EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Meelis Kõiv

PÕLDOA (*VICIA FABA* L.) SEEMNETES SÄILIVATE FÜTOPATOGEENSETE SEENTE TUVASTAMINE

DETECTION OF SEED-BORNE FUNGAL PATHOGENS IN BROAD BEAN (*VICIA FABA* L.) SEEDS

Magistritöö
Aianduse õppekava

Juhendajad: Kaire Loit, PhD
Liina Soonvald, PhD
Britt Puidet, PhD

Tartu 2025

Eesti Maaülikool
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006

Magistritöö lühikokkuvõte

Autor: Meelis Kõiv

Õppekava: Aiandus

Pealkiri: Põldoa (*Vicia faba* L.) seemnetes säilivate fütopatogeensete seente tuvastamine

Lehekülgi: 52	Jooniseid: 3	Tabeleid: 3	Lisasid: 2

ETIS-e valdkond ja CERCS-i kood: B390 Taimekasvatus, aiandus, taimekaitsevahendid, taimehaigused
Juhendaja(d): Kaire Loit, Liina Soonvald, Britt Puidet
Osakond või õppetool: Taimetervise õppetool
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2025

Seemnetega levivad taimehaigused võivad põhjustada suurt saagikadu, seemnete kvaliteedi langust ning halvimal juhul ka mükotoksiinidega saastatust. Põlduba on vastuvõtlik mitmetele seemnetega levivatele seenhaigustele, millest olulisemateks peetakse põldoa-šokolaadilaiksust, laikpõletikku ja erinevaid juurehaiguseid. Magistritöö eesmärgiks oli tuvastada põldoa seemnetes säilivad fütopatogeensed seened ning kindlaks teha nende liigiline mitmekesisus. Katse käigus isoleeriti puhaskultuuri erinevate põldoa sortide seemnetest välja kasvanud seened. Puhaskultuuridelt eraldati DNA ning teostati seente ITS regiooni praimeritega PCR. Seente taksonoomiliseks määramiseks sekveneeriti PCR produktid ja võrreldi saadud sekventse andmebaasides olevate andmetega. Põldoa seemnetest tuvastati kokku kümme seeneperekonda, mis esinemissageduse alusel jaotusid järgnevalt: *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Didymella* spp., *Botrytis* spp., *Arthrinium* spp., *Aspergillus* spp., *Epicoccum* spp., *Penicillium* spp. ja *Colletotrichum* spp. Antud töö tulemused on kooskõlas teiste sarnaste uurimistöö tulemustega. Tuvastatud perekondadest on põldoale patogeensed *Alternaria*, *Fusarium*, *Didymella*, *Botrytis* ja *Colletotrichum* seeneliigid. Nimetatud perekondade esindajad on suutelised põhjustama haiguseid nagu põldoa-šokolaadilaiksus, laikpõletik, kuivlaiksus, hahkhallitus, juuremädanik, närbumistõbi ja antraknoos. Töö tulemustest selgus, et põldoa seemnetes esineb mitmeid erinevaid seenerühmasid, millest paljud on ka fütopatogeensed. Teades paremini põldoa seemnetes säilivate fütopatogeensete seente liigilist mitmekesisust ja bioloogiat, võimaldab see teha paremaid otsuseid haiguste ennetamiseks ja leviku piiramiseks. Edasised uuringud võiksid keskenduda seente määramisele liigitasemeni ning välja selgitada seemnetes säilivate seeneliikide koosseisu mõjutavad tegurid.

Võtmesõnad: põldoa-šokolaadilaiksus, laikpõletik, liblikõielised, taimehaigused

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Master's Thesis	
Author: Meelis Kõiv		Curriculum: Horticulture	
Title: Detection of seed-borne fungal pathogens in broad bean (*Vicia faba* L.) seeds			
Pages: 52	Figures: 3	Tables: 3	Appendices: 2
ETIS research field and (CERCS) code: B390 Phytotechny, horticulture, crop protection, phytopathology Supervisor(s): Kaire Loit, Liina Soonvald, Britt Puidet Department / Chair: Chair of Plant Health Place and year of defence: Tartu, 2025			
Seed-borne plant diseases can cause significant yield losses, reduce seed quality and can lead to contamination with mycotoxins. Broad beans are susceptible to several important seed-borne fungal diseases, including chocolate spot, leaf blight, and various root diseases. The aim of this study was to identify the phytopathogenic fungi present in broad bean seeds and determine their species diversity. Fungi were isolated to pure culture from seeds of various broad bean varieties. DNA was then extracted from these cultures, and PCR was carried out using primers targeting the ITS region. For taxonomic identification, the PCR products were sequenced, and the resulting sequences were compared to entries in relevant databases. Total of ten fungal genera were identified, which based on frequency of occurrence ranked as follows: *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Didymella* spp., *Botrytis* spp., *Arthrinium* spp., *Aspergillus* spp., *Epicoccum* spp., *Penicillium* spp. and *Colletotrichum* spp. These results are consistent with several similar studies. Among the detected genera, *Alternaria*, *Fusarium*, *Didymella*, *Botrytis*, and *Colletotrichum* include species that are pathogenic to broad bean. Species of these genera are known to cause diseases such as chocolate spot, leaf blight, grey mould, root rot, fusarium wilt and anthracnose. The findings of this study indicate that broad bean seeds may harbor a variety of fungal groups, many of which are plant pathogens. Deeper understanding of the species diversity and biology of phytopathogenic fungi persisting in broad bean seeds can contribute to more informed decisions regarding disease prevention and management. Future research could focus on species-level identification and explore the factors that influence fungal composition in seeds.			
Keywords: chocolate spot disease, leaf blight, fabaceae, plant diseases			

SISUKORD

SISSEJUHATUS 5
1. KIRJANDUSE ANALÜÜS 7
1.1. Põldoa tähtsus 7
1.2. Põldoa kasvatamine maailmas ja Eestis 8
1.3. Olulisemad põldoa patogeenid ja haigused 10
1.3.1. Põldoa-šokolaadilaiksus (*Botrytis fabae*) 11
1.3.2. Põldoa laikpõletik (*Didymella fabae*) 13
1.3.3. Põldoa juurehaigused 14
2. MATERJAL JA METOODIKA 16
2.1. Katsekorraldus 16
2.1.1. Katses kasutatud sordid 16
2.1.2. Katseperioodi ilmastik 18
2.2. Põldoa seemnetes säilivate seente isoleerimine puhaskultuuri 20
2.3. DNA eraldamine seente puhaskultuuridest 20
2.4. Molekulaaranalüüsid 21
2.4.1. Polümeraasi ahelreaktsioon 21
2.4.2. Sekveneerimine ja DNA järjestuste analüüs 21
3. TULEMUSED 23
4. ARUTELU JA JÄRELDUSED 26
4.1. Tuvastatud seente kirjeldused 26
4.2. Arutelu 31
KOKKUVÕTE 35
ALLIKALOEND 37
LISAD 46
Lisa 1. Molekulaaranalüüside tulemused 47
Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta 52

SISSEJUHATUS

Seemned on taimede elus üheks tähtsamaks elujärguks ning põhiliseks paljunemise ja levimise viisiks. Taimekasvatuses on seeme kõige olulisem paljundusmaterjal ning teravilja ja liblikõieliste kultuuride seemned on inimtoidu ning loomasööda peamiseks tooraineks (Martín *et al.* 2022). Seemnete kvaliteeti ja säilivust mõjutavad seemnete sees või nende pinnal elavad mikroorganismid (Simonin *et al.* 2022). Näiteks võivad seemnetes säilivad fütopatogeensed seened põhjustada taimehaigusi ning saagi ja seemne kvaliteedi langust (Almogdad *et al.* 2023). Samas leidub taimedes ja nende seemnetes ka erinevaid endofüüte, mis võivad taimi hoopis kaitsta patogeenide eest ja soodustada kasvu (Nelson 2018). Seega on kvaliteetse ja haigustest vaba seemne kasutamine üheks oluliseks lüliks eduka ning jätkusuutliku taimekasvatuse juures.

Põlduba (*Vicia faba* L.) on vastuvõtlik mitmetele seenhaigustele ning seemnetes säilivad fütopatogeensed seened on sageli haiguste leviku esmaseks allikaks, mõjutades taimede tervist juba kasvu algfaasis (Neme *et al.* 2023). Majanduslikult kõige olulisemateks põldoa haigusteks peetakse põldoa-šokolaadilaiksust, põldoa laikpõletikku, küberroostet ja erinevaid juurehaiguseid (Elwakil *et al.* 2009; Abou-Khater *et al.* 2024). Seemnetega levivate seenhaiguste tõrje on sageli keeruline ja paljud laialt levinud fungitsiidid ning seemnepuhised ei anna alati soovituid tulemusi, mistõttu otsitakse aktiivselt ka muid tõrjelahendusi (Neme *et al.* 2023; Ammar *et al.* 2013). Lisaks ei ole siiamaani väga palju haiguskindlaid ega resistentseid sorte suudetud aretada põldoa väga mahuka ja keerulise genoomi tõttu (Rubiales & Khazaei 2022). Samuti ei ole endiselt teada veel mitmete põldoa patogeenide geneetiline varieeruvus ning puudub konsensus erinevate rasside olemasolust (*ibid.*).

Vaatamata põldoa ja teiste kaunviljaliste kultuuride suurest kasvupinnast maailmas, on põldoa seemnetes säilivate seenpatogeenide uurimine olnud siiamaani piiratud ning sellega on põhiliselt tegelenud Poola ja Aafrika riikide teadlased (Gleń-Karolczyk *et al.* 2016; Elwakil *et al.* 2009). Eestis ei ole varem teadaolevalt põldoa seemnetes säilivaid seeni uuritud. Teades paremini seemnetes säilivate fütopatogeensete seente liigilist mitmekesisust ja nende bioloogiat, võimaldab see teha paremaid otsuseid haiguste ennetamiseks ja tõrjeks ning seeläbi ka parandada saagikust ja seemnete kvaliteeti.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on tuvastada põldoa erinevate sortide seemnetest fütopatogeensed seened ning molekulaarmeetodeid kasutades kindlaks teha nende liigiline mitmekesisus.

Töö hüpoteesiks on: „Põldoa seemned on oluliste fütopatogeensete seente edasikandumise allikaks“.

Autor soovib tänada oma juhendajaid Kaire Loiti, Britt Puidetit ja Liina Soonvaldi toetuse ning heade nõuannete eest ja Angela Ploomit ning Eha Kruusi abi eest katse läbiviimisel. Antud uurimust on finantseerinud Eesti Maaülikool (PPKTE).

1. KIRJANDUSE ANALÜÜS

1.1. Põldoa tähtsus

Põlduba on laialt levinud üheaastane kultuurtaim liblikõieliste (Fabaceae) sugukonnast, mis olenevalt taksonoomilisest süsteemist kuulub, kas hiireherne (*Vicia*) või põldoa (*Faba*) perekonda (Narits 2024; Abou-Khater *et al.* 2024). Põlduba loetakse kaunviljaks, mis tähendab, et tema kaunasid ja seemneid tarvitatakse toiduks või söödaks. Kasutusel on ka vähem levinud termin „pulse“, mille all mõeldaks kaunvilju, mille kuivatatud seemneid kasutatakse toiduks (Annuk, Loit 2021). Põldoal on püstine, tugev, sirge ja neljakandiline vars, mis on võrreldes teiste kaunviljadega seisukindel ning ei vaja üldjuhul toestamist (Kalev *et al.* 2002). Olenevalt sordist võib varre pikkus olla 60–130 cm (Bender 2018). Põldoal on sügavale ulatuv sammasjuurestik ning peajuurel esineb rohkesti külgjuuri (Kalev *et al.* 2002). Lehestik on paarissulgne ja lõppeb tavaliselt teravikuga, lehekesed on karvadeta, sinakasrohelised ja terveservalised (Narits 2024). Õied on enamjaolt valged ja õie tiivad mustade laikudega, kuid on aretatud ka üleni valgeid ning muu värvusega sorte (*ibid.*). Põldoa kaunad asetsevad varrel 1–4 kaupa ja kaunade pikkus sõltub seemnete arvust, milleks on tavaliselt 2–8 (Narits 2024; Kalev *et al.* 2002). Vastavalt seemne suurusele jaotatakse põldoa sordid kolmeks teisendiks: väikeseseemneline, keskmiseseemneline ja suureseemneline põlduba (Kalev *et al.* 2002).

Kultuurtaimena on põlduba pika ajalooga. Tegemist on ühe vanima taimeliigiga, mida inimesed hakkasid toiduks kasvatama (Kosterin 2015). Vaatamata populaarsusele ja laiale levikule maailmas, ei ole põldoa päritolu ja looduslikud esivanemad endiselt täpselt teada (Caracuta *et al*. 2015). Radiomeetrilise dateerimise põhjal arvatakse, et põlduba on praeguseks kasvatatud üle kümne tuhande aasta ning vanimad leiukohad asuvad Lõuna-Levandi piirkonnas (*ibid.*). Vahemere maade idaosas ja Edela-Aasias on põlduba endiselt väga tuntud toidutaim ning teadaolevalt hakati seda kasvatama seal umbes 8250 aastat eKr (Narits 2024). Euroopasse jõudis põlduba pronksiajal ning kuni Ameerika avastamiseni oli põlduba ainuke Euroopas kasvatatav oa liik (Rottenberg 2020; Narits 2024). Skandinaavias hakati põlduba kasvatama keskajal ning arvatavasti samal ajal jõudis põlduba ka Eestisse (Bender 2018).

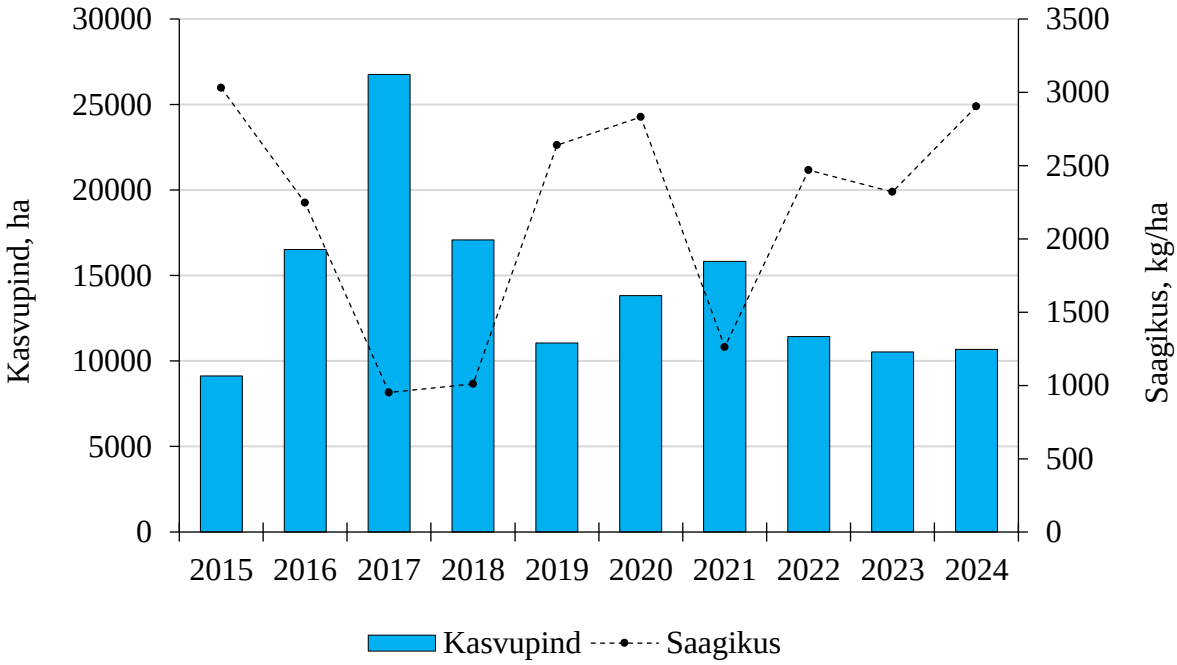
Põlduba on üks tähtsamaid kaunvilju maailmas, seda kasutatakse nii inimtoiduks kui ka loomasöödaks ning oma kõrge toiteväärtuse ja suure valgusisalduse tõttu on tegemist väga hea alternatiiviga loomsetele valkudele (Neme *et al.* 2023). Võrreldes teiste tuntud kaunviljadega nagu harilik kikerhernes, harilik hernes või harilik lääts, sisaldab põlduba rohkem valkusid ja süsivesikuid (Narits 2024). Küpsete põldoa seemnete valgusisaldus on keskmiselt 25–34%, süsivesikute sisaldus 42–55% ning seemned sisaldavad ka hulgaliselt kiudaineid, mineraalained ja vitamiine (*ibid.*). Lisaks suurele toiteväärtusele on põldoa üheks tähtsamaks omaduseks võime siduda õhulämmastikku ja parandada seeläbi mulla viljakust (Almogdad *et al.* 2023). Liblikõielised taimed elavad sümbioosis juurtel asuvate mügarbakteritega, mis on suutelised siduma õhust molekulaarset lämmastikku ja muutma seda taimedele kättesaadavaks (Gleń-Karolczyk *et al.* 2021). Tänu nendele mügarbakteritele ei ole põldoa väetamine lämmastikuga hädavajalik (*ibid.*). Liblikõieliste taimede juured eritavad mulda ka orgaanilisi happeid, mis muudavad mullas oleva fosfaadi taimedele paremini omastatavaks (Dell'Olmo *et al.* 2023). Põldoa kasutamine külvikorras aitab katkestada taimehaiguste ja -kahjurite elutsüklid, rikastab mulda toitainetega ning aitab parandada mulla huumusesisaldust (Abou-Khater *et al.* 2024). Seega on põlduba mitmekülgne ja väärtuslik põllukultuur, millel on keskne roll agroökosüsteemide jätkusuutlikkuse tagamisel ning inimeste ja loomade toiduga varustamisel.

1.2. Põldoa kasvatamine maailmas ja Eestis

Põlduba kasvatatakse kõikjal maailmas ja Lähis-Idas ning mitmetes Vahemere ja Aafrika riikides on põlduba olulisim söögiks tarvitatav kaunvili (Narits 2024). ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsiooni andmetel kasvatati 2023. aastal maailmas kokku üle 94 miljoni tonni kaunviljade terasid (Crops and livestock... *n.d.*). Statistika hõlmab ainult kuivatatud ja toiduks mõeldud kaunviljade terasid, välja on arvatud sööda ning õli jaoks toodetud ja värskelt söömiseks mõeldud kaunviljade seemned. Põlduba kasvatatakse maailmas ligikaudu 2,7 miljonil hektaril ning 2023. aasta kogusaak oli ligikaudu 6 miljonit tonni, millest Euroopa Liit moodustas umbes 1,15 miljonit tonni (Crops and livestock... *n.d.*). Suurimad põldoa tootjad maailmas on Hiina, Etioopia ja Inglismaa (*ibid.*).

Kaunviljade kasvatamine on agrotehnoloogiliselt keeruline ja täpsust nõudev ning alles viimasel paaril aastakümnel on tehniliste võimaluste paranemise tõttu Eestis leidnud kaunviljad laialdasemat kasutamist põllukülvikorras (Lillak 2021). Eestis kasvatatakse põlduba praegusel ajal põhiliselt toiduks ja söödaks ning valdav osa saagist läheb välisturule

(Leas 2025). Toiduuba eksporditakse põhiliselt kolmandatesse riikidesse nagu Egiptus ja Maroko ning söödauba müüakse tavaliselt Euroopa Liidu riikidele (*ibid.*). Põldoa kasvupind ja saagikus on Eestis viimase kümne aasta jooksul kõikuv olnud (joonis 1).



Joonis 1. Põldoa kasvupind ning saagikus Eestis aastatel 2015-2024 (PM0281… 2025).

Kaunviljade kasvupind hakkas Eestis oluliselt laienema alates 2007. aastast (Lillak 2021). Põldoa kasvupind Eestis oli 2015. aastal umbes üheksa tuhat hektarit ning 2017. aastaks oli see juba üle 26 tuhande hektari. Põldoa populaarsus kasvas eriti kiirelt alates 2015. aastast tänu soodsatele turukonjunktuuri tingimustele (Lillak 2021). Pindade kasvu on tõenäoliselt mõjutanud ka erinevate põllumajandustoetuste tingimused. Näiteks PRIA poolt makstava keskkonnasõbraliku majandamise toetuse üheks tingimuseks on, et toetusõiguslikul maal tuleb vähemalt 15% ulatuses kasvatada liblikõielisi põllukultuure (Kallavus 2020; Keskkonnasõbraliku majandamise toetus 2015, § 9 lg 6). 2017. aasta vihmane sügis aga mõjutas tugevalt põldoa saaki ja raskendas selle koristust, peale mida hakkas põldoa kasvupind taas langema (Kallavus *et al.* 2020). Lisaks agrotehnoloogilistele raskustele ja ebasoodsale ilmastikule, võis kasvupindade languse põhjuseks olla ka järjest vähenev tarbijate ostuhuvi ja raskused sobilike sortide seemnete kättesaadavusega (Leas 2025; Martinson 2018). Viimasel viiel aastal ei ole põldoa kasvupind oluliselt tõusnud ega langenud ning alates 2022. aastast on kogu külvipind olnud Eestis ligikaudu 10 kuni 11 tuhat hektarit.

Põldoa saagikus on Eestis olnud pigem ebastabiilne, kuna tegemist on kliimahaavatava kultuuriga, mis ebasoodsatel aastatel võib anda väikese saagi või isegi ikalduda ning soodsal aastal anda jällegi hea saagi (Kruus *et al.* 2018; Kalev *et al.* 2002). Nii on olnud näiteks 2016. ja 2018. aastal, mil põldoa kasvupinnad oli peaaegu sama suured, kuid saagikus erines poole võrra. Põldoa saagikust mõjutab tugevalt sademete hulk kasvuperioodi ajal, niiskusevajadus on kõige suurem kasvu algusest õitsemise lõpuni (Kalev *et al.* 2002). Suve lõpus ning sügise alguses raskendavad aga sademeterohked ilmad saagikoristust ning liigniiskus pikendab ka saagi valmimist, mistõttu jäi näiteks 2017. aasta põldoa saagikus väga väikeseks arvestades kasvupinna suurust (Kallavus *et al.* 2020; Plūduma-Pauniņa *et al.* 2019). Põldoa sordi valikul on kasvuaja pikkus oluline tegur ja kuna hilised sordid ei pruugi Eesti kliimatingimustes valmida, siis on hakatud rohkem rõhku panema varajasematele sortidele (Kalev *et al.* 2002; Martinson 2018).

1.3. Olulisemad põldoa patogeenid ja haigused

Arvestades põldoa laialdast kasutust ning võrdlemisi suurt kasvupinda, jääb selle saagikus maailma eri piirkondades sageli alla tegeliku saagipotentsiaali (Neme *et al.* 2023). Põldoa saagikust mõjutavad erinevad biootilised ja abiootilised tegurid nagu ilmastik ning suurt rolli omab ka kasvukohale sobilike ja haiguskindlate sortide kättesaadavus (*ibid.*). Üheks olulisemaks saaki limiteerivaks faktoriks on taimehaigused. Teadaolevalt võivad põlduba nakatada üle saja erineva patogeeni ja eriti vastuvõtlik on põlduba mitmetele seenhaigustele (Singh *et al.* 2012; Stoddard *et al.* 2010). Lisaks on liblikõieliste sugukonda kuuluvad põllukultuurid sageli tundlikud seemnetega levivatele haigustele ja kuna liblikõielisi kasvatatakse enamjaolt seemnest, siis võivad sellised taimehaigused põhjustada väga suurt majanduslikku kahju (Dell'Olmo *et al.* 2023). Seemnetega levivad taimehaigused võivad mõjutada seemneid otseselt, põhjustades idanemisvõimetust, värvi- ja kujumuutusi, kui ka seemnete riknemist (*ibid.*). Nakatunud põldoa seemnete külvamisel võivad patogeenid pärssida taime kasvu, põhjustada kasvu algfaasides tõusmepõletikku või juuremädanikku ning olenevalt konkreetsest patogeenist, võivad haigused lööbida ka hilisemates kasvufaasides (Gleń-Karolczyk *et al.* 2016). Saagikoristuse järgselt on seenpatogeenidega nakatunud seemned tavaliselt lühema eluea ja säilivusega, mistõttu langeb oluliselt ka seemnete kvaliteet (Almogdad *et al.* 2023; Singh *et al.* 2012). Samuti võivad mitmed põldoa seemnetes või seemne pinnal olevad seened toota mükotoksiine nagu deoksünivalenool (DON), nivalenool (NIV), zearalenoon (ZEA) ning erinevaid ohra- ja aflatoksiine, mis

võivad olla ohtlikud nii inimeste kui ka loomade tervisele (Gleń-Karolczyk *et al.* 2016; El-Kady *et al.* 1991).

Kõige tõsisemateks ja majanduslikult olulisemateks põldoa haigusteks globaalselt on põldoa-šokolaadilaiksus, laikpõletik, küberrooste ning erinevad juurehaigused (Neme *et al.* 2023; Elwakil *et al.* 2009; Abou-Khater *et al.* 2024). Olenevalt klimaatilisest piirkonnast ja seenhaiguste levikust kasvuperioodil, võivad saagikadu põhjustada ka antraknoos, hahkhallitus, ebajahukaste, valgemädanik ja erinevad *Alternaria* perekonna liikide poolt põhjustatud lehehaigused (Hassan *et al.* 2013; Almogdad *et al.* 2023; Stoddard *et al.* 2010). Suurem osa eelpool nimetatud põldoa haigustest nagu šokolaadilaiksus, laikpõletik ja juurehaigused levivad edasi ka seemnetega (Dell'Olmo *et al.* 2023).

1.3.1. Põldoa-šokolaadilaiksus (*Botrytis fabae*)

Põldoa-šokolaadilaiksus on laialt levinud igal pool maailmas, kus kasvatatakse põlduba ning tegemist on kõige olulisema põldoa haigusega, mis võib põhjustada soodsate tingimuste korral kuni 50% saagikadu ning arengumaades teatud juhtudel isegi täielikku saagikadu (Singh *et al.* 2012; Walde 2020). Haigust põhjustab seenpatogeen *Botrytis fabae* Sardiña, mis lisaks põldoale võib nakatada ka teisi liblikõielisi põllukultuure nagu harilik lääts ja suvivikk (Dell'Olmo *et al.* 2023). Haiguse intensiivsus varieerub aastati ning sümptomid võivad ulatuda šokolaadivärvi laikudest lehtedel kuni taime täieliku hävimiseni (Annuk 2021; Dell'Olmo *et al.* 2023). Mitteagressiivse staadiumi korral haiguse sümptomid sageli piirduvadki väikeste nekrootiliste laikudega lehtedel, mis saagikust oluliselt ei mõjuta (Stoddard *et al.* 2010; Annuk 2021). Patogeenile soodsa ilmastiku puhul võib järgneda agressiivne staadium, kus nekroos levib kiirelt üle terve taime ning äärmuslikel juhtudel võib taim hävida loetud päevade jooksul (Stoddard *et al.* 2010; Harrison 1988).

Haiguse sümptomid avalduvad põhiliselt lehtedel, aga tugeva nakkuse puhul ka õitel, vartel ja kaunadel (Singh *et al.* 2012). Eestis lööbib põldoa-šokolaadilaiksus tavaliselt alates juulist, kuid osadel aastatel on täheldatud ka juunikuus sümptomeid taimedel ning isegi enne põldoa õitsemist (Akk *et al.* 2011; Kalev *et al.* 2002). Sümptomite avaldudes tekivad lehtedele alguses väikesed šokolaadivärvi ja teravalt piiritletud laigud, mille servad on punakad või pruunid (Kalev *et al.* 2002). Vartele ja kaunadele tekivad punakaspruunikad jooned või triibud (Annuk 2021). Nakatunud õied langevad sageli enneaegselt, mistõttu ei moodustu taimel kaunad (Singh *et al.* 2012). Haiguse progresseerudes laigud valguvad

kokku ja muutuvad keskelt heledamaks ning kasvuperioodi lõpul niiske ilmaga võivad laigud kattuda ka eoskirmega ja haigetele lehtedele tekivad mustad seenemügarad (Annuk 2021; Kalev *et al.* 2002). Vastuvõtlikumad on tipmised noored lehed ning tugevasti nakatunud lehed langevad ja taimed võivad hävida (*ibid.*). Haigus põhjustab kõige suuremat kahju põldoale õitsemise ajal, kuna siis on sageli ka ilmastikutingimused kõige soodsamad patogeeni arengule ja levikule (Stoddard *et al.* 2010).

B. fabae arengu ja leviku jaoks on optimaalne temperatuur 15–18 °C ja suur õhuniiskus (80-90%) (Annuk 2021). Patogeen talvitub mütseeli või sklerootsiumitena mullas ja taimejäänustel (Stoddard *et al.* 2010). Lisaks säilib patogeen ka nakatunud taimede seemnetes või seemnetele kleepunud lülieostena (Kalev *et al.* 2002). Sobiva temperatuuri ja õhuniiskuse juures kasvavad kevadel sklerootsiumitest välja konidiofoorid, millest väljuvad lülieosed ehk koniidid, mis levivad tuule või vihma abil edasi põllul kasvavatele taimedele (Stoddard *et al.* 2010; Kennedy 2023). Optimaalse niiskuse juures lülieosed idanevad ja tungivad taimekudedesse otse läbi kutiikula või sisenevad õhulõhede või vigastunud kudede kaudu (Brauna-Morževska *et al.* 2019). Nakatunud taimede nekrootilistes kudedes moodustuvad kõrge õhuniisku juures uued konidiofoorid, mille kaudu toimub patogeeni sekundaarne levik lülieostega (Singh *et al.* 2012).

Põldoa-šokolaadilaiksuse ennetamiseks sobivad erinevad agrotehnoloogilised võtted nagu õige külviaeg, külvisügavus, istutamistihedus, optimaalne väetamine ja umbrohutõrje (Kalev *et al.* 2002; Singh *et al.* 2012). Liiga tiheda taimestiku puhul võib taimede vahel õhuniiskus liiga suureks minna, mis omakorda soodustab patogeeni levikut (Kennedy 2023). Soovituslik on kasvatada haiguskindlamaid sorte ja kasutada sertifitseeritud seemet ning võimalusel seemneid puhtida (Annuk 2021). Külvikorras tuleks pidada vähemalt üks aasta vahet ja vältida sel ajal teiste liblikõieliste peremeestaimede kasvatamist (Annuk 2021; Kennedy 2023). Taimejäänuste kündmine sügavale mulda peale koristust aitab katkestada patogeeni elutsüklit (Kalev *et al.* 2002). Haiguse levikut soodustab ka liigniiskus, mistõttu on tähtis optimaalne veerežiim kasvu ajal (Singh *et al.* 2012). Samuti võib taimedes fosfori ja kaaliumi puudus ning liigne umbrohtumus põllul põhjustada intensiivsemat haiguse levikut (*ibid.*).

1.3.2. Põldoa laikpõletik (*Didymella fabae*)

Põldoa laikpõletik on sarnaselt šokolaadilaiksusele maailmas laialt levinud põldoa haigus, eriti parasvöötmelise kliimaga piirkondades (Youssef *et al.* 2023). Haigust põhjustab patogeen *Didymella fabae* G.J. Jellis & Punith. (anamorf *Ascochyta fabae* Speg.) (*ibid.*). Varasema määratluse järgi loeti haigustekitajaks *A. fabae*'t, aga patogeeni praegune ametlik nimi on *D. fabae* ning uue taksonoomilise süsteemi järgi käsitletakse anamorfe ja teleomorfe sünonüümina (Taylor 2011; Index Fungorum *n.d.*). Haigusest tulenev saagikadu võib soodsate tingimuste korral olla 10-30% ning teatud piirkondades isegi kuni 90%, kui kasvatatakse vastuvõtlike sorte ja ilm soosib patogeeni levikut (Singh *et al.* 2012; Youssef *et al.* 2012). Eestis on põldoa laikpõletikku nakatumine tõusnud viimasel aastakümnel põldoa kasvatuse laienemise tõttu (Annuk 2021).

Patogeen nakatab põldoa maapealseid osasid ning sümptomid võivad avalduda lehtedel, vartel, kaunadel ning seemnetel (Youssef *et al.* 2012). Sümptomid ilmuvad esmalt noortel lehtedel väikeste ümmarguste laikudena ning haiguse algfaasis võivad tunnused sarnaneda põldoa-šokolaadilaiksusega (Singh *et al.* 2012). Eesti tingimustes ilmnevad esimesed sümptomid tavaliselt juuli algul (Kalev *et al.* 2002). Laigud võivad värvuselt olla pruunid või roostepruunid, vahest ka hallikaspruunid ning laikude suurus varieerub esialgsest väikesest 1 mm kuni 5–8 mm laikudeni (Annuk 2021; Kalev *et al.* 2002). Haiguse progresseerudes võib laikude keskmine osa muutuda helepruuniks või halliks, mida ümbritseb tumedam ala ning laikude keskosas võib leida musta värvi pükniide, mis on mittesugulise paljunemise teel moodustunud viljakehad (Kennedy 2023; Annuk 2021). Laigud võivad aja jooksul kokku valguda ning katta suurema osa lehe pinnast (Singh *et al.* 2012). Vartele võivad ilmuda piklikud laigud, mis on sageli tumedamad kui lehtedel ning tugevalt kahjustunud varred võivad lamanduda ja murduda (*ibid.*). Nakatunud kaunadele tekivad tumedad sisse vajunud laigud ja haiguse tagajärjel võivad tekkida ka värvimuutused seemnetel (Annuk 2021).

Põldoa laikpõletiku patogeen säilib nakatunud taimede seemnetes ja on sageli esmase nakkuse põhjuseks (Youssef *et al.* 2012). Lisaks võib haigus säilida ka taimejäänustel viljakehade või lülieostena (Stoddard *et al.* 2010; Kalev *et al.* 2002). Laikpõletiku levib ja areneb temperatuuril 8–26 °C, optimaalseks on 16–20 °C ning oluline on ka suur õhuniiskus (90-100%) (Tivoli, Banniza 2007; Kalev *et al.* 2002). Patogeenil võib esineda nii sugulise kui ka mittesugulise paljunemise staadiumid (Kaiser 1996). Teleomorfi olemasolu mõjutab

oluliselt haiguse elutsüklit, kuna taimejäänustel talvituv patogeen moodustab sugulise paljunemise teel hulgaliselt kotteoseid, mis võivad tuule kaudu levida kuni 200 m kaugusele (Jellis, Punithalingam 1991). Taimejäänustelt levivad kotteosed võivad samuti olla haiguse esmase nakkuse põhjuseks (Kalev *et al.* 2002). Sugulise paljunemise teel võib suureneda patogeeni geneetiline mitmekesisus, mis võib raskendada resistentsete sortide aretust ning taimekaitsestrateegiaid (Kaiser 1996). Haiguse sekundaarne levik toimub mittesugulise paljunemise teel, mil nakatunud taimedel asuvatest pükniididest väljuvad püknidiospoorid levivad vihmapiiskade abil edasi teistele taimedele (Tivoli, Banniza 2007).

Haiguse ennetamiseks on äärmiselt oluline puhta ja soovitatavalt sertifitseeritud seemne kasutamine, kuna nakatunud seemned on üldiselt esmase nakkuse põhjuseks (Davidson, Kimber 2007). Seemnete puhtimine aitab samuti nakkusohtu vähendada (Annuk 2021). Viljavahelduse kasutamine katkestab patogeeni elutsükli, mistõttu tuleks viljavaheldust pidada vähemalt neli aastat (Stoddard *et al.* 2010). Põllu hea fütosanitaarse seisundi hoidmine on samuti oluline ning taimejäänuste hävitamisega on võimalik vähendada patogeeni levikut (Singh *et al.* 2012). Kasuks tulevad ka muud agrotehnoloogilised võtted nagu õige külviaeg, istutamistihedus ning optimaalne väetamine (Oguiba *et al.* 2023; Kalev *et al.* 2002). Kuna haiguse levikut soodustab eelkõige suur õhuniiskus, siis tuleks vältida liiga tihedat külvi ning regulaarselt teostada umbrohutõrjet (Stoddard *et al.* 2010). Haiguskindlamate põldoa sortide kasvatamine on parim viis laikpõletiku vältimiseks, aga selliste sortide kättesaadavus ja valik on limiteeritud patogeeni keerulise elutsükli ja populatsioonide suure varieeruvuse tõttu (Oguiba *et al.* 2023).

1.3.3. Põldoa juurehaigused

Juure- ja juurekaelamädanik, tõusmepõletik ning närbumistõbi mõjutavad oluliselt liblikõieliste kultuuride kasvatamist maailmas ja võivad põhjustada suuri saagikadusid (Habtegebriel, Boydom 2016). Juurehaiguste tekitajaks ei ole tavaliselt ainult üks patogeen, vaid mitmed erinevad patogeenirühmad ja sageli arenevad haigused välja erinevate patogeenide koosmõjul (Wille *et al.* 2019). Teadaolevalt põhjustavad põldoal juurehaiguseid seeneliigid perekondadest *Fusarium*, *Rhizoctonia* ja *Didymella* ning lisaks ka munasseened *Pythium* ja *Aphanomyces* perekondadest (Afshari *et al.* 2020; Wille *et al.* 2019; Šišić *et al.* 2022; Chang *et al.* 2014). Milline konkreetne patogeen domineerib, sõltub erinevatest teguritest ja kuna taimed võivad olla nakatunud mitme patogeeniga korraga, siis iga individuaalse patogeeni mõju ja olulisus juurehaiguste kompleksis sõltub muuhulgas

asukohast, kliimast ja mulla omadustest (Šišić *et al.* 2022). Olulisemateks liikideks peetakse *R. solani*, *F. solani*, *F. oxysporum* ja *F. avenaceum* (Lv *et al.* 2020; Habtegebriel, Boydom 2016; Afshari *et al.* 2020). Eelnimetatud seeneliike on ka kõige sagedamini haigestunud põldoa taimedelt isoleeritud (Neme *et al.* 2023). Enamus nendest patogeenidest elab mullas ning on suutelised säilima ka põldoa seemnetes (Wille *et al.* 2019; Dell'Olmo *et al.* 2023).

Juurehaiguste sümptomid varieeruvad, kuid üldiselt iseloomustavad neid pruunid või mustad laigud sammasjuurel, mis võivad edasi levida ka juurekaelale ja varrele (Wille *et al.* 2019). Juurtel esineb värvimuutusi ning tugeva nakkuse puhul võivad juured ja juurekael mädaneda (*ibid.*). Patogeenid kahjustavad ka taime juhtkudesid ning takistavad seeläbi vee ja toitainete omastamist, mistõttu taime maapealsed osad võivad närtsida ja hukkuda (Narits 2024). Olenevalt konkreetsest juurehaigusest, võivad sümptomid avalduda idanemisest kuni õitsemiseni ning sageli võivad varakult nakatunud taimede tõusmed täielikult hävida (El-Mougy, Abdel-Kader 2009). Juurehaiguste ennetamine on keeruline, kuna patogeenid võivad säilida mitmeid aastaid mullas ja taimejäänustel (Wille *et al.* 2019). Ennetamiseks on oluline viljavaheldusest kinni pidamine ja terve ning sertifitseeritud seemne kasutamine (Katan 2017). Samuti on tähtis mullatervise hoidmine, sest juurehaiguste poolt põhjustatud kahju on suurem liigniisketel, raskema lõimisega, halva struktuursusega ning madala orgaanilise sisaldusega muldadel (Abawi, Widmer 2000).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Katsekorraldus

Põldoa katse viidi läbi 2020. aastal Tartus Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul (58º 23' N, 24º 44 'E) ning katse kestis maikuust septembrini. Katse rajati koos Eesti Maaülikooli taimetervise osakonna entomoloogidega, kes uurisid samas katses ka põldoa sortide vastuvõtlikkust oa-teramardika suhtes. Eerikal oleva katsepõllu mullatüübiks oli näivleetunud muld (LP) ja lõimiseks liivsavi (Mullastiku kaart *s.a.*). Katsevariantideks olid põldoa sordid ’Taifun’, ’Jõgeva’, ’Lynx’ ja ’White Windsor’, mille seemned soetati edasimüüjatelt. Seemned külvati katsepõllule 26. mail ja igat põldoa sorti kasvatati neljas korduses ehk katsepõld jagunes 16-ks katselapiks. Iga katselapi suurus oli 2 x 2 m ja katselappide vahe 15 cm. Katselappidele külvati neljas reas 20 seemet igasse ritta vahekaugusega 10 cm. Sortide paiknemine katses oli juhuslikkuse alusel. Kasvuajal rohiti regulaarselt kõiki katselappe, et hoida neid umbrohtudest vabana. Taimekaitsevahendeid ning väetisi kasvuperioodil ei kasutatud. Saagikoristus toimus 24. septembril ja koristatud põldoa kaunad kuivatati sundventileeritavas ruumis toatemperatuuril. Kõik sordid koristati samaaegselt täisküpsusfaasis enne seemnete kaunadest varisemist, et hinnata oa-teramardikate kahjustusi seemnetel. Täiendava uuringuna kasutati katsest koristatud ning kuivatatud seemnepartiisid, et tuvastada põldoa seemnetes säilivad fütopatogeensed seened. Seemnete kuivatamine ja laboratoorsed analüüsid viidi läbi Eesti Maaülikooli taimetervise õppetooli laborites.

2.1.1. Katses kasutatud sordid

’Taifun’ on Saksamaal aretatud väikeseseemneline põldoa sort, mis on vähendatud tanniinisisaldusega (Taifun 2025, Witten *et al.* 2018). Sort on stabiilse ja hea saagipotentsiaaliga ning keskmise proteiinisisaldusega (De Long *et al.* 2023, Skovbjerg *et al.* 2020). Tegemist on varaõitseva ja keskvalmiva sordiga, mis on hea lamandumis- ja varisemiskindlusega (Saate-Union… 2018). Taimede kõrgus on 124 cm ja 1000 seemne kaal 594 g (*ibid.*). Jõgeval läbiviidud sordivõrdluskatsetes andis ’Taifun’ 2015. aastal saagiks 4802 kg/ha ning kolme aasta keskmine saak oli 3799 kg/ha (Narits 2018). Sordi ’Taifun’ vastupidavust seenhaigustele on hinnatud keskmiselt ning sama on mainitud ka sarnaste

valgeõieliste põldoa sortide nagu ’Mistral’ ja ’Merlin’ kohta (De Long *et al.* 2023; Seidenglanz, Huňady 2016).

’Lynx’ on samuti Saksamaal aretatud väikeseseemneline põldoa sort, mis on kõrge saagipotentsiaali ja proteiinisisaldusega ning hea seisukindlusega (Lynx 2024). Tegemist varaõitseva ja keskvalmiva sordiga, taimede kõrgus on 132 cm (Lynx 2024; Lynx Spring Beans 2024). ’Lynx’ on väga hea saagikusega sort, mis on näiteks Iirimaal andnud põldoa rekordsaagi 2023. aastal (Das *et al.* 2023). Eesti riiklikes majanduskatsetes on nimetatud sordi saak olnud 2015. aastal 4653 kg/ha ja 2016. aastal 3208 kg/ha (Riiklike… 2016; Riiklike… 2017). ’Lynx’ on üpris vastupidav seenhaiguste suhtes ning üks parima ebajahukaste kindlusega põldoa sorte (Das *et al.* 2023; Lynx 2024). Iirimaal on ’Lynx’ riiklikus soovitussortimendis ning nende andmetel on sort ka keskmiselt vastupidav põldoa-šokolaadilaiksuse suhtes, aga natukene vastuvõtlikum roostehaigustele (Spring Bean… 2025).

’White Windsor’ on Inglismaalt pärit suureseemneline põldoa sort, mis on varaõitsev ja keskhilise valmimisega (Kallavus *et al.* 2020). Taimede kõrgus on 80–90 cm ja 1000 seemne kaal on umbes 3500 g (Bób I Broad bean *n.d.*). Sordi ’White Windsor’ vastupidavus seenhaiguste suhtes ei ole täpselt teada, aga Poolas läbiviidud katsetes on leitud, et varajase külvi juures on seenhaigustesse nakatumine intensiivsem olnud (Boligłowa *et al.* 2013). Katses sarnase suureseemnelise põldoa sordiga ’Hangdown White’, oli ’White Windsor’ põldoa-šokolaadilaiksuse suhtes vähem vastuvõtlikum (Gleń *et al.* 2011).

’Jõgeva’ on Julius Aamisepa poolt aretatud Eestimaine põldoa sort, mis kanti sordilehele 1955. aastal (Kaarli 1998). Sort ’Jõgeva’ on keskmiseseemneline ja kõrge proteiinisisaldusega, taimed on 80–100 cm pikkused ning 1000 seemne mass on 700-800 g (Kalev *et al.* 2002). Kasvuaja poolest on sort keskhiline või hilisepoolsem ja vegetatsioonipikkus tavaliselt 100–110 päeva (Kallavus *et al.* 2020; Kalev *et al.* 2002). Taimede seisukindlus on hea ja varisemiskindlus üle keskmise (Jõgeva *s. a.*). Üldiselt on ’Jõgeva’ saagikindel ja soodsates tingimustes võib olla hea saagivõimega, keskmine saak on 3128 kg/ha ja maksimaalne saak 4350 kg/ha (Kaarli 1998; Jõgeva *s. a.*). ’Jõgeva’ on roostehaigustele vastupidav, aga laikpõletiku ja pruunlaiksuse suhtes natukene vastuvõtlikum (Jõgeva *s. a.*).

2.1.2. Katseperioodi ilmastik

2020. aasta oli Eesti kliimaajaloo kõige soojem aasta (2020. aasta ilmaülevaade 2021). Tegemist oli erakordselt sooja aastaga, kus keskmine õhutemperatuur ei langenud ühelgi kuul alla nulli ning püsivat lumekatet ei tekkinud (Eesti meteoroloogia aastaraamat 2021). Ilmateenistuse andmetel oli 2020. aasta keskmine õhutemperatuur 8,4 °C, mis oli 2,4 °C võrra soojem kliimanormi keskmisest (pikaajalised keskmised andmed aastate 1981–2010 kohta) ning aastane sademete hulk oli 667 mm, mis oli normilähedane. Päikesepaistelisi tunde oli aasta jooksul kokku 1995, mis oli 230 tundi rohkem normist. Üldine taimekasvuperiood algas keskmisena 19. aprillil, kuid Tartu-Tõravere piirkonnas ning mitmel pool mujal Eestis, algas see jahede kevade tõttu alles 1. mail ning lõppes 9. novembril (kokku kestis 192 päeva Tartu-Tõravere piirkonnas). Aktiivne taimekasvuperiood algas Tartu-Tõravere piirkonnas 23. mail ja lõppes 12. oktoober (kokku kestis 142 päeva).

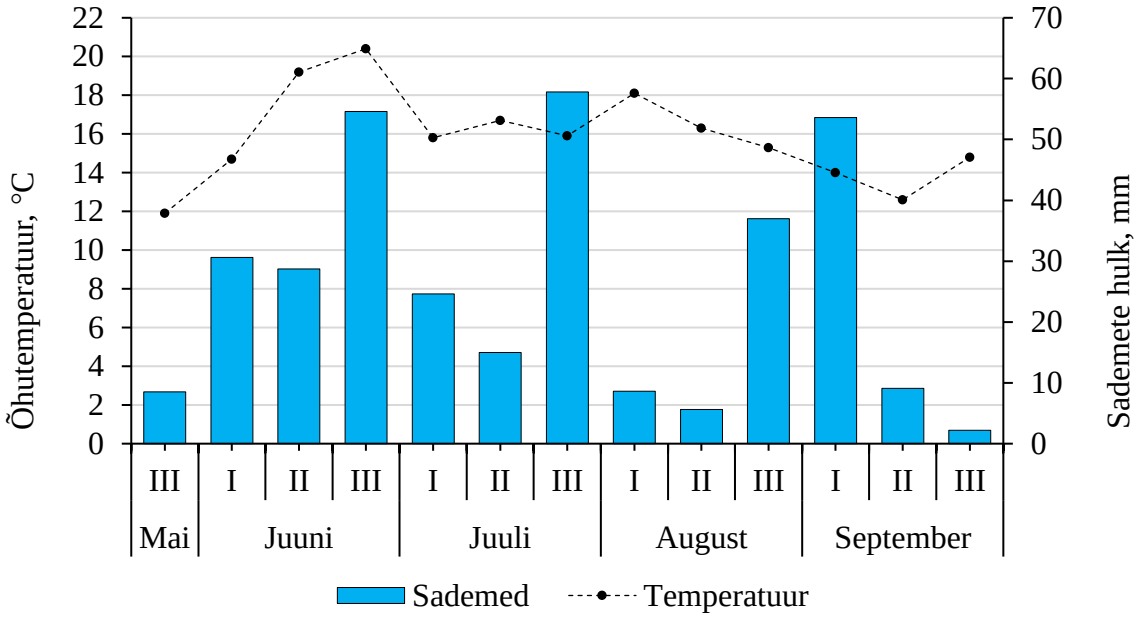
Katseperioodi ilmastiku kirjeldamiseks kasutati Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama ja Eesti meteoroloogia aastaraamatu andmeid (Ajaloolised ilmaandmed *s. a*; Eesti meteoroloogia aastaraamat 2021). Tabelis 1 on välja toodud katseperioodi (26.05–24.09) ja aastate 1981–2010 keskmised õhutemperatuurid ning sademete hulgad.

Tabel 1. Igakuine keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) katseperioodi vältel võrreldуna aastate 1981–2020 keskmisega.

Kuu	Keskmine õhutemperatuur, °C		Sademete hulk, mm	
	1981–2010	2020	1981–2010	2020
Mai	11,5	9,4	56	37
Juuni	15,0	18,1	84	114
Juuli	17,6	16,1	72	97
August	16,2	16,5	86	51
September	11,0	13,8	61	65

Katseperioodi kuudest olid ainult mai ja juuli keskmised õhutemperatuurid madalamad kliima normi keskmistest temperatuuridest. Märkimisväärselt soojad kuud olid 2020. aastal juuni ja september. Juunikuu keskmine õhutemperatuur oli 3,1 °C kõrgem ning septembrikuu keskmine õhutemperatuur oli 2,8 °C kõrgem normist. Sademeid oli vaadeldava perioodi jooksul kokku 364 mm, mis on normilähedane. Kuivemateks kuudeks osutusid 2020. aastal mai ja august, kliimanormi keskmisest rohkem sademeid oli juunis ja

juulis. Katseperioodi täpsemad ilmastiku andmed mai kolmandast dekaadist septembri kolmanda dekaadini on esitatud joonisel 2.



Joonis 2. Katseperioodi keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes.

Mai III dekaad oli kuiv ja õhutemperatuuri poolest normilähedane. Juuni I dekaadi õhutemperatuur oli samuti normilähedane, kuid II ja III dekaad olid 4-5 °C võrra soojemad kliimanormi keskmisest. Juunikuus sadas kokku 30 mm normist rohkem sademeid, juuni III dekaad oli kõige sademeterikkam. Juulikuu oli normist jahedam, kõik dekaadid olid 1-2 °C võrra jahedamad kliimanormi keskmisest. Sademeid esines juuli I ja II dekaadil mõõdukalt, kuid III dekaadil sadas alla 58 mm, mis oli ühtlasi ka suve kõige vihmasem periood. Augustikuu oli õhutemperatuuri poolest üldiselt soojem normist. Kõige soojem oli augusti I dekaad, mil õhutemperatuur oli 18,1 °C ehk normist 1,9 °C soojem. Augusti II dekaad oli normilähedane ning III dekaad oli 0,9 °C jahedam normist. Augusti esimesed dekaadid olid kuivad ja III dekaad oli sademeterohke, aga kuu lõikes oli sademeid kliimanormi keskmisest siiski 35 mm vähem. September oli taaskord normist soojem kuu. Kõik dekaadid olid 1,5–4 °C võrra soojemad kliimanormi keskmisest. Kõige soojem oli septembri III dekaad, keskmise õhutemperatuuriga 14,8 °C. Sademete hulk oli septembrikuu lõikes normilähedane. Sademeid oli kõige rohkem I dekaadil, II ja III dekaad möödusid väheste sademetega.

2.2. Põldoa seemnetes säilivate seente isoleerimine puhaskultuuri

Põldoa seemnetes säilivate fütopatogeensete seente tuvastamiseks kasvatati tardsöötmetel välja seemnetes leiduvad seened ning isoleeriti need puhaskultuuri. Kuna igat põldoa sorti kasvatati kokku neljal katselapil, siis tardsöötmetele külvamiseks valiti juhuslikult neli kuivatatud põldoa seemet iga katselapi kohta ehk kokku 16 seemet iga sordi kohta. Enne seemnete külvi tardsöötmetele pindsteriliseeriti neid kaks minutit 5% naatriumhüpokloriti lahuses ja seejärel loputati kaks korda destilleeritud vees ning kuivatati filterpaberil. Järgmiseks kanti pindsteriliseeritud seemned steriilsetele PDA (*Potato Dextrose Agar*, Biolife, Milan, Italy) tardsöötmetele petri tassides. Igale petri tassile paigutati kaks põldoa seemet. Peale külvamist petri tassid märgistati ja suleti parafilmiga õhukindlalt. Petri tasse hoiti toatemperatuuril kuni seenekultuuride välja kasvamiseni. Nädala möödudes kontrolliti petri tassides kasvavaid seenekultuure ning visuaalselt erinevate morfoloogiliste tunnustega seene kolooniad kanti steriilse külvinõelaga uuele PDA tardsöötmele. Vältimaks seemnetest välja kasvanud seente diagnoosimata jätmist, teostati ümberkülvamisi kuniks suudeti isoleerida kõik morfoloogiliselt erinevad seene puhaskultuurid. Kui söötmel kasvas kaks morfoloogiliselt sarnaste tunnustega seenekultuuri, siis külvati edasi ainult üks neist. Kõikide toimingute läbiviimiseks kasutati steriilseid külvinõelasid ja skalpelle ning kogu töö teostati laminaarkapi all.

2.3. DNA eraldamine seente puhaskultuuridest

Seente puhaskultuuride DNA eraldamiseks kraabiti steriilse skalpelliga tardsöötme pinnalt mütseeli ning asetati 2 ml Eppendorf mikrotsentrifuugituubi, kuhu hiljem lisati 200 µl TE (Tris EDTA) puhvrit (pH 8) ja metallkuulikesed. Enne DNA eraldamist lõhustati tuubis olevat mütseeli mehhaaniliselt, selleks kinnitati proovid horisontaalsele vorteksile kümneks minutiks. DNA eraldamisel kasutati Thermo Scientific GeneJet Genomic DNA Purification Kit-i (Thermo Scientific™), järgides tootjapoolset protokolli. Proovide DNA kontsentratsioon mõõdeti NanoDrop 2000 spektrofotomeetriga (Thermo Fisher Scientific Inc., Massachusetts, USA). Eraldatud DNA proovid säilitati kuni edasise analüüsimiseni -20 °C juures.

2.4. Molekulaaranalüüsid

2.4.1. Polümeraasi ahelreaktsioon

Seente molekulaarseks tuvastamiseks amplifitseeriti puhaskultuuridest eraldatud seente DNA-d polümeraasi ahelreaktsiooni (PCR) meetodil. PCR-reaktsioon teostati seente universaalpraimeritega (ITS), milleks kasutati vastavalt väljatöötatud protokollile 1 µl eelnevalt eraldatud DNA-d, millele lisati 5 µl Hot FIREPol Blend Master Mix'i (Solis Biodyne, Tartu, Eesti), 18 µl destilleeritud vett, 0,5µl pärissuunalist praimerit ITS1-F (5′-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3′) (Gardes, Bruns 1993) ja 0,5 µl vastassuunalist praimerit ITS4 (5′-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3′) (White *et al.* 1990). Reaktsioonide segud olid lõppmahuga 25 µl.

PCR-reaktsioonid teostati masinaga Eppendorf Mastercycler® Nexus (Eppendorf AG, Hamburg, Saksamaa). Reaktsioonitsükkel oli järgmine: DNA ahelate esmane denaturatsioon (15 minutit, 95 °C), 35 korduvat tsüklit, mis koosnesid ahelate denaturatsioonist (15 sekundit, 95 °C), praimerite seondumisest (30 sekundit, 55 °C) ning DNA sünteesist (60 sekundit, 72 °C). Programmi lõpetas DNA sünteesi lisaetapp (10 minutit, 72 °C), kus DNA polümeraas sünteesib lõpuni üheahelalised DNA lõigud. Reaktsioonidele lisati hulka ka negatiivne ja positiivne kontroll, milleks olid vastavalt steriilne destilleeritud vesi ning eelnevalt sekveneeritud *Fusarium tricinctum* puhaskultuurist pärit DNA. Saadud PCR-reaktsiooni produkti kontrolliti geelelektroforeesil, milleks valmistati 1% agaroosgeel 0,5x TBE puhvris. Amplifitseeritud DNA lõigu olemasolu geelis visualiseeriti Uvidoc HD6 UV-transilluminaatoris (Uvitec Ltd, Cambridge, Inglismaa). Markerina kasutati Solis Biodyne 100 bp DNA Ladderit (Solis Biodyne, Tartu, Eesti).

2.4.2. Sekveneerimine ja DNA järjestuste analüüs

Positiivse tulemuse andnud PCR produktid saadeti Tartu Ülikooli genoomika instituudi tuumiklaborisse Sanger täisteenuse tellimusena. Sekveneerimine teostati ITS5 praimeriga (5′GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3′) (White *et al.* 1990). TÜ tuumiklabori poolt edastatud toorsekventsi failid analüüsiti BioEdit programmiga (versioon 7.2.5). Saadud sekventside ehk DNA järjestuste alusel seente taksonoomilise kuuluvuse tuvastamiseks teostati BLAST NCBI GenBank (Barrett *et al.* 2015) andmebaasis ning ebapiisavate andmete puhul korrati BLAST-i UNITE (Abarenkov *et al.* 2010) andmebaasis. BLAST (*Basic local alignment search tool*) algoritm on töövahend molekulaarbioloogias ja

bioinformaatikas, mida kasutatakse sekveneerimisel saadud DNA järjestusele homoloogilise vaste leidmiseks (Madden 2002). Antud töös lähtuti DNA järjestusele vaste leidmisel olulistest parameetritest nagu E-väärtus (*Expected value* või *E value*), kattuvus andmebaasis olevate järjestustega ehk identsuse protsent (*Per. Ident*), kattuvus DNA järjestuse ulatuses ehk joondus (*Alignments*) ning loetelu sarnastest järjestustest.

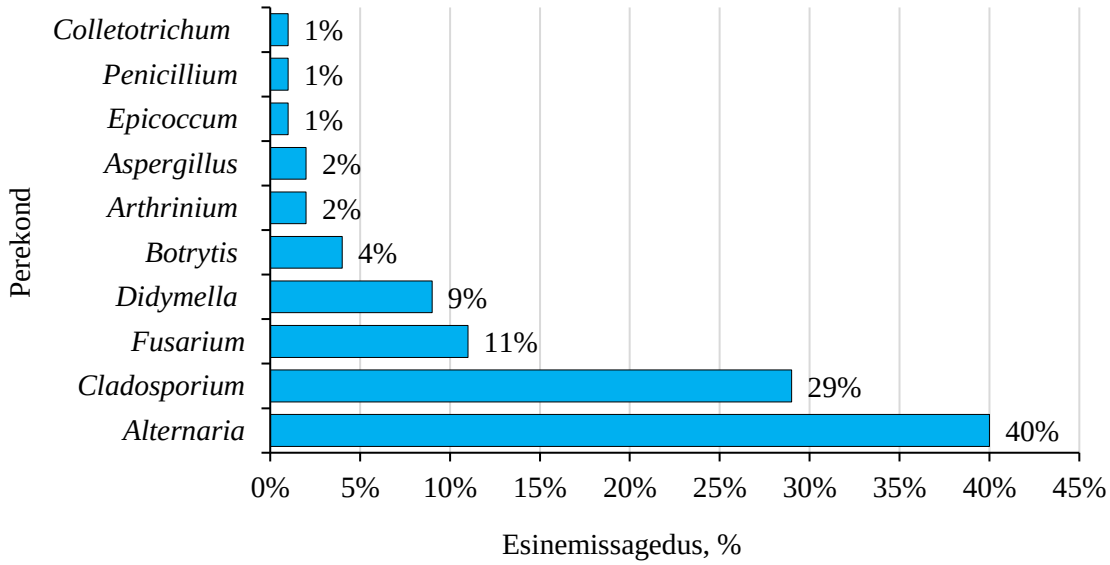
3. TULEMUSED

Põldoa seemneproovidest kasvatati välja ja isoleeriti kokku 118 seene puhaskultuuri, millest eraldati DNA ning teostati PCR seente ITS regiooni universaalpraimeritega. Kõik molekulaaranalüüside ja sekveneerimise tulemused on esitatud lisas 1 olevas tabelis. Proovidest tuvastati kümme erinevat seeneperekonda ja liigi tasemeni määrati üheksa liiki, tulemused ning määratud seenerühmade funktsionaalne kuuluvus on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Proovidest tuvastatud seente perekonnad, liigid ja funktsionaalne kuuluvus.

Perekond	Liik	Funktsionaalne kuuluvus
Fusarium	*F. equiseti* *F. poae* *F. avenaceum*	Fütopatogeenid (Põlme *et al.* 2021)
Alternaria	*A. tenuissima* *A. alternata*	Fütopatogeenid, saprotroofid (Põlme *et al.* 2021)
Botrytis	*B. cinerea*	Fütopatogeen (Põlme *et al.* 2021)
Arthrinium	*A. phaeospermum*	Saprotroof, fütopatogeen (Li *et al.* 2020)
Aspergillus	*A. westerdijkiae*	Saprotroof, fütopatogeen (Põlme *et al.* 2021; Marino *et al.* 2009)
Colletotrichum	*C. dematium*	Fütopatogeen (Põlme *et al.* 2021)
Penicillium	*P. olsonii*	Saprotroof, endofüüt (Põlme *et al.* 2021; Rojas *et al.* 2022)
Cladosporium		Saprotroofid (Põlme *et al.* 2021)
Didymella		Fütopatogeenid (Põlme *et al.* 2021)
Epicoccum		Endofüüdid, saprotroofid (Taguiam *et al.* 2021)

Sekveneerimisele suunatud 118-st proovist saadi 100 kvaliteetset DNA järjestust. Konkreetne seeneliik õnnestus tuvastada 31-st proovist ja ülejäänud 69-st proovist õnnestus seente määramine vaid perekonna tasemeni. Põldoa seemnetest tuvastatud seente perekonnad jagunesid esinemissageduse alusel järgnevalt: *Alternaria* (40%), *Cladosporium* (29%), *Fusarium* (11%), *Didymella* (9%), *Botrytis* (4%), *Arthrinium* (2%), *Aspergillus* (2%), *Epicoccum* (1%), *Penicillium* (1%) ja *Colletotrichum* (1%) (joonis 3).



Joonis 3. Põldoa seemnetest tuvastatud seente perekondade esinemissagedused.

Tuvastatud seeneliigid koos nende arvukusega on esitatud tabelis 3. Välja on toodud ka erinevate seeneliikide esinemine katses kasvatatud põldoa sortide vahel. Sordi ’White Windsor’ seemnetest kasvas söötmetel välja kõige enam morfoloogiliselt erinevaid seenekultuure, mistõttu sekveneeriti selle sordi proove rohkem võrreldes teiste sortidega. Kokku tuvastati sordi ’White Windsor’ proovidest 34 seent 8-st erinevast perekonnast. Sordi ’Taifun’ proovidest tuvastati 24 seent 6-st erinevast perekonnast, sordist ’Jõgeva’ 22 seent 5-st perekonnast ja sordist ’Lynx’ 20 seent 5-st perekonnast.

Tabel 3. Sekveneeritud proovidest määratud seeneliigid ja nende arvukus põldoa sortides.

Seeneliik	’Jõgeva’	’Lynx’	’Taifun’	’White Windsor’	Kokku
Cladosporium spp.	9	6	7	7	29
Alternaria spp.	4	3	13	6	26
Didymella spp.	0	2	1	6	9
Alternaria tenuissima	1	5	0	2	8
Alternaria alternata	0	1	0	5	6
Fusarium equiseti	2	2	0	0	4
Botrytis cinerea	1	0	1	1	3
Fusarium poae	3	0	0	0	3
Fusarium spp.	0	0	1	2	3
Arthrinium phaeospermum	0	0	0	2	2
Aspergillus westerdijkiae	1	1	0	0	2
Botrytis sp.	1	0	0	0	1
Colletotrichum dematium	0	0	0	1	1
Epicoccum sp.	0	0	0	1	1

Fusarium avenaceum	0	0	0	1	1
Penicillium olsonii	0	0	1	0	1
Kokku	22	20	24	34	100

Kõige enam tuvastati *Alternaria* perekonna seeneliike, mida esines kokku 40-s proovis. Kaheksal korral oli tegemist liigiga *A. tenuissima* ja kuuel korral liigiga *A. alternata*, ülejäänud juhtudel konkreetset liiki ei õnnestunud tuvastada. *Alternaria* liike esines kõikides põldoa sortide seemnetes, kõige rohkem tuvastati neid sortides ’Taifun’ ja ’White Windsor’. *Cladosporium* perekonna liike tuvastati proovidest kokku 29 korral, aga ühtegi konkreetset liiki ei õnnestunud määrata. Nimetatud perekonna seeneliike tuvastati kõikide põldoa sortidest seemnetest ning kõige rohkem esines neid sordis ’Jõgeva’. Fusarium perekonna seeneliike leiti kokku 11-st proovist. Neljal korral oli tegemist liigiga *F. equiseti*, mida tuvastati sortidest ’Jõgeva’ ja ’Lynx’. Kolmel korral tuvastati *F. poae* sordist ’Jõgeva’ ja ühe korral *F. avenaceum* sordist ’White Windsor’. Fusarium perekonna seeneliike tuvastati kõikidest põldoa sortidest ning kõige rohkem esines neid sordi ’Jõgeva’ seemnetes. *Didymella* liike tuvastati kokku üheksast proovist, kõige rohkem esines neid sordis ’White Windsor’ ning ’Jõgeva’ oli ainuke sort, millest ei tuvastatud ühtegi *Didymella* liiki. Neljal korral tuvastati proovidest *Botrytis* perekonna liike, kolmel korral oli tegemist liigiga *B. cinera*. Sordist ’Lynx’ ei tuvastatud ühtegi *Botrytis* perekonna liiki, kõik ülejäänud põldoa sortide seemnetest tuvastati ühel korral *B. cinera* ning sordist ’Jõgeva’ tuvastati üks *Botrytis* perekonna liik. Kahel korral tuvastati sordi ’White Windsor’ seemnetest seeneliik *Arthrinium phaeospermum* ning sortidest ’Jõgeva’ ja ’Lynx’ tuvastati ühel korral seeneliik *Aspergillus westerdijkiae*. Sordist ’White Windsor’ tuvastati ühel korral *Colletotrichum dematium* liigikompleks ning üks *Epicoccum* perekonna seeneliik. Lisaks tuvastati ühel korral sordist ’Taifun’ seeneliik *Penicillium olsonii*.

4. ARUTELU JA JÄRELDUSED

4.1. Tuvastatud seente kirjeldused

Alternaria on kottseente (Ascomycota) hõimkonda ja pleospooriliste (Pleosporaceae) sugukonda kuuluv liigirikas perekond, mille esindajad on laialt levinud kogu maailmas (Lawrence *et al.* 2015). *Alternaria* liigid on ühed enam levinumad taimepatogeenid maailmas ning nende levik ning mõju on viimastel aastatel oluliselt suurenenud kliimamuutuste tõttu (Delgado-Baquerizo *et al.* 2020). Enamjaolt on tegemist mullas või taimejäänustel elavate saprotroofidega, aga osad liigid elavad ka taimede kudedes endofüütidena (Schmey *et al.* 2024). Taimepatogeenidena võivad nad kahjustada enam kui 4000 peremeestaime, mille hulka kuuluvad ka paljud majanduslikult olulised kultuurtaimed (Schmey *et al.* 2024; Zhang *et al.* 2023). Mõned liigid on suutelised tootma ka erinevaid mükotoksiine (Lawrence *et al.* 2015). Enamus taimede seemnetest võib leida *Alternaria* liike ja ka põldoa seemnetest on sageli isoleeritud neid (Simonin *et al.* 2022; Almogdad *et al.* 2023; Baka 2015). Lisaks on Poolas teostatud katsetes *A. alternata* olnud kõige sagedamini esinev patogeen põldoa seemnetes (Gleń *et al.* 2013; Gleń-Karolczyk *et al.* 2016). *A. tenuissima* leide ei ole palju olnud, aga varasemalt on isoleeritud seda põldoa taimedest Jaapanis ja Egiptuses (Rahman *et al.* 2002; El-Mougy *et al.* 2016). *A. alternata* ja *A. tenuissima* on laialt levinud liigid, mis suudavad nakatada väga erinevaid taimerühmasid (Zhang *et al.* 2023; El-Mougy *et al.* 2016). Mõlemad liigid on sageli patogeensed, aga võivad samaaegselt elada ka endofüütidena taimedes (DeMers 2022; El-Mougy *et al.* 2016). Põldubadele võivad mõlemad liigid põhjustada kuivlaiksust ning osades piirkondades on teatatud *A. alternata* puhul olulist saagikadu (Ertoy 2023; Hai 2015; Rahman *et al.* 2002). Haiguse algfaasis tekivad alumistele lehtedele väikesed pruunid laigud, mis ajaga suurenevad ja muutuvad kontsentriliseks (Hai 2015). Hiljem levivad laigud ka noorematele lehtedele ning tugevalt nakatunud lehed langevad (Ertoy 2023). *A. alternata* levib taimejäänuste, mulla ja seemnetega ning võib säilida üle aasta elujõulisena põldoa seemnetes ja taimejäänustel (Dubey, Patel 2000).

Cladosporium on kottseente (Ascomycota) hõimkonda ja Davidiellaceae sugukonda kuuluv väga liigirikas seeneperekond, kuhu kuulub teadaolevalt üle 770 liigi (Heuchert *et al.* 2005). Perekonna esindajad on enamjaolt hallitusseened ning paljud *Cladosporium* liigid on

kosmopoliidid ehk laialt levinud kõikjal maailmas (Heuchert *et al.* 2005; El-Dawy *et al.* 2021). Morfoloogiliste tunnuste põhjal jaotatakse takson kolmeks liigikompleksiks: *C. herbarum*, *C. cladosporioides* and *C. sphaerospermum* (El-Dawy *et al.* 2021). Nimetatud perekonna liigid on levinud erinevates keskkondades ja neid võib leida looduses paeaegu igal pool, samuti õhus ning siseruumides (Lee *et al.* 2023). Suurem osa liikidest on saprotroofid, elades mullas ja erineval orgaanilisel materjalil, kuid leidub ka endofüüte ja patogeenseid liike (Heuchert *et al.* 2005; Lee *et al.* 2023; Bensch *et al.* 2012). Taimepatogeenidena võivad nad põhjustada erinevatel peremeestaimedel laikhallitust, nekrootilisi laike lehtedel ja kärnasid ning sageli ka taimsete saaduste riknemist säilitamisel (Bensch *et al.* 2012; El-Dawy *et al.* 2021). Sarnaselt *Alternaria* perekonnale, leidub ka *Cladosporium* liike sageli erinevate taimede seemnetest ning tegemist on ühe sagedamini esineva seeneperekonnaga põldoa ja teiste kaunviljaliste mikroflooras (Simonin *et al.* 2022; Almogdad *et al.* 2023; Orina *et al.* 2020; Baka 2015; Elwakil *et al.* 2009). El-Dawy *et al.* (2021) andmetel võivad *Cladosporium*'i liigid laboritingimustes põhjustada põldoa lehehaiguseid, mille sümptomiteks on hele- või tumepruunid ümmargused nekrootilised laigud.

Perekond *Fusarium* kuulub kottseente (Ascomycota) hõimkonda ning komuseeneliste (Nectriaceae) sugukonda (Summerell 2019). Tegemist on ühe tähtsaima patogeenirühmaga maailmas, kuna *Fusarium* liigid on väga laia levikualaga ja suutelised põhjustama ohtlike taimehaiguseid ning tootma mükotoksiine (Żelechowski *et al.* 2019). Vaatamata patogeensusele, võivad antud perekonna liigid teatud tingimustel olla ka ohutud saprotroofid või endofüüdid (Summerell 2019). Perekonna esindajaid leidub hulgaliselt mullas ning sageli ka taimejäänustel või elavate taimede kudedes (Nelson *et al.* 1994). *Fusarium* perekonna seened säilivad ka seemnetes ning nende seas on mitmeid liike, mis võivad põhjustada põldoa juurehaiguseid, närbumistõbe ja tõusmepõletikku (Chang *et al.* 2014; Almogdad *et al.* 2023). Olulisemateks põldoa patogeenideks on *F. oxysporum*, mis põhjustab närbumistõbe ning juuremädanikku põhjustav *F. solani* (Lv *et al.* 2020; Habtegebriel, Boydom 2016). Lisaks võivad põhjustada nimetatud haiguseid ka mitmed teised liigid. Näiteks *F. equiseti* võib samuti põhjustada põldoa närbumistõbe ja *F. avenaceum* tõusmepõletikku ja juuremädanikku (Haddoudi *et al.* 2021; Chang *et al.* 2014; Afshari *et al.* 2020). Juurehaigused teeb keeruliseks asjaolu, et põllutingimustes kasvavad taimed on sageli nakatunud mitme erineva patogeeniga korraga ning iga individuaalse patogeeni mõju ja olulisus haiguse kompleksis sõltub asukohast, kliimast, mulla omadustest ja mitmetest

muudest tingimustest (Šišić *et al.* 2022). Kõiki *Fusarium* perekonna liike, mida käesoleva uurimistöö käigus seemnetest tuvastati, on ka varasemalt põldoa seemnetest isoleeritud ning tegemist on üsna sagedasti põldoa seemnetes esineva seeneperekonnaga (Almogdad *et al.* 2023; Neme *et al.* 2023; Pszczółkowska *et al.* 2020; Gleń-Karolczyk *et al.* 2016).

Perekond *Didymella* kuulub kottseente (Ascomycota) hõimkonda ja Didymellaceae sugukonda (Youssef *et al*. 2023). Tegemist on liigirikka seeneperekonnaga, mille esindajad on sageli kosmopoliitsed ja võimelised levima väga erinevates keskkonnatingimustes (Chen *et al.* 2017). Suurem osa liikidest on fütopatogeensed ja suutelised põhjustama paljudel erinevatel peremeestaimedel haiguseid (Deng *et al.* 2023). Perekonna taksonoomia ja nende määramine morfoloogiliste tunnuste põhjal on keeruline, kuna taksonisse kuuluvad mitmed anamorfid ja teleomorfid (*ibid.*). Lisaks on viimastel aastatel Didymellaceae sugukonna mitmeid perekondi ümbernimetatud ja ka *Didymella* taksonis toimub pidevalt muudatusi (Hou *et al.* 2020). *Didymella* perekonda kuulub oluline põldoa patogeen *D. fabae* (sün. *Ascochyta fabae*), mis põhjustab põldoa laikpõletikku (Youssef *et al.* 2023). Nimetatud haigustekitajat on kirjanduse andmetel tuvastatud mitmel korral põldoa seemnetest (Pszczółkowska *et al.* 2020; Gleń *et al.* 2013; Gleń-Karolczyk *et al.* 2021). *Didymella* perekonnas on ka teisi liblikõielisi kahjustavaid liike nagu *D. pinodella*, mis on üheks juuremädaniku tekitajaks harilikul hernel (Šišić *et al.* 2024). Sama patogeeni on kirjanduse andmetel isoleeritud põldoa juurtelt (Šišić *et al.* 2024; Šišić *et al.* 2022). Lisaks on Gleń-Karolczyk *et al.* (2021) andmetel põldoa seemnetest isoleeritud fütopatogeenset liiki *D. glomerata*, mis põhjustab erinevatel taimedel lehehaiguseid, kuid selle patogeensus põldoa suhtes ei ole hetkel veel teada (Ma *et al.* 2022). Käesolevas töös tuvastati mitmel korral põldoa seemnetest *Didymella* perekonna seeni, aga liigitasemeni ei õnnestunud ühtegi määrata.

Perekond *Botrytis* kuulub kottseente (*Ascomycota*) hõimkonda ja mügarliudikuliste (Sclerotiniaceae) sugukonda (Klug *et al*. 2024). *Botrytis* perekonda kuulub ligikaudu 30 liiki, millest enamus on väga laia peremeestaimede ringiga patogeenid (Elad *et al.* 2016). Elulaadilt on tegemist nekrotroofidega, mis esmalt surmavad peremeestaime rakud ja seejärel toituvad neist, kuid osad liigid võivad elulaadilt olla ka saprotroofid, toitudes surnud orgaanilisest materjalist (Klug *et al*. 2024). *Botrytis* perekonna liigid on maailmas väga laialt levinud ja suutelised nakatama ka erinevaid liblikõielisi põllukultuure nagu harilik kikerhernes, harilik lääts, põlduba ja harilik hernes (Dell'Olmo *et al.* 2023). Tuntuim liik *B. cinerea* võib põhjustada hahkhallitust enam kui tuhandel erineval taimeliigil ning seda

loetakse sageli üheks olulisemaks ja enam majandusliku kahju põhjustavaks taimepatogeeniks maailmas (Klug *et al*. 2024). Põldoale kõige olulisem patogeen on *B. fabae*, mis põhjustab põldoa-šokolaadilaiksust (Singh *et al.* 2012). *B. cinerea* põhjustab põldoa hahkhallitust, mida üldiselt ei peeta nii tõsiseks haiguseks võrreldes põldoa-šokolaadilaiksuse või laikpõletikuga (Faba Bean… 2017). Hahkhallitusse võivad nakatuda põldoa lehed, õied ja kaunad ning taimeosadele tekivad pruunikashallid laigud, mis on kaetud eoskirmega (Brauna-Morzevska *et al.* 2019; Annuk 2021). Teadaolevalt võib ka *B. cinerea* põhjustada põldoa-šokolaadilaiksuse mitteagressiivse staadiumi sümptomeid ning soodustada *B. fabae* levikut (Benzohra, Belaidi 2020; Stoddard *et al.* 2010; Singh *et al.* 2012). Sarnaste sümptomite korral on mõlemad patogeenid siiski eristatavad, kuna *B. fabae* on virulentsem ning selle lülieosed on suuremad ja sklerootsiumid väiksemad (*ibid.*).

Perekond *Arthrinium* kuulub kottseente (Ascomycota) hõimkonda ja Apiosporaceae sugukonda (Li *et al.* 2020). Tegemist on laialt levinud seene taksoniga, mille esindajaid võib leida sageli saprotroofidena taimejäänustel või endofüütidena elusate taimede, samblikute ja vetikate kudedes ning osad liigid on teadaolevalt ka taimepatogeenid (Wang *et al.* 2018; Crous, Groenewald 2013). *A. phaeospermum* on laialdase levikuga saptrotroofne seen, mis teatud tingimustel võib käituda ka oportunistliku patogeenina (Li *et al.* 2020). Väga palju ei ole antud seeneliigi kohta teada, aga kirjanduses leidub andmeid, et *A. phaeospermum* võib põhjustada haiguseid näiteks bambuse liikidel ja harilikul õlipuul ning isegi nahahaiguseid inimestel (Wang *et al.* 2018; Lo Piccolo *et al.* 2014; Zhao *et al.* 1990). Mertoğlu ja Karaca (2023) poolt läbiviidud katses tuvastati hariliku aedoa seemnetest liigid *A. phaeospermum* ja *A. arundinis*, kuid nende patogeensus hariliku aedoa ega teiste liblikõieliste osas ei ole teada. Põldoa seemnetest ei ole kirjanduse andmetel varasemalt *Arthrinium* perekonna liike isoleeritud ning ei ole teada, kas seeneliik võib põhjustada haiguseid põldoal.

Aspergillus kuulub kottseente (Ascomycota) hõimkonda ja Aspergillaceae sugukonda (Krijgsheld *et al.* 2013). Antud perekonna seeni leidub väga erinevates geograafilistes ja klimaatilistes piirkondades üle maailma ning mitmed liigid on suutelised taluma äärmiselt raskeid keskkonnatingimusi (Hagag *et al.* 2022). Nende laialdast levikut soodustavad perekonnale omased väikesed koniidid, mis võivad tuule abiga läbida väga pikkasid vahemaasid (Zakaria 2024). *Aspergillus* perekonna seened suudavad kasvada väga erinevates keskkondades ja substraatidel, sageli leidub neid taimedes, mullas, õhus, tolmus ja ka vees (Hagag *et al.* 2022). Enamus liigid on oportunistlikud ja võivad taimedele olla nii endofüüdid kui ka patogeenid (Zakaria 2024; Hagag *et al.* 2022). Taimede nakatumine

toimub tavaliselt läbi vigastuste, mida võivad tekitada kahjurid või põllutööriistad ning nakatumine võib toimuda nii põllu peal kui ka koristusjärgselt (Zakaria 2024). Sagedasti põhjustavad perekonna *Aspergillus* liigid põllumajandussaaduste ja toidu riknemist ning on võimelised tootma ka mükotoksiine (*ibid.*). *A. westerdijkiae* on kosmopoliit ning sageli leiab seda põllukultuuridelt ja toidust (näiteks kohvi, õlu, vein, tsitruselised ja mahlad) (Han *et al.* 2016). Antud liik on võimeline tootma ka ohratoksiini A, mis on inimestele neurotoksiline ja potentsiaalselt kartsinogeenne (*ibid.*). Taimepatogeenina põhjustab *A. westerdijkiae* tsitruselistel viljade mädanemist (Marino *et al.* 2009). Põldoa seemnetest on *Aspergillus* perekonna liike leitud ka varasemates uuringutes, kuid *A. westerdijkiae* patogeensus põldoa suhtes ei ole täpselt teada (Almogdad *et al.* 2023; Elwakil *et al.* 2009; Baka 2015).

Epicoccum on kottseente (Ascomycota) hõimkonda ja Didymellaceae sugukonda kuuluv seeneperekond, mille liigid on sageli endofüüdid või saprotroofid, kuid teatud juhtudel võivad käituda ka patogeenina (Taguiam *et al.* 2021). Perekond on levinud üle maailma ja erinevaid liike leidub õhus, mullas, vees, taimejäänustel ja elavate taimede kudedes (Abed 2021). Põldoa seemnetest on *Epicoccum* perekonna liike sageli isoleeritud ka teistes sarnastes katsetes ning liigi tasemini on tuvastatud põhiliselt *E. nigrum* (Elwakil *et al.* 2009; Almogdad *et al.* 2023). Kirjanduse põhjal ei ole hetkel teada, kas mõni *Epicoccum* liik võib põhjustada haigusi põldoal ning seetõttu ei peeta neid põldoa patogeenideks. Küll aga on leitud, et osad *Epicoccum* liigid omavad antagonistliku mõju taimehaigustele (Gleń-Karolczyk *et al.* 2021; Taguiam *et al.* 2021). Näiteks eelpool mainitud liiki *E. nigrum*'it kasutatakse bioloogiliseks tõrjeks mitmete erinevate taimehaiguste vastu (Li *et al.* 2022). El-Fawy *et al.* (2024) andmetel on *E. nigrum* isegi andnud häid tulemusi põldoa-šokolaadi laiksuse tõrjes ning näidanud potentsiaali juuremädaniku ennetamiseks (Koutb, Ali 2010).

Perekond *Penicillium* on üks tuntuim ja levinuim seeneperekond maailmas (Moretti, Sarrocco 2016). *Penicillium* kuulub kottseente (Ascomycota) hõimkonda ja Aspergillaceae sugukonda (Index Fungorum *n.d.*). Antud perekonna liike võib leida väga erinevatest keskkondadest üle maailma ning neil on üpris suur mõju inimeludele, mis võib olla nii positiivne kui ka negatiivne (Visagie *et al.* 2014). Tegemist on tüüpiliste orgaanilist ainet lagundavate seentega, mis põhjustavad sageli toidu ja saagi riknemist ning mitmed liigid on ka taimepatogeenid, mis on suutelised tootma mükotoksiine (*ibid.*). *Penicillium* liike kasutatakse ka teatud toiduainete tootmisel ning maailma esimene antibiootikum pärineb selle perekonna seenelt (Gillot *et al.* 2015; Kardos, Demain 2011). *P. olsonii* kohta ei ole kirjanduses väga palju andmeid. Teadaolevalt võib *P. olsonii* põhjustada säilituskadusid ning

riknemist tomatitel ja viinamarjadel (Živković *et al.* 2021; Zou *et al.* 2022). Nimetatud liiki on katsetatud ka bioloogilises taimekaitses ning Rojas *et al.* (2022) andmetel on sellel potentsiaali näiteks fusarioosi tõrjes. *Penicillium* liikide esinemine põldoa seemnetel on tavaline ja neid on leitud ka varasemates uuringutes (Almogdad *et al.* 2023; Neme *et al.* 2023; Elwakil *et al.* 2009).

Colletotrichum on kottseente (Ascomycota) hõimkonda ja Glomerellaceae sugukonda kuuluv perekond (Liu *et al.* 2022). Tegemist on ainukese perekonnaga nimetatud sugukonnas ning antud taksonit peetakse oluliseks taimepatogeenide rühmaks (Liu *et al.* 2022; Dean *et al.* 2012). *Colletotrichum* liigid on laia levikuala ja peremeestaimede ringiga ning taimedel põhjustavad nad sageli antraknoosi (Talhinhas, Baroncelli 2021; Dell'Olmo *et al.* 2023). Osad liigid on ka saprotroofid, endofüüdid ja oportunistlikud patogeenid inimestele ja loomadele (Liu *et al.* 2022). Perekonna esindajad on suutelised säilima taimede seemnetes ning talvituvad sageli taimejäänustel (Talhinhas, Baroncelli 2021). *C. dematium* on liigikompleks, mille alla kuulub vähemalt 17 erinevat seeneliiki (*ibid.*). Teadaolevalt võib *C. dematium* põhjustada antraknoosi paljudel peremeestaimedel, mille hulka kuuluvad ka erinevad liblikõielised nagu harilik kikerhernes, aeduba ja lupiin (Smith *et al.* 1999; Guevara-Suarez *et al.* 2022). Põldoalt on varasemalt isoleeritud *Colletotrichum* liike nii seemnetest kui ka lehtedelt (Kaur *et al.* 2025; Gleń *et al.* 2013; Gleń-Karolczyk *et al.* 2016).

4.2. Arutelu

Seemned on põhiliseks paljundusmaterjaliks põllukultuuride kasvatamisel ning oluliseks toiduallikaks inimestele ja loomadele. Suur osa liblikõieliste kultuurtaimede haigustest on suutelised edasi levima seemnete kaudu ja nii mõnegi haiguse puhul võivad fütopatogeensete seentega saastunud seemned olla põllul esmase nakkuse põhjuseks (Bhutta 2000). Rahvusvahelise kaubanduse ja seemnemüügi tõttu võivad seemnetes säilivad fütopatogeenid läbida pikkasid vahemaasid ning levida edasi piirkondadesse, kus neid varasemalt ei esinenud (Tubby *et al.* 2023). Põlduba on vastuvõtlik mitmetele seemnetega levivatele seenhaigustele, millest olulisemateks peetakse põldoa-šokolaadilaiksust, laikpõletikku ja erinevaid juurehaiguseid (Neme *et al.* 2023; Singh *et al.* 2012). Need haigused võivad põhjustada suurt saagikadu ja seemnete kvaliteedi langust (Dell'Olmo *et al.* 2023). Lisaks idanevad nakatunud seemned halvemini, riknevad kiiremini ja võivad olla saastunud ka ohtlike mükotoksiinidega (*ibid.*). Taimehaiguste ennetamiseks on väga oluline kvaliteetse ja

puhta paljundusmaterjali kasutamine ning integreeritud taimekaitse põhimõtete rakendamine (Stoddard *et al.* 2010).

Käesoleva töö tulemustest selgus, et põldoa seemnetes esines märkimisväärselt erinevaid seeneperekondasid, mille hulgas oli nii fütopatogeenseid kui ka mittepatogeenseid liike. Põldoa seemnetest tuvastati kokku 10 seeneperekonda, mis esinemissageduse alusel jaotusid järgnevalt: *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Didymella* spp., *Botrytis* spp., *Arthrinium* spp., *Aspergillus* spp., *Epicoccum* spp., *Penicillium* spp. ja *Colletotrichum* spp. Tulemused on kooskõlas mitme teise sarnase uurimistööga ning kõiki nimetatud seeneperekondi (välja arvatud *Arthrinium* spp.) on varasemalt tuvastatud põldoa seemnetest (Pszczółkowska *et al.* 2020; Elwakil *et al.* 2009; Neme *et al.* 2023; Gleń-Karolczyk *et al.* 2016). Määratud perekondadest on põldoale teadaolevalt patogeensed *Alternaria*, *Fusarium*, *Didymella*, *Botrytis* ja *Colletotrichum* seeneliigid (Singh *et al.* 2012; Gleń-Karolczyk *et al.* 2021). El-Dawy *et al.* (2021) poolt läbiviidud katses leiti, et ka *Cladosporium* liigid võivad laboritingimustes põhjustada põldoa lehtedele haigussümptomeid, aga kuna kirjanduses rohkem andmeid ei leidu, siis antud töös seda taksonit põldoa patogeenina ei käsitletud. *Arthrinium phaeospermum*'it ei määratletud samuti patogeeniks, kuna liiki ei ole kirjanduse andmetel põldoalt varem leitud ja selle patogeensuse kohta puudub täpne ülevaade. *Arthrinium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Epicoccum* ja *Penicillium* seeneliikide leiud olid antud töö kontekstis vähem tähtsamad, kuna tegemist on põldoale üldiselt ohututе ja ka paljude teiste taimede seemnetes sageli leiduvate saprotroofide ja endofüütidega (Simonin *et al.* 2022; Pszczółkowska *et al.* 2020; Kaur *et al.* 2025; Põlme *et al.* 2021).

Tähtsamateks leidudeks loeti *Botrytis* ja *Didymella* perekondasid, kuna nende liikide hulka kuuluvad põldoa-šokolaadilaiksuse ja laikpõletiku tekitajad (Stoddard *et al.* 2010). Liigi tasemeni õnnestus nimetatud perekondadest määrata ainult *B. cinerea*, mis võib samuti põhjustada põldoa-šokolaadilaiksust, kuid rohkem seostatakse seda hahkhallitusega (*ibid.*). Lisaks tuvastati põldoa seemnetest mitmel korral *Fusarium* perekonda ning liigi tasemeni õnnestus määrata *F. equiseti*, *F. avenaceum* ja *F. poae*. Nimetatud perekonna seeneliigid on sageli erinevate juurehaiguste põhjustajateks põldoal ning suutelised tootma mükotoksiine (Wille *et al.* 2019; Afshari *et al.* 2020). Kõige sagedamini tuvastati proovidest *Alternaria* perekonda, mille liikidest õnnestus määrata põldoa kuivlaiksuse tekitajad *A. alternata* ja *A. tenuissima* (Singh *et al.* 2012). Üldiselt ei põhjusta *Alternaria* liigid põldoale suurt kahju ja tegemist on pigem nõrkade patogeenidega, aga osades riikides on täheldatud ka tõsisemaid *Alternaria* haiguspuhanguid (Rahman *et al.* 2002; Ertoy 2023).

Seemnetes säilivate seente kooslused võivad ajas muutuda ning nende liigiline mitmekesisus sõltub erinevatest teguritest nagu ilmastikutingimused, geograafiline asukoht, mulla omadused, saagikoristusaeg, sort ja seemnete vanus (Gleń-Karolczyk *et al.* 2016; Pszczółkowska *et al.* 2020; Nelson 2018; Lõiveke *et al.* 2008). Gleń-Karolczyk *et al.* (2016) andmetel on kohe peale saagikoristust või lühiajaliselt hoiustatud põldoa seemnetes *Alternaria* ja *Fusarium* perekonna seente esinemine suurem ning pikaajalise säilitamise (üle 1,5 aasta) juures hakkavad domineerima saprotroofid nagu *Penicillium* spp. ja *Rhizopus* spp.. Samuti võib liiga hiline saagikoristus mõjutada seemnetes säilivate seente liigilist koosseisu (Xue *et al.* 2004; Lõiveke *et al.* 2008). Oluliseks teguriks on ka ilmastik kasvuperioodi ajal. Pszczółkowska *et al.* (2020) poolt läbiviidud uuringus leiti, et temperatuur 18-20 °C põldoa õitsemise ajal (BBCH 61-64) soodustas saprotroofsete seente esinemist seemnetes ning sademete hulk 10-20 mm soodustas rohkem fütopatogeensete seente esinemist seemnetes. Lisaks on teada, et taimehaiguste levik ei sõltu üksnes sademete hulgast, vaid ka sademete jaotumisest ajas (Podleśny *et al.* 2017). Näiteks sagedase vihma tõttu püsib taimede pinnal niiskus kauem, mis loob paremad tingimused eoste idanemiseks ja haiguse levikuks, samas kui lühiajalised tugevad vihmad, millele järgneb kuiv periood ei pruugi teatud taimehaiguste levikut soodustada (*ibid.*).

Antud töös selgus, et *Alternaria*, *Cladosporium* ja *Fusarium* perekonna seeni oli põldoa seemnetes kõige enam. Katseperioodi ilmastik oli valdavalt keskmisest soojem (välja arvatud mai ja juulikuu) ning sademetehulk oli normilähedane, aga tugevamatele vihmaperioodidele järgnesid sageli põuaperioodid. Kõige rohkem sademeid esines juuni ja juuli viimasel ning septembri esimesel dekaadil. Nii *Alternaria* kui ka *Cladosporium* seeneliigid suudavad levida ka kuivema ja soojema ilmaga (Kasprzyk *et al.* 2016; Abel-Fernández *et al.* 2023). Näiteks *A. alternata* arenguks ja levikuks on optimaalne temperatuur 20 °C ning kotteoste levikuks vajab seen suuremat õhuniiskust, aga lülieostega levimiseks vastupidiselt madalat õhuniiskust (Abel-Fernández *et al.* 2023). Seejuures *Botrytis* ja *Didymella* liigid vajavad levimiseks ja arenemiseks suurt õhuniiskust ning nende eosed levivad põhiliselt vihmapiiskade abil (Stoddard *et al.* 2010; Tivoli, Banniza 2007). Harrison (1984) andmetel arenesid põldoa-šokolaadilaiksuse sümptomid taimedele kõige intensiivsemalt 92-100% õhuniiskuse juures ning vähema kui 86% juures oli haiguse areng minimaalne. *Alternaria* ja *Cladosporium* seeneliikide arvukus ning *Botrytis* ja *Didymella* liikide vähesus võis seega olla tingitud kasvuperioodi valdavalt kuivemast ilmast. Lisaks säilitati katse lõpus koristatud põldoa seemneid ligikaudu viis kuud enne seente isoleerimist

seemnetest, mis võib samuti olla põhjuseks *Alternaria* ja *Fusarium* seeneliikide suuremale esinemisele võrreldes saprotroofsete liikidega. Seega ei ole teada, kas järgmise kasvuperioodini seemnete säilitamise puhul oleks jäänud fütopatogeensete seente esinemine sama ulatuslikuks.

Põldkatses kasvatati nelja erinevat põldoa sorti, aga sortide ja seemnetes säilivate fütopatogeensete seente omavahelist seost otseselt ei uuritud, kuna töö eesmärgiks oli välja selgitada, millised fütopatogeensed seened võivad seemnetes säilida ning milline on nende liigiline koosseis. Edasised uuringud võiksid arvesse võtta ka sortide mõju, et teada saada, kas teatud sordid on vähem vastuvõtlikud seemnetega levivatele põldoa haigustele. Lisaks võiks analüüsida järgmise kasvuperioodini või kauem säilitatud seemneid. Sellega oleks võimalik luua praktilist väärtust ka põldoa kasvatajatele, seemnekasvatajatele ja sordiaretajatele.

Seente tuvastamiseks kasutati molekulaarmeetodeid ning töös esitatud andmed annavad hea ülevaate põldoa seemnetes säilivate seente mitmekesisusest. Seente ITS-järjestuse määramine on lihtne ja kiire esmameetod, kuid sageli ei erista see väga lähedasi liike piisavalt hästi. Suurem osa proovidest määrati ainult perekonna tasemeni, mistõttu edasised uuringud võiksid keskenduda mass-sekveneerimise abil seemnetest kogu seenekoosluse määramisele. Kuna antud töös tuvastatud seened on perekonna siseselt väga sarnased, siis tuleks lisaks teostada fülogeneetilisi analüüse ja vajadusel ka morfoloogilist määramist. Perekonna spetsiifiliste praimerite kasutamine ja fülogeneetilised analüüsid aitaksid lähedastes liikides rohkem selgust luua.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli tuvastada põldoa seemnetes säilivad fütopatogeensed seened ning kindlaks teha nende liigiline mitmekesisus. Eesmärkide saavutamiseks võeti põldoa sortidega läbi viidud põldkatse saagist juhuslikkuse alusel seemneproovid, peale mida kasvatati saadud seemnetest välja kõik erineva morfoloogiaga seened. Hiljem puhaskultuuri isoleeritud seentelt eraldati DNA ning teostati PCR seente universaalpraimeritega ITS1F ja ITS4. Taksonoomilise kuuluvuse välja selgitamiseks sekveneeriti PCR produktid ning saadud DNA järjestusi võrreldi BLAST tööriista abil DNA järjestusele homoloogilise vaste leidmiseks andmebaasides oleva informatsiooniga. Tuvastatud seenerühmade kirjeldamiseks ning funktsionaalse kuuluvuse hindamiseks kasutati teaduskirjanduses olevaid andmeid.

Töös püstitatud hüpotees „Põldoa seemned on oluliste fütopatogeensete seente edasikandumise allikaks“ leidis kinnitust ja tulemustest selgus, et põldoa seemnetes säilivad ka fütopatogeensed seeneliigid. Põldoa seemnetest tuvastati kokku kümme erinevat seeneperekonda ning liigi tasemeni õnnestus määrata üheksa seeneliiki. Tuvastatud seeneperekondadest on fütopatogeensed *Alternaria*, *Fusarium*, *Didymella*, *Botrytis* ja *Colletotrichum*. Nimetatud perekondadesse kuuluvad seeneliigid on suutelised põhjustama majanduslikult olulisi haigusi nagu põldoa-šokolaadilaiksus, laikpõletik, kuivlaiksus, hahkhallitus, juuremädanik, närbumistõbi ja antraknoos. Lisaks fütopatogeensetele seentele tuvastati põldoa seemnetest ka liike perekondadest *Cladosporium*, *Arthrinium*, *Aspergillus*, *Epicoccum* ja *Penicillium*, mis ei ole teadaolevalt põldoa patogeenid, vaid tavapärased seemnetes säilivad saprotroofid või endofüüdid. Samas võivad osad nende perekondade seened toota mükotoksiine ja põhjustada ka seemnete riknemist säilitamisel.

Põldoa seemnetes leiduvate seeneliikide koosseis võib sõltuda mitmetest teguritest. Täpsemate seoste loomiseks oleks vaja põhjalikumalt analüüsida erinevate sortide ja ilmastiku mõju fütopatogeensete seente esinemisele põldoa seemnetes. Edasised uuringud peaksid lisaks keskenduma ka seeneliikide täpsemale määramisele, mille jaoks võiks teostada näiteks mass-sekveneerimist ja fülogeneetilisi uuringuid. Kuna mitmed töös tuvastatud seened on perekonnasiseselt väga sarnased, siis perekonna spetsiifiliste praimerite kasutamine või fülogeneetilised analüüsid aitaksid neid paremini eristada.

Käesolev töö ei keskendunud põldoa haiguste tõrjele, aga oluline on välja tuua, et fütopatogeensete seentega nakatunud seemned võivad olla haiguste leviku allikaks, mistõttu on esmaseks ennetamise viisiks puhta ja sertifitseeritud seemnete kasutamine tootmises. Kvaliteetse ja haigusvaba taimse paljundusmaterjali kasutamine ning kasvukohale sobilike sortide kasvatamine loovad parimad eeltingimused edukaks ja jätkusuutlikuks põldoa kasvatamiseks.

ALLIKALOEND

2020. aasta ilmaülevaade (5. jaanuar 2021). Ilmateenistus [veebileht]. https://www.ilmateenistus.ee/2021/01/2020-aasta-ilmaulevaade/ (22.03.2025).

Abarenkov, K., Henrik Nilsson, R., Larsson, K.-H., Alexander, I. J., Eberhardt, U., Erland, S., Høiland, K., Kjøller, R., Larsson, E., Pennanen, T., Sen, R., Taylor, A. F. S., Tedersoo, L., Ursing, B. M., Vrålstad, T., Liimatainen, K., Peintner, U., & Kõljalg, U. (2010). The UNITE database for molecular identification of fungi—Recent updates and future perspectives. *The New Phytologist*, *186*(2), 281–285. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03160.x

Abawi, G. S., & Widmer, T. L. (2000). Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology*, *15*(1), 37–47. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00070-6

Abed, R. M. (2021). Exploring Fungal Biodiversity of Genus Epicoccum and Their Biotechnological Potential. In A. M. Abdel-Azeem, A. N. Yadav, N. Yadav, & Z. Usmani (Eds.), *Industrially Important Fungi for Sustainable Development: Volume 1: Biodiversity and Ecological Perspectives* (pp. 237–276). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67561-5_7

Abel-Fernández, E., Martínez, M. J., Galán, T., & Pineda, F. (2023). Going over Fungal Allergy: Alternaria alternata and Its Allergens. *Journal of Fungi*, *9*(5), Article 5. https://doi.org/10.3390/jof9050582

Abou-Khater, L., Balech, R., & Maalouf, F. (2024). Faba Bean (Vicia faba L.). *Potential Pulses* (pp. 287–309). https://doi.org/10.1079/9781800624658.0015

Afshari, N., Hemmati, R., & Sheikh, F. (2020). Characterization of Fusarium avenaceum from faba bean (Vicia faba) in Iran, genetic diversity, aggressiveness, and cultivar evaluation. *Journal of Plant Pathology*, *102*(1), 135–142. https://doi.org/10.1007/s42161-019-00399-z

Ajaloolised ilmaandmed (*s. a.*). Ilmateenistus [veebileht]. https://www.ilmateenistus.ee/kliima/ajaloolised-ilmaandmed/ (22.03.2025).

Akk, E., Hansson, A., Ilumäe, E., Järvan, M., Paalman, K. (2011). Põllukultuuride saak ja kvaliteet sõltuvalt agrotehnikast. Saku: Eesti Maaviljeluse Instituut. 92 lk.

Annuk, T. (2021). Peatükk 14. Liblikõieliste kahjurid ja haigused. E. Loit, I. Keres (koost). *Taimekasvatus: õpik kõrgkoolidele* (lk 185-198). Tartu: Eesti Maaülikool.

Annuk, T. (2022). Kevili põllujalutus, nädal 23 [veebileht]. https://www.kevili.ee/pollujalutus/2022/359-kevili-pollujalutus-naedal-27 (10.05.2025).

Annuk, T., Loit, E. (2021). Peatükk 13. Liblikõieliste kasvatamine. E. Loit, I. Keres (koost). *Taimekasvatus: õpik kõrgkoolidele* (lk 177-184). Tartu: Eesti Maaülikool.

Baka, Z. A. M. (2015). Efficacy of wild medicinal plant extracts against predominant seed-borne fungi of broad bean cultivars. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, *50*(1), 45–65.

Barrett, T., Beck, J., Benson, D.A., Bollin, C., Bolton, E., & Bourexis, D., Brister, J., Bryant, S. H., Canese, K., Clark, K., Dicucci, M., Dondoshansky, I., Federhen, S., Feolo, M., Funk, K., Geer, L., Gorelenkov, V., Hoeppner, M., Holmes, B., Zbicz, K., (2015). Database resources of the National Center for Biotechnology Information. *Nucleic Acids Research*, *43*(D1), D6–D17. https://doi.org/10.1093/nar/gku1130

Bender, I. (2018). Maalehe herne- ja oaraamat. Tallinn: Hea Lugu. 107 lk.

Bensch, K., Braun, U., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2012). The genus Cladosporium. *Studies in Mycology*, *72*(1), 1–401.

Benzohra, I. E., & Belaidi, H. (2020). Screening of Faba Bean (Vicia faba L.) Germplasm Accessions against Grey Mould Disease Caused by Botrytis fabae Sard. *Agricultural Science Digest*. https://arccjournals.com/journal/agricultural-science-digest/D-265

Bhutta, A. R. (2000). Seed-borne disease problems of legume crops in Pakistan. *Biological Sciences - PJSIR*, *43*(4), 249–254. https://v2.pjsir.org/index.php/biological-sciences/article/view/2043

Bób I Broad bean (*n.d.*). PlantiCo - Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze Zielonki. https://plantico.pl/wp-content/uploads/2022/05/bob-groch-ziel-14-14-47683-2.pdf (26.03.2025).

Boligłowa, E., Gleń, K., Gospodarek, J., & Skoczowski, A. (2013). Evaluation of chemical protection effect on healthiness of broad bean leaves and elements of yielding. *Proceedings of ECOpole, Vol. 7, No. 1*.

Brauna-Morzevska, E., Bankina, B., Kaneps, J. (2019). *Botrytis genus fungi as causal agents of legume diseases: A review. 63–69. https://doi.org/10.22616/rrd.25.2019.050*

Brauna-Morževska, E., Bankina, B., Kaņeps, J. (2019). Botrytis genus fungi as causal agents of legume diseases: A review. - *Research for Rural Development*. Vol. 2, pp. 63-69.

Caracuta, V., Barzilai, O., Khalaily, H., Milevski, I., Paz, Y., Vardi, J., Regev, L., & Boaretto, E. (2015). The onset of faba bean farming in the Southern Levant. *Scientific Reports*, *5*(1), 14370. https://doi.org/10.1038/srep14370

Chang, K. F., Conner, R. L., Hwang, S. F., Ahmed, H. U., McLaren, D. L., Gossen, B. D., & Turnbull, G. D. (2014). Effects of seed treatments and inoculum density of Fusarium avenaceum and Rhizoctonia solani on seedling blight and root rot of faba bean. *Canadian Journal of Plant Science*, *94*(4), 693–700. https://doi.org/10.4141/cjps2013-339

Chen, Q., Hou, L. W., Duan, W. J., Crous, P. W., & Cai, L. (2017). *Didymellaceae* revisited. *Studies in Mycology*, *87*(1), 105–159. https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.06.002

Crops and livestock products (*n.d.*). – *Food and Agriculture Organization of the United Nations.* https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (06.04.2025).

Crous, P. W., & Groenewald, J. Z. (2013). A phylogenetic re-evaluation of Arthrinium. *IMA Fungus*, *4*(1), 133–154. https://doi.org/10.5598/imafungus.2013.04.01.13

Das, R. S., Zhu, X., Hannon, S., Mullins, E., Alves, S., Garcia-Vaquero, M., & Tiwari, B. K. (2023). Exploring Osborne fractionation and laboratory/pilot scale technologies (conventional extraction, ultrasound-assisted extraction, high-pressure processing and hydrodynamic cavitation) for protein extraction from faba bean (*Vicia faba L.*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *89*, 103487.

De Long, J. R., van Malland, F., de Buck, A., & van den Berg, M. (2023). Wheat and faba bean intercropping and cultivar impacts on morphology, disease, and yield. *Agronomy Journal*, *115*(6), 3010–3024.

Dean, R., Van Kan, J. a. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., & Foster, G. D. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, *13*(4), 414–430. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x

Delgado-Baquerizo, M., Guerra, C. A., Cano-Díaz, C., Egidi, E., Wang, J.-T., Eisenhauer, N., Singh, B. K., & Maestre, F. T. (2020). The proportion of soil-borne pathogens increases with warming at the global scale. *Nature Climate Change*, *10*(6), 550–554.

Dell'Olmo, E., Tiberini, A., & Sigillo, L. (2023). Leguminous Seedborne Pathogens: Seed Health and Sustainable Crop Management. *Plants*, *12*(10), 2040. https://doi.org/10.3390/plants12102040

DeMers, M. (2022). Alternaria alternata as endophyte and pathogen. *Microbiology*, *168*(3), 001153.

Deng, X., Yang, J., Wan, Y., Han, Y., Tong, H., & Chen, Y. (2023). Characteristics of Leaf Spot Disease Caused by Didymella Species and the Influence of Infection on Tea Quality. *Phytopathology®*, *113*(3), 516–527. https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-22-0202-R

Dubey, S.C., Patel, B. (2000). Mode of perpetuation and spread of Alternaria blight of broad bean. *Indian Phytopathology*, *53*(2), Article 2.

Eesti meteoroloogia aastaraamat 2020 (2021). K. Loodla, E. Tillmann, A. Kallis, R. Pärg, K. Vint, E. Juust, M. Krabbi, V. Šišova, M. Kivisild (koost). Tallinn: Keskkonnaagentuur. 102 lk. https://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2022/07/meteoroloogia_aastaraamat_2020.pdf

Elad, Y., Vivier, M., & Fillinger, S. (2016). Botrytis, the Good, the Bad and the Ugly. In S. Fillinger & Y. Elad (Eds.), *Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems* (pp. 1–15). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0_1

El-Dawy, E. G. A. E. M., Gherbawy, Y. A., & Hussein, M. A. (2021). Morphological, molecular characterization, plant pathogenicity and biocontrol of Cladosporium complex groups associated with faba beans. *Scientific Reports*, *11*(1), 14183.

El-Fawy, M. M., Ahmed, S. A., Korrat, R. A. A., Abo-Elyousr, K. A. M., Mousa, M. A. A., Ibrahim, O. H. M., & Saeed, A. S. (2024). Effectiveness of Epicoccum nigrum and Silver Nanoparticles in Controlling Chocolate Spot Disease and Enhancing Growth and Yield of Faba Bean (Vicia faba L.). *Journal of Crop Health*, *76*(2), 411–424. https://doi.org/10.1007/s10343-023-00963-9

El-Kady, I. A., El-Maraghy, S. S. M., & Zohri, A. A. (1991). Mycotoxin production on different cultivars and lines of broad bean (Vicia faba L.) seeds in Egypt. *Mycopathologia*, *113*(3), 165–169. https://doi.org/10.1007/BF00436122

El-Mougy, N. S., & Abdel-Kader, M. M. (2009). *Seed and Soil Treatments as Integrated Control Measure Against Faba Bean Root Rot Pathogens*.

El-Mougy, S.N., Abdel-Kader, M.M., Shabn, A.M., Abdel-Aziz, A. (2016). Broad bean a new host of leaf spot disease caused by Alternaria tenuissima in North Egypt. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(3): 571-579.

Elwakil, M. A., El-Refai, I. M., Awadallah, O. A., El-Metwally, M. A., & Mohammed, M. S. (2009). Seed-Borne Pathogens of Faba Bean in Egypt: Detection and Pathogencity. *Plant Pathology Journal*, *8*(3), 90–97.

Ertoy, N. (2023). Morphological and Molecular Characterization of Alternaria alternata Causing Leaf Spot in Faba Bean (Vicia faba L.) and Determination of The Disease Reactions of Some Faba Bean Varieties Grown in Turkey. *Gesunde Pflanzen*, *75*(3), 637–645.

Faba Bean Southern Region (2017). Grains Research and Development Corporation [veebileht]. https://grdc.com.au/resources-and-publications/grownotes/crop-agronomy/faba-bean-southern-region-grownotes (14.05.2025).

Gardes M., Bruns T.D. (1993). ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizas and rusts - *Molecular Ecology*. Vol. 2, No. 2, pp. 113-118.

Gebeyaw, M. (2020). Review on: Impact of Seed-Borne Pathogens on Seed Quality. *American Journal of Plant Biology*, *5*(4), 77-81.

Gillot, G., Jany, J.-L., Coton, M., Floch, G. L., Debaets, S., Ropars, J., López-Villavicencio, M., Dupont, J., Branca, A., Giraud, T., & Coton, E. (2015). Insights into Penicillium roqueforti Morphological and Genetic Diversity. *PLOS ONE*, *10*(6), e0129849. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129849

Gleń, K., Boligłowa, E., & Gospodarek, J. (2011). Healthiness of broad bean stem base depending on applied protection. *Progress in Plant Protection, Vol. 52. No. 4.*

Gleń, K., Boligłowa, E., & Gospodarek, J. (2013). The fungal community colonizing broad bean seeds depending on the biological protection. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, *Vol. 58*(nr 3).

Gleń-Karolczyk, K., Boligłowa, E., & Gospodarek, J. (2016). Mycological purity of broad bean (Vicia faba L.) seeds in the conditions of companion planting and differentiated protection. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, *61*(3).

Gleń-Karolczyk, K., Boligłowa, E., Gospodarek, J., Antonkiewicz, J., & Luty, L. (2021). Effect of Seed Dressing and Soil Chemical Properties on Communities of Microorganisms Associated with Pre-Emergence Damping-Off of Broad Bean Seedlings. *Agronomy*, *11*(9), 1889. https://doi.org/10.3390/agronomy11091889

Guevara-Suarez, M., Cárdenas, M., Jiménez, P., Afanador-Kafuri, L., & Restrepo, S. (2022). Colletotrichum Species Complexes Associated with Crops in Northern South America: A Review. *Agronomy*, *12*(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/agronomy12030548

Habtegebriel, B., & Boydom, A. (2016). Integrated Management of Faba Bean Black Root Rot (Fusarium solani) through Varietal Resistance, Drainage and Adjustment of Planting Time. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, *7*(7). https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000363

Haddoudi, I., Cabrefiga, J., Mora, I., Mhadhbi, H., Montesinos, E., & Mrabet, M. (2021). Biological control of *Fusarium* wilt caused by *Fusarium equiseti* in *Vicia faba* with broad

spectrum antifungal plant-associated *Bacillus* spp. *Biological Control*, *160*, 104671. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104671

Hagag, A., Abdelwahab, M. F., Abd El-kader, A. M., & Fouad, M. A. (2022). The endophytic Aspergillus strains: A bountiful source of natural products. *Journal of Applied Microbiology*, *132*(6), 4150–4169.

Hai, K. M. A. E.-. (2015). Controlling of Alternaria Leaf Spot Disease on Faba Bean Using some Growth Substances. *Asian Journal of Plant Pathology*, *9*(3), 124–134.

Han, X., Chakrabortti, A., Zhu, J., Liang, Z.-X., & Li, J. (2016). Sequencing and functional annotation of the whole genome of the filamentous fungus Aspergillus westerdijkiae. *BMC Genomics*, *17*(1), 633.

Harrison, J. G. (1984). Effect of humidity on infection of field bean leaves by *Botrytis fabae* and on germination of conidia. *Transactions of the British Mycological Society*, *82*(2), 245–248. https://doi.org/10.1016/S0007-1536(84)80066-2

Harrison, J. G. (1988). The biology of Botrytis spp. On Vicia beans and chocolate spot disease-a review. *Plant Pathology*, *37*(2), 168–201. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1988.tb02064.x

Hassan, E.-S., Abd-El-Ghany, R., & Gendy, E. (2013). Effect of some Fungicides and Bioagents on Controlling Seed-Borne Diseases on Faba Bean. *Egyptian Journal of Phytopathology*, *41*(1), 67–87. https://doi.org/10.21608/ejp.2013.101984

Heuchert, B., Braun, U., & Schubert, K. (2005). *Morphotaxonomic revision of fungicolous Cladosporium species (hyphomycetes).*

Hou, L. W., Groenewald, J. Z., Pfenning, L. H., Yarden, O., Crous, P. W., & Cai, L. (2020). The phoma-like dilemma. *Studies in Mycology*, *96*, 309–396. https://doi.org/10.1016/j.simyco.2020.05.001

Index Fungorum (*n.d.*). Index Fungorum Partnership. https://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp (16.05.2025).

Jellis, G. J., & Punithalingam, E. (1991). Discovery of *Didymella fabae* sp. Nov., the teleomorph of *Ascochyta fabae*, on faba bean straw. *Plant Pathology*, *40*(1), 150–157. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1991.tb02305.x

Jõgeva (*s. a.*). Maaelu Teadmuskeskus [veebileht]. https://metk.agri.ee/jogeva (26.03.2025).

Kaarli, K. (1998). Hernes ja uba. Jäneda: Jäneda Õppe- ja Nõuandekeskus. 45 lk.

Kaiser, W. J. (1997). Inter- and intranational spread of ascochyta pathogens of chickpea, faba bean, and lentil. *Canadian Journal of Plant Pathology*, *19*(2), 215–224. https://doi.org/10.1080/07060669709500556

Kalev, S., Raudseping, M., Niiberg, T. (2002). Uba aias ja köögis. Tallinn: Maalehe Raamat. 126 lk.

Kalev, S., Raudseping, M., Niiberg, T. (2002). Uba aias ja köögis. Tallinn: Maalehe Raamat. 126 lk.

Kallavus, T. (2020). Põldoa sortide kasurite ja kahjurite kasvuaegne dünaamika. Magistriröö. Eesti Maaülikool: Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu. 68 lk. http://hdl.handle.net/10492/5853

Kallavus, T., Kruus, E., Ploomi, A., Metspalu, L., Jõgar, K. (2020). Oa-teramardikas valib sorte. *Agronoomia 2020*, lk 142-146.

Kallavus, T., Kruus, E., Ploomi, A., Metspalu, L., Jõgar, K. (2020). Oa-teramardikas valib sorte. - *Agronoomia 2020*. lk 142−146.

Kardos, N., & Demain, A. L. (2011). Penicillin: The medicine with the greatest impact on therapeutic outcomes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *92*(4), 677–687. https://doi.org/10.1007/s00253-011-3587-6

Kasprzyk, I., Kaszewski, B. M., Weryszko-Chmielewska, E., Nowak, M., Sulborska, A., Kaczmarek, J., Szymanska, A., Haratym, W., & Jedryczka, M. (2016). Warm and dry weather accelerates and elongates Cladosporium spore seasons in Poland. *Aerobiologia*, *32*, 109–126. https://doi.org/10.1007/s10453-016-9425-7

Katan, J. (2017). Diseases Caused by Soilborne Pathogens: Biology, Management and Challenges. *Journal of Plant Pathology*, *99*(2), 305–315.

Kaur, S., Kader ,Kazi A., Banniza ,Sabine, Davidson ,Robyne, & and Chatterton, S. (2025). Survey of foliar diseases in faba bean (Vicia faba L.), and pathogenicity of fungi associated

with diseases, on the Canadian Prairies. *Canadian Journal of Plant Pathology*, *0*(0), 1–12. https://doi.org/10.1080/07060661.2025.2456872

Kennedy, P. (2023). Identifying & Managing Disease in Faba Bean Crops [veebileht]. https://saskpulse.com/resources/identifying-managing-disease-in-faba-bean-crops/ (09.05.2025).

Keskkonnasõbraliku majandamise toetus (2015). RT I, 02.05.2015, 1.

Klug, K., Zhu, P., Pattar, P., Mueller, T., Safari, N., Sommer, F., Valero-Jiménez, C. A., Van Kan, J. A. L., Huettel, B., Stueber, K., Scheuring, D., Schroda, M., & Hahn, M. (2024). Genome Comparisons between Botrytis fabae and the Closely Related Gray Mold Fungus Botrytis cinerea Reveal Possible Explanations for Their Contrasting Host Ranges. *Journal of Fungi*, *10*(3), 216. https://doi.org/10.3390/jof10030216

Kosterin, O. E. (2015). The lost ancestor of the broad bean (Vicia faba L.) and the origin of plant cultivation in the Near East. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, *18*(4/1), 831. https://doi.org/10.18699/VJ15.118

Koutb, M., & Ali, E. H. (2010). Potential of Epicoccum purpurascens Strain 5615 AUMC as a Biocontrol Agent of Pythium irregulare Root Rot in Three Leguminous Plants. *Mycobiology*, *38*(4), 286–294. https://doi.org/10.4489/MYCO.2010.38.4.286

Krijgsheld, P., Bleichrodt, R., van Veluw, G. J., Wang, F., Müller, W. H., Dijksterhuis, J., & Wösten, H. A. B. (2013). Development in Aspergillus. *Studies in Mycology*, *74*(1), 1–29. https://doi.org/10.3114/sim0006

Kruus, E., Lauringson, E., Põldma, P., Kaasik, A., Leming, R. (2018). Kliimahaavatavus Eesti taimekasvatuses. - *Agronoomia 2018*. lk 155-170.

Lawrei, A. C., Wheeler, C. T. (1975). Nitrogen fixation in the root nodules of Vicia Faba l. In relation to the assimilation of carbon. Ii. The dark fixation of carbon dioxide. - New Phytologist vol 74 (3), lk 437-445.

Lawrence, D. P., Rotondo, F., & Gannibal, P. B. (2015). Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus Alternaria. *Mycological Progress*, *15*(1), 3.

Leas, R. (3. veebruar 2025). Põlduba on Eesti poelettidelt kadunud. *Eesti Rahvusringhääling*. https://www.err.ee/1609593854/polduba-on-eesti-poelettidelt-kadunud (29.04.2025).

Lee, W., Kim, J. S., Seo, C. W., Lee, J. W., Kim, S. H., Cho, Y., & Lim, Y. W. (2023). Diversity of Cladosporium (Cladosporiales, Cladosporiaceae) species in marine environments and report on five new species. *MycoKeys*, *98*, 87–111.

Li, S., Tang, Y., Fang, X., Qiao, T., Han, S., & Zhu, T. (2020). Whole-genome sequence of Arthrinium phaeospermum, a globally distributed pathogenic fungus. *Genomics*, *112*(1), 919–929. https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2019.06.007

Li, T., Im ,Jihyeon, & and Lee, J. (2022). Genetic Diversity of Epicoccum nigrum and its Effects on Fusarium graminearum. *Mycobiology*, *50*(6), 457–466. https://doi.org/10.1080/12298093.2022.2148394

Lillak, R. (2021). Peatükk 1. Taimekasvatuse areng Eesti Vabariigis. E. Loit, I. Keres (koost). *Taimekasvatus: õpik kõrgkoolidele* (lk 9-16). Tartu: Eesti Maaülikool.

Liu, F., Ma, Z. Y., Hou, L. W., Diao, Y. Z., Wu, W. P., Damm, U., Song, S., & Cai, L. (2022). Updating species diversity of *Colletotrichum* , with a phylogenomic overview. *Studies in Mycology*, *101*(1), 1–56. https://doi.org/10.3114/sim.2022.101.01

Lo Piccolo, S., Mondello, V., Giambra, S., Conigliaro, G., Torta, L., & Burruano, S. (2014). Arthrinium phaeospermum, Phoma cladoniicola and Ulocladium consortiale, New Olive Pathogens in Italy. *Journal of Phytopathology*, *162*(4), 258–263. https://doi.org/10.1111/jph.12179

Lv, J., Dong, Y., Dong, K., Zhao, Q., Yang, Z., & Chen, L. (2020). Intercropping with wheat suppressed Fusarium wilt in faba bean and modulated the composition of root exudates. *Plant and Soil*, *448*(1), 153–164. https://doi.org/10.1007/s11104-019-04413-2

Lõiveke, H., Ilumäe, E., & Akk, E. (2008). Teravilja mikrobioloogiast ja ohutusest. *Agraarteadus*, *XIX* (2), 38−45.

LYNX (2024). Norddeutsche Pflanzenzucht Hans-Georg Lembke KG [veebileht]. https://www.npz.de/en/varieties/field-beans/lynx/ (26.03.2025).

Lynx Spring Beans (2024). Seed Technology Ltd [veebileht]. https://www.seedtech.ie/lynx-victus-fanfare-spring-beans (26.03.2025).

M, Ammar., Gomah, N., Abouelhamd, M. (2013). Antifungal activity of prenylated flavonoids isolated *Tephrosia apollinea* L. against four phytopathogenic fungi. *Crop Protection*. 49. 21–25.

Ma, W., Yang, J., Ding, J., Zhao, W., Peng, Y.-L., & Bhadauria, V. (2022). Gapless reference genome assembly of Didymella glomerata, a new fungal pathogen of maize causing Didymella leaf blight. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 1022819. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1022819

Marino, A., Nostro, A., & Fiorentino, C. (2009). Ochratoxin A production by Aspergillus westerdijkiae in orange fruit and juice. *International Journal of Food Microbiology*, *132*(2), 185–189.

Martín, I., Gálvez, L., Guasch, L., & Palmero, D. (2022). Fungal Pathogens and Seed Storage in the Dry State. *Plants*, *11*(22), 3167. https://doi.org/10.3390/plants11223167

Martinson, R. (1. veebruar 2018). Huvi põldoa kasvatuse vastu on tekitanud seemnenappuse. *Maa Elu*. https://maaelu.postimees.ee/4394295/huvi-poldoa-kasvatuse-vastu-on-tekitanud-seemnenappuse (29.04.2025).

Mertoğlu, Ş., & Karaca, G. H. (2023). Fungi on bean seeds obtained from growers in Isparta province. *Mediterranean Agricultural Sciences*, *36*(1), Article 1. https://doi.org/10.29136/mediterranean.1093159

Moretti, A., & Sarrocco, S. (2016). Fungi. In B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 162–168). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00341-X

Mullastiku kaart (*s. a.*). [Kaardirakenduse andmekiht]. Maa- ja Ruumiamet. https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/mullakaart (22.03.2025).

Narits, L. (2018). Põldubade (*Vicia faba* L.) sordivõrdlus Jõgeval aastatel 2015–2017. *Agronoomia 2018*, lk 63-68.

Narits, L. (2024). Uued ja unustatud kaunviljad meie aedades. Tallinn: Kirjastus Varrak. 109 lk.

Nelson, E. B. (2018). The seed microbiome: Origins, interactions, and impacts. *Plant and Soil*, *422*(1–2), 7–34. https://doi.org/10.1007/s11104-017-3289-7

Nelson, P. E., Dignani, M. C., Anaissie, E. J. (1994). Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. - *Clinical Microbiology Reviews*. Vol. 7, No. 4, pp. 479–504.

Neme, A., Leta, A., Yones, A. M., Tahir, M. (2023). Seedborne mycoflora of faba bean (*Vicia fabae* L.) and evaluation of plant extract and *Trichoderma* species against mycelium growth of selected fungi, - *Heliyon*, Vol. 9 (6).

Nilsson R.H., Larsson K-H., Taylor A.F.S., Bengtsson-Palme J., Jeppesen T.S., Schigel D., Kennedy P., Picard K., Glöckner F.O., Tedersoo L., Saar I., Kõljalg U., Abarenkov K. (2018). The UNITE database for molecular identification of fungi: handling dark taxa and parallel taxonomic classifications - *Nucleic Acids Research*. Vol. 47, No. D1, pp. D259–D264.

Oguiba, B., Karkachi, N., Suárez-Estrella, F., Haouhach, S., Kihal, M., & López, M. (2023). Ascochyta blight (Ascochyta fabae) of faba bean (Vicia faba L.): Phenotypic and molecular characterization, pathogenicity and in vitro biological control by Bacillus spp. and Pseudomonas spp. *Archives of Biological Sciences*, *75*(1), 103–117. https://doi.org/10.2298/ABS230203009O

Orina, A., Gavrilova, O. P., Gagkaeva, T., Burkin, A., & Kononenko, G. (2020). The contamination of Fabaceae plants with fungi and mycotoxins. *Agricultural and Food Science*, *29*(3).

Plūduma-Pauniņa, I., Gaile, Z., Bankina, B., & Balodis, R. (2019). Variety, seeding rate and disease control affect faba bean yield components. - *Agronomy Research*. Vol. 17, No. 2, pp. 621–634. http://hdl.handle.net/10492/4793

PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuurid maakonna järgi (andmed uuendatud 29.01.2025). – *Eesti statistikaandmebaas*. https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281 (06.04.2025).

Podleśny. (2017). Occurrence of fungal diseases caused by fungi on faba bean (Vicia faba L. var. Minor Harz.) plants in different regions of Poland. *Progress in Plant Protection*, *57*(3). https://doi.org/10.14199/ppp-2017-029

Põlme, S., Abarenkov, K., Henrik Nilsson, R., Lindahl, B. D., Clemmensen, K. E., Kauserud, H., Nguyen, N., Kjøller, R., Bates, S. T., Baldrian, P., Frøslev, T. G., Adojaan, K., Vizzini, A., Suija, A., Pfister, D., Baral, H.-O., Järv, H., Madrid, H., Nordén, J., …Tedersoo, L. (2021). FungalTraits: a user friendly traits database of fungi and fungus-like stramenopiles. *Fungal Diversity*, *107*(1), 129–132. https://doi.org/10.1007/s13225-021-00470-0

Rahman, M. Z., Honda, Y., Islam, S. Z., Muroguchi, N., & Arase, S. (2002). Leaf Spot Disease of Broad Bean (vicia faba L.) Caused by Alternaria tenuissima—A New Disease in Japan. *Journal of General Plant Pathology*, *68*(1), 31–37.

Riiklike majanduskatsete tulemused 2015 (2016). Ü. Soorm, Ü. Põldur, E. Siro, R. Kaeval, L. Isak, M. Häusler, R. Peedel, J. Kukk, D. Peedel, T. Kangro (koost). Viljandi: Põllumajandusuuringute Keskus. 84 lk. https://metk.agri.ee/sites/default/files/documents/2022-12/2015aastakogumik.pdf

Riiklike majanduskatsete tulemused 2016 (2017). Ü. Soorm, Ü. Põldur, E. Siro, R. Kaeval, L. Isak, M. Häusler, R. Peedel, J. Kukk, T. Köster, T. Kangro (koost). Viljandi: Põllumajandusuuringute Keskus. 73 lk. https://metk.agri.ee/sites/default/files/documents/2022-12/2016aastakogumik.pdf

Rojas, E. C., Jensen, B., Jørgensen, H. J. L., Latz, M. A. C., Esteban, P., & Collinge, D. B. (2022). The Fungal Endophyte Penicillium olsonii ML37 Reduces Fusarium Head Blight by Local Induced Resistance in Wheat Spikes. *Journal of Fungi*, *8*(4), Article 4. https://doi.org/10.3390/jof8040345

Rottenberg, A. (2020). The origin of Vicia faba (Fabaceae): A quest of five decades. *Flora Mediterranea*, *30*. https://doi.org/10.7320/FlMedit30.365

Rubiales, D., & Khazaei, H. (2022). Advances in disease and pest resistance in faba bean. *Theoretical and Applied Genetics*, *135*(11), 3735–3756. https://doi.org/10.1007/s00122-021-04022-7

SAATE-UNION tootekataloog (23. Juuni 2018). Issuu [veebileht]. https://issuu.com/rapool_eesti/docs/rapool_su_est_web (26.03.2025).

Saber, W.I.A., Abd El-Hai, K.M., Ghoneem, K.M. (2009). Synergistic effect of *Trichoderma* and *Rhizobium* on both biocontrol of chocolate spot disease and induction of nodulation, physiological activities and productivity of Vicia faba. *J. Microbiol*, *4*(8), pp.286-300.

Schmey, T., Tominello-Ramirez, C. S., Brune, C., & Stam, R. (2024). Alternaria diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*, *25*(3), e13435.

Seidenglanz, M., & Huňady, I. (2016). Effects of faba bean (Vicia faba) varieties on the development of Bruchus rufimanus. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, *52*(1), 22–29.

Simonin, M., Briand, M., Chesneau, G., Rochefort, A., Marais, C., Sarniguet, A., & Barret, M. (2022). Seed microbiota revealed by a large-scale meta-analysis including 50 plant species. *New Phytologist*, *234*(4), 1448–1463. https://doi.org/10.1111/nph.18037

Singh, D., Sangle, U., Kumar, B., & Tripathi, H. (2012). Integrated Disease Management of Faba Bean. A. K. Singh., B. P., Bhatt (Eds.) *Faba Bean (Vicia faba L.): A potential leguminous crop of India* (pp. 279-301)

Skovbjerg, C. K., Knudsen, J. N., Füchtbauer, W., Stougaard, J., Stoddard, F. L., Janss, L., & Andersen, S. U. (2020). Evaluation of yield, yield stability, and yield–protein relationship in 17 commercial faba bean cultivars. *Legume Science*, *2*(3), e39.

Smith, J. E., Korsten, L., & Aveling, T. A. S. (1999). Infection process of *Colletotrichum dematium* on cowpea stems. *Mycological Research*, *103*(2), 230–234. https://doi.org/10.1017/S0953756298006868

Spring Bean Varieties Irish Recommended list 2025 (2025). Department of Agriculture, Food and the Marine. https://assets.gov.ie/317257/e3d25ac7-e025-41ca-a440-f9412fe84feb.pdf (26.03.2025).

Stoddard, F. L., Nicholas, A. H., Rubiales, D., Thomas, J., & Villegas-Fernández, A. M. (2010). Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research*, *115*(3), 308–318. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.07.002

Summerell, B. A. (2019). Resolving Fusarium: Current Status of the Genus. *Annual Review of Phytopathology*, *57*(Volume 57, 2019), 323–339. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082718-100204

Šišić, A., Baćanović-Šišić, J., Gamba, F. M., & Finckh, M. R. (2024). Didymella pinodella: An Important Pea Root Rot Pathogen in France to Watch Out For? *Journal of Fungi*, *10*(1), 44. https://doi.org/10.3390/jof10010044

Šišić, A., Baćanović-Šišić, J., Schmidt, H., & Finckh, M. R. (2022). Farming system effects on root rot pathogen complex and yield of faba bean (vicia faba) in Germany. *Frontiers in Plant Science*, *13*. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1009906

Zakaria, L. (2024). An Overview of Aspergillus Species Associated with Plant Diseases. *Pathogens*, *13*(9), Article 9.

Żelechowski, M., Olszewski, J., & Kulik, T. (2019). A Preliminary Survey of Cultured Fusaria from Symptomatic Legume Grains in North-Eastern Poland. *Toxins*, *11*(10), Article 10. https://doi.org/10.3390/toxins11100569

Zhang, M.-J., Zheng, X.-R., Li, H., & Chen, F.-M. (2023). Alternaria alternata, the Causal Agent of a New Needle Blight Disease on Pinus bungeana. *Journal of Fungi*, *9*(1), 71.

Zhao, Y., Deng, C., & Chen, X. (1990). Arthrinium Phaeospermum Causing Dermatomycosis, A New Record Of China. https://www.semanticscholar.org/paper/ARTHRINIUM-PHAEOSPERMUM-CAUSING-DERMATOMYCOSIS%2CA-OF-Zhao-Deng/37de1ecd42c4f0f9cb6a3409cfdad7ec694bf0f1

Zou, J., Zhang, T., Wen, G., Song, B., & Jiang, S. (2022). First Report of Penicillium olsonii Causing Postharvest Fruit Rot of Grape (Vitis vinifera) in China. *Plant Disease*, *106*(6), 1761. https://doi.org/10.1094/PDIS-10-21-2354-PDN

Živković, S., Ristić, D., & Stošić, S. (2021). First Report of Penicillium olsonii Causing Postharvest Fruit Rot on Tomato in Serbia. *Plant Disease*, *105*(8), 2246. https://doi.org/10.1094/PDIS-02-21-0323-PDN

Taguiam, J. D., Evallo, E., & Balendres, M. A. (2021). Epicoccum species: Ubiquitous plant pathogens and effective biological control agents. *European Journal of Plant Pathology*, *159*(4), 713–725. https://doi.org/10.1007/s10658-021-02207-w

Taifun (3. märts 2025). Canadian Food Inspection Agency [veebileht]. https://active.inspection.gc.ca/english/plaveg/pbrpov/cropreport/faba/app00008451e.shtml (26.03.2025).

Talhinhas, P., & Baroncelli, R. (2021). Colletotrichum species and complexes: Geographic distribution, host range and conservation status. *Fungal Diversity*, *110*(1), 109–198. https://doi.org/10.1007/s13225-021-00491-9

Taylor, J. W. (2011). One Fungus = One Name: DNA and fungal nomenclature twenty years after PCR. *IMA Fungus : The Global Mycological Journal*, *2*(2), 113–120. https://doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.02.01

Tivoli, B., & Banniza, S. (2007). Comparison of the epidemiology of ascochyta blights on grain legumes. *European Journal of Plant Pathology*, *119*(1), 59–76. https://doi.org/10.1007/s10658-007-9117-9

Tubby, K., Forster, J., Mullett, M., Needham, R., Smith, O., Snowden, J., & McCartan, S. (2023). Can the Seed Trade Provide a Potential Pathway for the Global Distribution of Foliar Pathogens? An Investigation into the Use of Heat Treatments to Reduce Risk of Dothistroma septosporum Transmission via Seed Stock. *Journal of Fungi*, *9*(12), 1190. https://doi.org/10.3390/jof9121190

Walde, F. (2020). Epidemiology of Chocolate Spot (Botrytis fabae sard.) and Faba Bean (Vicia faba l.) Resistance Potential for Disease Control in Ethiopia: A Review. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*. https://www.semanticscholar.org/paper/Epidemiology-of-Chocolate-Spot-(Botrytis-fabae-and-Walde/2799f5c030f2913352b8d3f0b3e878f005544edb

Wang, M., Tan, X.-M., Liu, F., & Cai, L. (2018). Eight new Arthrinium species from China. *MycoKeys*, *34*, 1–24. https://doi.org/10.3897/mycokeys.34.24221

White T.J., Bruns T.D., Lee S., Taylor J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics - *Mycologia*. Vol. 82, No. 2, pp. 315-322.

Wille, L., Messmer, M. M., Studer, B., & Hohmann, P. (2019). Insights to plant–microbe interactions provide opportunities to improve resistance breeding against root diseases in grain legumes. *Plant, Cell & Environment*, *42*(1), 20–40. https://doi.org/10.1111/pce.13214

Visagie, C. M., Houbraken, J., Frisvad, J. C., Hong, S.-B., Klaassen, C. H. W., Perrone, G., Seifert, K. A., Varga, J., Yaguchi, T., & Samson, R. A. (2014). Identification and nomenclature of the genus Penicillium. *Studies in Mycology*, *78*, 343–371. https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.001

Witten, S., Grashorn, M. A., & Aulrich, K. (2018). Precaecal digestibility of crude protein and amino acids of a field bean (*Vicia faba* L.) and a field pea (*Pisum sativum* L.) variety for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, *243*, 35–40.

Xue, A. G., Frégeau-Reid, J., Rowsell, J., Babcock, C., Hoekstra, G. J., & Sparry, E. (2004). Effect of harvesting time on incidence of seed-borne *Fusarium* spp. In spring wheat in eastern Ontario. *Canadian Journal of Plant Science*, *84*(3), 757–763. https://doi.org/10.4141/P03-206

Youssef, O. N., May, C. L., Mlayeh, O., & Kharrat, M. (2012). First report of Didymella fabae, teleomorph of Ascochyta fabae, on faba bean crop debris in Tunisia. *Phytopathologia Mediterranea*, *51*(2), Article 2. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-9496

Youssef, O. N., N., Halila, I., Mbazia, A., Bessaidi, Z., Missaoui, K., Kharrat, M., & Le May, C. (2023). Didymella fabae Punith.: Mating type occurrence, distribution and phenotyping of the anamorph Ascochyta fabae Speg. in Tunisia. *Frontiers in Plant Science*, *14*. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1176517

LISAD

Lisa 1. Molekulaaranalüüside tulemused

Proovi nr	Proovi tähis	Põldoa sort	DNA eraldus	PCR-i tulemused	Andmebaasi vaste
1	TU001	Jõgeva	05.01.22	+	*Botrytis* sp.
2	TU002	Jõgeva	05.01.22	+	*Fusarium equiseti*
3	TU003	Jõgeva	05.01.22	+	*Alternaria* sp.
4	TU004	Jõgeva	05.01.22	+	*Botrytis cinerea*
5	TU005	Jõgeva	05.01.22	+	*Cladosporium* sp.
6	TU006	Jõgeva	05.01.22	+	*Cladosporium* sp.
7	TU007	Jõgeva	05.01.22	+	*Alternaria tenuissima*
8	TU008	Jõgeva	05.01.22	+	*Cladosporium* sp.
9	TU009	Jõgeva	05.01.22	+	*Cladosporium* sp.
10	TU010	Jõgeva	05.01.22	-	-
11	TU011	Jõgeva	05.01.22	+	*Cladosporium* sp.
12	TU012	Jõgeva	05.01.22	+	*Fusarium equiseti*
13	TU013	Jõgeva	05.01.22	+	*Fusarium poae*
14	TU014	Jõgeva	05.01.22	+	*Fusarium poae*
15	TU015	Jõgeva	05.01.22	+	*Alternaria* sp.
16	TU016	Jõgeva	05.01.22	-	-
17	TU017	Jõgeva	05.01.22	+	*Fusarium poae*
18	TU018	Jõgeva	05.01.22	+	*Alternaria* sp.
19	TU019	Jõgeva	05.01.22	+	*Cladosporium* sp.
20	TU020	Jõgeva	05.01.22	-	*Aspergillus westerdijkiae*
21	TU021	Jõgeva	05.01.22	-	*Cladosporium* sp.
22	TU022	Jõgeva	05.01.22	-	-

23	TU023	Jõgeva	05.01.22	+	*Cladosporium* sp.
24	TU024	Jõgeva	05.01.22	+	*Cladosporium* sp.
25	TU025	Jõgeva	06.01.22	+	*Alternaria* sp.
26	TU107	Jõgeva	09.02.22	-	-
27	TU026	Taifun	06.01.22	+	*Cladosporium* sp.
28	TU027	Taifun	06.01.22	+	*Cladosporium* sp.
29	TU028	Taifun	06.01.22	+	*Cladosporium* sp.
30	TU029	Taifun	06.01.22	+	*Alternaria* sp.
31	TU030	Taifun	06.01.22	+	*Alternaria* sp.
32	TU031	Taifun	06.01.22	+	*Alternaria* sp.
33	TU032	Taifun	06.01.22	+	*Cladosporium* sp.
34	TU033-1	Taifun	06.01.22	-	-
35	TU033-2	Taifun	06.01.22	+	*Alternaria* sp.
36	TU034	Taifun	06.01.22	+	*Cladosporium* sp.
37	TU035	Taifun	06.01.22	+	*Alternaria* sp.
38	TU036	Taifun	06.01.22	-	-
39	TU037	Taifun	06.01.22	+	-
40	TU038	Taifun	06.01.22	+	-
41	TU039	Taifun	06.01.22	+	*Alternaria* sp.
42	TU040	Taifun	06.01.22	+	*Alternaria* sp.
43	TU041	Taifun	06.01.22	+	*Alternaria* sp.
44	TU042	Taifun	07.01.22	+	*Alternaria* sp.
45	TU043	Taifun	07.01.22	+	*Didymella* sp.
46	TU044	Taifun	07.01.22	+	*Alternaria* sp.
47	TU045	Taifun	07.01.22	-	-

48	TU046	Taifun	07.01.22	+	*Alternaria* sp.
49	TU047	Taifun	07.01.22	+	*Fusarium* sp.
50	TU048	Taifun	07.01.22	+	*Alternaria* sp.
51	TU049	Taifun	07.01.22	+	*Cladosporium* sp.
52	TU050-1	Taifun	07.01.22	+	*Penicillium olsonii*
53	TU050-2	Taifun	07.01.22	+	*Alternaria* sp.
54	TU051	Taifun	07.01.22	+	*Botrytis cinerea*
55	TU052	Taifun	07.01.22	-	-
56	TU053	Taifun	07.01.22	+	*Cladosporium* sp.
57	TU054	Lynx	07.01.22	+	*Alternaria tenuissima*
58	TU055	Lynx	07.01.22	+	*Cladosporium* sp.
59	TU056	Lynx	07.01.22	+	*Fusarium equiseti*
60	TU057	Lynx	07.01.22	+	-
61	TU058	Lynx	07.01.22	+	*Didymella* sp.
62	TU059	Lynx	07.01.22	+	*Aspergillus westerdijkiae*
63	TU060	Lynx	07.01.22	+	*Alternaria tenuissima*
64	TU061	Lynx	07.01.22	+	*Alternaria alternata*
65	TU062	Lynx	07.01.22	+	*Cladosporium* sp.
66	TU063	Lynx	07.01.22	+	*Alternaria tenuissima*
67	TU064	Lynx	07.01.22	-	-
68	TU065	Lynx	11.01.22	+	*Alternaria* sp.
69	TU066-1	Lynx	11.01.22	+	*Alternaria* sp.
70	TU066-2	Lynx	11.01.22	+	*Alternaria* sp.
71	TU067	Lynx	11.01.22	+	*Cladosporium* sp.
72	TU068	Lynx	11.01.22	+	*Alternaria tenuissima*

73	TU069-1	Lynx	11.01.22	+	*Cladosporium* sp.
74	TU069-2	Lynx	11.01.22	-	-
75	TU070	Lynx	11.01.22	+	*Fusarium equiseti*
76	TU071	Lynx	11.01.22	-	-
77	TU072	Lynx	09.02.22	+	*Cladosporium* sp.
78	TU073	Lynx	09.02.22	-	-
79	TU074	Lynx	11.01.22	+	*Alternaria tenuissima*
80	TU075	Lynx	11.01.22	+	*Didymella* sp.
81	TU076	Lynx	11.01.22	+	*Cladosporium* sp.
82	TU077	White Windsor	11.01.22	+	*Alternaria* sp.
83	TU078	White Windsor	08.02.22	+	*Didymella* sp.
84	TU079	White Windsor	08.02.22	+	*Didymella* sp.
85	TU080	White Windsor	08.02.22	+	*Epicoccum* sp.
86	TU081-1	White Windsor	08.02.22	+	*Cladosporium* sp.
87	TU081-2	White Windsor	08.02.22	+	*Alternaria tenuissima*
88	TU082	White Windsor	08.02.22	+	*Alternaria tenuissima*
89	TU083	White Windsor	08.02.22	+	*Didymella* sp.
90	TU084	White Windsor	08.02.22	+	*Fusarium avenaceum*
91	TU085	White Windsor	08.02.22	+	*Alternaria alternata*
92	TU086	White Windsor	08.02.22	+	*Botrytis cinerea*
93	TU087	White Windsor	08.02.22	+	*Cladosporium* sp.
94	TU088	White Windsor	08.02.22	+	*Alternaria* sp.
95	TU089	White Windsor	08.02.22	+	*Didymella* sp.
96	TU090	White Windsor	08.02.22	-	-
97	TU091	White Windsor	08.02.22	+	*Colletotrichum dematium* liigikompleks

98	TU092	White Windsor	08.02.22	+	*Arthrinium phaeospermum*
99	TU093	White Windsor	08.02.22	+	*Alternaria alternata*
100	TU094	White Windsor	08.02.22	+	*Alternaria alternata*
101	TU095	White Windsor	08.02.22	+	*Alternaria alternata*
102	TU096	White Windsor	08.02.22	+	*Didymella* sp.
103	TU097	White Windsor	08.02.22	+	*Arthrinium phaeospermum*
104	TU098	White Windsor	08.02.22	+	*Fusarium* sp.
105	TU099	White Windsor	08.02.22	+	*Alternaria alternata*
106	TU100	White Windsor	08.02.22	+	*Didymella* sp.
107	TU101	White Windsor	09.02.22	-	-
108	TU102	White Windsor	09.02.22	+	*Alternaria* sp.
109	TU103	White Windsor	09.02.22	+	*Cladosporium* sp.
110	TU104	White Windsor	11.01.22	+	*Alternaria* sp.
111	TU105-1	White Windsor	09.02.22	+	*Alternaria* sp.
112	TU105-2	White Windsor	11.01.22	+	*Alternaria* sp.
113	TU106	White Windsor	11.01.22	+	*Cladosporium* sp.
114	TU108	White Windsor	11.01.22	+	*Cladosporium* sp.
115	TU109	White Windsor	09.02.22	+	*Cladosporium* sp.
116	TU110	White Windsor	09.02.22	+	*Cladosporium* sp.
117	TU111	White Windsor	09.02.22	-	-
118	TU112	White Windsor	11.01.22	+	*Fusarium* sp.

Tähiste selgitused: „+“ tähistab positiivset tulemust ehk ITS1-F ja ITS4 praimeritega teostatud PCR oli positiivne; „-“ tähistab PCR-i puhul negatiivset tulemust ja sekveneerimise puhul ebaõnnestunud sekventsi määramist.

Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Meelis Kõiv, sünniaeg 05.02.1991,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö „Põldoa (*Vicia faba* L.) seemnetes säilivate fütopatogeensete seente tuvastamine“, mille juhendajad on Kaire Loit, Britt Puidet ja Liina Soonvald, salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi EMU DSpace lisamiseks ja Creative Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates lõputööd reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
2. olen teadlik, et lihtlitsentsiga antavad õigused jäävad alles ka mulle;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas)

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Juhendajad (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas)