

Eesti Maaülikool

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Annika Jõemaa

**VILJELUSVIISI MÕJU HERNE (*PISUM SATIVUM*)  
UMBROHTUMUSELE JA SAAGIKUSELE**

**THE EFFECT OF THE FARMING SYSTEM ON THE WEED  
INFESTATION AND YIELD OF THE FIELD PEA (*PISUM  
SATIVUM*)**

Magistritöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendajad: Liina Talgre, PhD

Helena Madsen, MSc

Tartu 2017

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Annika Jõemaa		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava	
Pealkiri: Viljelusviisi mõju herne ( <i>Pisum sativum</i> ) umbrohtumusele ja saagikusele			
Lehekülgi: 60	Jooniseid: 14	Tabeleid: 1	Lisasid: 5
<p>Osakond: Taimekasvatuse ja rohumaaviljeluse osakond</p> <p>Uurimisvaldkond: Taimekasvatus, B390</p> <p>Juhendajad: Liina Talgre, PhD, Helena Madsen, MSc</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2017</p>			
<p>Hernes on oluline põllukultuur, mida kasutatakse loomasöödaks ning toiduks. Herne kasvatamisel on probleemiks aga selle madal konkurentsivõime ning seetõttu on umbrohtumus oluline saagikust limiteeriv tegur. Seoses rahvaarvu suurenemisega tuleb otsida võimalusi põllumajandussaaduste intensiivsemaks ja efektiivsemaks tootmiseks, kuid oluline on ka vähendada põllumajanduse negatiivset mõju keskkonnale.</p> <p>Katse viidi läbi 2015. ja 2016. aastal Põllumajandus- ja Keskkonnainstituudi katsepõllul Eerikal eesmärgiga uurida kolme maheviljelussüsteemi (M 0, M I ja M II) ja nelja tavaviljelussüsteemi (N0, N50, N100, N150) mõju herne (<i>Pisum sativum</i>) umbrohtumusele ning saagikusele. Katse rajati 2008. aastal viieväljalise külvikorrana, milles kultuuride järjestus oli järgmine: oder punase ristiku allakülviga – punane ristik – talinisu – hernes – kartul. Umbrohtude liigiline koosseis, arvukus ja maapealne biomass määrati kahel korral: enne talviste vahekultuuride muldaküüdi ning kolm nädalat enne herne koristamist.</p> <p>Antud katses selgus, et talviste vahekultuuride kasvatamine külvikorras vähendab umbrohtude arvukust ja biomassi, kuid vahekultuuride kasvatamisel ja sõnniku lisamisel mulda puudub usutav mõju herne saagikusele. Herne terasaagikus oli kõrgem tavavariantides. Herne keskmine saagikus mahevariantides oli 2015. aastal 25% ning 2016. aastal 35% madalam kui tavavariantide keskmine saagikus. Mahevariantides oli nii umbrohtude arvukus ja biomass kui ka liigiline mitmekesisus suuremad võrreldes tavavariantidega.</p>			
Märksõnad: hernes ( <i>Pisum Sativum</i> ), vahekultuurid, mahe – ja tavaviljelus, umbrohtumus, Shannon-Wiener'i indeks			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Annika Jõemaa		Speciality: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: The effect of the farming system on the weed infestation and yield of the field pea ( <i>Pisum sativum</i> )			
Pages: 60	Figures: 14	Tables: 1	Appendixes: 5
Department: Department of Field Crop and Grassland Husbandry Field of research: Crop production, B390. Supervisors: Liina Talgre, PhD and Helena Madsen, MSc Place and date: Tartu, 2017			
<p>Field pea is an important crop used for food and animal feed. The problem with growing field peas is its low competitiveness and because of that weed growth plays an important role in limiting its yield. As a result of the increase of the population there is a need to find ways for more intense and effective production of agricultural products, but it is also important to reduce the negative effect agriculture has on the environment.</p> <p>The experiment was conducted in 2015 and 2016 to investigate the impact of three organic farming systems (M 0, M I, and M II) and four conventional farming systems (N0, N50, N100, and N150) to field pea's (<i>Pisum sativum</i>) weed infestation and yield. The experiment was started in 2008 as a five-field crop rotation with the following order of the crops: barley undersown with red clover – red clover – winter wheat – field pea – potato. The weeds' biodiversity, density, and above-ground biomass were assayed twice: before the ploughing of the winter cover crops and three weeks before harvesting the field pea.</p> <p>It was discovered in this experiment that growing winter cover crops in crop rotation reduces the amount of weed infestation and biomass, but growing cover crops and adding manure to the soil has no plausible impact on field pea's yield. Field pea's average yield was higher in conventional systems. Field pea's average yield with organic farming was lower than with conventional farming by 25% in 2015 and 35% in 2016. Compared to conventional farming, organic farming also had higher number of weeds and biomass and higher biodiversity.</p>			
Märksõnad: Field pea ( <i>Pisum Sativum</i> ), cover crops, organic- and conventional farming, weediness, Shannon-Wiener Index			

# SISUKORD

SISUKORD.....	4
SISSEJUHATUS.....	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	8
1.1. Herne kasvatamine Eestis ja Euroopas .....	8
1.2. Herne bioloogilised iseärasused ja agrotehnoloogia.....	9
1.3. Herne saagikust mõjutavad tegurid.....	12
1.4. Umbrohtumus ja selle reguleerimise võimalused .....	14
1.4.1. Külvikord .....	15
1.4.2. Vahekultuurid.....	16
1.4.3. Mehaaniline mullaharimine .....	18
2. METOODIKA.....	20
2.1. Katse kirjeldus.....	20
2.2. Katseala mullastiku iseloomustus .....	22
2.3. Umbrohtumuse määramine .....	22
2.4. Katseaastate ilmastikutingimused.....	23
3. KATSE TULEMUSED JA ARUTELU .....	25
3.1. Umbrohtude arvukus ja biomass 2015. aastal .....	25
3.1.1. Umbrohtude arvukus ja biomass enne vahekultuuride sisseküüdi .....	25
3.1.2. Umbrohtude arvukus ja biomass kolm nädalat enne herne koristust .....	28
3.2. Umbrohtude arvukus ja biomass 2016. aastal .....	30
3.2.1. Umbrohtude arvukus ja biomass enne vahekultuuride sisseküüdi .....	30
3.2.2. Umbrohtude arvukus ja biomass kolm nädalat enne herne koristust .....	32
3.3. Umbrohtude liigiline mitmekesisus .....	34
KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED .....	40
KASUTATUD KIRJANDUS .....	42

The effect of the farming system on the weed infestation and yield of the field pea ( <i>Pisum sativum</i> ) .....	49
LISAD .....	51
Lisa 1. Herbitsiidikahjustus valgel hanemaltsal 06.07.2016 .....	52
Lisa 2. Umbrohtude liigid ja arvukus kevadel enne vahekultuuride sisseküüdi 2015. aastal .....	53
Lisa 3. Umbrohtude liigid ja arvukus kevadel enne vahekultuuride sisseküüdi 2016. Aastal .....	54
Lisa 5. Umbrohuliigid ja nende arvukus kolm nädalat enne herne koristust 2016. aastal .....	57

## SISSEJUHATUS

Eesti põllumajanduse arengut on tugevalt mõjutanud liitumine Euroopa Liiduga 2004. aastal. See võimaldas põllumajandustootjatel taotleda uusi toetusi ning tänu sellele on põllumajanduspind peale 2004. aastat oluliselt suurenenud. Seoses rahvaarvu suurenemisega otsitakse võimalusi põllumajandussaaduste intensiivsemaks ja efektiivsemaks tootmiseks. Samas on Euroopa Liitu astumise tagajärjel karmistunud keskkonnanõuded sundinud tootjaid pöörama rohkem tähelepanu oma tegevuse kooskõlastamiseks ümbritseva keskkonnaga. Seetõttu on oluline leida võimalusi intensiivseks tootmiseks samal ajal vähendades negatiivset mõju keskkonnale.

Hernes on oluline sööda- ning toidukultuur (Karkanis *et al.* 2016). Kasvatamisel on probleemiks aga herne vähene konkurentsivõime, mistõttu on see nõrk umbrohtude allasuruja (Sepp 2008). Herne kasvupind Eestis on viimaste aastate jooksul oluliselt kasvanud. 2010. aastal oli herne kasvupind 6900 ha ning 2016. aastaks oli antud näitaja juba 38900 ha (Statistikaamet). Ka maheherne kasvupind on kasvanud. 2011. aastal oli maheherne kasvupind Eestis 732,82 hektarit, millest üleminekuajal oli 154,29 hektarit (Mahepõllumajanduslik taimekasvatus 2011 aastal..) ja 2016. aastaks oli maheherne pind suurenenud 4431 hektarini sh. üleminekuajal 1220 hektarit (Mahepõllumajanduslik taimekasvatus 2016 aastal...). Kaunviljade kasvupinna suurenemisele on tõuke andnud keskkonnasõbraliku majandamise toetusega kaasnev nõue kasvatada 15%-l põllupinnast liblikõielisi kultuure (Põllumajandussektori 2015...).

Umbrohtumus on oluline saagikust limiteeriv tegur, konkureerides kultuurtaimedega päikesevalguse, vee ning mullas leiduvate toitainete pärast. Lisaks võivad umbrohud olla peremeestaimedeks mitmetele kahjuritele ja haigustekitajatele (VanTine, Verlinden 2003).

Herbitsiidide kasutamine võimaldab umbrohtusid hävitada ning seekaudu parandada kultuuride saagikust ning vähendada umbrohtutõrjeks vajaliku käsitöö hulka (VanTine, Verlinden 2003). Herbitsiidide intensiivne kasutus on aga põhjustanud herbitsiidiresistentsete umbrohtude tekkimise, mis omakorda nõuab veelgi

kontsentreeritumate ja uute taimekaitsevahendite kasutamist (Šniauka, Pocius 2008). Kuna herbitsiidide kasutamine põhjustab bioloogilise mitmekesisuse langust põldudel ning mõningatel juhtudel võivad mõned herbitsiidiresistentsuse omandanud umbrohud muutuda põllul domineerivaks, siis on põllumajandussektori huvi keskkonnasõbralikuma tootmise vastu suurenenud (VanTine, Verlinden 2003). Umbrohtumust on võimalik kontrolli all hoida erinevate keskkonnasäästlike meetmetega, millest olulisemad on õigesti planeeritud külvikord, äestamine, vaheltharimine, vahekultuuride kasvatamine, multsimine jne.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on uurida viieväljalises külvikorras kolme maheviljelussüsteemi ja nelja tavaviljelussüsteemi mõju herne (*Pisum Sativum*) umbrohtumusele ja saagikusele.

Püstitatud hüpoteesid:

Herne terasaagikus sõltub viljelusviisist ja umbrohtumusest

Vahekultuuride kasvatamine külvikorras aitab vähendada herne umbrohtumust

Töö autor avaldab tänu oma juhendajatele Liina Talgrele ja Helena Madsenile nõuannete ja abi eest töö valmimise ajal.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Herne kasvatamine Eestis ja Euroopas

Hernes on oluline põllukultuur, mida kasvatatakse nii loomasöödaks kui ka toiduks (Akk *et al.* 2011; Karkanis *et al.* 2016). Eestis on herne keskmine kasvuaeg külvist koristusküpsuseni 112 päeva (Akk 2011). Sobiv külviaeg sõltub suuresti sellest, millises piirkonnas hernest kasvatatakse. Kesk- ja Põhja-Euroopas toimub külv üldjuhul kevadel, kuid Lõuna-Euroopas külvatatakse seeme novembri keskpaigas. Põhja-Euroopas ohustavad sügisese külvi puhul hernest õitsemiseaegsed külmakahjustused (Raveneau *et al.* 2016). Itaalias leiti, et sügisese külvi korral oli herne saagipotentsiaal kõrgem, biomass suurem ning taimedel oli parem umbrohtude allasurumisvõime (Annicchiarico, Filippi 2007). Taliherne õitseb varem ning seetõttu on see parema põuataluvusega õitsemise lõpus (Vocanson, Jeuffroy 2008).

Hernes on oluline söödakultuur, sisaldades mitmeid olulisi aminohappeid ning 21-25% proteiini. See sobib kasutamiseks sigade, lihaveiste, piimalehmade ning lindude söödaratsioonides (McKay, 2003). Lisaks on hernes oluline toidukultuur. Proteiin on oluline toitaine ka inimeste toidus. Hernes sisaldab erinevaid süsivesikuid, mineraale, kiudaineid ja vitamiine (Dahl *et al.* 2012).

Herne kasvupind Eestis on alates 2010. aastast märgatavalt kasvanud. Kui 2010. aastal oli herne kasvupind 6900 ha, siis 2016. aastaks oli antud näitaja 38900 ha (Statistikaamet). 2011. aastal oli maheherne kasvupind Eestis 732,82 hektarit, millest üleminekuajal oli 154,29 hektarit (Mahepõllumajanduslik taimekasvatus 2011 aastal...) ning 2016. aastaks oli maheherne pind suurenenud 4431 hektarini sh. üleminekuajal 1220 hektarit (Mahepõllumajanduslik taimekasvatus 2016 aastal...). Kaunviljade kasvupinna suurenemisele on tõuke andnud keskkonnasõbraliku majandamise toetusega kaasnev nõue kasvatada 15%-l põllupinnast liblikõielisi kultuure (Põllumajandussektori 2015...). Ka herne saagikus on liikunud pigem tõusvas trendis. Eesti keskmine herne saagikus oli 2010. aastal 1760 kg ha<sup>-1</sup> ning 2016. aastal 1859 kg ha<sup>-1</sup>.



Viimase kümne aasta kõrgeim saagikus oli 2015. aastal, kui Eesti keskmine herne saagikus oli 2644 kg ha<sup>-1</sup> (Statistikaamet). Olulist rolli mängis seejuures kindlasti sademetevaene augustikuu, mis tegi koristamise efektiivsemaks (Põllumajandussektori 2015...).

2015. aastal kasvatati Euroopas hernest 743800 hektaril kogusaagiga üle 2 miljoni tonni. Eestis kasvatatud herne saagikused on võrreldes naaberriikidega veidi madalamad. Lätis oli 2016. aastal keskmine saagikus 2900 kg ha<sup>-1</sup>, Soomes 2360 kg ha<sup>-1</sup> ning Leedus 2100 kg ha<sup>-1</sup>. Mitmes suuremas Euroopa riigis oli eelnimetatud näitaja oluliselt kõrgem. Saksamaal oli herne saagikus 3310 kg ha<sup>-1</sup> ning Inglismaal 3700 kg ha<sup>-1</sup> (Faostat).

## 1.2. Herne bioloogilised iseärasused ja agrotehnoloogia

Hernes on üheaastane liblikõieline kultuur, mis kuulub botaanilisse liiki *Pisum sativum L.* (Akk *et al.* 2011). Herne sordid võivad olla lehetud, poollehetud või tavasordid. Tavasortidel on kaks suurt abilehte ning 2–3 paari lehekestega liitlehed, mille ladvas paiknevad vähesed köitraod. Poollehetutel sortidel on lehekeste asemel tugevad köitraod ja lehetutel sortidel abilehed puuduvad (Kaarli 1998). Hernes on isetolmleja (Endres *et al.* 2016).

Enamikel hernesortidel varieerub õite värvus valgest kuni lillani (Endres *et al.* 2016). Optimaalne temperatuur seemnete idanemiseks on 20–25°C ning minimaalne temperatuur 1–2°C (Kaarli 1998; Ravenau *et al.* 2011). Taimed taluvad kuni -5°C külma (Akk 2011). Juured võivad ulatuda enam kui meetri sügavusele, kuid valdav osa juurestikust paikneb 0,6-meetrises mullakihis (McKay *et al.* 2003). Põldhernes sisaldab rohkesti aminohappeid, lüsiini ja trüptofaani. Proteiinisaldus terades on keskmiselt 21–25% (Endres *et al.* 2016).

Hernesordid jagunevad determinantseteks ja indeterminantseteks. Determinantsed sordid on lühema õitsemise ajaga ning lõpetavad teatud arenguastmeni jõudes vegetatiivse kasvu ning valmivad. Indeterminantsed sordid õitsevad ja kasvavad pikema perioodi vältel kuni ebasoodsad tingimused (põud, külm) kasvu lõpetavad (Kaarli 1998). Reproduktiivse kasvufaasi ajal võivad kõrged temperatuurid ja veedefitsiit vähendada seemnete arvu kaunas (Guilioni *et al.* 2003; McKay *et al.* 2003). Indeterminantsed sordid on paremini kohastunud kuumades ja kuivades piirkondades kasvamiseks ning tulevad kuumastressiga paremini

toime, seevastu determinantsed sordid sobivad kasvatamiseks niiskematesse piirkondadesse (McKay *et al.* 2003).

Hernes on tundlik mulla tihenemise suhtes, mistõttu on oluline põhjalik külvipinna ettevalmistus (Siczek *et al.* 2013). Sõltuvalt mullastikust varieerub soovituslik külvisügavus vahemikus 2–5 cm (Johnston, Stevenson 2001), sügavama külvi puhul võib tärkamine olla ebauhtlane (Ayaz 2004). Soovituslik külvisenorm on sõltuvalt sordist ning kasvutingimustest 80–100 idanevat seemet ruutmeetri kohta (Kaarli 1998). Gan *et al.* 2003 leidsid, et kõrgeim saagikus saadi, kui külvisenorm oli 75–80 idanevat seemet ruutmeetri kohta. Umbrohtumuse vähendamiseks tuleks hernest äestada umbrohtude idulehtede faasis (Luik *et al.* 2008).

Mullapatogeenide leviku ja nende poolt tekitatud kahju minimeerimiseks peaks samal põllul liblikõieliste kultuuride vahe olema vähemalt kolm aastat. Herne eelkultuuriks sobivad hästi teraviljad ja mais, sest eelnimetatud kultuurid pole peremeestaimed juuremädanikku põhjustavatele patogeenidele ja nematoodidele (Abawi *et al.* 2014)). Haiguste ja kahjurite levikut on võimalik takistada sobiliku viljavaheldusega, sobiva külviajaga, optimaalse taimede tihedusega, optimaalse külvisügavusega ning tavaviljeluse puhul ka fungitsiidide ja insektitsiidide kasutamisega (Karkanis *et al.* 2016).

Kurowski *et al.* 1997 leidsid, et liblikõielisi monokultuuris kasvatades oli haiguste levik intensiivsem. Olulist saagikadu ning kvaliteedilangust põhjustav haigus on herne-laikpõletik (*Mycosphaerella pinodes*) (Timmerman-Vaughan *et al.* 2002). Levinud haigus on ka herne-jahukaste (*Erysiphe pisi*), mille levik on intensiivsem hilisema külvi puhul (Endres 2016). Olulisemad haigused on ka herne-ebajahukaste (*Peronospora viciae*) (Karkanis *et al.* 2016), herne-afanomükoos (*Aphanomyces euteiches*) (Persson *et al.* 1999) ning herne-närbumistõbi (*Fusarium oxysporum*) (Bani *et al.* 2012).

Oluline hernekahjur on hernekärsakas (*Sitona lineatus*). Hernekärsaka valmik kahjustab taime maapealseid osi ning vastsed juuremügaraid, mille tagajärjeks on saagikadu ning lämmastiku omastamise vähenemine (Vankosky *et al.* 2009). Levinud kahjurid on ka herneriplane (*Kakothrips robustus*) ja hernemähkur (*Laspeyresia nigricana*). Herneriplase valmik ja vastne imevad taimemahla. See häirib fotosünteesi, pärsib õite arengut ning põhjustab saagi vähenemist. Hernemähkuri vastsed toituvad kaunade sees ning vähendavad saagi kvaliteeti ja suurust. Hernest kahjustavad veel lisaks herne-lehetäi (*Acyrtosiphon*

*pisum*) ning herne-teramardikas (*Bruchus pisorum*) (Kaarli 1998; Clement *et al.* 2009). Herne-lehetäi on pistmis-imemissuistega ning toitub taimemahlast. Kahjustused mõjutavad taime eriti tugevalt õitsemise ajal või põuastressi korral. Kahjustuse tagajärjel väheneb seemnete moodustumine kaunas ja seemned jäävad väikeseks (Endres 2016).

Hernes liblikõielise kultuurina elab sümbioosis õhulämmastiku siduvate mügarbakteritega (*Rhizobia*). Taime juurtel arenevad spetsiaalsed juuremügarad (Ferguson *et al.* 2010). Mügarates toimub õhulämmastiku redutseerimine ammooniumlämmastikuks, mida taim on võimeline omastama (Cullimore, Bennet 1992). Tänu liblikõieliste kultuuride lämmastikusidumise võimele pole lämmastikväetiste kasutamine herne puhul üldjuhul vajalik, sest hernes suudab enda lämmastikuvajaduse rahuldada ning koos mullavarudest saadavaga jääb eelnimetatud elementi ka järelkultuuridele kasutamiseks (Kaarli 1998). Liblikõieliste kasvatamine avaldab mõju järelkultuuridele. Ha *et al.* 2007 leidsid, et herne kasvatamine aitab järelkultuuril fosforit paremini omastada.

Herne seemned sisaldavad palju fosforit ja kaaliumi ning seetõttu on eelnimetatud elementide vajadus suur (Kaarli 1998). Kaalium osaleb fotosünteesiprotsessis (Mengel, Kirkby 1997) ning selle tarve on keskmiselt 40-50 kg ha<sup>-1</sup> (Akk 2011). Fosfor on oluline element taime ainevahetusprotsessides (Blaxton *et al.* 1989). Katsed on näidanud, et fosfori puuduse tagajärjel väheneb mügarate arvukus (Kouas *et al.* 2005) ja suurus (Schulze, Drevon 2005). Herne fosforitarve on keskmiselt 15-30 kg ha<sup>-1</sup> (Akk 2011).

Vajalik element on ka väävel. Pacyna *et al.* 2006 leidsid, et väävlipuudus vähendas lämmastiku sidumist. Väävel parandab saagikust, suurendab lämmastiku fiksatsiooni ning lämmastikusisaldust taimedes (Zhao *et al.* 1999). Taimede optimaalseks arenguks on olulised ka mikroelemendid. Brkic *et al.* 2004 leidsid, et molübdeeniga väetamine suurendas mügarate arvu. Molübdeen on lisaks vajalik ka lämmastiku fiksatsiooni protsessis. Tagada tuleks ka boori olemasolu mullas. Boor on tähtis element sisaldudes mügarate rakuseintes ja membraanides. Boori puuduse korral väheneb mügarate arv ja suurus (Belanos 1994).

### 1.3 Herne saagikust mõjutavad tegurid

Hernes on nii toitainete kui ka kasvukeskkonna suhtes vähenõudlik põllukultuur. Samas on see juurehaiguste suhtes vastuvõtlik, mistõttu sobivad kasvatamiseks kuivendatud ning hea struktuuriga mullad. Sobivaimad on liivsavi- ja saviliivmullad (Kõlli 1994). Niisketes tingimustes on haiguste levik intensiivsem (Abawi *et al.* 2014). Kahjurite ja haiguste leviku pidurdamiseks on oluline kasvatada sobivaid eelkultuure. Herne eelviljaks ei sobi teised liblikõielised ning ristõielised, kuid hästi sobivad kõik suvi- ja taliteraviljad (Akk 2011).

Oluline saagikust mõjutav tegur on mulla happesus. Herne kasvu ja arengu jaoks on optimaalne mulla pH 6-7 (Roostalu 2008; Akk 2011). Mulla liigsel happesusel ja samuti ka liigsel leelisusel on nii taimedele kui ka mullas elavatele mikroorganismide arengule pärssiv mõju. Tugevalt happelistes muldades esinev kaltsiumi- ja magneesiumipuudus pidurdab taimede arengut. Lisaks väheneb väetamise efektiivsus, sest happelistes muldades on toitainete kättesaadavus vähenenud. Muldades võib suureneva liikuva alumiiniumi ja mangaani sisaldus, mis mõjub taimedele toksiliselt (Järvan, M, Järvan, U 2010). Ka Ferguson *et al.* 2013 leidsid, et happelistes muldades on suureks probleemiks kõrge toksilise alumiiniumi kontsentratsioon, mis pärsib taimede arengut.

Happelistes muldades on pidurdunud fosfaatioonide liikuvus ning seetõttu on vähenenud ka nende omastamine taimede poolt. Raua-, mangaani-, vase-, boori- ja tsingiühendid on paremini omastatavad happelistes muldades, kuid molübdeeni omastatavus on parem aluselises keskkonnas (Kärblane 1996). Mulla reaktsioon mõjutab ka mikroorganismide aktiivsust ja arvukust. Happelise reaktsiooniga muldades väheneb olulisel määral kasulike bakterite tegevus ja suureneb taimehaigusi põhjustavate mikroorganismide arvukus (Järvan, M, Järvan, U 2010).

Herne saagikuse kujunemisel on tähtis roll ka juurtel asuvatel mügarbakteritel. Oluline on tagada mügarbakterite arenguks ja toimimiseks sobiv keskkond. Rice *et al.* 2000 ja Ferguson *et al.* 2013 leidsid, et mügarbakterite arvukus, mass ning seeläbi ka herne biomass sõltuvad mulla happesusest. Happelistes muldades on bakterite areng pärssitud ning taimset biomassi moodustub vähem. Happesuse vähenedes suureneb N<sub>2</sub> fikseerimine taimede poolt. Ferguson *et al.* 2013 leidsid ka, et taimedes stressi tagajärjel vabanev taimehormoon etüleen vähendab mügarbakterite moodustumist. Lisaks leidsid nad, et mügarate moodustumist takistavad ka

lämmastikku sisaldavad ühendid nagu nitraat ja ammoonium. Ka Vankosky *et al.* 2010 tõdesid, et liigne lämmastikväetise kasutamine vähendab mügarate arvukust.

Saagikuse kujunemisel on oluline roll väetamisel. Kasutada tuleks madala lämmastiksisaldusega väetiseid (Brkić *et al.* 2004). Samas on oluline tagada ka teiste toiteelementide olemasolu mullas. Mügabakterite arengu jaoks on oluline mikroelement boor. Booridefitsiit vähendab mügarate moodustumist (Bolanos *et al.* 1996). Tähtis mikroelement on ka molübdeen, mis võtab osa lämmastiku fiksaatsiooni protsessist (Brkić *et al.* 2004). Makroelementidest on oluline fosfor, mis võtab osa õhulämmastiku sidumisest (Tsvetkova, Georgiev 2007), on oluline juurte arengu seisukohalt (Mullins *et al.* 1996) ning tõstab seeläbi herne saagikust (Agegnehu 2009). Maheviljeluses on fosfor tähtis saagikust limiteeriv element (Malhi *et al.* 2008). Orgaaniliste väetistega ei suudeta katta saagiga mullast eemaldatud fosfori kogust (Järvan *et al.* 2011). Tähtis element on ka fotosünteesiprotsessis osalev kaalium (Mengel, Kirkby 1997).

Kasvuaegne ning koristusaegne ilmastik mõjutab herne saagikust ja kvaliteeti. Madalad temperatuurid pikendavad õitsemisperioodi (Kaarli 1998). Sademete vähesus kaunade täitumise perioodil vähendab seemnete arvu kaunas. Kaunade arvu mõjutab oluliselt õitsemiseelne mulla- ja õhutemperatuur ning mullaniiskus (Akk 2011). Optimaalne tera niiskusesisaldus herne koristamiseks on 18-23%. Liiga vara või liiga hilja koristatud seemnel vähenevad kvaliteedinäitajad (Akk 2011).

Saagikuse määrab ära ka kasutatav agrotehnoloogia. See on aga tihedalt soetud põllumajandusettevõtete eesmärkidega ja osaliselt ka finantsilise võimekusega. Oluline on hoida umbrohtumus kontrolli all. Seda on võimalik mõjutada oskusliku mullaharimise (Sepp *et al.* 2009), vahekultuuride kasvatamisega (Palmeos *et al.* 2014) ja tavaviljeluse puhul ka keemiliste taimekaitsevahendite kasutamisega ning seeläbi on võimalik vähendada kultuurtaimedele konkurentsi pakkuvate umbrohtude arvukust.

Herne saagikust saab mõjutada ka sordivalikuga. Pidevalt aretatakse uusi, saagikamaid ja vastupidavamaid sorte. Herne puhul on oluline taimede kõrgus, mis mõjutab seisukindlust. Levinumatel sortidel on eelnimetatud näitaja 60–80 cm (Akk 2011). Tootmisesse sobivad paremini lühema kasvuajaga seisukindlamad poollehetud sordid. Poollehetutel sortidel on lehekesed muutunud köitragudeks, mis aitavad parandada seisukindlust (Kaarli, 1998).

## 1.4 Umbrohtumus ja selle reguleerimise võimalused

Umbrohtumus on oluline herne saagikust limiteeriv tegur (Freeman 1987; Harker *et al.* 2001). Hernes puhaskülvina on nõrk umbrohtude allasuruja (Sepp 2008). Umbrohutõrje eripära sõltub ettevõtte tootmisviisist. Leedus läbi viidud katses selgus, et maheviljelus suurendas umbrohuliikide mitmekesisust põllul (Boguzas *et al.* 2004). Tavaviljelusega tegelevates ettevõtetes on lubatud kasutada sünteetilisi umbrohutõrjevahendeid. Jukka *et al.* 2005 leidsid, et herbitsiidide kasutamine vähendas umbrohuliikide arvu põllul ning vähendas umbrohtude massi üle 30%. Eestis on Põllumajandusameti taimekaitsevahendite registris herne jaoks registreeritud 18 herbitsiidi.

Maheviljeluse puhul on oluline ennetada ja kontrollida umbrohtude levikut, kasutades terviklikku tõrjesüsteemi kombineerides omavahel erinevaid mehaanilise tõrje võtteid ning luues kultuurtaimedele optimaalsed kasvutingimused läbi hästi planeeritud külvikorra, optimaalse külvitiheduse ja -aja ning mullaviljakuse säilitamise. Loodussäästliku umbrohutõrje põhieesmärgid peaksid olema vähendada mulla umbrohuseemnevaru, seemnete idanemist ning väljaarenenud umbrohtude puhul takistada seemnete arengut ning mulda sattumist (Anderson 2005).

Umbrohtunud põlluservad ja taimejäänused on paljude kahjurite ja haiguste jaoks oluliseks talvituspaigaks (Tamm *et al.* 2011). Umbrohtude arengut ja levikut on võimalik mõjutada kasutades sobivat külvitihedust (Grevsen 2003; Edesi *et al.* 2011). Wright ja Townley-Smith (1994) leidsid, et taimede seisukindlus ja külvitihedus mõjutasid herne umbrohtumust. Taimede tiheduse suurenedes umbrohtumus vähenes. Lisaks pärsib umbrohtude kasvu ka parem kultuurtaimede seisukindlus. Edesi *et al.* 2011 leidsid, et umbrohtumuse vähendamiseks võib külvisenormi suurendada 10% võrra, sest tihedam kultuurtaimik on konkurentsivõimelisem. Kui tegemist on suviteraviljade viiviskülviga, siis võib külvitihedus olla isegi kuni 25% suurem. Umbrohtude lämmatamiseks kasutatakse ka allakülvi (Munakamwe 2004; Luik *et al.* 2008; Hauggaard-Nielsen *et al.* 2008).

Umbrohtumust mõjutab ka põhikultuuri külviaeg. Varajase külvi puhul on kultuurtaim mitmete umbrohtude tärkamise hetkel konkurentsivõimelisem (Munakamwe 2013). Lisaks külviajale ja külvitihedusele on oluline roll ka kasvatatavatel herne sortidel. Umbrohtumuse pärssimiseks tuleks kasvatada kiire algarenguga ja konkurentsivõimelisemaid sorte.

Kevadine kiire algareng annab kultuurtaimele umbrohtude ees eelise ning pärsib umbrohtude arengut (Barrett, Witt 1987; Munakamwe 2013). Lehelistel hernesortidel on parem umbrohtude allasurumise võime kui poollehetutel sortidel, kuid nende saagipotentsiaal on madalam, mistõttu poollehetud hernesordid on laialdasemalt kasutusel (Harker 2008).

Umbrohtude tõrjumiseks on võimalik kasutada ka multšimist. Multšide kasutamine pärsib umbrohtude kasvu takistades valguse jõudmist umbrohutaimedeni (Teasdale, Mohler 1993) ning eritades allelokemikaale (Barnes, Putnam 1987). Teasdale ja Mohler 2000 leidsid, et suurendades multši kogust põllul väheneb umbrohtude surve põhikultuurile. Lisaks elusmultšile, mis külvatakse enne või peale põhikultuuri külvi, kasutatakse ka orgaanilist ja anorgaanilist multši. Elusmultši kasutamisel tuleb vältida viimase konkureerimist kultuurtaimega. Orgaanilise multšina on võimalik kasutada puukoort, põhku või kompostitud orgaanilist materjali (VanTine, Verlinden 2003). Petersen ja Rover 2005 leidsid, et põhumultš vähendas umbrohuseemnete idanemist ja kasvu. Marja -ning köögiviljakasvatustes on levinud ka anorgaaniliste multšide kasutamine. Peamiselt kasutatakse musta polüetüleenit (VanTine, Verlinden 2003). On leitud, et tumedad multšid tõstavad mullatemperatuuri ning selle kaudu kiirendavad juurte arengut (Lamont 2005). Lisaks umbrohutõrjele suurendab multšide kasutamine mulla niiskusesisaldust ning parandab ka kultuurtaime saagikust (Sarkar, Singh 2007).

#### **1.4.1. Külvikord**

Külvikord on viljavahelduse põhimõttel üles ehitatud erinevate kultuuride süsteemne ruumiline ja ajaline järgnemine üksteisele kindlal maa-alal (Lauringson, Talgre 2014). Hästi läbimõeldud külvikord on oluline umbrohtumuse vähendamise meetod. Külvikorra eesmärk on luua ebasoodsad tingimused umbrohtude arenguks põllul. Viljavahelduse planeerimisel tuleb arvestada mullatüüpi, kliimatilisi tingimusi, kultuuride omavahelist sobivust (VanTine, Verlinden 2003), majanduslikke võimalusi ja ka külvikorra eesmärki (Lauringson, Talgre, 2014).

Bond ja Grundy 2001 leidsid, et külvikord mõjutab tugevalt umbrohtude arvukust ja mitmekesisust. Erinevad kultuurid soodustavad kindlate umbrohuliikude arenemist, mistõttu

on oluline kasvatada külvikorras nii lühiealisi kui ka mitmeaastaseid kultuure ning samuti ka erinevate külviaegadega kultuure (Lundkvist, Verwijst 2011). Rootsis läbi viidud uuringus leiti, et mitmeaastaste kultuuride kasutamine külvikorras vähendas umbrohtumust 71–98% võrreldes vaid üheaastaste kultuuride viljelemisega (Lundkvist *et al.* 2011b).

Viljavahelduse kasutamine võimaldab ära kasutada erinevate kultuuride allelopaatilist mõju. Allelopaatia on erinevate taimeliikide vaheline vastastikune mõjutamine läbi keemiliste ühendite eritamisega keskkonda (Rice 1984). Krishnan *et al.* 1998 leidsid, et raps ja põldsinep omavad tugevat allelopaatilist mõju ning vähendasid umbrohtude kogumassi põllul 40–49%. *Brassicaceae* perekonda kuuluvad kultuurid sisaldavad sinepiõlisid, mis pärsivad seemnete idanemist ja taimede kasvu (Boydston, Hang 1995; Biswas *et al.* 2014). Kato-Noguchi *et al.* 1993 ja De Leo *et al.* 2008 leidsid, et kaer (*Avena sativa L.*) eritab mulda allelokemikaale, mis mõjutavad erinevate taimeliikide idanemist ja kasvu. Oluline allelopaatilist mõju omav kultuur on harilik rukis (*Secale cereale L.*). Tabaglio *et al.* 2013 tõid välja, et kasvatades rukist vahekultuurina vähenes põllul nii kõrreliste kui ka laialeheliste umbrohtude arvukus. Ka Akemo *et al.* 2000 leidsid, et umbrohtude allasurumiseks sobib külvikorda harilik rukis (*Secale cereale*).

Liebman ja Dyck (1993) leidsid, et viljavahelduse kasutamine võrrelduna monokultuurse külvikorraga vähendas umbrohtumuse taset põllul. Ka Derksen *et al.* 1994 jõudsid sama järelduseni. Külvikord mõjutab umbrohtude seemnevaru mullas (Buhler *et al.* 2001) ning avaldab mõju nende mitmekesisusele (Dale *et al.* 1992; Blackshaw *et al.* 2001; Manley *et al.* 2002). Mohler *et al.* 2006 leidsid, et külvikord mõjutab umbrohuseemnete tärkamise mustrit. Lisaks umbrohutõrjele on külvikorral ka teisi positiivseid omadusi. Sobiva viljavaheldusega on võimalik parandada ja säilitada mullaviljakust (Lauringson, Talgre 2014), suurendada mullas lämmastiku kättesaadavust (Gan *et al.* 2015), kontrollida kahjurite ja haiguste levikut põllul (Lauringson, Talgre 2014) ning suurendada mulla bioloogilist mitmekesisust (Xuan *et al.* 2012).

#### **1.4.2. Vahekultuurid**

Umbrohtude levikut on võimalik vähendada vahekultuuride kasvatamisega, mida Eestis ka järjest enam rakendatakse. Vahekultuurid pärsivad põhikultuuride vahel umbrohtumust



(Eremeev *et al.* 2014; Dorn *et al.* 2015, Lehman 2013) konkureerides umbrohtudega vee, toitainete ja valguse pärast (Bezuidenhout *et al.* 2012). Teasdale *et al.* 1991 leidsid, et rukki (*Secale cereale*) kasvatamine vähendab valguse juurdepääsu mulla pinnale ning selle kaudu takistavad mitmete umbrohuseemnete idanemist. Vahekultuuridena eelistatakse kiire algarenguga ning varajase tärkamisega kultuure, mis pakuvad umbrohtudele tugevat konkurentsi (Ingels 1994).

Lisaks mõjutavad umbrohtude tärkamist ja arengut ka mitmed vahekultuuride poolt mulda eritatavad ained. Näiteks ristõieliste poolt mulda eritatavad glükosinolaadid võivad pärssida mõningate umbrohtude tärkamist (Kunz 2016; Bhadoria 2011). Eestis kasvatatakse vahekultuuridena mitmeid ristõielisi (valge sinep, õlirõigas, raps), teravilju (rukis, tatar) ja itaalia raiheina (Põldma, Luik 2010). Vahekultuuride mõju võib olla ka pikemaajaline ning see võib pärssida umbrohtumust ka peale nende mulda harimist (Moyer *et al.* 2000). Vahekultuurid mõjutavad muldkeskkonda ja eritavad fütotoksiine, mis pidurdavad umbrohuseemete idanemist. Rukis pärsib umbrohtude arengut konkureerides umbrohtudega nii valgustingimuste kui ka toitainete pärast, kuid olulisim umbrohtude arengut pärssiv omadus on siiski allelokemikaalide eritamine mulda (Weston 1996). On leitud, et väikeseseemnelised umbrohud on allelokemikaalide poolt rohkem mõjutatavad kui suureseemnelised liigid (Putnam ja DeFrank 1983).

Lisaks umbrohtumuse pärssimisele avaldavad vahekultuurid positiivset mõju ka mullaviljakusele ning mullaelustikule. Vahekultuuride kasvatamise eesmärgiks on rikastada mulda orgaanilise ainega, parandada ja säilitada mullastruktuuri, elavdada vihmausside elutegevust ning takistada haiguste ja kahjurite levikut põllul (Laurigson, Talgre 2014). Vahekultuuride kasvatamine suurendab arbuskulaarse mükoriisa arvukust mullas (Lehman 2013). Mullaviljakuse säilitamisel on oluline hoida muld taimkatte all, et vältida pinnase uhtumist tuule või vee mõjul. On leitud, et vahekultuurid takistavad pinnase erosiooni (Thorup-Kristensen *et al.* 2003). Kui vahekultuurina kasvatada sügava juurekavaga kultuure, on võimalik mulla alumistest kihtidest tuua toitained pindmistesse kihtidesse (Fageria 2004).

Vahekultuurid mõjutavad positiivselt mulla toitainete varu. Luik *et al.* 2008 leidsid, et vahekultuurid vähendavad toitainete väljaleostumist mullast. Crews ja Peoples (2004) leidsid, et vahekultuuride kasvatamine vähendab lämmastiku leostumist. Seotud lämmastiku kogus sõltub vahekultuuri külviajast, mullas oleva vaba lämmastiku kogusest, ilmastikutingimustest ning kasvatatavast kultuurist (Van Dam 2006). Vahekultuuride poolt

seotud toitained on järgnevatele kultuuridele mullast paremini kättesaadavad (Lauringson, Talgre 2014). Vahekultuuride kasvatamine vähendab mulla happesust ning avaldab positiivset mõju veeläbilaskvusele (Luik *et al.* 2014).

### 1.4.3. Mehaaniline mullaharimine

Mehaanilise mullaharimisega on võimalik ennetada umbrohtude levikut või neid hävitada. Mehaaniliseks mullaharimiseks on mitmeid erinevaid võimalusi. Umbrohtude tõrjumiseks on võimalik kasutada erinevaid randaale, kõrrekoorleid, atru, äkkeid, kõblast, erinevaid niidukeid ning tööriistade valik ja töö ajastamine sõltub põhikultuuri ning umbrohtude morfoloogiast (Bond, Grundy 2001). Oluline on hoida mullaharimisseadmed puhtana, et vältida umbrohuseemnete levikut masinate ja seadmetega. Harimise intensiivsus mõjutab nii umbrohtude tärkamist, seemnete produktsiooni kui ka seemnevaru mullas (Buhler 1995). Otsekülvi puhul on sageli võrreldes künnipõhise harimisega mulla seemnevaru suurem (Barberi, Lo Cascio 2001; Menalled *et al.* 2001).

Laialdaselt kasutatakse umbrohtutõrjeks koristusejärgselt kõrrekoorimist. Kõrrekoorimine provotseerib umbrohuseemned idanema, segades need mullaga. Harimist võib korrata eesmärgiga hävitada juba tärganud umbrohud ning provotseerida uusi idanema. Kõrrekoorimisele järgneb tavaliselt sügiskünd tärganud umbrohtude hävitamiseks (Pekrun *et al.* 2002). Optimaalne sügavus kõrrekoorimiseks on 5–7 cm (Luik *et al.* 2008). Uusna *et al.* 2004 tõid välja, et lühiealiste umbrohtude puhul peaks olema koorimise sügavus 5–6 cm ning vegetatiivselt paljunevate umbrohtude puhul 10–12 cm.

Künnisügavus sõltub mullastiku iseärasustest, kasvatatavast eelkultuurist, umbrohtumusest ning jääb üldjuhul vahemikku 15–25 cm. Brandsæter *et al.* 2011 leidsid, et suurema künnisügavuse (25 cm) korral oli mitmeaastaste umbrohtude maapealne biomass ligi 50% madalam kui väiksema künnisügavuse puhul (15 cm). Optimaalne aeg kündmiseks on seemneumbrohtude leviku korral augusti lõpus ja septembri esimesel poolel (Luik *et al.* 2008).

Brandsæter *et al.* 2017 leidsid, et kevadine künd tõrjub mõningaid mitmeaastaseid umbrohtusid, näiteks põld-piimohakat (*Sonchus arvensis*) ja põldohakat (*Cirsium arvense*

*L. (Scop)*) paremini kui sügisene künd. Küll aga kaasneb kevadise künniga üldjuhul hilinevad põhikultuuri külviaeg, mis võib vähendada saagikust. Kündmisega kaasneb oht künnitihese tekkimisele, mis pidurdab taimede juurekava arengut (Tardieu 1994). Tihese vältimiseks tuleks kasutada erinevaid künnisügavusi. Sepp *et al.* 2009 leidsid, et mitmeaastaste umbrohtude tõrjumisel on efektiivne kombineerida tüü kultiveerimist ning kündi.

Seemnest tärkavate umbrohtude tõrjeks on võimalik kasutada äestamist. Äestamine nõrgestab ja hävitab seemneumbrohtusid (Luik *et al.* 2008). Äestamise põhieesmärgiks on luua põhikultuurile optimaalsed tingimused umbrohtudega konkureerimiseks (Velykis *et al.* 2009). Lundkvist 2009 leidis, et äestamise efektiivsus on suurem, kui seda teha nii enne põhikultuuri tärkamist kui ka peale tärkamist. Uusna *et al.* 2004 tõi välja, et äestamiseks on õige aeg, kui mulla pinnalt ilmuvad kraapimise tulemusena välja niitjad idandid. Efektiivseim on äestamine umbrohtude idulehtede faasis (Luik *et al.* 2008).

Äestamisel peab mullapind olema kuiv. Kui äestamist teostatakse märjal mullal, on antud töö efektiivsus väiksem ning mitmed umbrohuseemned võivad äestamise tagajärjel idanema hakata (Bond, Grundy 2001). Tugevalt arenenud ja tiheda taimiku puhul pole äestamine soovitatav (Tamm *et al.* 2011). Soovituslik liikumiskiirus äestamise teostamiseks on 7–10 km h<sup>-1</sup> (Tamm *et al.* 2016). Sepp 2008 leidis, et kui hernel äestada tärkamise ja kasvu alfaasis, siis võib äestamine taime kahjustada ning lisas, et hernes peaks äestamise hetkel olema 8–10 cm kõrgune. Ka Luik *et al.* 2008 tõi välja, et liblikõielised kultuurid on mehaaniliste vigastuste suhtes tundlikumad tärkamisfaasis ning leidsid, et hiljem tehtud äestamine on herne puhul hea võte umbrohtude hävitamiseks.

## 2. METOODIKA

### 2.1. Katse kirjeldus

Katse viidi läbi 2015. ja 2016. aastal Põllumajandus- ja Keskkonnainstituudi katsepõllul Eerikal eesmärgiga uurida viljelusviisi mõju herne (*Pisum sativum*) umbrohtumusele ning saagikusele. Katse rajati 2008. aastal viieväljalise külvikorrana, milles kultuuride järjestus oli järgmine: oder punase ristiku allakülviga – punane ristik – talinisu – hernes – kartul (tabel 1).

**Tabel 1.** Katseskeem (tavaviljelussüsteemid N0, N50, N100 ja N150 ning maheviljelussüsteemid M 0, M I ja M II)

1.kordus	N0	N50	N100	N150	Vaheriba	M 0	M I	M II
	Kartul	Kartul	Kartul	Kartul		Kartul	Kartul	Kartul
Oder+ak	Oder+ak	Oder+ak	Oder+ak	Oder+ak	Oder+ak	Oder+ak	Oder+ak	
Punane ristik	Punane ristik	Punane ristik	Punane ristik	Punane ristik	Punane ristik	Punane ristik	Punane ristik	
Talinisu	Talinisu	Talinisu	Talinisu	Talinisu	Talinisu	Talinisu	Talinisu	
Hernes	Hernes	Hernes	Hernes	Hernes	Hernes	Hernes	Hernes	

Katsevariandid rajati neljas korduses ning iga katselapi pindala oli 60 m<sup>2</sup>. Katses uuriti herne (*Pisum sativum*) umbrohtumust ja saagikust maheviljelussüsteemide (M 0, M I, M II) ja tavaviljelussüsteemide (N0, N50, N100, N150) võrdlusena. Tavaviljelus- ning maheviljeluskatset eraldas vaheriba, mida niideti.

Võrreldavad maheviljelussüsteemid olid järgmised:

**Mahe 0 (M 0)** -Talviseid vahekultuure ei kasvatatud (kontrollsüsteem);

**Mahe I (M I)** – Kasvatati talviseid vahekultuure herne ees (talirüpsi ja rukki segu);

**Mahe II (M II)** – kasvatati talviseid vahekultuure ning herne eelviljale (talinisu) anti kompostitud veisesõnnikut 10 t ha<sup>-1</sup>.

Võrreldavad tavaviljelussüsteemid olid järgmised:

**N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> (N0)** - mineraalväetisi ei antud, kasutati taimekaitsevahendeid;

**N<sub>20</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub> (N50)** – hernele anti lämmastikku 20 kg ha<sup>-1</sup>, kasutati taimekaitsevahendeid.

Eelviljale anti 50 kg ha<sup>-1</sup> N;

**N<sub>20</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub> (N100)** – hernele anti lämmastikku 20 kg ha<sup>-1</sup>, kasutati taimekaitsevahendeid.

Eelviljale anti 100 kg ha<sup>-1</sup> N;

**N<sub>20</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub> (N150)** – hernele anti lämmastikku 20 kg ha<sup>-1</sup>, kasutati taimekaitsevahendeid.

Eelviljale anti 150 kg ha<sup>-1</sup> N.

Herne eelviljaks oli kõigis süsteemides talinisu. Vahetult peale talinisu koristust külvati Mahe I ja Mahe II variandi katselappidele talviseks kattekultuuriks talirüpsi „Prisma“ ja talirukki „Sangaste“ segu, külvisenormiga vastavalt 6 kg ha<sup>-1</sup> ja 180 kg ha<sup>-1</sup>. Mahe 0 ja tavavariandid jäid talvise taimkatteta. Tavasüsteemid künti sügisel (oktoobri lõpus) ning mahesüsteemid kevadel. Künnisügavus oli 22–25 cm.

Herne külv toimus 2015. aastal 12.05 ning 2016. aastal 07.05. Herne sort „Tudor“ (2015) ja „Starter“ (2016) külvati reavahega 12,5 cm. Seemne külvisügavus oli 5–6 cm. Külvid rulliti kohe, et tagada seemne ja mulla otsene kontakt. Nii tava- kui ka mahesüsteemides äestati hernes esimest korda juuni algul ning teist korda 3–5 päeva hiljem.

Tavasüsteemides kasutati herne umbrohutõrjeks herbitsiidi MCPA 750, kulunormiga 0,7 l ha<sup>-1</sup>. Herbitsiidiga pritsimine toimus, kui herne kõrgus oli 3–8 cm. Hernes koristati katsekombainiga Sampo Rosenlew. Koristus toimus 2015. aastal 24.08 ning 2016. aastal 03.08. Koristuse ajaks peab enamik hernest olema valminud: niiskus peaks alumistes kautes olema alla 30%.

Peale herne koristust külvati Mahe I ja Mahe II variantidele talvine kattekultuur (talirüps). Tavasüsteemides teostati 2–3 nädalat peale herne koristust umbrohutõrje glüfosaadiga Roundup Gold, kulunormiga 4 l ha<sup>-1</sup>.

## 2.2. Katseala mullastiku iseloomustus

Katsepõllul oli pruun kahkjast (näivleetunud) liivsavimuld (Stagnic Luvisol, WRB 2014 klassifikatsioon). Künnikihi tusedus oli 27–29 cm. Katsepõllu huumushorisoni keskmine süsinikusisaldus oli 1,44 % (Tjurini meetodi järgi). Fosfori sisaldus mullas oli 5,0 mg 100 g<sup>-1</sup> ja kaaliumi sisaldus 14,2 mg 100 g<sup>-1</sup> mullas (AL meetodi järgi). Katsepõllul oli nõrgalt happeline muld (pH<sub>KCl</sub> 5,8-5,9) ning lasuvustihedus oli 1,40-1,50 Mg m<sup>-3</sup>. Üldlämmastiku sisaldus mullas oli 0,13% (Kjeldahli meetodi järgi).

## 2.3. Umbrohtumuse määramine

Proovid koguti kõikidelt katselappidelt ja analüüsiti vastavalt projekti FertilCrop Core Organic Plus nõuetele (Handbook of methods - FertilCrop, 2015).

Katselappidel, kuhu oli külvatud hernes, määrati umbrohtude liigiline koosseis, arvukus ning maapealne biomass kahel korral: enne talviste kattekultuuride muldaküüdi (aprilli lõpus) ja kolm nädalat enne herne koristamist. Umbrohud määrati kõikidel katselappidel kolmes korduses 0,25 m<sup>2</sup> raami abil. Umbrohud sorteeriti ning määrati nende liigiline koosseis. Liigilise mitmekesisuse iseloomustamiseks kasutati Shannon-Wieneri mitmekesisuse indeksit (H'). Antud näitaja arvutamiseks kasutatakse järgnevat valemit:

$$H' = - \sum i p_i \times \ln(p_i)$$

Kus i=isendite arv i-ndast liigist; pi= liigi suhteline rohkus teiste liikide seas.

Peale umbrohtude sorteerimist ja määramist kuivatati need 80°C juures konstantse kaaluni. Töös on umbrohtude biomass esitatud kuivaine massina (KA g m<sup>-2</sup>) ja arvukus tk m<sup>-2</sup>.

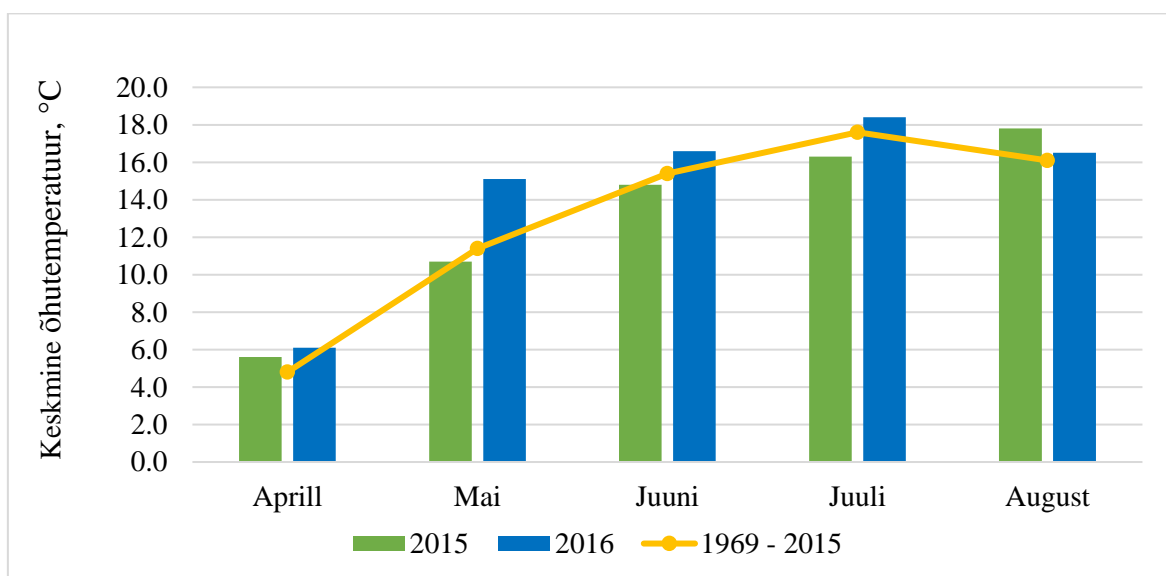
Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi (ANOVA) meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi Statistica 12. Et hinnata viljelusviisi mõju herne umbrohtumusele ja saagikusele kasutati dispersioonanalüüsi. Tulemuste usaldusväarsuse hindamisel kasutati Fisher LSD testi.

## 2.4. Katseaastate ilmastikutingimused

Vegetatsiooniperioodi keskmise õhutemperatuuri ja sademete andmed pärinevad Tartu Ülikooli Füüsika instituudi Tartu ilmajaamast.

2015. aasta vegetatsiooniperioodi temperatuuri ja paljude aastate keskmise õhutemperatuuri vahel suuri erinevusi ei esinenud. Vaid augustikuu oli tavapärasest soojem. 2016. aasta vegetatsiooniperioodi keskmised õhutemperatuurid olid kõrgemad, kui paljude aastate keskmise ning 2015. aasta puhul. Vaid augustikuu oli 2016. aastal jahedam kui eelneval aastal, kuid näitaja oli kõrgem kui 1969-2015. aasta keskmine (joonis 1).

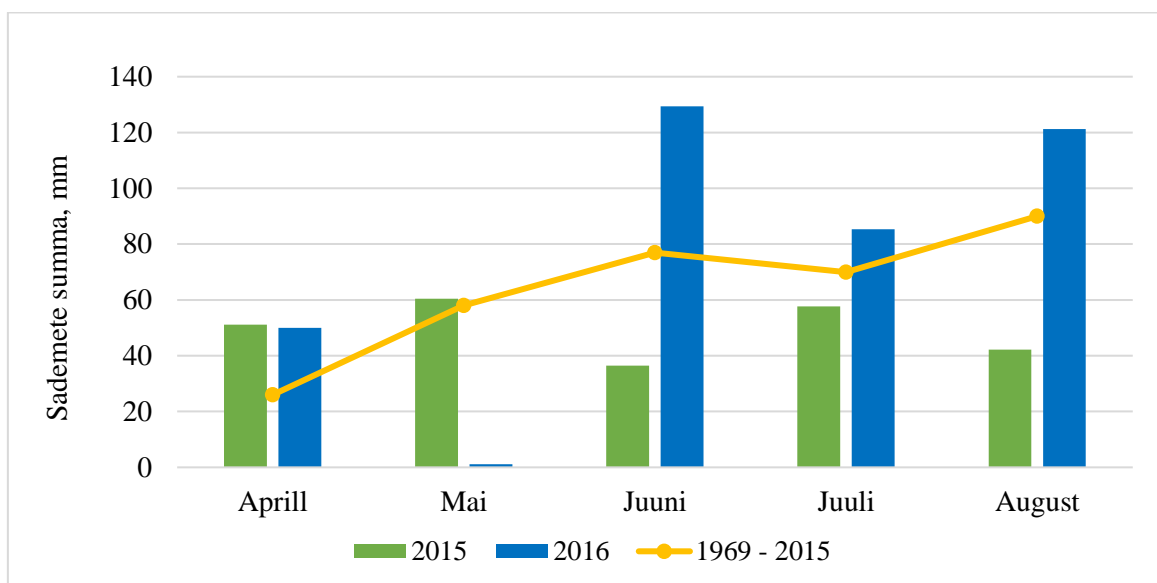
Maikuu oli 2016. aastal olulisel soojem ja põuasem kui 2015. aasta (joonis 1 ja joonis 2). See mõjutas paljude põllukultuuride ja ka umbrohtude tärkamist. Sademete poolest erines maikuu oluliselt võrreldavatest aastatest. Sadameid langes märkimisväärselt vähem kui 2015. aastal ja paljude aastate keskmisena (joonis 2).



**Joonis 1.** Katseaastate (2015–2016) vegetatsiooniperioodi keskmine õhutemperatuur (°C) võrrelduna pikaajalise keskmisega (1969–2015)

Sademeid langes 2016. aasta aga oluliselt rohkem suvekuudel. Vegetatsiooniperioodi sademeterohkeim kuu oli juuni. Ka koristusperiood augustis oli valdavalt vihmane. See mõjutas suuresti põllukultuuride saagikust ja kvaliteeti. 2016. aasta vegetatsiooniperioodi

kuude sademete summa oli valdavalt kõrgem kui paljude aastate keskmine. Võrreldes 2015. aastaga olid suvekuud vihmased. Aprillikuus ei esinenud olulist erinevust 2015. ja 2016. aasta sademete summa vahel, kuid mõlema aasta aprillikuu sademete hulk oli kõrgem paljude aastate keskmisest. 2015. aasta vegetatsiooniperiood oli valdavalt sademetevaene. Kõige enam sademeid langes alla maikuu (joonis 2).



**Joonis 2.** Katseaastate (2015-2016) vegetatsiooniperioodi sademete summa (mm) võrrelduna pikaajalise keskmisega (1969-2015)

2015. ja 2016. aasta erinesid oluliselt just sademete poolest. 2015. aasta kuiv koristusperiood tõi küll kõrged saagikused, kuid sademetevaene vegetatsiooniperiood mõjutas negatiivselt saagikvaliteeti. 2016. aasta oli sademeterohke, aga tärkamisaegne põud maikuu ning vihmane augustikuu, mis takistas koristust, vähendasid põllukultuuride saagikust.

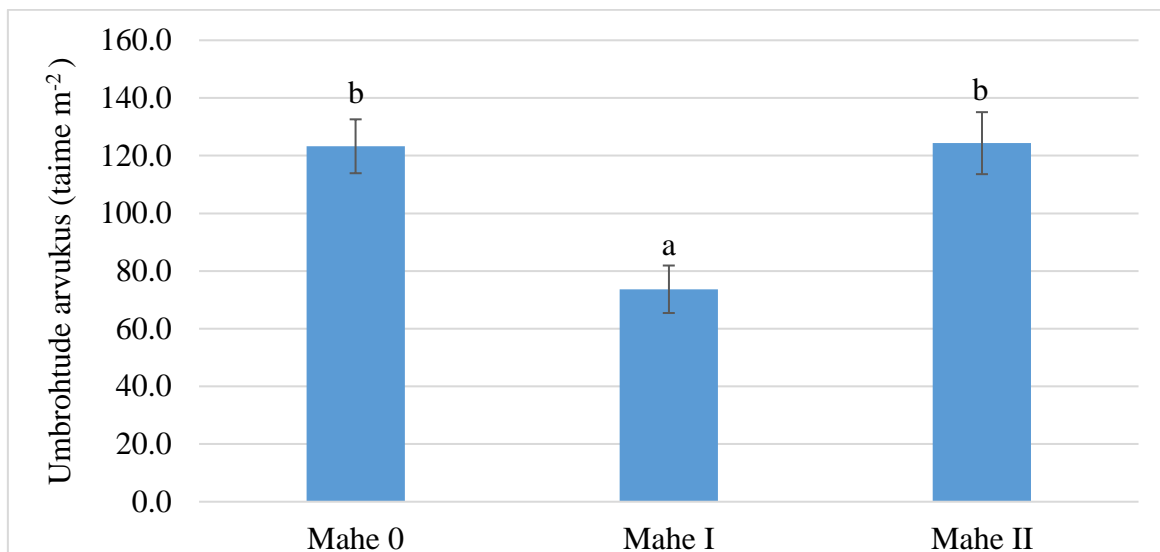


### 3. KATSE TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1. Umbrohtude arvukus ja biomass 2015. aastal

##### 3.1.1. Umbrohtude arvukus ja biomass enne vahekultuuride sisseküüdi

Kevadel enne vahekultuuride muldaküüdi sõltus umbrohtude arvukus vahekultuuride kasvatamisest. Kontrollvariandis jäi umbrohtude arvukus samale tasemele Mahe II katsevariandiga, kus lisaks talvisele pinnakattele vahekultuuride näol kasutati ka kompostitud veisesõnnikut. Umbrohtude arvukus oli madalaim Mahe I variandis, kus kasvatati ainult talviseid vahekultuure (joonis 3).



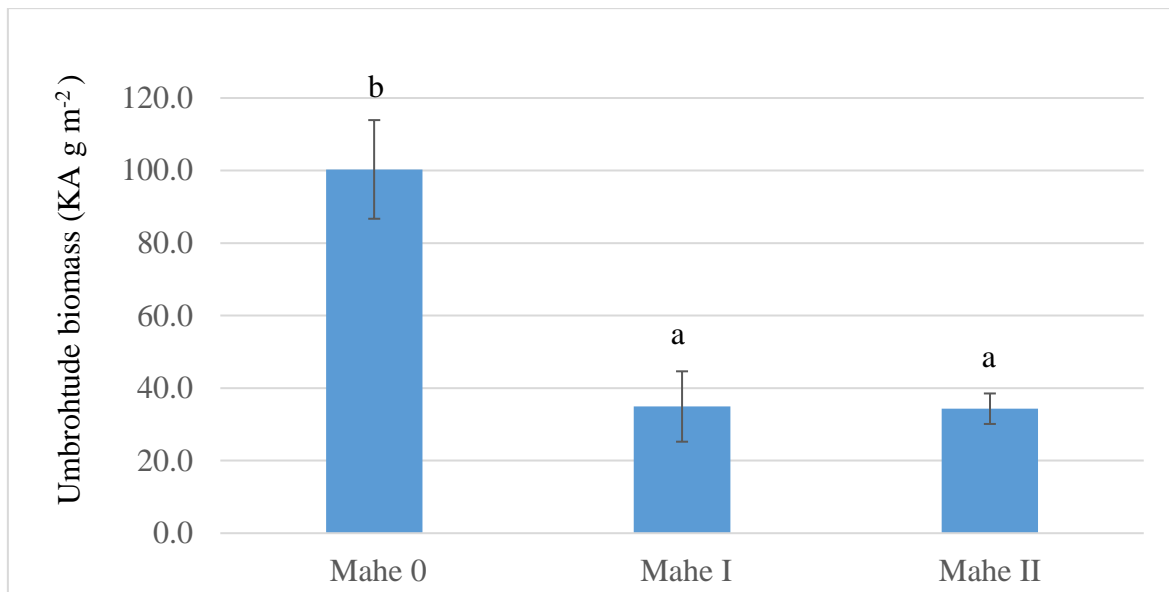
**Joonis 3.** Umbrohtude arvukus (taime m<sup>-2</sup>) 2015. aastal enne vahekultuuride sisseküüdi sõltuvalt maheviljelusviisist. Mahe 0- kontrollvariant, Mahe I- kasvatati talviseid vahekultuure, Mahe II- kasvatati talviseid vahekultuure ja kasutati kompostitud veisesõnnikut. Vearivad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

Mahe II katsevariandi kõrgem umbrohtude arvukus võis olla tingitud sõnnikuga põllule sattuvatest umbrohuseemnetest. Ka Leedus läbi viidud katses leiti, et umbrohuseemnete arvukus mullas oli 28% kõrgem, kui mullale oli lisatud sõnnikut (Boguzas 2004). Samas on leitud, et kompostimine peaks pärssima umbrohuseemnete idanemist ning arengut (Larney, Blackshaw 2003). Seejuures on aga oluline kompostimise käigus saavutatud temperatuur ning kompostimise kestus (Grundy *et al.* 2013). Katses kasutatud veisesõnniku puhul tõenäoliselt polnud temperatuur piisavalt kõrge, et umbrohuseemnete idanemisvõimet hävitada. Seemnete temperatuuritaluvus sõltub umbrohu liigist (Larney, Blackshaw 2003; Grundy *et al.* 2013).

Varem Eerika katsepõllul läbi viidud uuringus selgus, et pikema perioodi puhul on sõnnikuga väetatud Mahe II variandis umbrohuseemnete arvukus madalam kui Mahe I variandis, kus kasvatati ainult vahekultuure. Põhjuseks võib olla suurem seemnetoiduliste organismide arvukus ja aktiivsus (Kuht *et al.* 2016).

Antud katses oli umbrohtude biomass statistiliselt usustavalt suurim Mahe 0 katsevariandis, mis oli kontrollvariant. Mahe I ja Mahe II variantide vahel ei esinenud usutavat erinevust. Viimati nimetatud katsevariantide puhul oli umbrohu kuivmass oluliselt väiksem kui kontrollvariandi puhul (joonis 4). Põhjuseks võib olla see, et kontrollvariandi puhul ei kasvatatud talviseid vahekultuure, mis suruks põhikultuuride vahel alla umbrohtude arengut. Vahekultuurid konkureerivad umbrohutaimedega toitainete, vee ja valguse pärast (Bezuidenhout *et al.* 2012). Seevastu Rasmussen *et al.* 2006 ei täheldanud otseselt vahekultuuride mõju umbrohtude biomassile, kuid märgati nende vähendavat mõju umbrohtude tihedusele.

Katses kasvatati talviste vahekultuuridena talirukist ning talirüpsi, mis kirjanduse põhjal on mõlemad head umbrohtude allasurujad. Lisaks on leitud, et rukis surub alla umbrohete, sest tema juure-eritistel on pärssiv mõju umbrohuseemnete idanemisele (Fageria *et al.* 2005). Kunz 2016 ja Bhadoria 2011 on leidnud, et ristõieliste poolt mulda eritatavad glükosinolaadid võivad pärssida mõningate umbrohtude tärkamist. Kuna umbrohtude arvukus Mahe 0 ja Mahe II variandi puhul statistiliselt usutavalt ei erinenud, siis võib oletada, et Mahe II variandis on umbrohtude arvukus küll suur, kuid seal esinenud umbrohud on väikesed, mistõttu on ka biomass väike (joonis 3 ja 4).



**Joonis 4.** Umbrohtude biomass (KA g m<sup>-2</sup>) mahevariantides 2015. aastal enne vahekultuuri sisseküüdi. Mahe 0- kontrollvariant, Mahe I- kasvatati talviseid vahekultuure, Mahe II- kasvatati talviseid vahekultuure ja kasutati kompostitud veisesõnnikut. Vearibad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

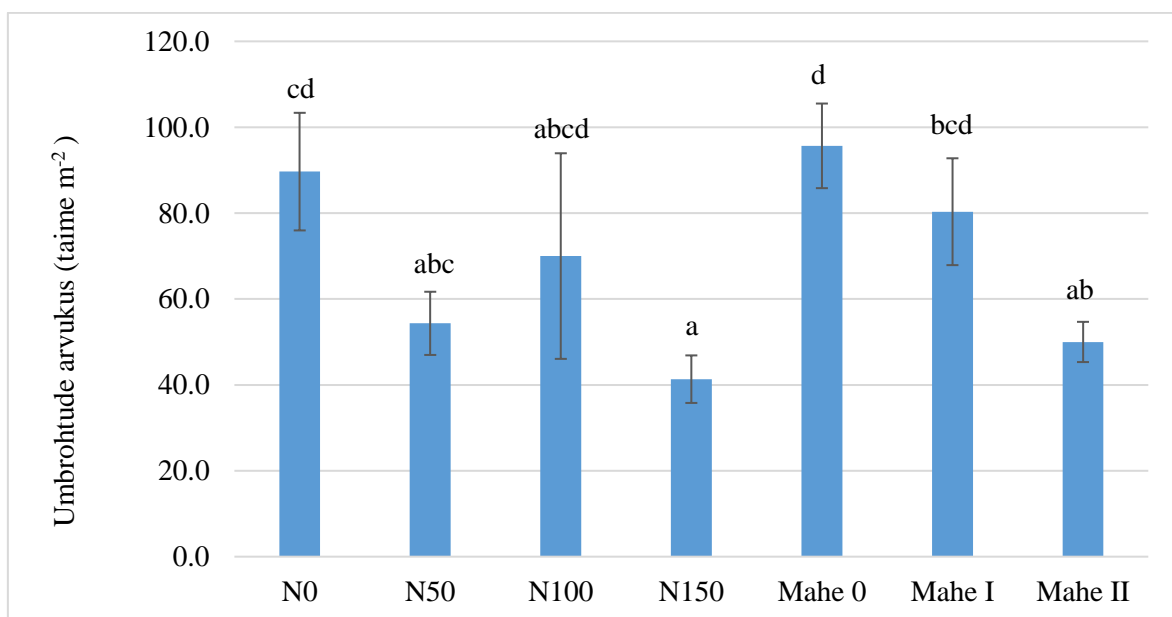
Enne vahekultuuride sisseküüdi esines mahevariantides kokku 15 erinevat umbrohuliiki. Enim liike leidis Mahe 0 variandis ning kõige vähem Mahe I variandis. Vahekultuuride kasvatamine seega vähendas umbrohuliikide arvukust mullas. Variandis, kus kasvatati vahekultuure ja lisati kompostitud veisesõnnikut oli umbrohuliikide arv kõrgem (lisa 2). Põhjuseks võivad olla kompostimisel idanevuse säilitanud umbrohuseemned, mis sõnnikuga mulda satuvad ning seal idanema hakkavad. Albrecht 2003 leidis, et organismide kahjustav mõju umbrohuseemnetele võib suurendada suurte koguste orgaaniliste väetiste lisamisel mulda. Saksamaal läbi viidud katses leiti aga, et orgaaniliste väetiste kasutamisel umbrohuseemneid kahjustavate organismide aktiivsus suurenes ning vähenes umbrohuseemnete varu mullas (Albrecht 2005). Ka Ngouajio ja McGiffen 2002 leidsid, et orgaanilise aine sisalduse suurenemisega mullas suurenes seemnetoiduliste organismide aktiivsus.

Kõigis mahevariantides domineeris umbrohuliikidest harilik kesalill (*Tripleurospermum inodorum* L.). Mahe 0 variandis olid arvukalt esindatud ka harilik orashein (*Elytrigia repens* L.), verev iminõges (*Lamium purpureum* L.), vesihein (*Stellaria media* I: Vill) ning harilik

hiirekõrv (*Capsella bursa-pastoris* L.). Mahe II variandis leidis rohkesti ka põld-lõosilma (*Myosotis arvensis* (L.) Hill) (lisa 2)

### 3.1.2. Umbrohtude arvukus ja biomass kolm nädalat enne herne koristust

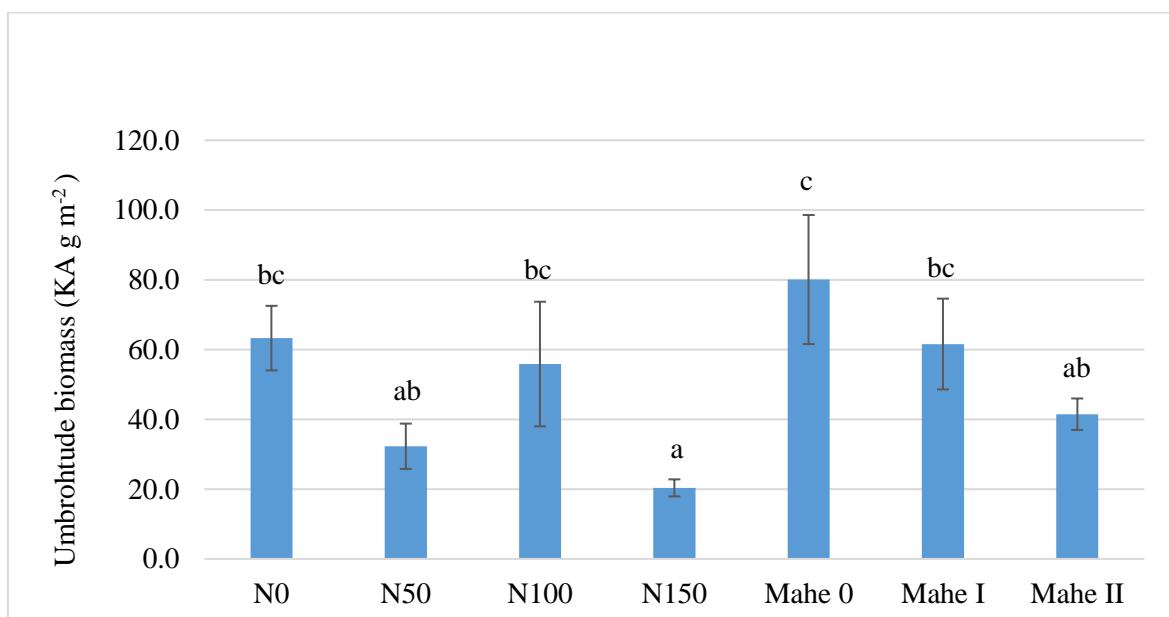
Umbrohtude arvukus kolm nädalat enne herne koristust erines vähesel määral erinevate viljelussüsteemide vahel. Mahevariantides erinesid statistiliselt usustavalt Mahe 0 ja Mahe II variandid. Vastupidiselt umbrohtude arvukusele enne vahekultuuride sisseküündi, esines enne koristust Mahe II variandis usutavalt vähem umbrohtusid, kui Mahe 0 variandis (joonis 5). Põhjus võib olla selles, et künniga hävitati suur osa sõnnikuga mulda sattunud umbrohuseemnetest ja juba tärganud umbrohtudest.



**Joonis 5.** Umbrohtude arvukus (taime m<sup>-2</sup>) 2015. aastal kolm nädalat enne herne koristust sõltuvalt viljelusviisist. Vearivad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

Vahekultuuride kasvatamise mõju esines ka herne kasvuperioodil. Moyer *et al.* 2000 on leidnud, et vahekultuuride mõju võib olla ka pikemaajaline ning see võib pärssida umbrohtumust ka peale nende mulda harimist. Vahekultuurid mõjutavad muldkeskkonda ja

eritavad fütotoksiine, mis pidurdavad umbrohuseemete idanemist. Mahe I ja Mahe II variantides, kus kasvatati talviseid vahekultuure, oli umbrohtude biomass ja arvukus madalam kui Mahe 0 variandis (joonis 5 ja 6). Mahe 0 variandis esines võrreldes teiste analüüsitavate variantidega kõige enam umbrohuliike, kokku 23 erinevat liiki. Kõige vähem, 14 liiki, esines N150 variandis (lisa 4)



**Joonis 6.** Umbrohtude biomass (KA g m<sup>-2</sup>) 2015. aastal kolm nädalat enne herne koristust sõltuvalt viljelusviisist. Vearibad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

N0 ja N100 variantides oli umbrohtude arvukus ja biomass kõrged (joonis 5 ja 6). Kontrollvariandis võib põhjuseks olla madal toitainete sisaldus mullas, mistõttu hernel ei arene tugevat maapealset biomassi ning see ei paku umbrohutaimedele tugevat konkurentsi. Kuna N100 variandis on valdavalt levinud orashein, siis võib olla põhjuseks ka vastavate katselappide saastatus orasheinaga. Orashein levib vegetatiivselt risoomitükkidega ja on suure konkurentsivõimega umbrohi (Ryel *et al.* 1996).

Tavavariantides esines kõige enam harilikku orasheina. Eriti tugevalt esines eelnimetatud N100 variandis. Mahesüsteemidest esines orasheina arvukalt ka kontrollvariandis, kuid Mahe I variandis orashein puudus ning Mahe II variandis oli selle arvukus väga madal (lisa 4). Kuna Mahe I ja Mahe II variandis kasvatati talviseid vahekultuure, siis sellest võib

järeldada, et vahekultuuride kasvatamine pärsib orasheinale levikut. Nii Bergkvist *et al.* 2010 kui ka Ringselle *et al.* 2014 leidsid, et vahekultuuride kasvatamine külvikorras avaldab pärssivat mõju harilikule orasheinale, kuid vahekultuuri konkurentsivõime sõltub suuresti sellest, kui suur on vahekultuuri biomass. Väiksema biomassiga kultuurid ei suuda orasheinale tugevat konkurentsi pakkuda.

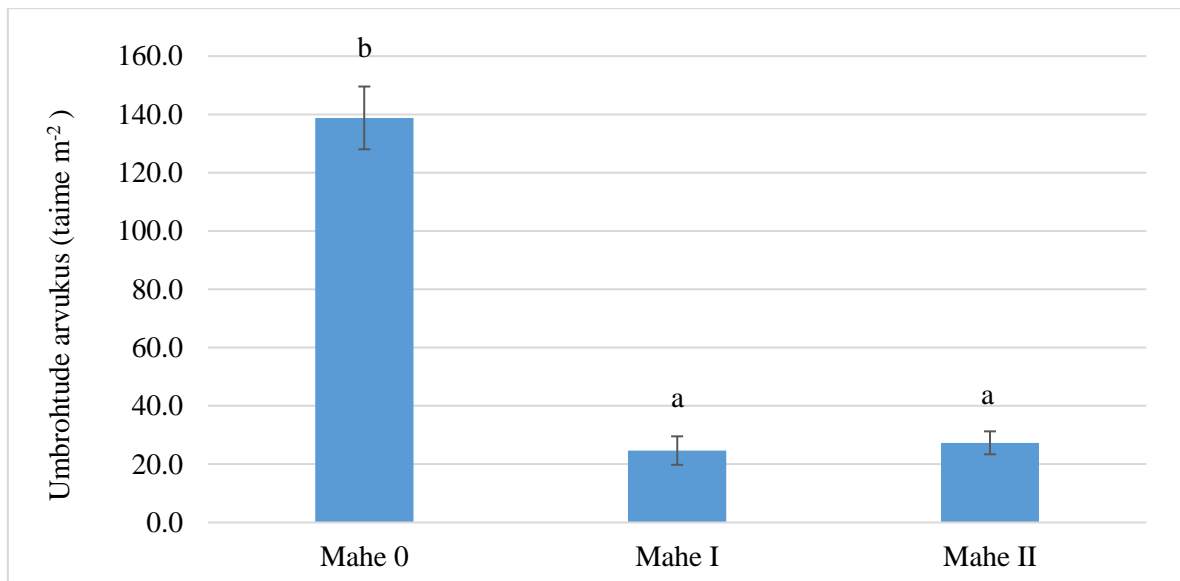
Tavavariantides esines mitmeaastastest umbrohtudest ka mailase liike (*Veronica persica* Poiret) ning põldpiimohakat (lisa 4). On leitud, et põldpiimohakas kasvab paremini väetatud mullal (Kuill *et al.* 1999). Antud katses esines põldpiimohakat kõige enam N0 variandis ja N150 variandis.

## **3.2. Umbrohtude arvukus ja biomass 2016. aastal**

### **3.2.1. Umbrohtude arvukus ja biomass enne vahekultuuride sisseküüdi**

Umbrohtude arvukus enne vahekultuuride sisseküüdi 2016. aastal erines mõnevõrra eelnenud aastast. Mahe I ja Mahe II variantide vahel ei esinenud usutavat erinevust. Kontrollvariandis oli umbrohtude arvukus statistiliselt usutavalt kõrgem kui teistes mahevariantides (joonis 7), mis näitab, et talirüpsi ja –rukki kasvatamine vahekultuuridena Mahe I ja Mahe II variantides vähendasid umbrohtumust. Ka Tabaglio *et al.* 2013 leidsid, et kasvatades rukist vahekultuurina vähenes põllul nii kõrreliste kui ka laialeheliste umbrohtude arvukus.

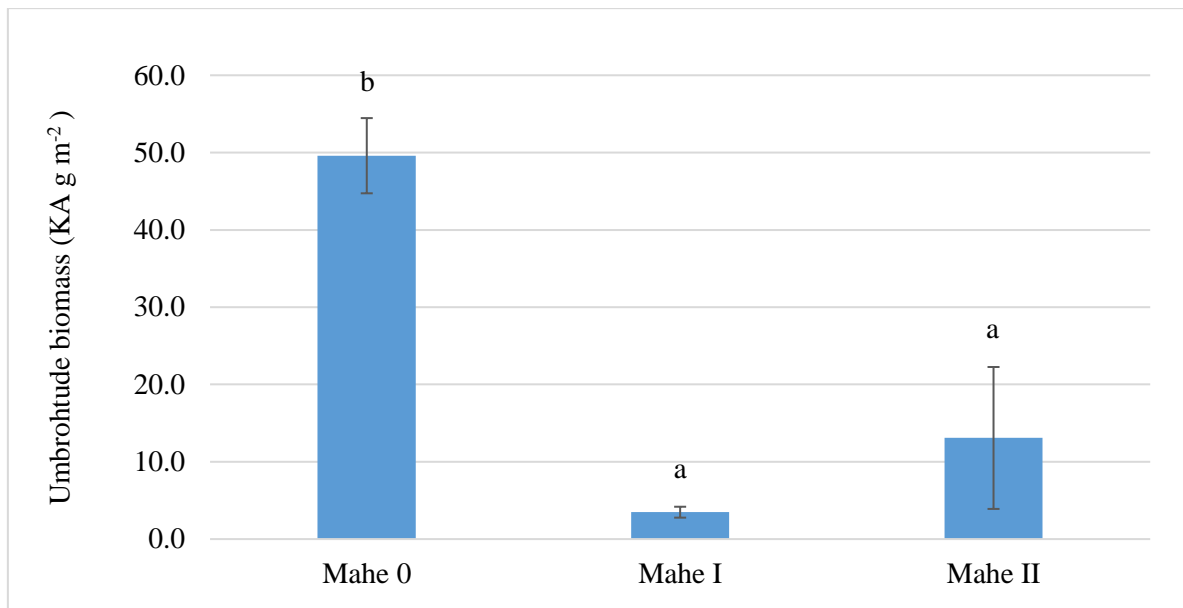
Veisesõnnikuga väetatud variandis oli umbrohtude arvukus võrreldes 2015. aastaga oluliselt madalam, mis viitab sellele, et kasutatud sõnnik oli hästi komposteerunud ning umbrohuseemned polnud idanemisvõimelised (joonis 7). Eghball, Lesoing 2000 leidsid, et fütotoksiinide toime võib umbrohuseemnete idanemisvõime hävida kompostimise käigus ka siis, kui kriitilist temperatuuri ei saavutata, kuid selleks tuleb hoida kompostitav sõnnik niiskena.



**Joonis 7.** Umbrohtude arvukus (taime m<sup>-2</sup>) 2016. aastal enne vahekultuuride sisseküüdi sõltuvalt maheviljelusviisist. Vearibad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

2016. aastal esines enne vahekultuuride sisseküüdi mahevariantides kokku 14 erinevat umbrohuliiki. Sarnaselt eelnevale aastale domineeris harilik kesalill (lisa 3).

Umbrohtude biomass enne vahekultuuride sisseküüdi oli 2016. aastal (joonis 8) oluliselt madalam kui 2015. aastal (joonis 4). Põhjuseks võib olla 2015/2016 aasta talvekuude muutlik lumikatte paksus ja temperatuuri kõikumine, mis mõjutas umbrohtude talvitumist. Eesti Taimekasvatuse Instituudi andmetel esines detsembri lõpus ja jaanuari esimesel dekaadil tugevad külmakraadid, kuid maapinnal puudus korralik lumikate, mis taimikut madala temperatuuri eest kaitseks (Keppart 2016).



**Joonis 8.** Umbrohtude biomass (KA g m<sup>-2</sup>) mahevariantides 2016. aastal enne vahekultuuri sisseküüdi. Vearibad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

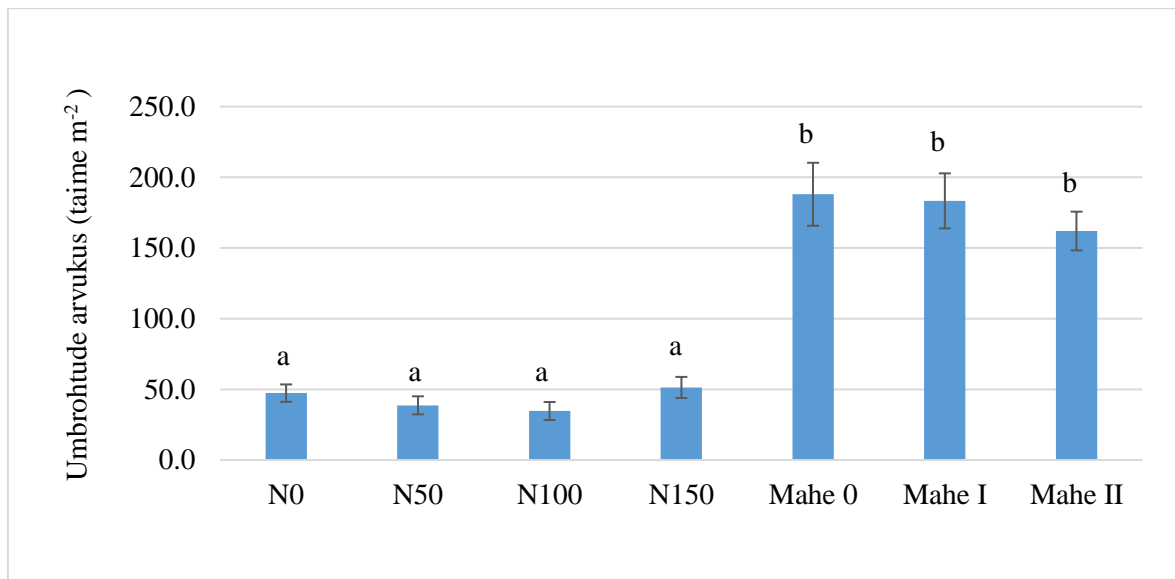
Ka umbrohtude biomassi osas 2016. aastal statistiliselt usutavat erinevust Mahe I ja Mahe II variantides ei esinenud. Kontrollvariandis oli biomass usutavalt oluliselt kõrgem kui vahekultuuridega variantide puhul (joonis 8). Vahekultuurid eritavad fütotoksiine, mis pidurdavad umbrohuseemete idanemist. Antud katses kasvatatati vahekultuurina talirukist, mis konkureerides umbrohtudega valgustingimuste ja toitainete pärast pärssib nende idanemist ja arengut. Lisaks eritab rukis mulda allelokemikaale, millel on samuti pärssiv mõju umbrohtudele (Weston 1996).

### 3.2.2. Umbrohtude arvukus ja biomass kolm nädalat enne herne koristust

Erinevalt 2015. aastast esines 2016. aastal tava- ja maheviltelusviiside vahel selgeid erinevusi nii umbrohtude arvukuse kui ka biomassi osas (joonis 9 ja 10). Mahevariantides oli umbrohtude arvukus statistiliselt usutavalt oluliselt kõrgem kui tavavariantide puhul (joonis 9). Tavavariantides kasutati herbitsiidi MCPA, mis aitas lisaks äestamisele umbrohtumust kontrolli all hoida. Katsealal esines 30 erinevat umbrohuliiki (lisa 5).

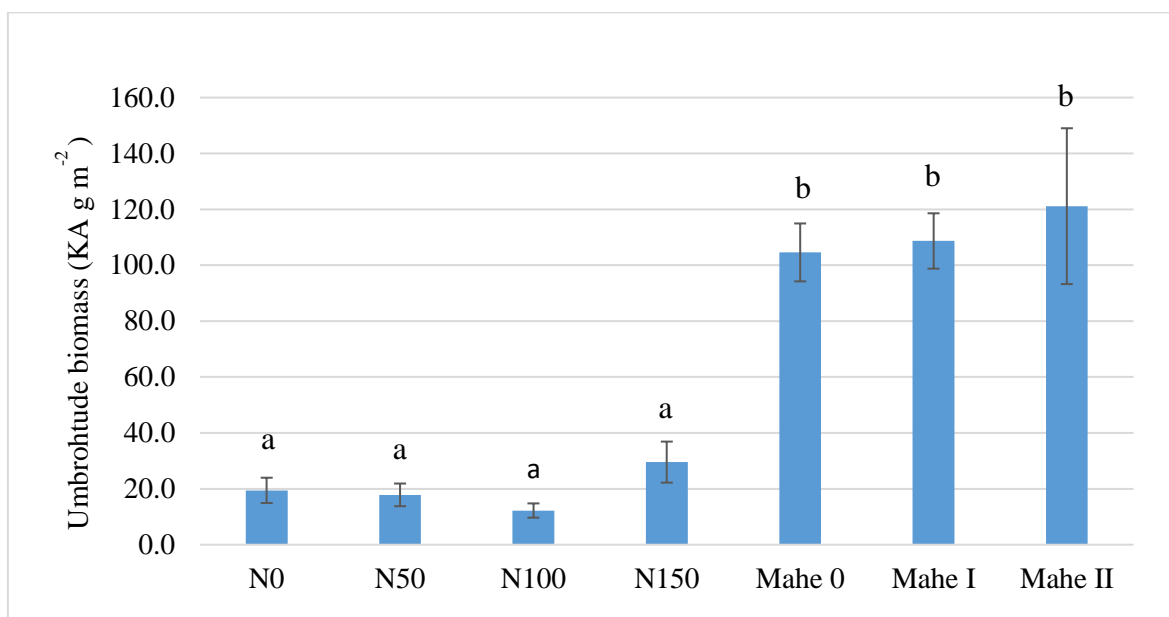


Maheüsteemis lisaks äestamisele muid umbrohutõrjevõtteid kasvuaegselt ei kasutatud. Äestamine nõrgestab ja hävitab eelkõige seemneumbrohtusid (Luik *et al.* 2008) ning selle puhul on oluline õigeaegne töö sooritamine. Kui umbrohtude juurekava on juba tugev, siis on äestamise efektiivsus madalam (Bond, Grundy 2001). Eelnevalt on leitud, et sõnniku kasutamine orgaanilise väetisena suurendab umbrohuseemnete arvukust mullas (Boguzas 2004), kuid antud katseaasta puhul jäi kõigis mahevariantides umbrohtude arvukus samale tasemele ning usutavat erinevust nende vahel ei esinenud (joonis 9).



**Joonis 9.** Umbrohtude arvukus (taime m<sup>-2</sup>) 2016. aastal kolm nädalat enne herne koristust sõltuvalt viljelusviisist. Vearibad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

Sarnaselt umbrohtude arvukusele jäi ka nende biomass mahevariantides samale tasemele. Ka tavavariantide vahel ei esinenud statistiliselt usutavat erinevust. Mahevariantides oli umbrohtude biomass usutavalt oluliselt kõrgem kui tavavariantides (joonis 10). Herbitsiidi kasutamine hävitab või nõrgestab umbrohtusid ning annab põhikultuurile konkurentsieelise. Hernes on umbrohtude suhtes madala konkurentsivõimega ning seetõttu ei suuda see maheüsteemides umbrohtude arengut piisavalt pärssida. Herbitsiidide väärkasutamise korral võib välja kujuneda herbitsiidiresistentsus (Powles, Yu 2010). Resistentsus võib kujuneda soovimatust madalamate kulunormide kasutamisel (Manalil *et al.* 2011) või herbitsiidi kasutamisega liiga hilises kasvufaasis (Wauchope *et al.* 1997).



**Joonis 10.** Umbrohtude biomass (KA g m<sup>-2</sup>) 2016. aastal kolm nädalat enne herne sõltuvalt viljelusviisist. Vearivad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

Umbrohutõrje edukust mõjutab põllu umbrohtude liigiline koosseis. Herbitsiidile MCPA on vastupidavad umbrohud roomav madar, vesihein, kesalill, kirburohi, põldkannike, iminõges ja linnukapsas. Ka antud katses täheldati, et herbitsiid ei hävitanud kõiki soovimatuid liike, vaid leidis umbrohtusid, mis olid saanud küll herbitsiidikahjustuse ning selle tagajärjel ebanormaalse välimusega (lisa 1), kuid siiski elujõulised ning paljunemisvõimelised.

### 3.3. Umbrohtude liigiline mitmekesisus

Umbrohtude liigilise mitmekesisuse iseloomustamiseks kasutati Shannon-Wieneri mitmekesisuse indeksit ( $H'$ ).

Hinnates 2015. aastal enne vahekultuuride sisseküüdi umbrohtude mitmekesisust mahevilljelusvariantides selgus, et kõrgeim Shannon-Wieneri indeks oli Mahe 0 variandis ning madalaim Mahe I variandis, mis tähendab, et Mahe 0 variant on liigiliselt mitmekesisem (joonis 11). Peamised umbrohuliigid kontrollvariandis olid harilik kesalill ,

harilik orashein ja verev iminõges. Kesalille leidis kõige enam ka teistes mahevariantides. Orashein Mahe II variandis puudus ning Mahe I variandis oli seda vähe (lisa 2). See viitab sellele, et vahekultuuride kasvatamine pärsib orasheina levikut ja arengut. Mahe II variandis oli liigiline mitmekesisus suurem kui Mahe I variandis, mis viitab sellele, et mulda lisatava sõnnikuga sattus sinna ka kompostimisel idanemisvõime säilitanud umbrohuseemned (joonis 11).



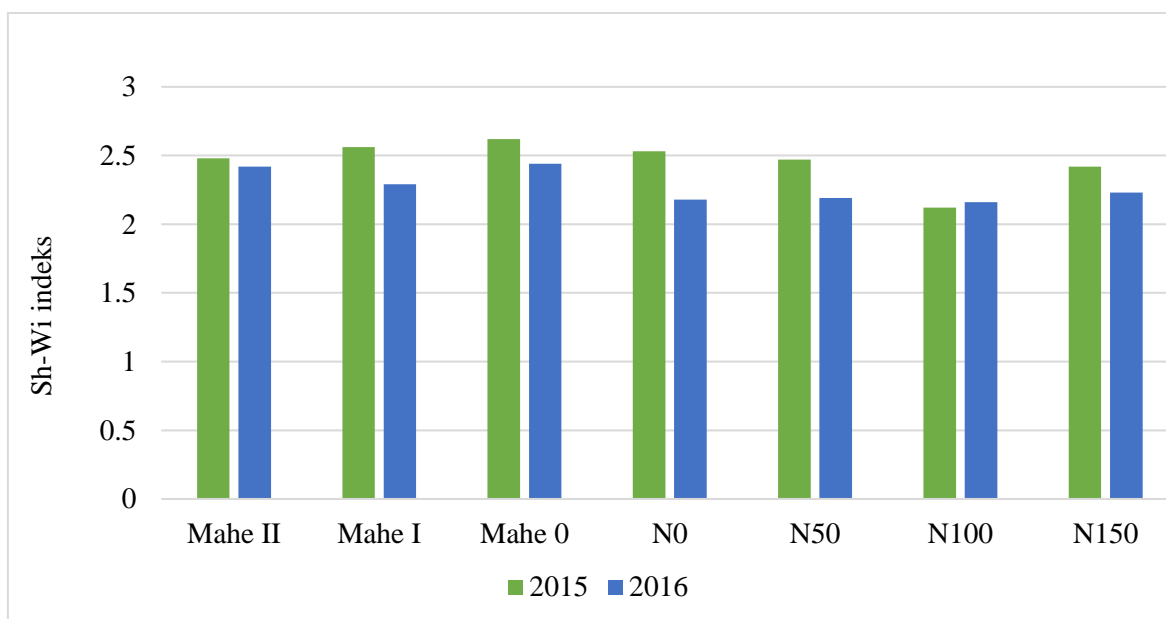
**Joonis 11.** Shannon-Wiener'i indeks sõltuvalt mahevariandist 2015. ja 2016. aastal enne vahekultuuride sisseküüdi

Madalaim Shannon-Wieneri indeks oli 2016. aastal enne vahekultuuride sisseküüdi Mahe I variandis ning kõrgeim Mahe 0 variandis. Seega nagu ka 2015. aastal oli liigiliselt mitmekesiseim kontrollvariant (joonis 11). Shannon-Wiener'i indeks võtab arvesse nii liikide arvu kui ka nende arvukust. Kõrgem indeks viitab haruldasemate liikide esinemisele süsteemis (Murphy *et al.* 2006). Murphy *et al.* 2006 leidsid, et mullaharimise intensiivsuse vähendamisega liikide mitmekesisus suurenes. Edesi *et al.* 2012 poolt läbi viidud uuringus leiti, et maakasutuse intensiivsus mõjutab umbrohuliikide mitmekesisust ning Shannon-Wiener'i indeksi järgi oli mitmekesisus mahesüsteemis suurem kui tavasüsteemis. Liebman ja Dyck 1993 tõid välja, et viljavaheldus mõjutab umbrohtude liigirikkust põllul.

Ka 2016. aastal oli domineerivaks liigiks kõigis mahevariantides harilik kesalill. Eriti arvukalt esines seda Mahe 0 variandis. Mahe 0 variandis esines palju ka harilikku hiirekõrva,

harilikku orasheina, põldkannikest (*Viola arvensis* Murray), põld-litterheina (*Thlaspi arvense* L.) ning murunurmikat. Põld-lõosilma esines kõigis mahevariantides (lisa 3).

Kolm nädalat enne herne koristust 2015. aastal oli Shannon-Wieneri indeksi järgi liigiliselt mitmekesisem Mahe 0 variant ning väiksem mitmekesisus ilmnes N100 variandis. Tavavariantidest oli kõrgeima liigilise mitmekesisusega kontrollvariant (joonis 12). Lühiealistest umbrohtudest esines mahevariantides arvukalt kesalille, valget hanemaltsa (*Chenopodium album* L.), Põld-litterheina ning verevat iminõgest (lisa 4).



**Joonis 12.** Shannon-Wiener'i indeks kolm nädalat enne herne koristust sõltuvalt viljelusviisist 2015. ja 2016. aastal.

Mitmeaastastest umbrohtudest esines lisaks orasheinale ka mailast ja põldohakat. Tavavariantides olid arvukalt esindatud sellised lühiealised umbrohuliigid nagu linnukapsas (*Lapsana communis*), põldkannike, murunurmikas (*Poa annua* L.), soo-kassiurb (*Gnaphalium uliginosum*), verev iminõges ja valge hanemalts. Mitmeaastastest umbrohtudest levis tavavariantides põldpiimohakas, harilik orashein ja mailane (lisa 4).

2016. aastal oli enne herne koristust mahevariantides domineerivaks umbrohuliigiks valge hanemalts, mida kõige enam leidis Mahe I variandis. Arvukalt esines ka harilikku orasheina ning verevat iminõgest. Harilikku orasheina leviku poolest paitis silma Mahe 0 variant. Mahevariantides, kus kasvatati talviseid vahekultuure, ei olnud orasheina levik intensiivne

(lisa 5). See näitab, et vahekultuuride kasvatamine piirab tugevalt oraseheina arengut ja levikut. Vegetatiivselt levivatest umbrohtudest levisid maheüsteemi kontrollvariandis ka põldosi (*Equisetum arvense* L.) ja mailane (lisa 5). Mahe 0 variandis on mulla happesus võrreldes teiste mahevariantidega suurenenud (Luik *et al.* 2014), mis võib olla ka põldosja leviku põhjuseks. Põldosi eelistab kasvada happelisel pinnasel (Labun 2012).

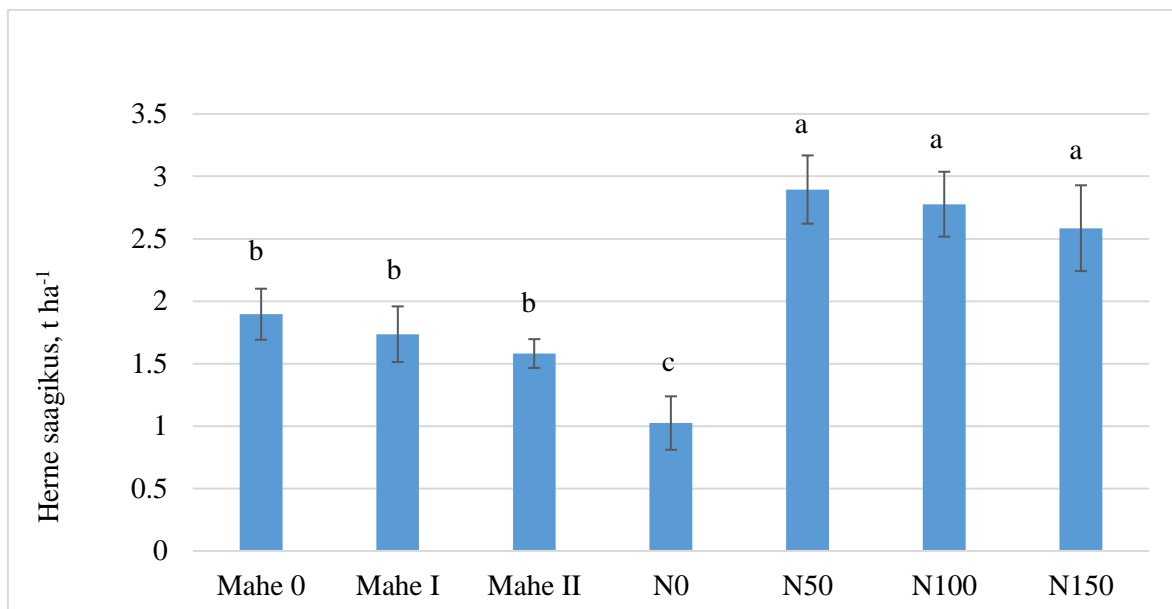
Tavavariantides olid domineerivateks umbrohuliikideks mailane ja valge hanemalts. N0 ja N50 variantides esines arvukalt tähkjat kukehirssi (*Echinochloa crus-galli* L.). Teistes tavavariantides eelnimetatud liiki ei esinenud (lisa 5). Bagavathiannan *et al.* 2012 tõid välja, et eelnimetatud liik on tugeva konkurentsivõimega ning hästi kohastunud erinevates tingimustes kasvamiseks. Tugeva leviku korral võib vähendada kultuurtaimede saagikust kuni 100%. Ameerika Ühendriikides on tähkjal kukehirsil kujunenud välja herbitsiidiresistentsus mitmete toimeainete vastu (Heap 2011). Kõige arvukamalt esines umbrohtusid Mahe 0 variandis ning kõige vähem N100 variandis (lisa 5). Madalaim Shannon-Wieneri indeks oli aga N100 variandis. Shannon-Wiener'i indeksi järgi oli kõige liigirikkam umbrohukooslus N0 variandis (joonis 12).

### **3.4 Herne saagikus 2015. ja 2016. aastal**

2015. aasta oli põllukultuuridele soodne aasta. Seda näitab ka Eesti keskmine herne saagikus, mis oli viimase viie aasta kõrgeim – 2,6 t ha<sup>-1</sup>. Herne külv toimus antud katses maikuus ning sel ajal langes piisavalt sademeid, et herne tärkamise ja võrsumise ajal taime veega varustada. 2015. aasta vegetatsiooniperiood oli aga valdavalt sademetevaene.

Kolmes tavavariandis (N50, N100 ja N150) saagikuste vahel statistiliselt usutavat erinevust ei esinenud. Tavasüsteemi kontrollvariandi saagikus oli aga võrreldes teiste tavavariantidega ja ka kõigi mahevariantidega usutavalt madalam. N0 variandis oli umbrohtude arvukus ja biomass kõrged, mis pakkudes hernele konkurentsi põhjustasid saagikuse langust (joonis 13). Ka Harker *et al.* 2001 leidsid Kanadas läbi viidud katses, et varajane tugev umbrohtude surve kultuurtaimetele vähendasid herne saagikust kõigil kolmel katseaastal. Fernandez *et al.* 2012 poolt läbi viidud katses selgus, et umbrohtude eemaldamine tõi herne puhul keskmiselt 63% saagitõusu. Antud katses oli herne külvisenormiks 100 idanevat seemet m<sup>-2</sup>. Gan *et al.*

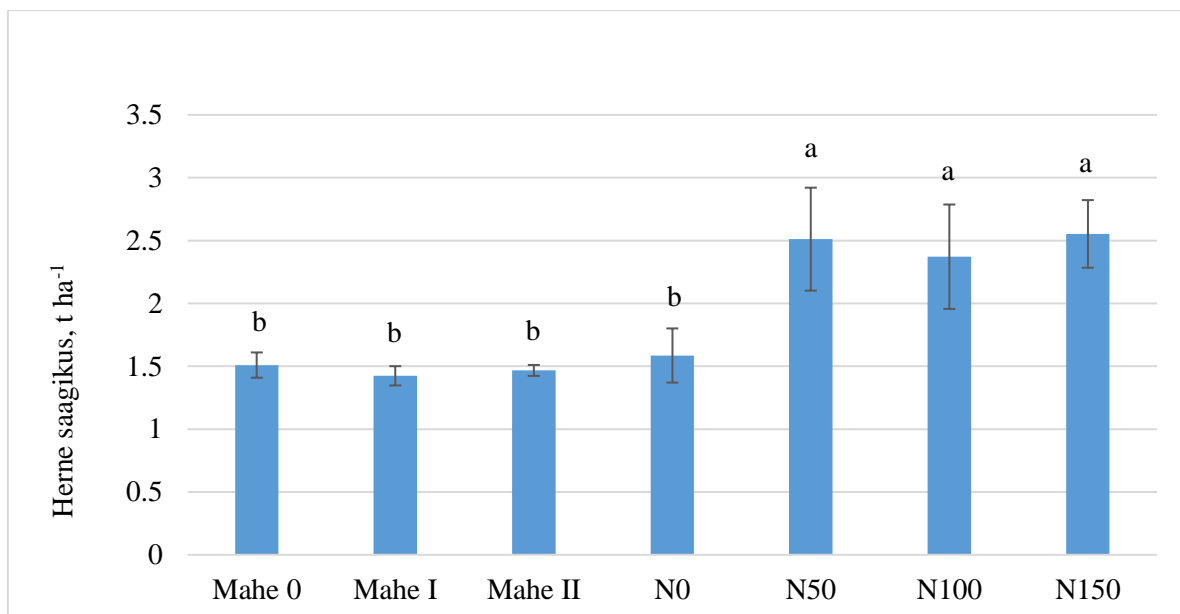
2003 leidsid, et kõrgeim saagikus saadi, kui külvisenorm oli 75–80 idanevat seemet ruutmeetri kohta.



**Joonis 13.** Herne terasaagikus (t ha<sup>-1</sup>) 2015. aastal sõltuvalt viljelusviisist. Vearivad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

Kõigi mahevariantide saagikus oli statistiliselt usustavalt madalam kui kolme tavavariandi (N50, N100 ja N150) puhul (joonis 13). Mahevariantide keskmine saagikus oli 25% tavavariantide keskmisest madalam. Katses selgus, et sõnniku kasutamine ja vahekultuuride kasvatamine ei avaldanud statistiliselt usutavat mõju herne saagikusele. Saagikuse kujunemisel on oluline õige külviaeg. Fernandez *et al.* 2012 leidsid, et viiviskülvi puhul on umbrohtude biomass kõrgem kui õigeaegse külvi puhul ning seetõttu ka saagikadu suurem.

Keskmine herne saagikus Eestis oli 2016. aastal 1,9 t ha<sup>-1</sup> (Statistikaamet). Võrreldes eelneva aastaga oli herne saagikus tavavariantide puhul madalam, v.a N0 variandi puhul, mille saagikus oli 2015. aastaga võrreldes kõrgem (joonis 12). Põhjus võib seisneda selles, et herne külv toimus 2016. aastal 7. mail ning põuane maikuu takistas taimede tärkamist. Ka umbrohtude arvukus ja biomass jäid sademetevaese kevade tõttu madalaks.



**Joonis 14.** Herne terasaagikus ( $t\ ha^{-1}$ ) 2016. aastal sõltuvalt viljelusviisist. Vearibad tähistavad väärtuste standardviga, tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi süsteemide vahel (ANOVA, Fisher LSD test,  $p < 0.05$ )

Herne saagikus mahevariantides oli ka 2016. aastal statistiliselt usutavalt madalam kui mineraalväetist saanud tavavariantides (joonis 14). Keskmise saagikus mahevariantides oli 35% madalam kui tavavariantides. Mahevariantides oli nii umbrohtude arvukus kui ka biomass oluliselt suuremad. Tugev konkurents umbrohtude poolt toitainete, vee ja valguse pärast mõjub pärssivalt herne saagikusele. De Pont *et al.* 2012 andmetel on erinevate põllukultuuride saagikuse vahe tava- ja maheviljeluse puhul keskmiselt 20%. Seufert *et al.* 2012 leidsid aga, et tavaviljeluse puhul on saagid 5–34% kõrgemad, sõltudes kasvatatavatest kultuuridest ning rakendatavast tehnoloogiast. Ka 2016. aastal ei esinenud vahekultuuride kasvatamisel ja sõnnikuga väetamisel statistiliselt usutavat mõju saagikusele (joonis 14).

## KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Katse viidi läbi 2015. ja 2016. aastal Põllumajandus- ja Keskkonnainstituudi katsepõllul Eerikal eesmärgiga uurida kolme maheviljelussüsteemi (M0, MI ja MII) ja nelja tavaviljelussüsteemi (N0, N50, N100, N150) mõju herne (*Pisum sativum*) umbrohtumusele ning saagikusele.

Levinuim umbrohuliik katseaastatel oli harilik kesalill, mille arvukus oli suurim M 0 katsevariandis. Tugevalt levisid ka valge hanemalts ning verev iminõges. Vegetatiivselt paljunevatest umbrohtudest leidis rohkesti harilikku orasheina ning mailast. Enne vahekultuuride sisseküüdi ilmnes mõlemal katseaastal vahekultuuride pärssiv mõju umbrohtude biomassile. Talviste vahekultuuride kasvatamine avaldas survetõrjet peamiselt hariliku hiirekõrva, hariliku orasheina, vesiheina ning vereva iminõgese suhtes.

2015. aastal enne vahekultuuride sisseküüdi umbrohtude arvukus M II variandis ei erinenud usutavalt M 0 variandist, kuid 2016. aastal oli lisaks umbrohtude biomassile ka arvukus variantides, kus kasvatati vahekultuure, oluliselt madalam. Umbrohtude kõrgem arvukus M II variandis 2015. aastal võib olla tingitud sõnnikuga põllule sattuvatest umbrohuseemnetest. Mulda lisatud veisesõnnik oli küll kompostitud, kuid tõenäoliselt ei toimunud kompostimine optimaalsetes tingimustes ning umbrohuseemnete idanemisvõime säilis.

Katse tulemusena selgus, et võrreldes tavavariantidega oli mahevariantides umbrohtude arvukus ja biomass kõrgem. Eriti selgelt tuli antud tendents välja 2016. aastal, kui kõikide tavavariantide umbrohtumus oli usutavalt oluliselt madalam kui mahevariantides. 2015. aastal esines vahekultuuride kasvatamise mõju ka põhikultuuri kasvu ajal. M I ja M II variantides oli umbrohtumus madalam kui kontrollvariandis.

Mõlemal analüüsitaval katseaastal selgus, et enne vahekultuuride sisseküüdi oli Shannon-Wiener'i indeks kõrgeim M 0 variandis ning madalaim M I variandis, mis tähendab, et M 0 variant oli liigiliselt mitmekesisem ning M I variant, kus kasvatati vahekultuure oli madalaima liigilise mitmekesisusega. Tulemused näitasid, et kolm nädalat enne herne koristust 2015. aastal oli liigiline mitmekesisus suurim M 0 variandis ning väiksem N100



variandis. Tavavariantidest oli kõrgeima liigilise mitmekesisusega kontrollvariant. Kõige arvukamalt esines umbrohtusid M 0 variandis ning kõige vähem N100 variandis. Ka 2016. aastal oli madalaim Shannon-Wieneri indeks N100 variandis, kuid tulemused näitasid, et antud aastal oli liigiliselt mitmekesiseim N0 variant.

Kolmes tavavariandis (N50, N100 ja N150) saagikuste vahel statistiliselt usutavat erinevust ei esinenud. Tavasüsteemi kontrollvariandi saagikus oli aga võrreldes teiste tavavariantide ja ka kõigi mahevariantidega usutavalt madalam. N0 variandis oli umbrohtude arvukus ja biomass kõrged, mis pakkudes hernele konkurentsi põhjustasid saagikuse langust. Kõigi mahevariantide saagikus oli statistiliselt usustavalt madalam kui kolme tavavariandi (N50, N100 ja N150) puhul. Mahevariantide keskmine saagikus oli 25% tavavariantide keskmisest madalam. Herne saagikus mahevariantides oli ka 2016. aastal statistiliselt usutavalt madalam kui mineraalväetist saanud tavavariantides. Keskmine saagikus mahevariantides oli 35% madalam kui tavavariantides. Mahevariantides oli nii umbrohtude arvukus kui ka biomass oluliselt suuremad, mis tähendab, et umbrohtude poolt pakitav konkurents pärsib herne saagikust. Katses selgus, et vahekultuuride kasvatamisel ja sõnnikuga väetamisel puudub statistiliselt usutav mõju herne saagikusele.

Umbrohtude arvukusele ja biomassile avaldab mõju ka katseaastate ilmastik. Umbrohtude arvukus ja biomass oli 2016. aastal enne vahekultuuride sisseküüdi oluliselt madalam kui 2015. aastal. Põhjuseks võib olla 2015/2016 talve muutlik lumikatte paksus ning temperatuuri kõikumine, mis mõjutasid ka umbrohutaimede talvitumist. Umbrohtude arvukus ja biomass 2016. aasta kevadel enne vahekultuuride sisseküüdi oli põuase maikuu tõttu madalam kui eelneval katseaastal.

Antud katses selgus, et talviste vahekultuuride kasvatamine külvikorras vähendab umbrohtude arvukust ja biomassi, kuid vahekultuuride kasvatamisel ja sõnniku lisamisel mulda puudub usutav mõju herne saagikusele. Herne terasaagikus oli kõrgem tavavariantides. Mahevariantides oli nii umbrohtude arvukus ja biomass kui ka liigiline mitmekesisus suuremad võrreldes tavavariantidega.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Abawi, S. G., Cobb, A., Dillard, H., Grubinger, V., Gugino, B., Hadad, R., Helms, M., Kikkert, J., McGrath, T. M., Mohler, L. C., Nault, B., Rangarajan, A. Zitter, A. C. (2014). Production guide for organic peas for processing. - *NYS IPM Publication*, No. 137, pp. 2-28.
2. Agegnehu, G. (2009). Phosphate fertilizer and weed control effects on growth and yield of pea on nitisols of Central Highlands of Ethiopia. - *Ethiopian Journal of Science*, Vol. 32, No. 2, pp. 109–116.
3. Akemo, M.C., Regnier, E.E., Bennett. (2000). Weed Suppression in Spring-Sown Rye (*Secale cereale*)–Pea (*Pisum sativum*) Cover Crop Mixes. - *Weed Technology*, Vol.14, No.3, pp. 545-549.
4. Akhtar, N., Amjad, M., Anjum, M.A. (2003). Growth and yield response of pea (*Pisum sativum* L.) crop to phosphorus and potassium application. - *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 40, pp. 217-222.
5. Akk, E. (2011). Põldhernes – üheaastane proteiinirikas kaunvili. Kohalikud söödad. /Koost. H. Older, lk 121–129.
6. Anderson, R.L. (2005). A Multi-Tactic Approach to Manage Weed Population Dynamics in Crop Rotations. - *Agronomy Journal*, Vol. 97, No.6, pp. 1579-1583.
7. Annicchiarico, P., Filippi, L. (2007). A field pea ideotype for organic systems of Northern Italy. - *Journal of Crop Improvement*, Vol. 20, pp. 193- 203.
8. Ayaz, S., McKenzie, B.A., Hill, G.D., McNeil, D.L. (2004). Variability in yield of four grain legumes in a subhumid temperate environment. I. Yield and harvest index. - *Journal of Agricultural Science*, Vol. 142, pp. 9-19.
9. Bagavathiannan, M. V., Norsworthy, J. K., Smith, K. L. and Neve, P. (2012). Seed production of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in response to time of emergence in cotton and rice. - *The Journal of Agricultural Science*, Vol. 150, No. 06, pp. 717-724.
10. Bani, M., Rubiales, D., Rispaill, N. (2012). A detailed evaluation method to identify sources of quantitative resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* race 2 within a *Pisum* spp. germplasm collection. - *Plant Pathology*, Vol. 61, pp. 532–542.
11. Barberi, P., Lo Cascio, B. (2001). Long-term tillage and crop rotation effects on weedseedbank size and composition. - *Weed Research*, Vol. 41, No. 4, pp. 325–340.
12. Barnes, J. P., Putnam. A.R. (1987). Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). - *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 13, No. 4, pp. 889-906.
13. Barrett, M., Witt, W.W. (1987). Alternative pest management practices. - *Energy in Plant Nutrition and Pest Control*, Vol. 2, pp. 197-234.
14. Bergkvist, G., Adler, A., Hansson, M., Weih, M. (2010). Red fescue undersown in winter wheat suppresses *Elytrigia repens*. - *Weed Research*, Vol. 50, pp. 447–455.
15. Bezuidenhout, S.R., Reinhardt, C.F., Whitwell, M.I. (2012). Cover crops of oats, stooling rye and three annual ryegrass cultivars influence maize and *Cyperus esculentus* growth. - *Weed Research*, Vol. 52, No. 2, pp. 153–160.
16. Bhadoria, P. B. S. (2011). Allelopathy: A Natural Way towards Weed Management. - *American Journal of Experimental Agriculture*, Vol. 1, No. 1, pp. 7-20.
17. Biswas, A. P. K., Morshed, M. M., Ullah, M. J., Irin, I. J. (2014). Allelopathic effect of Brassica on weed control and yield of wheat. - *Bangladesh Agronomy*, Vol. 17, No. 1, pp. 73-80.
18. Blackshaw, R. E., Larney, F. J., Lindwall, C. W., Watson, P. R., Derksen, D. A. (2001). Tillage intensity and crop rotation affect weed community dynamics in a winter wheat cropping system. - *Canadian Journal of Plant Science*, Vol. 81, No. 4, pp. 805–813.
19. Boguzas, V., Marcinkeviciene, A., Kairyte, A. (2004). Quantitative and qualitative evaluation of weed seed banks in organic farming. - *Agronomy Research*, Vol. 2, No. 1, pp 13–22.

20. Bolanos, L., Esteban, E., de Lorenzo, C., Fernández-Pascual, M., de Felipe, M.R., Gbrate, A., Bonilla, I. (1994). Essentiality of boron for symbiotic dinitrogen fixation in pea (*Pisum sativum*) Rhizobium nodules. - *Plant Physiology*, Vol. 104, pp. 85-90 .
21. Bolanos, L., Brewin, N.J., Bonilla, I. (1996). Effects of Boron on Rhizobium-Legume Cell-Surface Interactions and Nodule Development. - *Plant Physiol*, Vol. 110, No. 4, pp. 1249–1256.
22. Bond, W., Grundy, A.C. (2001). Non-chemical weed management in organic farming systems. - *Weed Research*, Vol 41, No. 5, pp. 383–405.
23. Boydston, R., Hang, A. (1995). Rapeseed green manure crop suppresses weeds in potato. - *Weed Technology*, Vol. 9, pp. 669-675.
24. Brandsæter, L.O., Bakken, A.K., Mangerud, K., Riley, H., Eltun, R., Fykse, H. (2011). Effects of tractor weight, wheel placement and depth of mouldboard ploughing on the infestation with perennial weeds in organic farmed cereals. - *European Journal of Agronomy*. Vol. 34, pp. 239-246.
25. Brkic, S., Milakovic, Z., Kristek, M., Antunovic, M. (2004). Pea yield and its quality depending on inoculation, nitrogen and molybdenum fertilization. - *Plant Soil and Environment*, Vol. 50, pp. 39-45.
26. Buhler, D.D. (1995). Influence of tillage system on weed population dynamics and management in corn and soybean in the central USA. - *Crop Science*. Vol. 35, No. 5, pp. 1247–1258.
27. Buhler, D.D., Kohler, K.A., Thompson, F.R.L. (2001). Weed seedbank dynamics during five-year crop rotation. - *Weed Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 170–176.
28. Clement, S.L., McPhee, K.E., Elbersen, L.R., Evans, M.A. (2009). Pea weevil, *Bruchus pisorum* L. (Coleoptera: Bruchidae), resistance in *Pisum sativum* × *Pisum fulvum* interspecific crosses. - *Plant breeding*, Vol. 128, No. 5, pp. 478-485.
29. Crews, T.E., Peoples, M.B. (2004). Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. - *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 102, pp. 279–297.
30. Cullimore, J.V., Bennet, M.J. (1992). Nitrogen assimilation in the legume root nodule: Current status of the molecular biology of the plant enzymes. - *Canadian Journal of Microbiology*, Vol. 38, No. 6, pp. 461–466.
31. Dahl, W.J., Foster, L.M., Tyler, R.T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). - *British Journal of Nutrition*, Vol. 108, pp. 3-10.
32. Dale, M. R.T., Thomas, A.G., John, E.A. (1992). Environmental factors including management practices as correlates of weed community composition in spring seeded crops. - *Canadian Journal of Botany*, Vol. 70, pp. 1931–1939.
33. De Leo, M., De Bertoldi, C., Braca, A., Ercoli, L. (2008). Allelopathic potential of *Avena sativa* L. (oat) var. Argentina: bioassay-guided isolation of allelochemicals. - *Planta Medica*, Vol. 74, No. 09, pp. 1133.
34. De Ponti, T., Rijk, B., van Ittersum, M. K. (2012). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. - *Agricultural Systems*, Vol. 108, pp. 1–9.
35. Derksen, D.A., Lafond, G.P., Thomas, A.G., Loepky, H.A., Swanton, C.J. (1993). Impact of agronomic practices on weed communities. Tillage Syst. - *Weed Science*. Vol. 41, pp. 409–417.
36. Dorn, B., Jossi, W., A van der Heijden, M.G. (2015). Weed suppression by cover crops: comparative on-farm experiments under integrated and organic conservation tillage. - *Weed Research*, Vol. 55, No. 6, pp. 586-597.
37. Edesi, L., Järvan, M., Adamson, A., Paivel, M. (2011). Külvisenormi mõju teraviljade umbrohtumusele mahe- ja tavapõllumajanduslikus külvikorras. - *Agronomia 2010/2011*, pp. 15-22.
38. Eghball, B., Lesoing, G. W. (2000). Viability of weed seeds following manure windrow composting. - *Compost Science and Utilization*, Vol. 8, pp. 46–53.
39. Frageria, N. K., Baligar, V.C., Bailey B. A. (2004). Role of Cover Crops in Improving Soil and Row Crop Productivity. - *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 36, No. 19-20, pp. 2733-2757.
40. Fageria, N.K., Baligar, V.C., Bailey, B.A. (2005). Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. - *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 36, pp. 2733–2757.
41. FAOSTAT and mebaas: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (21.03.2017)

42. Ferguson, B. J., Lin, M. H., Gresshoff, P. M. (2013). Regulation of legume nodulation by acidic growth conditions. - *Plant Physiology*, Vol. 110, No. 4, pp. 1249–1256.
43. Ferguson, B.J., Indrasumunar, A., Hayashi, S., Lin, M.H., Lin, Y. H., Reid, D. E. (2010). Molecular analysis of legume nodule development and autoregulation. - *Journal of Integrative Plant Biology*, Vol. 52, pp. 61–76.
44. Fernandez, A.L., Sheaffer, C.C., Wyse, D.L., Michaels, T.E. (2012). Yield and Weed Abundance in Early- and Late-Sown Field Pea and Lentil. - *Agronomy Journal*, Vol. 104, pp. 1056-1064.
45. Freeman, C. L. 1987. Growing peas under irrigation. Peas: management for quality. - *Agronomy Society of New Zealand*, No. 6, pp. 19-21.
46. Gan, Y. T., Miller, P. R., McConkey, B. G., Zentner, R. P., Liu, P. H., McDonald, C. L. (2003). Optimum plant population density for chickpea and dry pea in a semiarid environment. - *Canadian Journal of Plant Science*, Vol. 83, No. 1, pp. 1-9.
47. Gan, Y.T., Hamel, C., O'Donovan, J.T., Cutforth, H.W., Zentner, R.P., Campbell, C.A., Niu, Y., and Poppy, L.B. (2015). Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity. - *Scientific Reports*, Vol. 5, pp. 1-14.
48. Gbor, W., Erzsébet, N. (2009). Interaction between nutrition and herbicide application in pea culture. - *Communications in soil science and plant analysis*, Vol. 40, pp. 435–444.
49. Grevsen, K. (2003). Weed competitive ability of green peas (*Pisum sativum L.*) affected by seeding rate and genotype characteristics. - *Biological Agriculture and Horticulture*, Vol. 21, pp. 247-261.
50. Grundy, A. C., Green, J. M., Lennartsson, M. (2013). The Effect of Temperature on the Viability Of Weed Seeds in Compost. - *Compost science & utilization*, Vol. 6, No. 3, pp. 26-33.
51. Guillioni, L., Wéry, J., Lecoœur, J. (2003). High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purely by decreasing plant growth rate. - *Functional Plant Biology*, Vol. 30, No. 11, pp. 1151-1164.
52. Ha, K.V., Marschner, P., Bünemann, E. K., Smernik, R. J. (2007). Chemical changes and phosphorus release during decomposition of pea residues in soil. - *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 39, pp. 2696-2699.
53. Harker, K. N., Blackshaw, R., Glayton, G.W. (2001). Timing Weed Removal in Field Pea (*Pisum sativum*). - *Weed Technology*, Vol. 15, pp. 277-283.
54. Harker, K.N., Clayton, G. W., Blackshaw, R.E. (2008). Comparison of Leafy and Semileafless Pea for Integrated Weed Management. - *Weed Technology*, Vol. 22, No. 1, pp. 124-131.
55. Hauggaard-Nielsen, H., Jørgensen, B., Kinane, J., Jensen, E.S. (2008). Grain legume cereal intercropping: the practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. - *Renewable Agriculture and Food Systems*, Vol. 23, pp. 3–12.
56. HEAP, I. (2011). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.org> 02.05.2017
57. Honek, A., Martinkova, Z., Jarosik, V. (2003). Ground beetles (Carabidae) as seed predators. - *European Journal of Entomology*, Vol. 100, pp. 531–544.
58. Ingels, C., Van Horn, M., Bugg, R.L., Miller, P.R. (1994). Selecting the right cover crop gives multiple benefits. - *california agriculture*, Vol. 48, No. 5, pp. 43-48.
59. Johnston, A.M., Stevenson, F.C. (2001). Field pea response to seeding depth and P fertilization. - *Canadian Journal of Plant Science*, Vol. 81, No. 3, pp. 573-575.
60. Jukka, S., Terho, H., Heikki, J. (2005). Weed flora and weed management of field peas in Finland. - *Agricultural and food science*, Vol. 14, pp. 189–201.
61. Järvan, M., Järvan, U. (2010). Muldade lupjamine. Saku: Eesti Maaviljeluse Instituut, 116 lk
62. Karkanis, A., Ntatsi, G., Kontopoulou, C-K., Pristeri, A., Bilalis, D., Savvas, D. (2016). Field Pea in European Cropping Systems: Adaptability, Biological Nitrogen Fixation and Cultivation Practices. - *Notulae Botanicae horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, Vol. 44, No. 2, pp. 325-336.
63. Kato-Noguchi, H., Kosemura, S., Yamamura, S., Mizutani, J., Hasegawa, K. (1994). Allelopathy of oats. I. Assessment of allelopathic potential of extract of oat shoots and identification of an allelochemical. - *Chemical Ecology*, Vol. 20, No. 2, pp. 309-314.
64. Keppart, L. (2016). Kokkuvõte 2015/16. a ilmast, Riigi Ilmateenistuse ja Eesti Taimakasvatuse Instituudi andmetel <http://www.etki.ee/images/pdf/Ilm2016/Talv2015-2016.pdf>

65. Kouas, S., Labidi, N., Debez, A., Abdelly, C. (2005). Effect of P on nodule formation and N fixation in bean. - *Agronomy for Sustainable Development*, Vol. 25, No. 3, pp. 389-393.
66. Krishnan, G., Holshouser, D.L., Nissen, S.J. (1998). Weed control in Soybean (*Glycine max*) with green manure crops. - *Weed Technology*, Vol. 12, pp. 97-102.
67. Kruidhof, H.M., Bastiaans, L., Kropff, M. J. (2008). Ecological weed management by cover cropping: effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. - *Weed Research*, Vol. 48, pp. 492-502.
68. Kunz, C.H., Sturm, D.J., Varnholt, D., Walker, F., Gerhards, R. (2016). Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. - *Plant Soil Environment*, Vol. 62, No. 2, pp. 60–66.
69. Kurowski, T. P., Majchrzak, B., Pszczółkowski, P. (1997). The influence of crop rotation to occurrence of field bean and pea diseases. - *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis. Agricultura*, Vol. 64, pp. 245-252.
70. Kõlli, R. (1994). Muldade kasutussoobivus ja agrorühmad. Tartu: EPMÜ kirjastusgrupp, 85 lk.
71. Kärblane, H. (1996). Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Tallinn, 285 lk
72. Labun, P., Salamon, I., Grulova, D. (2012). Formation of horsetail (*Equisetum arvense L.*) biomass depending on soil properties in the locality of its growth. - *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, Vol. 6, No. 4, pp. 398-405.
73. Lamont, W.J. (2005). Plastics: modifying the microclimate for the production of vegetable crops. - *HortTechnol*, Vol. 15, No. 3, pp. 477-481.
74. Larney, F.J., Blackshaw, R.E. (2003). Weed seed viability in composted beef cattle feedlot manure. - *Journal of Environmental Quality*, Vol. 32, pp. 1105-1113.
75. Lauringson, E., Talgre, L. (2014a). Külvikordade, viljavahelduse üldistest alustest. Eesti Põllu- ja Maamajanduse nõuandeteenistuse kodulehekülj. <http://www.pikk.ee/valdkonnad/taimekasvatus/kulvikord/kulvikordade-viljavahelduseuldistest-alustest>
76. Lehman, R.M. (2013). Fall cover crops boost soil arbuscular mycorrhizal fungi which can lead to reduced inputs. South Dakota State University Extension iGrow Publications: <http://igrow.org/agronomy/wheat/fall-cover-crops-boost-soil-arbuscular-mycorrhizal-fungi-which-can-lead-to/>.
77. Liebman, M., Dyck, E. (1993). Crop Rotation and Intercropping Strategies for Weed Management. - *Ecological Applications*, Vol. 3, No. 1, pp. 92-122.
78. Luik, A., Mikk, M., Vetemaa, A. (2008) Mahepõllumajanduse alused. EV põllumajandusministeerium: Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus
79. Luik, A., Talgre, L., Eremeev, V., Sanches de Cima, D., Reintam, E. (2014). Talvised vahekultuurid parandavad külvikorras mulda. - *Kogumik "Teaduselt mahepõllumajandusele"*, pp. 56-59.
80. Luik, A., Talgre, L., Eremeev, Viacheslav., Sanches de Cima, D., Reintam, E. (2015). Talvised vahekultuurid parandavad külvikorras mulda. - *agronoomia 2015*, lk 40-44.
81. Lundkvist, A. (2009). Effects of pre- and post-emerge weed harrowing on annual weeds in peas and spring cereals. - *Weed Research*, Vol.49, No. 4, pp. 409-416.
82. Lundkvist, A., Fogelfors, H., Ericson, L., Verwijst, T. (2011b). The effects of crop rotation and short fallow on the abundance of perennial sow-thistle (*Sonchus arvensis L.*). - *Proceedings of 24th NJF Congress, Food, Feed, Fuel and Fun – Nordic Light on Future Land Use and Rural Development*, pp. 76.
83. Manalil, S., Busi, R., Renton, M., Powles, S.B. (2011). Rapid Evolution of Herbicide Resistance by Low Herbicide Dosages. - *Weed Science*, Vol. 59, pp. 210–217.
84. Manley, B.S., Wilson, H.P., Hines, T.E. (2002). Management programs and croprotations influence populations of annual grass weeds and yellow nutsedge. - *Weed Science*, Vol. 50, pp. 112–119.
85. McDonald, G.K., Peck, D. (2009). Effects of crop rotation, residue retention and sowing time on the incidence and survival of ascochyta blight and its effect on grain yield of field peas (*Pisum sativum L.*). - *Field Crops Research*, Vol.111, pp. 11-21.
86. Menalled, F.D., Gross, K.L., Hammond, M. (2001). Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems. - *Ecol. Appl*, Vol. 11, No. 6, pp. 1586–1601.

87. Mengel, K., Kirkby, F.A. (1997). Principles of Plant Nutrition, 4 th Ed. International Potash Institute, Switzerland: Bern, p. 685.
88. Mohler, C.L., Frisch, J.C., McCulloch, C.E. (2006). Vertical movement of weed seed surrogates by tillage implements and natural processes. - *Soil and Tillage Research*, Vol. 86, pp. 110–122.
89. Mullins, G.L., Hajek, B.F., Wood C.W. (1996). Phosphorus in agriculture. Bull. No.2. Dept. of Agronomy and Soils, USA: Auburn
90. Munakamwe, Z. (2004). Studies to reduce weed pressure in maize-legume intercrops by using reduced herbicide levels and effective basal fertilizer placement methods. Unpublished MSc. thesis, University of Zimbabwe, Harare
91. Munakamwe, Z., McKenzie, B.A., Hill, G. D. (2013). Low Input Weed Management in Field Peas. - *The Open Agriculture Journal*, Vol. 7, pp. 53-64.
92. Murphy, S.D., Clements, D.R., Belaousoff, S., Kevan, P.G., Swanton, C.J. (2006). Promotion of weed species diversity and reduction of weed seed banks with conservation tillage and crop rotation. - *Weed Science*, Vol. 54, pp. 69-77.
93. Ngouajio, M., McGiffen, M.E. (2002) Going organic changes weed population dynamics. – *HorTechnology*, Vol. 12, pp. 590–596.
94. Older, H. (1999). Teraviljakasvatuse käsiraamat. Eesti maaviljeluse instituut. Saku. Eesti põllumajandusministeerium, lk 38-42.
95. Older, H. (2011). Kohalikud söödad. Eesti rohumaade ühing, lk 119-128.
96. Pacyna, S., Schulz, M., Scherer, H.W. (2006). Influence of sulphur supply on glucose and ATP concentrations of inoculated broad beans (*Vicia faba minor L.*). - *Biology and Fertility of Soils*, Vol. 42, No. 4, pp. 324-329.
97. Palmeos, H., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. (2014). Haljasväetistest vahekultuuride kasvatamine külvikorras vähendab umbrohtumust. - *Teaduselt mahepõllumajandusele.- Konverentsi „Eesti mahepõllumajandus täna ja tulevikus“ toimetised*, lk. 72-75
98. Pekrun, C., Titi, A.E., Claupein, W. (2002). Implications of Soil Tillage for Crop and Weed Seed. Rmt: Soil tillage in agroecosystems, 348 lk
99. Persson, L., Larsson-Wikström, M., and Gerhardson, B. 1999. Assessment of soil suppressiveness to *Aphanomyces* root rot of pea. - *Plant Disease*, Vol. 83, pp. 1108-1112.
100. Petersen, J., Rover, A. (2005). Comparison of sugar beet cropping systems with dead and living mulch using a glyphosate-resistant hybrid. - *J Agron Crop Sci*, Vol. 191, No. 1, pp. 55-63.
101. Powles, S. B., Yu, Q. (2010). Evolution in action: plants resistant to herbicides. - *Annual Review of Plant Biology*, Vol. 61, 317–347.
102. Putnam, A. R., Defrank, J. (1983). Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. - *Crop Protection*, Vol. 2, 173-181.
103. Põllumajandussektori 2015. aasta ülevaade. (2016). Maaeluministeeriumi põllumajandusturu korraldamise osakond, 120 lk.
104. Rasmussen, I.A., Askegaard, M., Olesen, J.E., Kristensen, K. (2006). Effects on weeds of management in newly converted organic crop rotations in Denmark. - *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 113, No. 1-4, pp. 184-195.
105. Raveneau, M.P., Coste, F., Moreau-Valancogne, P., Lejeune-Hénaut, I., Durr, C. (2011). Pea and bean germination and seedling responses to temperature and water potential. - *Seed Science Research*, Vol. 21, No. 3, pp. 205- 213.
106. Ringselle, B., Bergkvist, G., Aronsson, H., Andersson, L. (2014). Under-sown cover crops and post-harvest mowing as measures to control *Elymus repens*. - *Weed Research*, Vol. 55, pp. 309–319.
107. Roostalu, H. (2008). Agromajanduslikud riskid taimekasvatases ja nende leevendamise võimalused. Tartu, 112 lk.
108. Ryel, R. J., Beyschlag, W., Heindl, B., Ullmann, I. (1996). Experimental studies on the competitive balance between two central European roadside grasses with different growth forms.1. Field experiments on the effects of mowing and maximum leaf temperatures on competitive ability. – *Botanica Acta*, Vol. 109, No. 6, pp. 441-448.
109. Sarkar, S., Singh, S. R. (2007). Interactive effect of tillage depth and mulch on soil temperature, productivity and water use pattern of rainfed barley (*Hordeum vulgare L.*). - *Soil Tillage Research*, Vol. 92, pp. 79-86.

110. Schulze, J., Drevon, J. J. (2005). P-deficiency increases the O<sub>2</sub> uptake per N<sub>2</sub> reduced in alfalfa. - *Journal of Experimental Botany*, Vol. 56, pp. 1779–1784.
111. Sepp, K. (2008). Suvinisu, herne ja odra umbrohtumus ja saaginäitajad mahekülvikorrakatses Kuusikul. Mahe põllumajanduse leht, nr. 47, 6-2008. ISSN 1406-9814. 16 lk .
112. Sepp, K., Kanger, J., Särekanno, M. (2009). Influence of soil tillage methods on the weediness and yields of spring wheat, spring barley and field pea in organic crop rotation. - *Agronomy Research*, No. 7, pp 477-484.
113. Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. - *Nature*, Vol. 485, 229–232.
114. Siczek, A., Lipiec, J., Wielbo, J., Szarlip, P., Kidaj, D. (2013). Pea growth and symbiotic activity response to Nod factors (lipochitooligosaccharides) and soil compaction. - *Applied Soil Ecology*, Vol. 72, pp. 181-186.
115. PM03: Põllukultuuride kasvupind (Andmed uuendatud 10.02.2017). Statistikaameti andmebaas: <http://pub.stat.ee> (20.03.2017).
116. Zhao, F. J., Wood, A. P., McGrath, S. P. (1999). Effects of sulphur nutrition on growth and nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum L.*). - *Plant and Soil*, Vol. 212, No. 2, pp. 209-219.
117. Tabaglio, M., Marocco, A., Schulz, M. (2013). Allelopathic cover crop of rye for integrated weed control in sustainable agroecosystems. - *Italian Journal of Agronomy*, Vol. 8, No. 1, pp. 35-40.
118. Tamm, I., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Narits, L., Tamm, Ü., Ess, M., Sepp, K., Vetemaa, A. (2016). Mahepõllumajanduslik Teravilja- ja õlikultuuride kasvatus. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus, 32 lk
119. Tamm, I., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Narits, L., Tamm, Ü., Mansberg, M., Vetemaa, A., Sepp, K. (2011). Mahepõllumajanduslik teravilja- ja õlikultuuride kasvatus. Põllumajandusministeerium, 14 lk
120. Tamm, I., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Narits, L., Tamm, Ü., Mansberg, M., Vetemaa, A., Sepp, K. (2011). Mahepõllumajanduslik Teravilja- ja õlikultuuride kasvatus, 8 lk.
121. Tardieu, F. (1994). Growth and functioning of roots and of root systems subjected to soil compaction. Towards a system with multiple signalling? - *Soil and Tillage Research*, Vol. 30, pp. 217-243.
122. Teasdale, J. R. and C. L. Mohler. (2000). The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. - *Weed Science*, Vol. 48, pp. 385-392.
123. Teasdale, J. R., Beste, C. E., Potts, W. E. (1991). Response of weeds to tillage and cover crop residue. - *Weed Science*, Vol. 39, pp. 195–199.
124. Teasdale, J. R., Mohler, C. L. (1993). Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. - *Agronomy Journal*, Vol. 85, pp. 673-680.
125. Thorup-Kristensen, K., Magid, J., Stoumann-Jensen, L. (2003). Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. – *Advances in Agronomy*, Vol. 79, pp. 227–302.
126. Townley-Smith, L., Wright, A.T. (1994). Field pea cultivar and weed response to crop seed rate in western Canada. - *Canadian Journal of Plant Science*, Vol. 74, No. 2, pp. 387-393.
127. Tsvetkova, G. E., Georgiev, G. I. (2007). Changes in phosphate fractions extracted from different organs of phosphorus starved nitrogen fixing pea plants. – *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 30, pp. 2129-2140.
128. Uusna, S., Lõiveke, H., Müür, J., Ilumäe, E. (2004). Taimekaitse põhitõed. Taimekaitsesoovitusi. Saku: Eesti Maaviljelus Instituut.
129. Van Dam, A. M. (2006). Understanding the reduction of nitrogen leaching by catch crops. PhD Thesis, Wageningen Universiteit, the C.T. de Wit Graduate School for Production Ecology and Resource Conservation (PE&RC). 171 p.
130. Vankosky, M., Dossall, L. M., Carcamo, H. A. (2009). Distribution, biology and integrated management of the pea leaf weevil, *Sitona lineatus L. (Coleoptera: Curculionidae)*, with an analysis of research needs. - *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, Vol.4, No. 7, pp. 1-18.
131. Wauchope, R. D., Sumner, H. R., Dowler, C.C. (1997). A measurement of the total mass of spray and irrigation mixtures intercepted by small whole plants. - *Weed Technology*, Vol. 11, pp. 466–472.

132. Vaughan-Timmerman, G.M., Frew, T.J., Russell, A.C., Khan, T., Butler, R., Gilpin, M., Murray, S., Falloon, K. (2002). QTL Mapping of Partial Resistance to Field Epidemics of *Ascochyta* Blight of Pea. - *Crop Science*, Vol. 42, pp. 2100-2111.
133. Weston, L.A. (1996). Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. - *Agronomy Journal*, Vol. 88, pp. 860-866.
134. Vocanson, A., Jeuffroy, M.H. (2008). Agronomic performance of different pea cultivars under various sowing periods and contrasting soil structures. - *Agronomy Journal*, Vol. 100, No. 3, pp. 748-759.
135. Xuan, D. T., Guong, V. T., Rosling, A., Alström, S., Chai, B., Högberg, N. (2012). Different crop rotation systems as drivers of change in soil bacterial community structure and yield of rice, *Oryza sativa*. - *Biology and Fertility of Soils*, Vol. 48, pp. 217-225.



## **The effect of the farming system on the weed infestation and yield of the field pea (*Pisum sativum*)**

### Summary

The experiment was conducted in 2015 and 2016 to investigate the impact of three organic farming systems (M 0, M I, and M II) and four conventional farming systems (N0, N50, N100, and N150) to field pea's (*Pisum sativum*) weed infestation and yield.

The most common species of weed in analysed years were *Matricaria perforata*, with the highest number of them appearing in M 0. There were also high numbers of *Chenopodium album* and *Lamium purpureum*. The most common perennial weeds were *Elymus repens* and *Veronica officinalis*. Before the ploughing of cover crops, it was discovered in both fields that cover crops had a reductive effect on weeds' biomass. Growing winter cover crops showed signs of weed controlling effect on *Capsella bursa-pastoris*, *Elymus repens*, *Stellaria media* and *Lamium purpureum*.

Before the ploughing of cover crops in 2015, the density of weeds in M II was plausibly similar to M 0, but by 2016 both the density and biomass were significantly lower in the fields where cover crops were grown. The higher number of weeds in M II in 2015 may be the result of weed seeds brought to the field with manure. The manure added to the soil was composted, but the chances are that composting did not take place in optimum conditions which means that weed seeds' did not lose the germination ability.

Compared to the conventional farming systems, the density and biomass of the weeds were higher in organic farming systems. It was discovered in both analysed years that before the ploughing of cover crops, the Shannon-Wiener index was highest in M 0 and lowest in M I, which means that M 0 had highest weed species diversity and M I, where cover crops were grown, had the lowest species diversity. The results showed that three weeks before the harvesting of the field pea in 2015, the diversity was highest in M 0 and lowest in N100. In conventional farming fields, the highest weed species diversity was in control treatment. The highest amount of weeds was found in M 0 and lowest in N100. The Shannon-Wiener index

was the lowest in N100 in 2016 as well, but the results showed that in that year the N0 treatment had the highest weed species diversity.

In 2015 there was no statistically proved yield difference found in three conventional systems (N50, N100, and N150). The yield of the control treatment of the conventional system was significantly lower when compared to other conventional systems and also to organic systems. In N0, the density and biomass of the weeds were high, which were competing with field pea and caused a drop in the yield. The yield of all organic systems was, as expected, statistically lower than that of three conventional systems (N50, N100, and N150). The yield of the organic systems was 25% lower than the average yield of conventional systems. The yield of the field pea in 2016 was, as expected, lower than the yield of conventional systems that had been given mineral fertilizer. The average yield in organic systems was 35% lower than in conventional systems. Organic systems had a higher number of weeds as well as a higher biomass, which means that competing with weeds reduced field pea's yield. Growing cover crops and adding manure to the soil had no proved effect on field pea's yield.

The density and biomass of the weeds is also influenced by the weather of the year. The density and biomass of the weeds before the ploughing of winter cover crops in 2016 was significantly lower than in 2015. The reason for that could be the changing thickness of snow and inconsistent temperature in the winter of 2015/2016, which also influenced the winter hardiness of the weeds. The density and biomass of the weeds in the spring of 2016 before the ploughing of cover crops was lower than the previous year due to arid May.

It was discovered in this experiment that growing winter cover crops in crop rotation reduces the weed infestation and biomass, but growing winter cover crops and adding manure to the soil has no effect on field pea's yield. Field pea's average yield was higher in conventional systems. Compared to conventional farming systems, organic farming systems also had higher number of weeds and biomass and higher biodiversity of weeds.

## **LISAD**

**Lisa 1. Herbitsiidikahjustus valgel hanemaltsal 06.07.2016**



**Lisa 2. Umbrohtude liigid ja arvukus kevadel enne vahekultuuride sisseküüdi 2015. aastal**

Umbrohuliik	Mahe II	Mahe I	Mahe 0
Hiirehernes ( <i>Vicia cracca</i> L.)	1		6
Hiirekõrv ( <i>Capsella bursa-pastoris</i> L.)	4	4	19
Põldkannike ( <i>Viola arvensis</i> Murray)			5
Kesalill ( <i>Matricaria inodora</i> L. Dostal)	88	55	90
Kurekael ( <i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér)		3	2
Linnukapsas ( <i>Lapsana communis</i> )			3
Litterhein ( <i>thlaspi arvense</i> L.)	2		7
Põld lõosilm ( <i>Myosotis arvensis</i> L. Hill)	17	9	8
Roomav madar ( <i>Galium aparine</i> L.)			2
Mailase liigid ( <i>Veronica persiva</i> Poiret)	8	3	6
Murunurmikas ( <i>Poa annua</i> )	1		2
Harilik orashein ( <i>Elytrigia repens</i> Nevski)	8		28
Verev iminõges ( <i>Lamium purpureum</i> L.)	4	6	27
Vesihein ( <i>Stellaria media</i> L: Vill)			18
Harilik võilill ( <i>Taraxacum officinale</i> Wever)	5	7	1
Kokku liike	10	7	15

**Lisa 3. Umbrohtude liigid ja arvukus kevadel enne vahekultuuride sisseküüdi 2016. aastal**

Umbrohuliik	Mahe II	Mahe I	Mahe 0
Hiirekõrv ( <i>Capsella bursa-pastoris</i> L.)		3	15
Põldkannike ( <i>Viola arvensis</i> Murray)	5	3	9
Kesalill ( <i>Matricaria inodora</i> L. Dostal)	17	13	81
Litterhein ( <i>thlaspi arvense</i> L.)	1	4	7
Põld lõosilm ( <i>Myosotis arvensis</i> L. Hill)	8	6	7
Roomav madar ( <i>Galium aparine</i> L.)	1		4
Mailase liigid ( <i>Veronica persiva</i> Poiret)	5		2
Murunurmikas ( <i>Poa annua</i> )	8		10
Harilik orashein ( <i>Elytrigia repens</i> Nevski)	1		10
Harilik puju ( <i>Artemisia vulgaris</i> L.)			1
Verev iminõges ( <i>Lamium purpureum</i> L.)		2	
Vesihein ( <i>Stellaria media</i> L.: Vill)		2	
Suur teeleht ( <i>Plantago major</i> L.)	1		
Harilik võilill ( <i>Taraxacum officinale</i> Wever)	4	3	1
Kokku liike	10	8	11

**Lisa 4. Umbrohtude liigid ja arvukus kolm nädalat enne herne koristust  
2015. aastal**

Umbrohuliik	Mahe II	Mahe I	Mahe 0	N0	N50	N100	N150
Hiirekõrv ( <i>Capsella bursa-pastoris</i> L.)	6	8	13				
Põldkannike ( <i>Viola arvensis</i> Murray)		1	2	10	5	9	8
Karukeel ( <i>Anchusa arvensis</i> (L.) Bieb.)			1				
Karvane hiirehernes ( <i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray)		4	3				
Kesalill ( <i>Matricaria inodora</i> L. Dostal)	8	20	22	7	6	9	6
Kirburohi ( <i>Polygonum persicaria</i> )					1	1	
Konnatatar ( <i>Polygonum convolvulus</i> )	6	7	4	1	1	1	2
Kare kõrvik ( <i>Galeopsis tetrahit</i> L.)							1
Kärnoblikas ( <i>Rumex crispus</i> L.)			1				
Harilik linnurohi ( <i>Polygonum arenastrum</i> Boreau)	1		1	5		2	1
Linnukapsas ( <i>Lapsana communis</i> )		1		13	3	8	
Litterhein ( <i>thlaspi arvense</i> L.)	7	9	10				
Lõhnav kummel ( <i>Chamomilla suaveolens</i> (Pursh) Rydb.)				4	4		
Põld lõosilm ( <i>Myosotis arvensis</i> L. Hill)			1				
Roomav madar ( <i>Galium aparine</i> L.)	4	6	2	3	7	8	9
Mailase liigid ( <i>Veronica persiva</i> Poiret)	17	10	7	11	12	12	11
Murunurmikas ( <i>Poa annua</i> )				14	12	2	2

Harilik nälghein ( <i>Spergula arvensis</i> L.)	2	5	2			2	
Harilik orashein ( <i>Elytrigia repens</i> Nevski)		2	20	36	22	72	11
Verev iminõges ( <i>Lamium purpureum</i> L.)	13	17	15	13	10	10	10
Valge hanemalts ( <i>Chenopodium album</i> L.)	14	15	21	16	5	8	7
Võõrkakar ( <i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) Blake)	4	1	2				
Harilik võilill ( <i>Taraxacum officinale</i> Wever)			1				
Suur teeleht ( <i>Plantago major</i> L.)	1		1				
Soo-kassiurb ( <i>Gnaphalium uliginosum</i> L.)				14	14	11	5
Harilik rukkilill ( <i>Centaurea cyanus</i> L.)	1						
Põldsinep ( <i>Sinapis arvensis</i> L.)		2	1				
Põld-piimohakas ( <i>Sonchus arvensis</i> L.)	3		1	13	3	1	5
Põldosi ( <i>Equisetum arvense</i> L.)		2	2			3	
Põldohakas ( <i>Cirsium arvense</i> L. Scop.)	3	3	4				
Harilik punand ( <i>Fumaria officinalis</i> L.)	7	11	5	5	4	4	6
Harilik puju ( <i>Artemisia vulgaris</i> L.)				5			
Harilik piimalill ( <i>Euphorbia helioscopia</i> L.)					1	1	
Kokku liike	16	18	23	15	15	18	14



**Lisa 5. Umbrohuliigid ja nende arvukus kolm nädalat enne herne koristust 2016. aastal**

Umbrohuliik	Mahe II	Mahe I	Mahe 0	N0	N50	N100	N150
Hiirekõrv ( <i>Capsella bursa-pastoris</i> L.)	13	16	33		2	1	
Põldkannike ( <i>Viola arvensis</i> Murray)	2	12	7	8	4	11	11
Karukeel ( <i>Anchusa arvensis</i> (L.) Bieb.)	2						
Karvane hiirehernes ( <i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray)	2	3	5				
Kesalill ( <i>Matricaria inodora</i> L. Dostal)	4	3	8				
Kirburohi ( <i>Polygonum persicaria</i> )		1			1		
Konnatatar ( <i>Polygonum convolvulus</i> )	9	9	9	2	2	4	5
Kurekael ( <i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér)		2			1		
Harilik linnurohi ( <i>Polygonum arenastrum</i> Boreau)	3		3			2	1
Linnukapsas ( <i>Lapsana communis</i> )	3	1	5	2	1		1
Litterhein ( <i>thlaspi arvense</i> L.)	7	9	4				1
Põld lõosilm ( <i>Myosotis arvensis</i> L. Hill)		2					2
Roomav madar ( <i>Galium aparine</i> L.)	3	5	10	3	6	1	4
Mailase liigid ( <i>Veronica persiva</i> Poiret)	16	19	16	15	12	10	16
Murunurmikas ( <i>Poa annua</i> )				5	8		1
Harilik nälghein ( <i>Spergula arvensis</i> L.)	2	3	2				
Harilik orashein ( <i>Elytrigia repens</i> Nevski)	60	22	18			1	
Verev iminõges ( <i>Lamium purpureum</i> L.)	28	33	28	6	8	7	10
Valge hanemalts ( <i>Chenopodium album</i> L.)	50	84	75	17	11	15	15
Võõrkakar ( <i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) Blake)			1		1	3	2
Suur teeleht ( <i>Plantago major</i> L.)	2	1	2				

Soo-nõianõges ( <i>Stachys palustris</i> L.)	5		2				
Põld-piimohakas ( <i>Sonchus arvensis</i> L.)	3		3	1			
Põldosi ( <i>Equisetum arvense</i> L.)	8	8					
Põldohakas ( <i>Cirsium arvense</i> L. Scop.)	1		11				
Harilik punand ( <i>Fumaria officinalis</i> L.)	9	13	13	8	3	6	6
Harilik piimalill ( <i>Euphorbia helioscopia</i> L.)	6	1	1	1		1	2
Tähkjas kukehirss ( <i>Echinochloa crus-galli</i> L.)				9	24		
Kokku liike	22	20	21	12	14	12	14