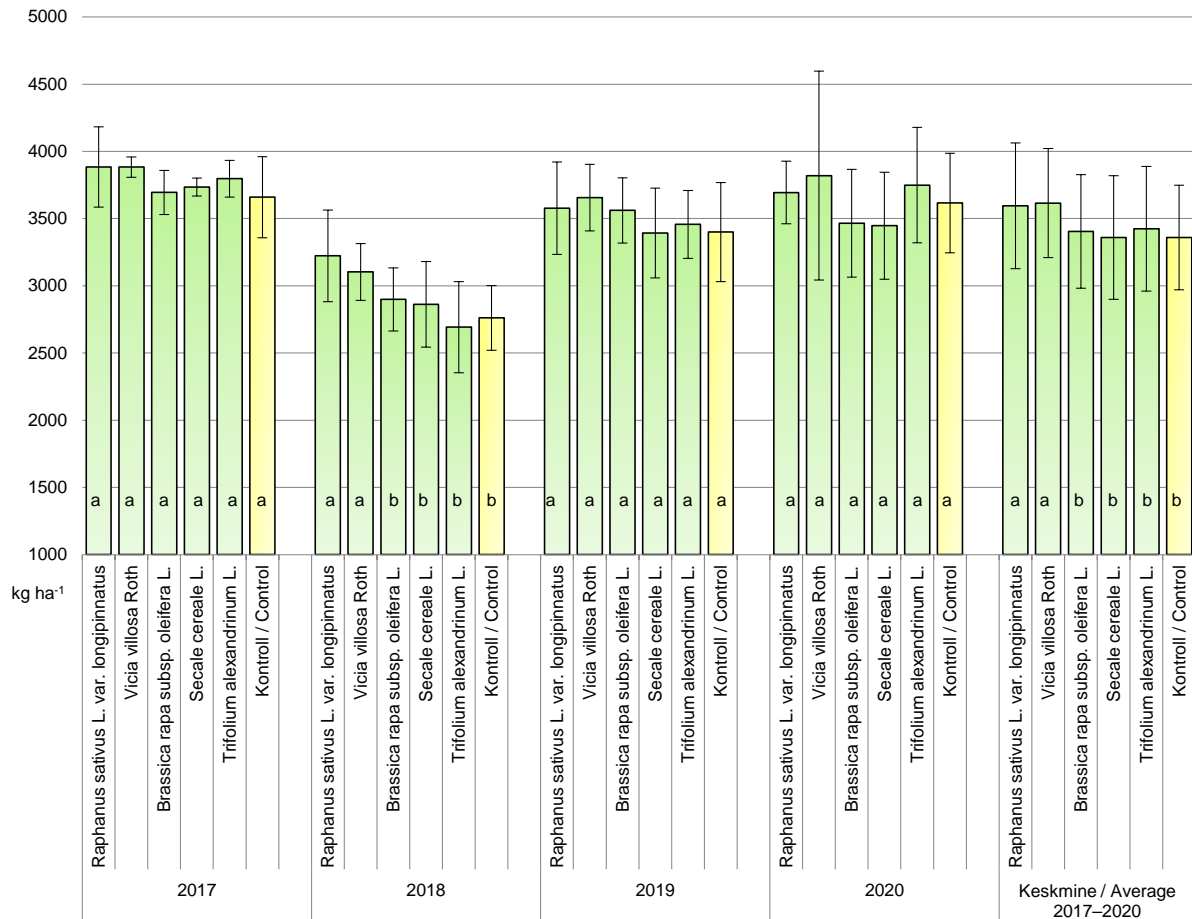
Ka mitte-liblikõielised vahekultuurid võivad siduda mullast arvestatava koguse N ja parandada järgneva kultuuri toitumist. Näiteks ristõielised on võimelised sügavale ulatava juurestikuga siduma N ka mulla alumistest kihtidest. Holland jt (2021) leidsid, et suviokra saak suurenes nendes variantides, kus eelkultuuriks oli kesareidise ja õlirõikast koosnev segu. Johnsons jt (2021) katses oli redise vahekultuuri järel maisi terasaak 5% võrra kõrgem ja üheaastase raiheina järel 13% madalam võrreldes kontrollvariandiga.

Sarnaselt meie tulemustele on kesareidisel olnud positiivne mõju odra (Munkholm ja Hansen, 2012; Sapkota

jt, 2012), aga ka sojaoa (Weil ja Kremen 2006), silomaisi (Wang jt, 2019) ja kartuli (Jahanzad jt, 2017) saagile.

Teatavasti võib osa vahekultuuride poolt seotud lämmastikust leostumise ja lendumise teel kaduma minna, seejuures mittetalvituvatel liikidel on nende lagunemise tõttu N kadu tõenäolisem (Böldt jt, 2021). Rutan ja Steinke (2019) leidsid, et mittetalvituv kesaredis oli küll sügisel efektiivne N siduja, kuid kiiresti lagunened

biomass ei taganud piisavalt N järgnevale kultuurile. Meie katses N kadu ei mõõdetud, mistõttu ei ole teada kui suur hulk N oli suviodule vahekultuuride järgselt kättesaadav. Seotud N kao vältimiseks peaks mittetalvituvate ja ka kitsa C:N suhtega liikidele (nt liblikõielised) järgnema varakult külvatav põhikultuur (nt teravili). Talvituvatel vahekultuuridel on võimalus kasvada edasi kevadel, mistõttu saab järgneda ka hiljem külvatav kultuur (nt köögivilid) (Sievers ja Cook, 2018).



**Joonis 3.** Suviolra saak (kuivainet kg ha<sup>-1</sup>) 2017–2020. aastal ja aastate keskmisena vahekultuuride järgselt võrreldes kontrolliga (ilma vahekultuurita). Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust katsevariantide vahel aasta sees ( $p < 0.05$ ; ANOVA, Fisher LSD test). Veajooned tähistavad standardhälvet.

**Figure 3.** The yield of spring barley (kg ha<sup>-1</sup>) in 2017–2020, and the average of these years compared to control (without cover crop). Within years, different lowercase letters are significantly different ( $p < 0.05$ ; ANOVA, Fisher LSD test). Error bars mark standard deviation.

Käesoleva katse tulemused näitavad, et uuritud vahekultuuridel ei olnud negatiivset mõju suviolra saagile. See võis olla tingitud biomassi kitsast C:N suhtest (9–18:1), mis vähendas N immobilisatsiooni potentsiaali (Lawson jt, 2013). Suurim oht laia C:N suhte tekkimiseks on kõrrelistel vahekultuuridel hilises kasvufaasis (Hill jt, 2016; Sievers ja Cook, 2018;). Meie katses ei jõudnud rukis vahekultuuride sissekunniks (mai alguses) areneda laia C:N suhtega (generatiivsesse) kasvufaasi. Sarnaselt leidsid ka Jahanzad jt (2017), et rukkil ei olnud negatiivset mõju järgnevale kultuurile, sest muldaviimise ajaks oli biomass veel kitsa C:N suhtega. On leitud, et erinevate liikide segus

kasvatamine aitab C:N suhet tasakaalustada ja negatiivset mõju vältida (Tribouillois jt, 2016; Kaye jt, 2019). Kaye jt (2019) katses vähendas rukki vahekultuur maisi saaki, aga kasvatamisel segus liblikõielisega negatiivne mõju puudus.

Vahekultuuride efektiivsuse suurendamiseks on soovitatav kasutada ka teisi orgaanilisi väetisi. Varasemalt on leitud, et vahekultuuride kasutamisel koos sõnnikuga on suurem mõju järgneva kultuuri saagile (Doltra ja Olesen, 2013; Madsen jt, 2016). Varasemad uuringud on välja toonud, et vahekultuuri positiivne efekt on suurem korduval kasutamisel külvikorras, läbi mullaviljakuse ja orgaanilise aine varu tõusu (Doltra ja Olesen, 2013; Bogužas jt, 2015; Mancinelli jt, 2019).

## Järeldused

Uurimistöös selgus, et vahekultuuride biomass ja N sidumise võime nii sügisel kui ka kevadel sõltusid liigist, kasvuperioodi pikkusest ja ilmastikutingimustest. Vahekultuuride keskmine biomass ja N sidumise võime olid väikseimad madalaima efektiivsete temperatuuride summaga katseaastal (2016/17). Sügisel oli suurima biomassi ja N sidumise võimega kesaredis. Aleksandria ristik oli põuatundlik, moodustades väikseima biomassi 2018. aastal, kui vahekultuuride külville eelnes kuiv periood. Talvituvatest vahekultuuridest oli kevadel suurima N sidumise võimega talivikk, kuigi tema biomass oli sarnane talirüpsiga. Väikseima biomassi ja N sidumise võimega oli talirüps. Aastate keskmisena suurendasid vaid kesaredis ja talivikk usutavalt järgneva suviadra saaki, teiste variantide puhul statistiliselt olulised erinevused puudusid. Vahekultuuride järjepideva kasutamisega külvikorras on võimalik tõsta mullaviljakust ja suurendada põhikultuuri saaki.

## Tänuavaldused

Uurimistöö on valminud projektide PA1-RUP-026 “Mahepõllumajanduses Eestis kasutamiseks sobivad sordid” (1.03.2016–30.11.2020) ja T170143PKTM “Põhikultuuride järel vahekultuurina kasvatamiseks sobivate liikide ja segude ning nende viljelemiseks sobiva agrotehnika väljatöötamine” toel.

### Huvide konflikt / Conflict of interest

Autorid kinnitavad artikliga seotud huvide konflikti puudumist.

*The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.*

### Autorite panused / Authors contributions

MT, LT, EL, LN, ST – katse kontseptsioon ja planeerimine / *study conception and design*;

MT, TT, LE, ÜT – andmete kogumine / *sampling*;

MT, ST, IT – katseandmete analüüs ja tõlgendamine / *data analysis*;

MT, LT, ST, ÜT, IT, LN, TT, LE, EL – käsikirja mustandi kirjutamine / *drafting of manuscript*;

MT, ST, ÜT, LT, EL – lõpliku käsikirja toimetamine ja heaks kiitmine / *critical revision and approval the final version of manuscript*.

## Kasutatud kirjandus

[IUSS] Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015 International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps; World Soil Resources Reports No. 106; FAO: Rome, Italy, 2015  
Anderson, R.L. 2017. Interseeding berseem clover in winter wheat. – *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32(6):573–575.  
DOI: 10.1017/S1742170517000023

Bogužas, V., Mikučionienė, R., Šlepetienė, A., Sinkevičienė, A., Feiza, V., Steponavičienė, V., Adamavičienė, A. 2015. Long-term effect of tillage systems, straw and green manure combinations on soil organic matter. – *Zemdirbyste*, 102(3):243–250.  
DOI: 10.13080/z-a.2015.102.031  
Böldt, M., Taube, F., Vogeler, I., Reinsch, T., Kluß, C. 2021. Evaluating different catch crop strategies for closing the nitrogen cycle in cropping systems – field experiments and modelling. – *Sustainability* 13, 394.  
DOI: 10.1007/s13165-020-00294-3  
Campiglia, E., Mancinelli, R., Di Felice, V., Radicetti, E. 2014. Long-term residual effects of the management of cover crop biomass on soil nitrogen and yield of endive (*Cichorium endivia* L.) and savoy cabbage (*Brassica oleracea* var. *sabauda*). – *Soil and Tillage Research*, 139:1–7.  
DOI: 10.1016/j.still.2014.01.003  
Campiglia, E., Paolini, R., Colla, G., Mancinelli, R. 2009. The effects of cover cropping on yield and weed control of potato in a transitional system. – *Field Crops Research*, 112(1):16–23.  
DOI: 10.4141/S02-05610.1016/j.fcr.2009.01.010  
Doltra, J., Olesen, J.E. 2013. The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereals in organic farming under Nordic climate. – *European Journal of Agronomy*, 44:98–108.  
DOI: 10.1016/j.eja.2012.03.006  
Handlířová, M., Lukas, V., Smutný, V. 2017. Yield and soil coverage of catch crops and their impact on the yield of spring barley. – *Plant, Soil and Environment*, 63(5):195–200. DOI: 10.17221/801/2016-PSE  
Hill, E.C., Renner, K.A., Sprague, C.L. 2016. Cover crop impact on nitrogen availability and dry bean in an organic system. – *Agronomy Journal*, 108(1):329–341. DOI: 10.2134/agronj2015.0164  
Holland, J., Brown, J.L., MacKenzie, K., Neilson, R., Piras, S., McKenzie, B. M. 2021. Over winter cover crops provide yield benefits for spring barley and maintain soil health in northern Europe. – *European Journal of Agronomy*, 130(April).  
DOI: 10.1016/j.eja.2021.126363  
Howard, R.J., Strelkov, S.E., Harding, M.W. 2010. Clubroot of cruciferous crops - New perspectives on an old disease. – *Canadian Journal of Plant Pathology*, 32(1):43–57.  
DOI: 10.1080/07060661003621761  
Jahanzad, E., Barker, A.V., Hashemi, M., Sadeghpour, A., Eaton, T., Park, Y. 2017. Improving yield and mineral nutrient concentration of potato tubers through cover cropping. – *Field Crops Research*, 212:45–51. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.06.023  
Johnson, J.M.F., Scott, D., Weyers, S. 2021. Radish and annual ryegrass alter corn yield response to nitrogen rate. – *Soil Science Society of America Journal*, 85(6):2054–2066. DOI: 10.1002/saj2.20311  
Kaye, J., Finney, D., White, C., Bradley, B., Schipanski, M., Alonso-Ayuso, M., Hunter, M., Burgess, M., Mejia, C. 2019. Managing nitrogen through cover



- crop species selection in the U.S. Mid-Atlantic. *PLoS ONE*, 14(4):1–23.  
DOI: 10.1371/journal.pone.0215448
- Lawley, Y.E., Teasdale, J.R., Weil, R.R. 2012. The mechanism for weed suppression by a forage radish cover crop. – *Agronomy Journal*, 104(2):205–214.  
DOI: 10.2134/agronj2011.0128
- Lawson, A., Fortuna, A.M., Cogger, C., Bary, A., Stubbs, T. 2013. Nitrogen contribution of rye-hairy vetch cover crop mixtures to organically grown sweet corn. – *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28(1):59–69. DOI: 10.1017/S1742170512000014
- Madsen, H., Talgre, L., Eremeev, V., Alaru, M., Kauer, K., Luik, A. 2016. Do green manures as winter cover crops impact the weediness and crop yield in an organic crop rotation? – *Biological Agriculture and Horticulture*, 32(3):182–191.  
DOI: 10.1080/01448765.2016.1138141
- Mancinelli, R., Muleo, R., Marinari, S., Radicetti, E. 2019. How soil ecological intensification by means of cover crops affects nitrogen use efficiency in pepper cultivation. – *Agriculture (Switzerland)*, 9(7):145.  
DOI: /10.3390/agriculture9070145
- Mirsky, S.B., Ackroyd, V.J., Cordeau, S., Curran, W.S., Hashemi, M., Reberg-Horton, S.C., Ryan, M.R., Spargo, J.T. 2017. Hairy vetch biomass across the eastern united states: Effects of latitude, seeding rate and date, and termination timing. – *Agronomy Journal*, 109(4):1510–1519.  
DOI: 10.2134/agronj2016.09.0556
- Munkholm, L.J., Hansen, E.M. 2012. Catch crop biomass production, nitrogen uptake and root development under different tillage systems. – *Soil Use and Management*, 28(4):517–529.  
DOI: 10.1111/sum.12001
- Parr, M., Grossman, J.M., Brinton, C., Crozier, C. 2011. Nitrogen delivery from legume cover crops in no-till organic corn production. – *Organic Agriculture and Agroecology*, 103(6):1578–1590.  
DOI: 10.2134/agronj2011.0007
- Perrone, S., Grossman, J., Liebman, A., Sooksa-nguan, T., Gutknecht, J. 2020. Nitrogen fixation and productivity of winter annual legume cover crops in Upper Midwest organic cropping systems. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117(1), 61–76.  
DOI: 10.1007/s10705-020-10055-z
- Plaza-Bonilla, D., Nolot, J.M., Raffaillac, D., Justes, E. 2015. Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes: Field evidence and model simulations. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 212:1–12
- Poffenbarger, H.J., Mirsky, S. B., Weil, R.R., Maul, J.E., Kramer, M., Spargo, J.T., Cavigelli, M.A. 2015. Biomass and nitrogen content of hairy vetch-cereal rye cover crop mixtures as influenced by species proportions. – *Agronomy Journal*, 107(6):2069–2082.  
DOI: 10.2134/agronj14.0462
- Raave, H. 2021. Lämmastiku leostumisest ja selle vähendamise võimalustest pärast vedelsõnniku sügisel põllule laotamist. *Agronoomia* 2021, (toim.)
- Tupits, I., Tamm, Ü., Tamm, Toe, A., Vanamb, E, Eesti Taimakasvatuse Instituut, lk 39–51.
- Ruis, S.J., Blanco-Canqui, H., Creech, C.F., Koehler-Cole, K., Elmore, R.W., Francis, C.A. 2019. Cover crop biomass production in temperate agroecozones. – *Agronomy Journal*, 111(4):1535–1551.  
DOI: 10.2134/agronj2018.08.0535
- Rutan, J., Steinke, K. 2019. Corn nitrogen management following daikon radish and forage oat cover crops. – *Soil Science Society of America Journal*, 83(1):181–189. DOI: 10.2136/sssaj2018.07.0269
- Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P. 2003. Cover crops and nitrogen fertilization effects on soil aggregation and carbon and nitrogen pools. – *Canadian Journal of Soil Science*, 83(2):155–165.  
DOI: 10.4141/S02-056
- Sievers, T., Cook, R.L. 2018. Aboveground and Root Decomposition of Cereal Rye and Hairy Vetch Cover Crops. – *Soil Science Society of America Journal*, 82(1):147–155. DOI: /10.2136/sssaj2017.05.0139
- Spargo, J.T., Cavigelli, M.A., Mirsky, S.B., Meisinger, J.J., Ackroyd, V.J. 2016. Organic supplemental nitrogen sources for field corn production after a hairy vetch cover crop. – *Agronomy Journal*, 108(5):1992–2002. DOI: 10.2134/agronj2015.0485
- Zhou, Y., Roosendaal, L., Van Eerd, L.L. 2019. Increased nitrogen retention by cover crops: implications of planting date on soil and plant nitrogen dynamics. – *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1–10. DOI: 10.1017/S1742170519000383
- Żuk-Gołaszewska, K., Wanic, M., Orzech, K. 2019. The role of catch crops in field plant production. – *A review*. – *Journal of Elementology*, 24(2):575–587.  
DOI: 10.5601/jelem.2018.23.3.1662
- Talgre, L., Lauringson, E., Makke, A., Lauk, R. 2011. Biomass production and nutrient binding of catch crops. – *Zemdirbyste*, 98(3):251–258
- Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Bender, A., Tamm, S., Narits, L., Koppel, M. 2016. Different leguminous pre-crops increased yield of succeeding cereals in two consecutive years. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 66(7):593–601.  
DOI: 10.1080/09064710.2016.1205125
- Teasdale, J.R., Devine, T.E., Mosjidis, J.A., Bellinder, R.R., Beste, C.E. 2004. Growth and development of hairy vetch cultivars in the northeastern United States as influenced by planting and harvesting date. – *Agronomy Journal*, 96(5):1266–1271.  
DOI: 10.2134/agronj2004.1266
- Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Pace, R., Tei, F., Guiducci, M., Thorup-Kristensen, K. 2012. Green manuring effect of pure and mixed barley-hairy vetch winter cover crops on maize and processing tomato N nutrition. – *European Journal of Agronomy*, 43:136–146. DOI: 10.1016/j.eja.2012.06.004
- Tribouillois, H., Cohan, J.P., Justes, E. 2016. Cover crop mixtures including legume produce ecosystem services of nitrate capture and green manuring:

- assessment combining experimentation and modeling. – *Plant Soil*. 401(1–2):347–64.  
DOI: 10.1007/s11104-015-2734-8
- Tupits, I. 2009. Külviaja ja külvisenormi mõju talirukki saagile. Põllukultuuride sordid, omadused ja soovitusi kasvatamiseks. Jõgeva, lk 30–35.
- Tuulos, A., Yli-Halla, M., Stoddard, F., Mäkelä, P. 2014. Winter turnip rape as a soil N scavenging catch crop in a cool humid climate. – *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1):359–366.  
DOI: 10.1007/s13593-014-0229-2
- Van Eerd, L.L. 2018. Nitrogen dynamics and yields of fresh bean and sweet corn with different cover crops and planting dates. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 111(1):33–46.  
DOI: 10.1007/s10705-018-9914-x
- Wang, F., Weil, R.R., Han, L., Zhang, M., Sun, Z., Nan, X. 2019. Subsequent nitrogen utilisation and soil water distribution as affected by forage radish cover crop and nitrogen fertiliser in a corn silage production system. – *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 69(1):52–61.  
DOI: 10.1080/09064710.2018.1498911
- Weil, R.; Kremen, A. 2007. Thinking across and beyond disciplines to make cover crops pay. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(4):551–557. DOI: 10.1002/jsfa.2742

### The effect of cover crops on biomass and nitrogen accumulation and on spring barley yield

Merili Toom<sup>1</sup>, Liina Talgre<sup>2</sup>, Sirje Tamm<sup>1</sup>, Ülle Tamm<sup>1</sup>, Ilmar Tamm<sup>1</sup>, Lea Narits<sup>1</sup>, Tiina Talve<sup>1</sup>, Liina Edesi<sup>1</sup>, Enn Lauringson<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre of Estonian Rural Research and Knowledge, J. Aamisepa 1, 48309 Jõgeva, Estonia

<sup>2</sup>Estonian University of Life Sciences, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Chair of Soil Science, 5 Fr. R. Kreutzwaldi St., 51006 Tartu, Estonia

#### Summary

The study showed that cover crop biomass and N accumulation in autumn and in spring is related to species, the length of the growing season, and the weather conditions. Out of five species studied, forage radish accumulated the highest amount of biomass and N in autumn. Berseem clover accumulated the lowest amount of biomass and N, especially in the year (2018) with drought conditions before the establishment. Among over-wintering species, hairy vetch accumulated the highest amount of N in the spring, although it had similar biomass with winter turnip rape. Winter rye accumulated the lowest amount of biomass and N. As an average over the years, only forage radish and hairy vetch significantly increased the yield of subsequent barley. The yield level following the other cover crops was similar to the control.