

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra ochrany lesa a entomologie

**Využití termovizní kamery v ochraně
lesnicky a zemědělsky významných
rostlin a hub**

Bakalářská práce

Autor: Mgr. Miroslava Antlová
Vedoucí práce: RNDr. David Novotný, Ph.D.

2014

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Využití termovizní kamery v ochraně lesních a zemědělských rostlin vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Davida Novotného, Ph.D., a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne.....Podpis autora

Poděkování

Ráda bych poděkovala za ochotu a pečlivé vedení během přípravy bakalářské práce svému vedoucímu RNDr. Davidovu Novotnému, Ph.D. Současně patří velké díky mým nejbližším za trpělivost, vstřícnost a pomoc s organizováním volného času nezbytného k vypracování práce.

Abstrakt

Termovizní kamera je nástrojem zkoumání v mnoha oblastech vědy, techniky, průmyslu i zemědělství. Vyhodnocuje záření, které není možné objektivně zaznamenat lidským okem a je tak dalším nástrojem při hodnocení živých a neživých objektů.

Předložená práce je zaměřena na využití termovizní kamery v ochraně lesnické a zemědělsky významných rostlin a hub. Popisnou část tvoří charakteristika a technická specifikace použité termovizní kamery včetně příkladů současného i možného využití.

V praktické části byl proveden pokus s houbami *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus*. Uvedené houby *T. pleurotum* a *P. ostreatus* byly inokulovány do substrátu z pšeničných pelet a termovizní kamerou byla měřena jejich teplotní aktivita jednotlivě i ve vzájemné interakci.

Klíčová slova: termovize, termokamera, *Pleurotus ostreatus*, *Trichoderma pleurotum*, ochrana rostlin, ochrana lesa, ochrana hub

Summary

Infrared camera (IR camera) is a research tool in many fields of science, technology, industry and agriculture. It evaluates radiation which can't be objectively registered by human eye and so it's another tool in the evaluation of living and inanimate objects.

The presented thesis is focused to utilization of IR camera for protection of forestry and agriculturally important plants and fungi. Descriptive part consists characteristic and technical specifications used IR camera and it also includes examples of current and potential utilization.

An experiment with was made with fungi *Trichoderma pleurotum* and *Pleurotus ostreatus* is described in practical part. The fungi *T. pleurotum* and *P. ostreatus* were inoculated into the substrate composed from wheat pellets and the temperature of their activity (individually and also in their interaction) was measured by IR camera.

Keywords: thermography, IR camera, thermal camera, *Pleurotus ostreatus*, *Trichoderma pleurotum*, plant protection, forest protection, fungi protection

Obsah

Úvod	7
1. Rešeršní část	8
1.1. Termovizní kamera a její princip	8
1.2. Charakteristika termovizní kamery FLIR B335	11
1.3. Současné nejčastější využití termovizní kamery	15
1.4. Hlíva ústřičná (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	17
1.5. Houby rodu <i>Trichoderma</i>	19
2. Pokus, část praktická	21
2.1. Materiál.....	21
2.2. Metodika.....	22
2.3. Výsledky.....	23
2.3.1. Srovnání rukávu zaočkovaného <i>Pleurotus ostreatus</i> s kontrolním vzorkem.....	23
2.3.2. Srovnání rukávu zaočkovaného <i>Trichoderma pleurotum</i> a kontrolního vzorku	26
2.3.3. Srovnání rukávu zaočkovaného současně <i>Pleurotus ostreatus</i> a <i>Trichoderma pleurotum</i> s kontrolním vzorkem.....	28
2.3.4. Zhodnocení změny teploty v rukávu substrátu naočkovaného současně <i>Trichoderma pleurotum</i> a <i>Pleurotus ostreatus</i> bez folie	31
2.4. Diskuse.....	32
Závěr.....	34
Seznam použité literatury	35

Úvod

Termovizní kamera představuje v současné době nástroj pokroku ve vědě i technice.

Termokamery jsou využívány ve stavebnictví při ochraně proti vlhkosti, kontrole účinnosti a kvality vyhotovení či instalace izolačního materiálu, ve strojírenství při výrobě, při hodnocení pevnosti a odolnosti materiálů, ve zdravotnictví při zobrazování postižených tkání a následné lokalizaci onemocnění a zdrojů bolesti.

V lesnictví a zemědělství, vč. ochrany před škodlivými činiteli, jsou dosud termovizní kamery využívány velmi málo.

Rešeršní část práce směřovala ke zhodnocení lesnické a zemědělské významných rostlin a hub. V praktické části byla na pokusu s houbami *Pleurotus ostreatus* a *Trichoderma pleurotum* demonstrována možnost termovizního zobrazení uvolněného metabolického tepla během růstu kolonií hub, bylo poukázáno na rozšíření jejich mycelia a popsán vzájemný vztah.

1. Rešeršní část

1.1. Termovizní kamera a její princip

Termovizní kamera je zařízení schopné zviditelnit tepelné záření emitované objekty teplejšími než 0 Kelvinů, tedy tělesy o teplotě vyšší než $-273,15^{\circ}\text{C}$. Právě tepelné záření se na stupnici elektromagnetického spektra pohybuje v rozmezí délek μm . Termokamera je pasivním zařízením zobrazujícím rozdíl tepelného vyzařování objektů. Výsledek tohoto zobrazení, tzv. termogram, je digitálním infračerveným obrazem složeným z teplot, které byly měření nasnímány z cílové scény, přepočítány a zobrazeny. V tomto obraze je různým teplotám přiřazena určitá barva. Světlejším barvám jsou přiřazeny vyšší povrchové teploty, tmavším barvám nižší povrchové teploty (ANONYMOUS e, 2011).

Současné termokamery umožňují volbu barevného režimu pro zobrazení snímaného infračerveného obrazu. Záření měřené kamerou nezávisí pouze na teplotě snímaného objektu, ale také na emisivitě, druhu i teplotě okolního prostředí, která je objektem zachycována i odrážena (ANONYMOUS e, 2011).

Základními částmi termovizní kamery jsou:

- zobrazovací optická část
- detekční část
- zobrazovací a záznamová část (TUREČEK, 2008)

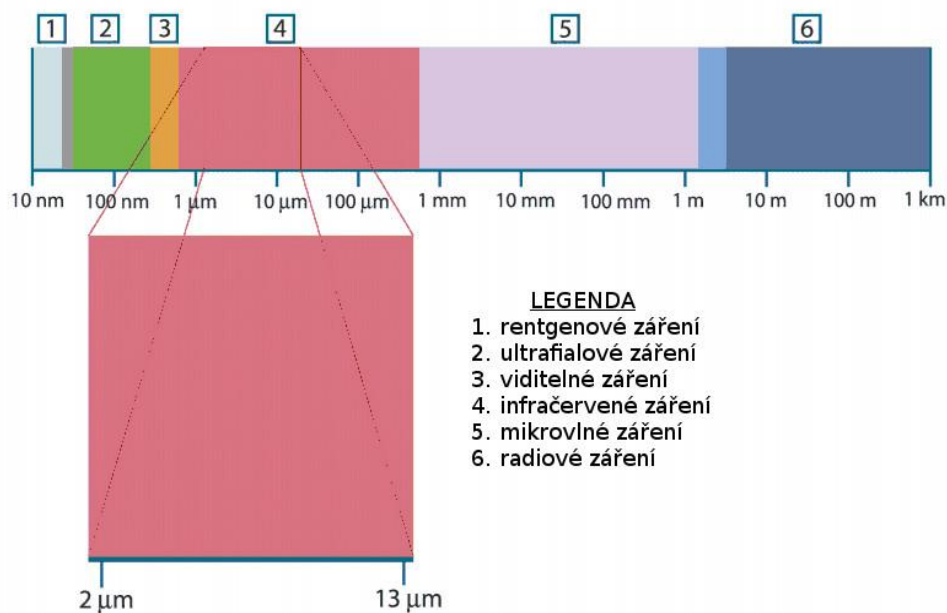
Zobrazovací optická část je složenou soustavou čoček. Používaným transparentním materiálem pro infračervenou oblast je germanium (Ge), který právě v rozmezí vlnových délek 1,5 až 20 μm vykazuje nejlepších výsledků (obr. č. 1 a obr. č. 2) (SVOBODA, 2005; JANDORA, 2014).

Detekční část slouží k převodu dopadající tepelné energie na elektrický náboj. K dosažení dostatečné efektivity měření, musí mít dílčí detekční obrazový element rozměry rovnající se přibližně desetinásobku vlnové délky detekovaného záření. Nízkého šumu výstupního signálu je dosahováno při nízkých teplotách, proto je výhodné termovizní kameru vybavit chlazením. Chladicí motory jsou však větší, a proto se pro přenosné termovizní kamery používá systému pomocného chlazení využívající tzv. Peltierův jev. Jde o systém

termoelektrického chlazení při průchodu elektrického proudu stykem dvou různých kovů či polovodičů (TUREČEK, 2008).

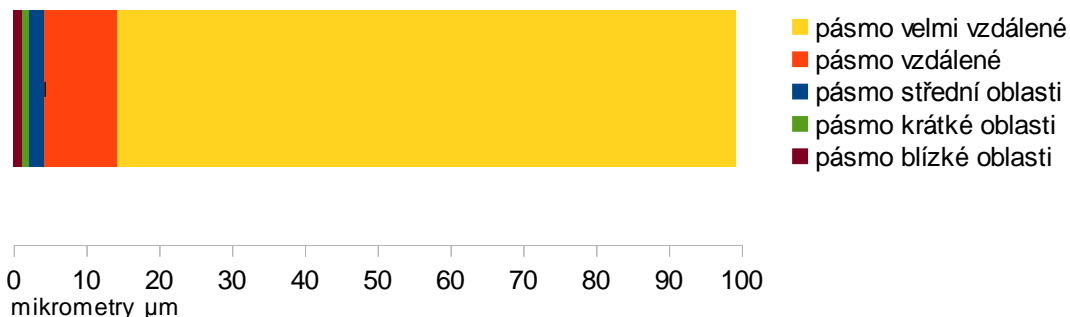
Zobrazovací monitory představí teplotní pole buď barevně, nebo v šedé škále.

Obr. č. 1: Rozložení elektromagnetického spektra



(SVOBODA, 2005).

Obr. č. 2: Rozdělení infračervené oblasti



pásma blízké oblasti	0.75 – 2 μm
pásma krátké oblasti	2 – 3 μm
pásma střední oblasti	3 – 5 μm
pásma vzdálené	5 – 15 μm
pásma velmi vzdálené	15 – 100 μm

(dle JANDORA, 2014).

K přesnému měření je tedy třeba zadat do termovizní kamery následující:

- emisivitu objektu
- teplotu odraženého záření
- teplotu okolní atmosféry
- relativní vlhkost
- vzdálenost mezi objektem a kamerou

(ANONYMOUS k, 2011).

Emisivitou se rozumí poměr celkového vyzařování energie povrchu zkoumaného objektu za dané teploty k celkové vyzařované energii absolutně černého tělesa za při téže teploty. Emisivita udává číslo v intervalu od 0 po 1 (ANONYMOUS e, 2011). Hodnoty emisivity některých těles lze zjistit z tabulek, které poskytuje výrobce termokamer (ANONYMOUS k, 2011).

Pokud má zkoumaný objekt velmi nízkou emisivitu, slouží ke speciální úpravě povrchu před měřením pomůcky ThermaSpot a ThermaSpray 800. ThermaSpot jsou bílé nebo černé samolepící štítky, různých velikostí a o vysoké emisivitě, které se nalepí na zkoumaný objekt (ANONYMOUS i, 2014). Lze je využít pro jednorázové i opakované měření. Jedná se o případy, kdy má zkoumaný objekt velmi nízkou nebo neznámou emisivitu, nebo je-li potřeba stanovit referenční měřicí bod. ThermaSpray je opět v černé a bílé barvě, slouží v podstatě ke stejnému účelu. Vhodný je pro úpravu povrchu objektů s nízkou nebo neznámou emisivitou zejména při opakovaných měřeních (ANONYMOUS j, 2014).

Jak již bylo uvedeno, k přesnému měření je třeba nastavení mnoha parametrů. Současné termokamery, stejně tak i termovizní kamera B335, je vybavena korekcí zmíněných parametrů (SVOBODA, 2005). Pro zjištění rozdílu zkoumaných teplot, postačuje často vědět velikost rozdílu, nikoliv stoprocentní hodnoty. V praxi a při měření v terénu je nutné počítat s rušivými faktory, kterými je například vítr, déšť, sníh či velká vzdálenost pozorovaného objektu.

Princip termovizního obrazu je obdobný jako u filmů nebo CCD prvků digitálních fotonářístrojů. V obrazové rovině jsou umístěny světlocitlivé elementy, které zachytí obraz. Do ohniskové roviny objektivu se umístí registrační plocha detektoru termovizní kamery (TUREČEK, 2008)

Asi největší výhodou termokamer je jejich přesnost, moderní softwarové vybavení umožňující složité výpočty, měření, vyhodnocování, grafy a odpovědi na nejrůznější otázky u zkoumaného objektu. Nejslabším místem je pak jejich pořizovací cena (TUREČEK, 2008).

1.2. Charakteristika termovizní kamery FLIR B335

V současné době nabízí termovizní kamery výrobci FLIR Systems, Jenoptik, Cantonk, firma IRC, CCTV či Nippon Avionics.

Použitá termovizní kamera spadá z hlediska kategorizace výrobce firmy FLIR do řady B, tj. je konstrukčně vyvinutá především pro diagnostiku a údržbu budov ve stavebnictví, kde umožní lokalizovat konstrukční nedostatky, chyby při výstavbě, nedokonalost či vady v izolaci, konstrukce oken i dveří a tedy tím i

minimalizovat energetické ztráty a sekundárně chránit životní prostředí (ANONYMOUS d, 2013).

Kamera B335 svou výkonností i vybaveností spadá do kategorie střední třídy. Tato kamera je přenosná a nechlazená a je možné je ji ovládat jednou rukou. Její hmotnost včetně vyjímatelného akumulátoru je nižší než 880 gramů. Provoz akumulátoru na jedno nabití je 4 hodiny (ANONYMOUS d, 2013).

Foto č. 1: Termovizní kamera FLIR B335

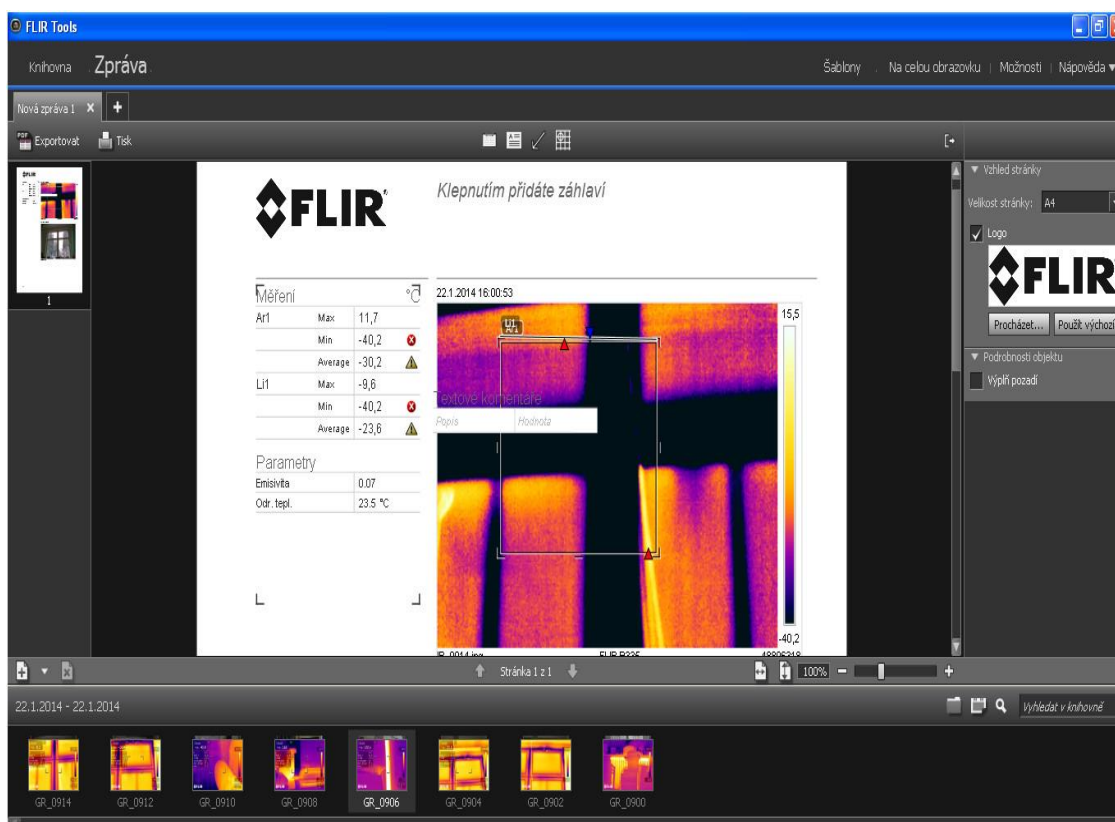


Základní rozlišení detektoru je 320 x 240 pixelů. Obnovovací frekvence je v režimu 9 nebo 30 Hz, čímž dosahuje teplotní citlivosti 0,05°C. Teplotní rozsah činí 20 až 120 °C. Termovizní kamera disponuje 3,5'' velkým dotykovým displejem pro rychlý přístup do menu i prohlížení vlastních poznámek. Mezi další funkce termokamery se řadí propojení reálného obrazu s termoobrazem a v neposlední řadě vestavná digitální videokamera s citlivostí 3,1 Mpx. Kamera je vybavena přídatným světlem pro přisvětlení reálné scény ve tmavých prostorách, vestavným laserovým zaměřovačem k označení měřeného objektu a možností každý termogram doplnit zvukovou poznámkou. Ostření obrazu lze nastavit jako ruční nebo plně automatické a za pomoci výměnných objektivů lze měření provádět na delší či kratší vzdálenosti (objektivy 6°, 15°, 45° a 90°, jakož i makroobjektivy) (ANONYMOUS d, 2013).

Termovizní kamera umožňuje celou řadu funkcí a výpočtů, například – až 5 oblastí měření označených hodnotami MIN/MAX/průměr, automatickou detekci teplých a studených bodů ve vybrané oblasti a další. Teplotní obrazy se ukládají buď na SD kartu, nebo je lze pomocí USB kabelu rovnou odeslat do uživatelsky vhodného programu (ANONYMOUS d, 2013).

Práce s nasnímanými obrazy je umožněna prostřednictvím několika programů. V první řadě společnost FLIR ke všem kamerám nabízí software pro obecné použití, výzkum a vývoj a programy pro automatizaci a řízení technologických procesů. V sekci programů pro obecné použití je to freewarový program FLIR Tools nebo jeho placená verze FLIR Tools+. Tento program umožní práci s pořízenými termovizními a fotografickými obrazy, jejich úpravu, korekci nastavených hodnot jakými jsou emisivita a okolní teplota v průběhu měření. Uživatelé mají možnost výběru výřezu, elipsy, přímky či libovolných bodů, ze kterých zjistí údaj o nejvyšší a nejnižší teplotě bodu a jejich vzájemný průměr. Zpracovaný výsledek si uživatel poté může přímo vytisknout (ANONYMOUS d, 2013).

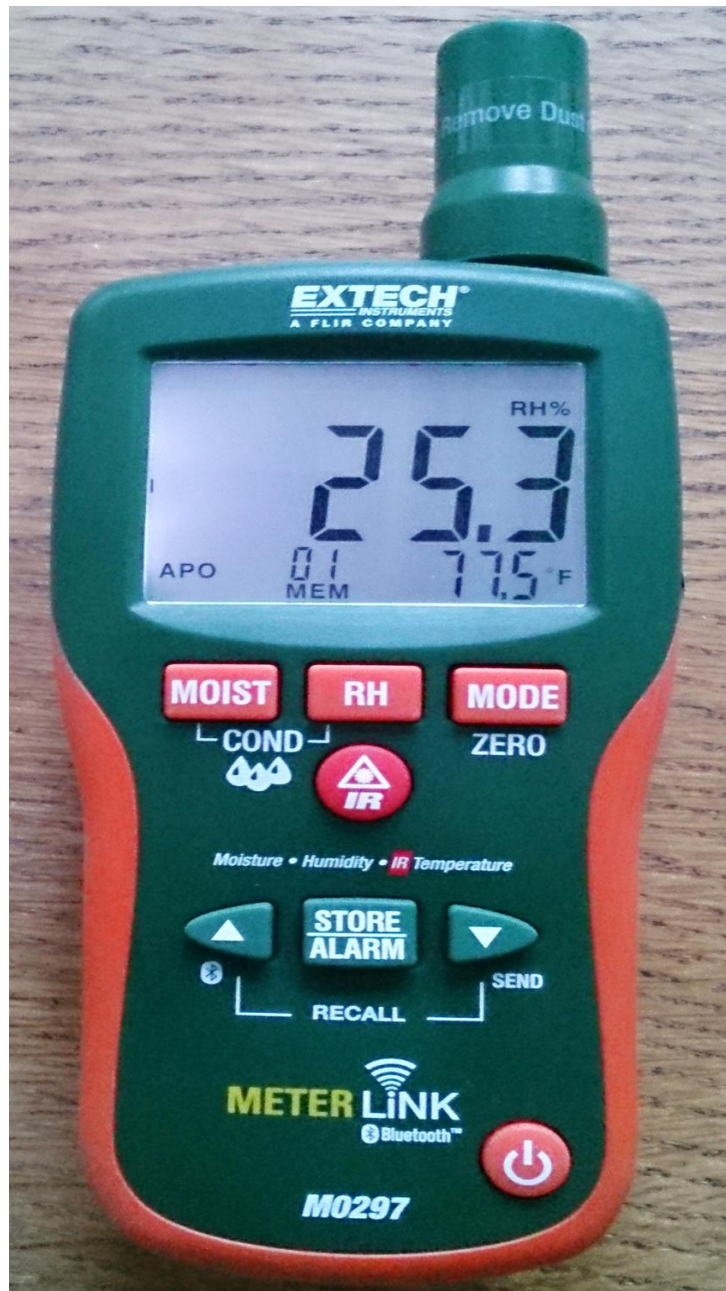
Foto č. 2: Práce s nasnímaným obrazem v prostředí programu FLIR Tools



Rovněž placenou a vylepšenou uživatelskou alternativou je program FLIR Reporter 9.2 Pro.

Přesné nastavení teploty a vlhkosti umožňuje technologie MeterLink™, a sice propojením s vlhkoměrem – teploměrem, přístrojem Extech MO297. Propojení probíhá bezdrátově pomocí technologie bluetooth. Takto lze zjistit teplotu okolního prostředí, vlhkost, přístroj spočítá rosný bod a současně uloží až 20 naměřených hodnot (ANONYMOUS d, 2013).

Foto č. 3: Vlhkoměr - teploměr Extech MO297



1.3. Současné nejčastější využití termovizní kamery

Nejnámější komerční využití termokamer spočívá v měření a kontrole stavebních objektů, jejich izolačních materiálů kvůli možnému úniku tepla, jejich střešních konstrukcí a detekci vniknutí vlhkosti s následným vznikem plísní a dalších interiérových kontrol s ohledem k uvedenému (ANONYMOUS c, 2013).

Strojírenství využívá termovizních kamer ke kontrole a zdokonalení

výrobních procesů, zkoušek pevností materiálu, rozvodů a nejrůznějších jisticích prvků (ANONYMOUS b, 2013).

Ve zdravotnictví a veterinárním lékařství se pomalu a jistě rozšiřuje obzor ve čtení teplotních obrazů zvířat a lidského těla. Onemocnění, bolesti, které nejsou viditelné, odhalí termokamera zobrazením částí těla se zvýšeným průtokem krve, se zánětem a produkcí většího množství tepla. Studium lidského těla pomocí termokamery má široké rozpětí, za předpoklady využití a výborné znalosti anatomie člověka. V dostihovém byznysu poměrně značná pořizovací cena vyváží zisky z rychlého odhalení jakékoliv s bolestí spojené disbalance (ANONYMOUS h, 2013; ANONYMOUS g, 2013).

U rostlin se vychází z toho předpokladu, že ve zdravé rostlině či stromě funguje transpirační proud, který rostlinný organismus jednoduše ochlazuje. Ve stromě, který je nějakým způsobem oslaben nebo narušen, dochází také k narušení transpiračního proudu, které se projevuje přehříváním stromu. K narušení transpiračního proudu stromu může dojít v důsledku nejrůznějších onemocnění, hnilob, stárí nebo napadením škodlivého hmyzu. Termografii je možné využít tedy na vyhledání stromů, které jsou nemocné a náchylné tak k napadení podkorního hmyzu a dalších škůdců, nebo sekundárně nalézt stromy, které už jsou patogeny napadeny. (BLAŽENEC et al., 2013)

Měření teploty je možné provádět buď z ploch listů, kamerami sledujícími kmen nebo konkrétní vytypovaná místa koruny a odvozovat ze zjištěných tepelných indicií zdravotní stav a kondici rostliny. (BLAŽENEC et al., 2013)

Měření je možné provést v městských parcích a alejích, kde jinak zdánlivě zdravý strom může vykazovat známky vnitřní hniloby a hrozit pádem (ANONYMOUS h, 2013; ANONYMOUS g, 2013).

Jiným příkladem by bylo měření v lesních lokalitách zasažených podkorním hmyzem. Stromy, jejíž kůra byla zasažena podkorním hmyzem, jsou náchylnější k atakům houbových chorob. Z detekce termovizní kamerou tak lze zjistit přímo stromy vykazující odlišné vlastnosti v sekundární teplotní aktivitě houbou napadené dřevní části, která vznikla až po ataku podkorního hmyzu. Otázkou je, zda je zjistitelná samotná přítomnost drobného podkorního hmyzu, jež by svou aktivitou strukturu dřeva téměř nepozměnil, a jakou citlivost snímání by bylo třeba vzít v úvahu (BELLETT - TRAVERS, 2012).

Problémem ke zkoumání by byl také monitoring napadení podkorním

hmyzem, který primárně konzumuje jehlice smrkových porostů. U napadených stromů by opět dle předpokladu mělo docházet k narušení transpiračního proudu, jež by bylo možné termovizní kamerou zdetekovat (BELLETT - TRAVERS, 2012).

Hlavní předností termovizních kamer je neinvazivní, bezkontaktní a časově nenáročný sběr dat s možným vizuálním vyhodnocením naměřených údajů přímo na místě experimentu. Pomocí termovizních kamer je možné za jediný den prozkoumat zdravotní stav sta stromů, bez nutnosti na stromy šplhat nebo mechanicky zasahovat do kůry nebo kořenového systému (ANONYMOUS a, 2013).

V zemědělské oblasti je možné prověřit kvalitu siláže, zda a jaké vlastnosti vykazuje aerobní stabilitu před útokem kvasinek (RŮŽIČKA, 2012).

Jinou oblastí, kde lze termografii využít, je kontrola sklizeného ovoce a odhalení mechanického poškození vzniklého během sklizně. Teplotní změny v ovoci lze zjistit v době, kdy ještě nejsou viditelné a předejít tak možným ztrátám v důsledku vznikajících hniloby a jejího rozšíření na nepoškozené plody (GHISEOK et al., 2014).

1.4. Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*)

Říše: Fungi (Houby)

Oddělení: Basidiomycota (Houby stopkovýtrusné)

Podkmen: Agaricomycotina

Třída: Basidiomycetes (Stopkovýtrusné)

Podtřída: Agaricomycetidae (Houby rouškaté)

Řád: Agaricales (Pečárkotvaré)

Čeleď: Pleurotaceae (Lupenotvaré)

Rod: *Pleurotus* (Hlíva)

(KIRK et al., 2008).

Houby rodu *Pleurotus* (hlíva) jsou na pomezí hub lupenatých a nelupenatých. Jsou nejčastěji saprofytické, příležitostně slabě parazitické na stojících listnácích i jehličnanech nebo na ležícím dřevě na zemi. Na dřevinách se v České republice nejčastěji vyskytují *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. (hlíva plicní), *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm (hlíva ústříčná), *Pleurotus*

cornucopiae (Paulet) Rolland (hlíva miskovitá). Na odumírajících kořenech okoličnatých rostlin lze nalézt *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quél. (hlíva máčková) (HROUDA, 1999; ANTONÍN et al., 2013).

Plodnice *Pleurotus ostreatus* vyrůstají střechovitě nad sebou v trsech, mají tmavě šedou až světle hnědou, někdy až modročernou barvu. Na povrchu jsou hladké a suché o velikosti 5 – 15 cm. Dužnina je poměrně tlustá, bělavá, příjemné vůně i chuti. Řídké bělavé lupeny se sbíhají na třeň, který je dlouhý až 5 cm, cca 2 cm tlustý, extenrický či boční, podélně rýhovaný nebo hladký. Výtrusy jsou válcovité, hladké a bezbarvé. Lamely na mladých plodnicích hlív nejsou nikdy kryty obalem (gymnokarpní druh), proto se spory uvolňují během dozrávání přímo do ovzduší a mohou pěstitelům způsobovat dýchací obtíže (JABLONSKÝ & ŠAŠEK, 2006).

Rozeznáváme hlívy chladnomilné, teplomilné a druhy tropické. Nejčastěji pěstovaným druhem v mírném pásu a tedy i u nás je právě výše popsáný chladnomilný druh *Pleurotus ostreatus*. K teplomilným druhům patří *Pleurotus pulmonarius* a *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus ostreatus* cv. *Florida*, *Pleurotus cornucopiae* a citrónově žlutá *Pleurotus citrinopileatus* Singer (JABLONSKÝ & ŠAŠEK, 2006).

Hlíva ústříčná patří v současnosti mezi houby získávající na významu především pro své léčivé účinky, a coby přírodní zdroj minerálů a vitamínů. Obsahuje vitamíny skupiny B, vitaminy C, D a K, železo, draslík, fosfor, zinek, jód, bor, selen, chróm a další. Tato známá pěstovaná jedlá houba má v plodnicích vysoký obsah Beta-D-glukanu, nazývaného pleuran. Glukany zvyšují aktivitu imunitního systému. Aktivací buněčného imunitního systému se glukany podílejí na nárustu protivirové a protizánětlivé odolnosti organismu, jakož i na snižování cholesterolu. Současně umožňují odstranění v cévách již uložených usazenin, které považují za cizorodé látky. Na snižování „špatného“ LDL cholesterolu a i jeho produktu, kyseliny žlučové, v organismu se podílí vedle glukanů také lovastin, zvaný též monakolin-K, ze skupiny statinů obsažený v plodnicích, jakož i chitosan, vzniklý alkalickou hydrolýzou z obsaženého chitinu (JABLONSKÝ & ŠAŠEK, 2006).

Další významnou skupinou aktivních látek obsažených v hlívě jsou terpeny s antibiotickou a protirakovinnou aktivitou, především látka pleurotin (JABLONSKÝ & ŠAŠEK, 2006).

Produkční pěstování této houby začíná v 60. letech minulého století ve světě i v bývalém Československu. V současné době dosahuje produkce ve světě řádu milionů tun. Hlívu lze intenzivně a s rychlým nástupem produkce pěstovat na slámě a ligninocelulóзовých odpadech (sláma z řepky, rýže či kukuřice, hrachovina, kukuřičná větvena, piliny, papír, kokosová vlákna aj.). Tento substrát se plní buďto do přepravek z plastu, slisovaných bloků zabalených do samosmršťující folie, pěstebních palet ve tvaru válců či do polyethylenových pytlů. Igelitové obaly je třeba po naplnění sadbou hlívy perforovat. Méně otvorů znamená větší trsy plodnic, více otvorů naopak, ale může docházet k úniku nahuštěného oxidu uhličitého a vstup pro zárodky nežádoucích organismů (JABLONSKÝ & ŠAŠEK, 2006).

Intenzivní pěstování předpokládá tepelné ošetření, pasterizaci, případně sterilizaci živného podkladu. Nedostatečné tepelné ošetření je důvodem většiny nezdarů v produkčním pěstování, substrát je značně náchylný ke kolonizaci řady dalších hub, které mají často rychlejší růst než hlíva. Vedle jiných jsou u hlív významnými škodlivými houbami především *Trichoderma pleurotum* a *Trichoderma pleuroticola* (NOVOTNÝ & JABLONSKÝ, 2013).

Pro zdárné pěstování hlívy je nezbytné dodržování vhodné teploty pro růst mycelia i vývoj plodnic, pH, jehož optimum se pohybuje mezi 5,5– 6,5 pH. Při příliš nízké intenzitě osvětlení se plodnice nenasazují a nevyvíjí se dostatečně. Optimální osvětlení má vliv i na vybarvení klobouku. Pro vývoj kultury hlívy je také významná koncentrace oxidu uhličitého. Během kolonizace substrátu je žádoucí vysoká koncentrace CO₂ (2000-3000 ppm), která potlačuje růst konkurenčních zelených plísní. V průběhu nasazování a vývoje plodnic je naopak nezbytné intenzivně větrat, aby koncentrace oxidu uhličitého byla do hodnoty 800 ppm a nedocházelo k deformacím. V neposlední řadě je potřebné zajistit dostatečné a správné provlhčení substrátu. Nadbytek vody v substrátu může způsobovat růst nežádoucích mikroorganismů (JABLONSKÝ & ŠAŠEK, 2006).

1.5. Houby rodu *Trichoderma*

Říše: Fungi (Houby)

Oddělení: Ascomycota (Vřeckovýtrusné houby)

Podkmen: Pezizomycotina
Třída: Sordariomycetes
Řád: Hypocreales (Masenkotvaré)
Čeleď: Hypocreaceae (Masenkovité)
Teleomorfní rod: *Hypocrea*
Anamorfní rod: *Trichoderma*
(KIRK et al., 2008).

Jedním z nejzávažnějších škodlivých organismů při intenzivním pěstování hlívy je tzv. zelená plíseň z rodu *Trichoderma*. Jedná se o vřeckovýtrusné houby, druhy *Trichoderma pleurotum* a *Trichoderma pleuroticola* (Komon-Zelazowska et al., 2007; JABLONSKÝ & ŠAŠEK, 2006). V současnosti je známo okolo 100 druhů z rodu *Trichoderma*, přičemž popisování nových druhů z tohoto již více než jedno století známého rodu, je v posledních letech možné především díky rozvoji molekulárně-genetických metod (SAMUELS, 2006).

Rod *Trichoderma* patří mezi ekonomicky velmi významnou skupinu hub, a to jednak v jejím pozitivním užití při produkci celulázy či omezování některých fytopatogenních hub, tak i z negativního hlediska, neboť snižuje výnos některých komerčně pěstovaných hub, mezi nimi především žampionů a hlív (KUBÁTOVÁ - KOLAŘÍK - JABLONSKÝ, 2009).

Rod *Trichoderma* se v současnosti rozděluje do pěti podrodů *Hypocreanum*, *Longibrachiatum*, *Saturnisporum*, *Pachybasium* a *Trichoderma*. Druh *Trichoderma pleurotum* patří do skupiny *Hypocreanum* a druh *Trichoderma pleuroticola* do podrodu *Trichoderma*.

Trichoderma pleurotum představuje práškovité řídké kolonie zelenavěbílých až šedozelených konidií, stárnutím tmavnoucí. V případě *Trichoderma pleuroticola* se jedná spíše o rychle rostoucí zelenošedé kolonie konidioforů s konidiemi, které jsou rozptýlené ve svazečcích nebo malých krupičkách. Tvoří široké koncentrické kruhy, později přecházející ze světlé do tmavězelené barvy (PARK - BAE - YU, 2006).

Teplotní optimum růstu *Trichoderma pleurotum* se pohybuje ve stejném rozmezí jako teplotní optimum růstu *Pleurotus ostreatus*. Z tohoto důvodu je třeba pěstební substrát hlívy ošetřit pasterizací nebo semisterilizací před naočkováním kulturou. Teplotní operace, které by měly za následek potlačení růstu

Trichoderma by se obdobně projevily na růstu *Pleurotus ostreatus* (ZADROBILOVÁ, 2012).

Mezi další organismy poškozující kultury hlívy ústříčné z řad kompetičních hub řadíme *Plicaria muralis* (kustřebka zední), která vytváří v kultuře hlívy plodnice béžové barvy a boltcovitého tvaru, dále houby rodu *Cladosporium* vytvářející tmavě zelené černající kolonie. Dalšími škodlivými houbami jsou druhy rodu *Verticillium* napadající kloubouk i třeň a rodu *Penicillium*, projevující se jako modrozelená plíseň s širokým bělavým prstencem nového mycelia (JABLONSKÝ & ŠAŠEK, 2006).

2. Pokus, část praktická

Cílem pokusu s termovizní kamerou bylo zjistit, zda dochází ke změně v produkci tepla hlívou ústříčnou při napadení pěstebního substrátu škodlivou houbou *Trichoderma pleurotum*.

2.1. Materiál

Živné agarové medium

K pokusu byl použit 2% sladový agar, který vznikl smísením 8 g agaru, 8 g sladiny a 400 ml vody. Vzniklý roztok byl vysterilizován při 110 °C po dobu 25 minut. Po částečném zchladnutí byl naléván do Petriho misek.

Část Petriho misek byla zaočkována kmenem *Pleurotus ostreatus* a část houbou *Trichoderma pleurotum*.

Použité kmeny hub

Použité kmeny hub pocházejí ze Sbírký fytopatogenních hub Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. Praha – Ruzyně (akronym sbírky CPPF). Přesněji se jedná o *Trichoderma pleurotum*, kmen CPPF 416 a *Pleurotus ostreatus*, kmen CPPF 5149.

Pelety

Pro pokus byly použity mechanicky lisované pšeničné pelety. 1 kg suchých pelet bylo zalit 2 l vroucí vody. Takto zalité pelety byly odstaveny a ponechány k

nabobtnání. Po přirozeném zchlazení byly poté naplněny do polyetylenových rukávů.

Polyetylenové rukávy

Tzv. rukávy použité k pokusu jsou plastová HDPE střeva od firmy Devro s výrobním označením Nilen, kalibr 100 mm a pro potřeby pokusu byly přibližně 50 cm dlouhé. Rukávy byly naplněny zchlazenými peletami, z obou stran ucpány molitanovou zátkou a převázány provázkem. Takto upravené byly vysterylizovány v autoklávu při teplotě 101,5°C po dobu 30 minut s odstupem 24 hodin (v režimu označovaném jako arnoldování).

2.2. Metodika

Očkování

V rámci pokusu byly provedeny 4 varianty. Rukávy byly zaočkovány na obou koncích houbou *Trichoderma pleurotum* (3 rukávy), rukávy zaočkovány na obou koncích houbou *Pleurotus ostreatus* (3 rukávy), rukávy zaočkovány na jedné straně *Trichoderma pleurotum* a na druhé straně *Pleurotus ostreatus* (6 rukávů) a rukávy byly nenaočkovány jako kontrola (2 rukávy).

Zaočkování rukávů byly uloženy do klimaboxu s mlhovačem při teplotě přibližně 25°C na dobu 4 týdnů.

Stanovená hypotéza

Po zaočkování bude zřetelný vývoj i interakce hub, což se projeví na teplotním obraze z termokamery.

Postup měření

Po 4 týdnech byly rukávy vyndány z klimaboxu a bylo provedeno následující měření:

1. Srovnání rukávu zaočkováného *Pleurotus ostreatus* s kontrolním vzorkem
2. Srovnání rukávu zaočkováného *Trichoderma pleurotum* a kontrolního vzorku

3. Srovnání rukávu zaočkovaného *Pleurotus ostreatus* a *Trichoderma pleurotum* s kontrolním vzorkem

4. Zhodnocení změny teploty v rukávu substrátu naočkovaného současně *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus* bez folie

Inokulované i nezačkované rukávy (kontrolní vzorky) byly postupně podélně položeny vedle sebe a nasnímány termokamerou, kolmo ke zdroji světla a mimo tepelný zdroj, aby nedocházelo k ovlivnění při měření. Po zaostření byly provedeny následující série snímků, které byly následně porovnány vizuálně i prostřednictvím programu FLIR Tools.

2.3. Výsledky

2.3.1. Srovnání rukávu zaočkovaného *Pleurotus ostreatus* s kontrolním vzorkem

Termosnímky (Foto č. 4 a č. 6) zřetelně zobrazují rozložení teplot v rukávu s houbou *Pleurotus ostreatus* a rukávu s kontrolním vzorkem, který nebyl zaočkován.

Foto č. 4: Termosnímek kontrolního vzorku a rukávu naočkovaného hlívu ústříčnou (pořadí zleva)

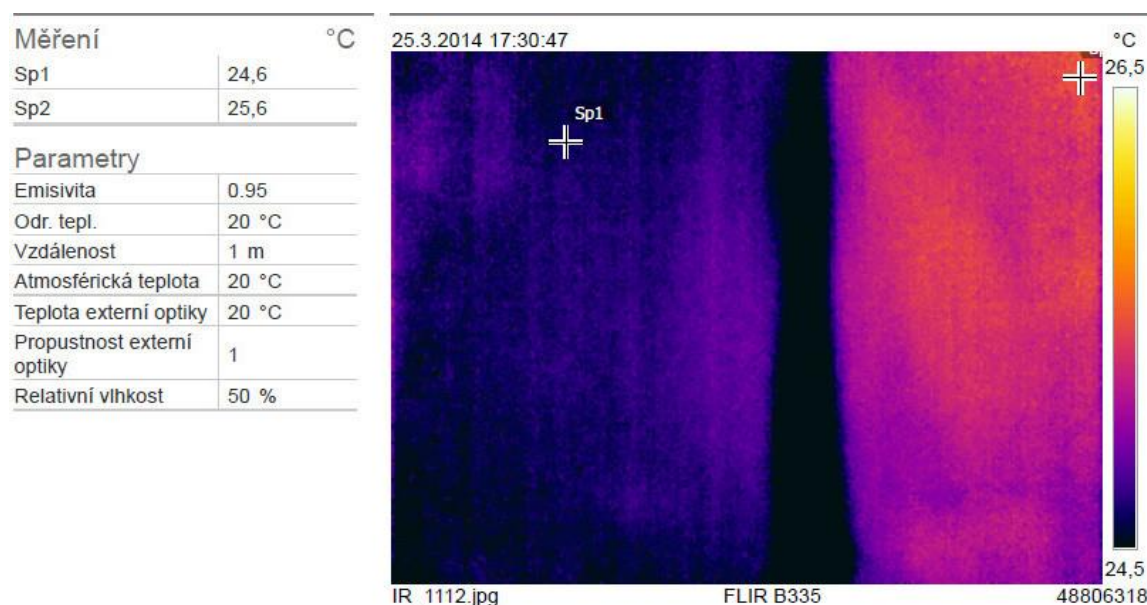


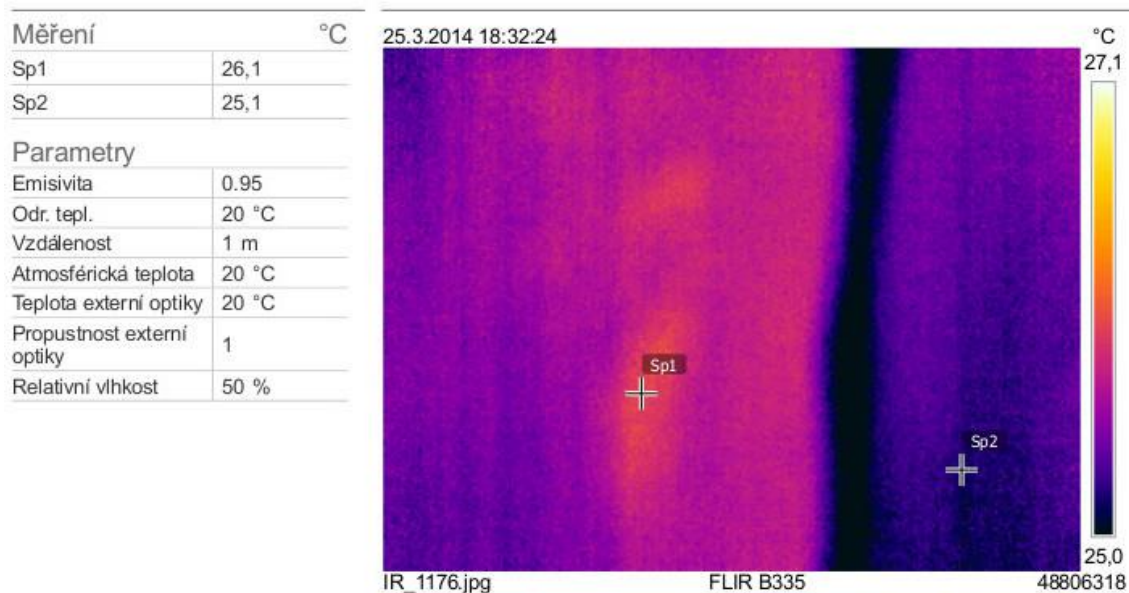
Foto č. 5: Snímek kontrolního vzorku a rukávu naočkovaného hlívu ústřičnou ve viditelném spektru záření - stejné vzorky jako na fotografii č. 4 (pořadí vzorků zleva)

25.3.2014 17:30:47



DC_1113.jpg

Foto č. 6: Termosnímek rukávu naočkovaného hlívu ústřičnou a kontrolního vzorku (pořadí vzorků zleva)



IR_1176.jpg

FLIR B335

48806318

Foto č. 7: Snímek rukávu naočkovaného *Pleurotus ostreatus* a kontrolního vzorku ve viditelném spektru záření - stejné vzorky jako na fotografii č. 6 (pořadí vzorků zleva)

25.3.2014 18:32:24



DC_1177.jpg

Body Sp1 a Sp2 na termosnímčích označují nechladnější a nejteplejší body. Přesné hodnoty jsou uvedeny vlevo v tabulce. Tabulka uvádí také parametry okolního prostředí, které byly dílem zadány a dílem vyhodnoceny prostřednictvím softwaru firmy FLIR. Barvy na fotografiích odrážejí teplotu dle hodnot vpravo umístěné škály. Rukávy s inokulovanou hlívou ústřičnou jsou teplejší. Na termosnímku jsou růžvooranžově zbarveny.

Výsledek: Měření termovizní kamerou zobrazilo průměrně o jeden stupeň Celsia vyšší teplotu ve vzorku zaočkovaném *Pleurotus ostreatus* než v kontrolním nezaočkovaném vzorku.

2.3.2. Srovnání rukávu zaočkovaného *Trichoderma pleurotum* a kontrolního vzorku

Foto č. 8: Termosnímek rukávu naočkovaného *Trichoderma pleurotum* a kontrolního vzorku (pořadí vzorků zleva)

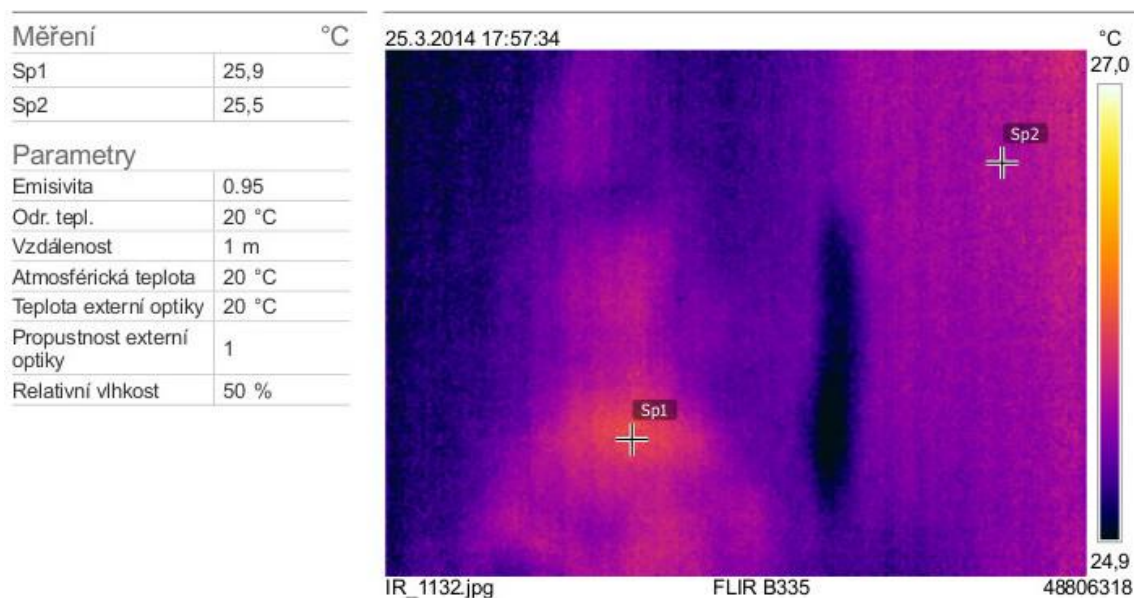


Foto č. 9: Snímek rukávu naočkovaného *Trichoderma pleurotum* a kontrolního vzorku ve viditelném spektru záření - stejné vzorky jako na fotografii č. 8 (pořadí vzorků zleva)



Foto č. 10: Termosnímek rukávu naočkovaného *Trichoderma pleurotum* a kontrolního vzorku (pořadí vzorků zleva)

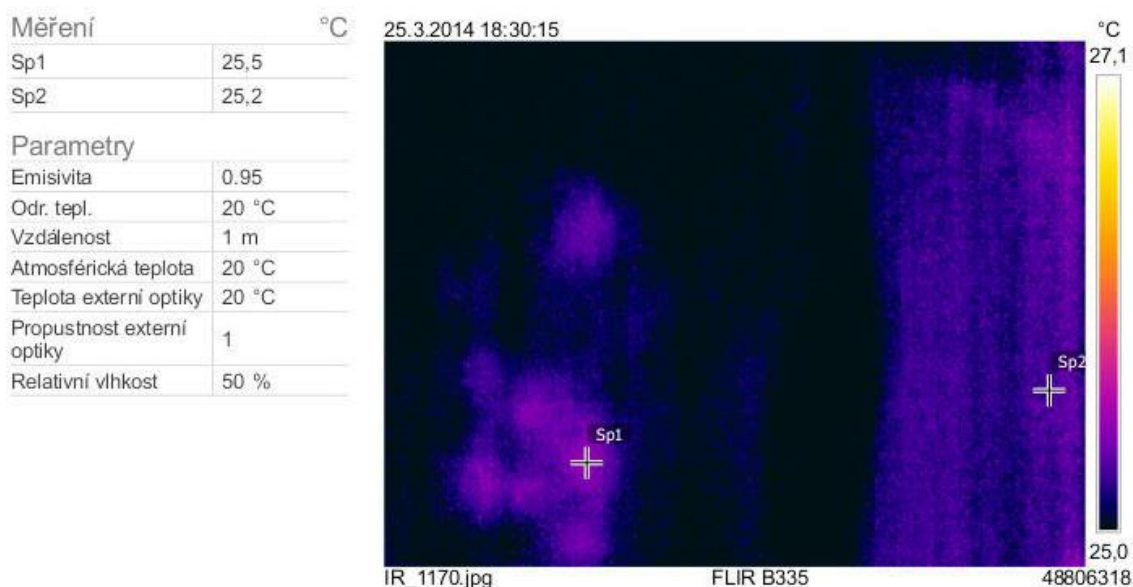


Foto č. 11: Snímek rukávu naočkovaného *Trichoderma pleurotum* a kontrolního vzorku ve viditelném spektru záření - stejné vzorky jako na fotografii č. 10 (pořadí vzorků zleva)



Zvýšená teplota v místě kolonie *Trichoderma pleurotum* na termosnících (Foto č. 8 a č. 10) již není tak zřetelná jako u rozšíření kolonie *Pleurotus ostreatus*.

Žlutobílé mycelium *Trichoderma pleurotum* je na obou snímcích ve viditelném spektru záření (Foto č. 9 a č. 11) viditelné uprostřed levé dolní části rukávu. Kolonie houby není rozšířena v příliš velké míře.

Výsledek: Zaočkovaný vzorek *Trichoderma pleurotum* byl tepelně výraznější o přibližně 0,3°C. Teplota rukávu se substrátem zaočkovaným *Trichoderma pleurotum* se v porovnání s kontrolním vzorkem liší málo.

2.3.3. Srovnání rukávu zaočkovaného současně *Pleurotus ostreatus* a *Trichoderma pleurotum* s kontrolním vzorkem

Foto č. 12: Termosnímek rukávu naočkovaného současně *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus* a kontrolního vzorku (pořadí vzorků zleva)

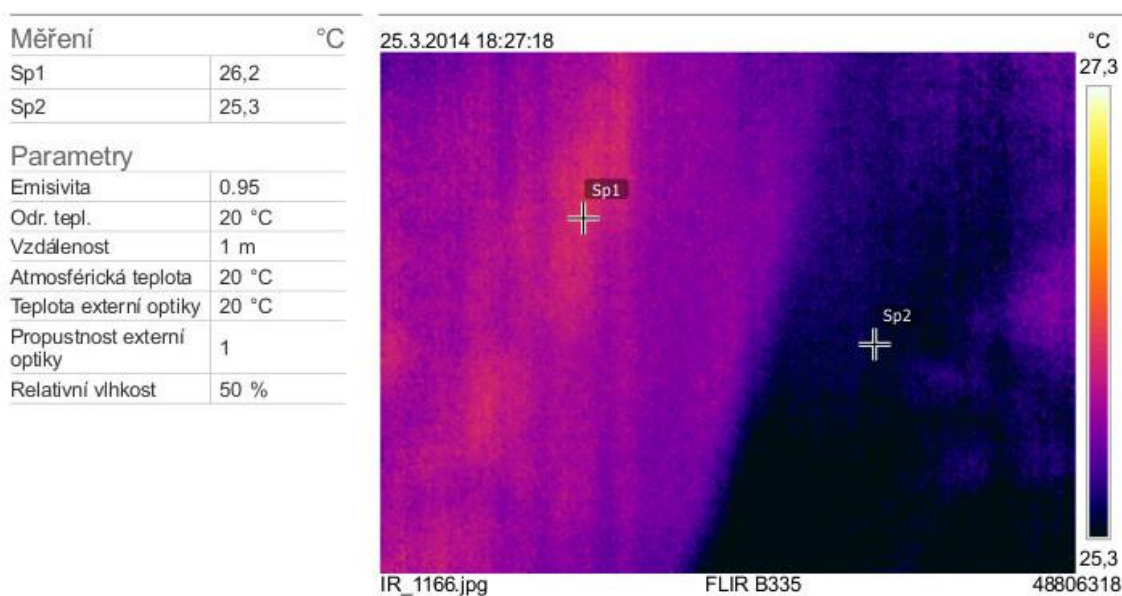
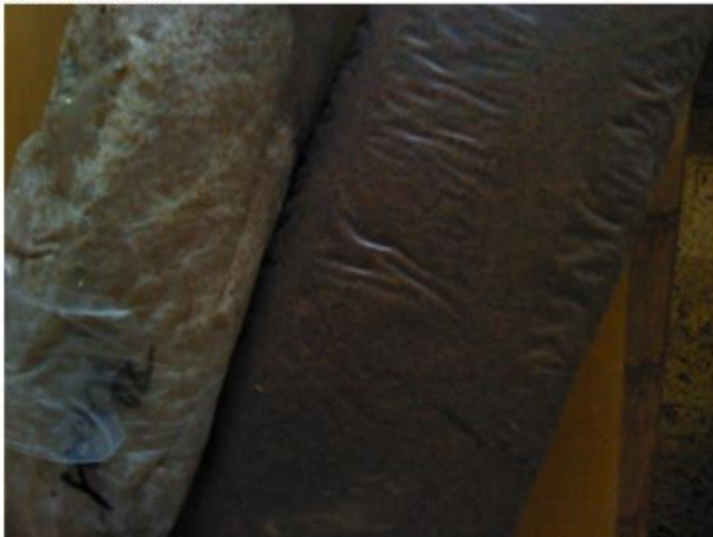


Foto č. 13: Snímek rukávu naočkovaného současně *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus* a kontrolního vzorku ve viditelném spektru záření - stejné vzorky jako na fotografii č. 12 (pořadí vzorků zleva)

25.3.2014 18:27:18



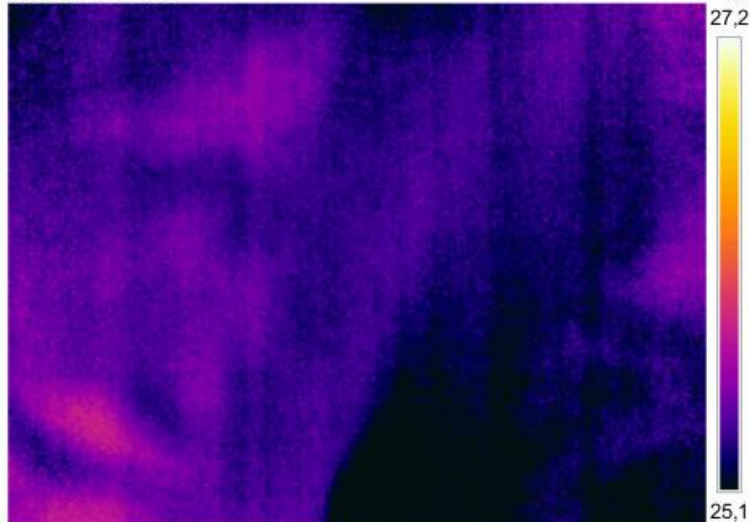
DC_1167.jpg

Foto č. 14: Termosnímek rukávu naočkovaného současně *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus* a kontrolního vzorku (pořadí vzorků zleva)

Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	20 °C
Vzdálenost	1 m
Atmosférická teplota	20 °C
Teplota externí optiky	20 °C
Propustnost externí optiky	1
Relativní vlhkost	50 %

25.3.2014 18:26:03



IR_1162.jpg

FLIR B335

48806318

Foto č. 15: Snímek rukávu naočkovaného současně *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus* a kontrolního vzorku ve viditelném spektru záření - stejné vzorky jako na fotografii č. 14 (pořadí vzorků zleva)

25.3.2014 18:26:03



DC_1163.jpg

Na termosnímčích (Foto č. 12 a č. 14) jsou postupně zachyceny oblasti kolonizované kmenem hlívy ústříčné (první snímek) a rozšíření kolonie *Trichoderma pleurotum* (druhý snímek). Teplota kolonie *Pleurotus ostreatus* je vyšší než naměřená teplota kmene *Trichoderma pleurotum*, který byl zaočkován na druhém konci rukávu. Na snímcích však není teplotně odlišitelná hranice rozšíření kolonie obou kmenů hub.

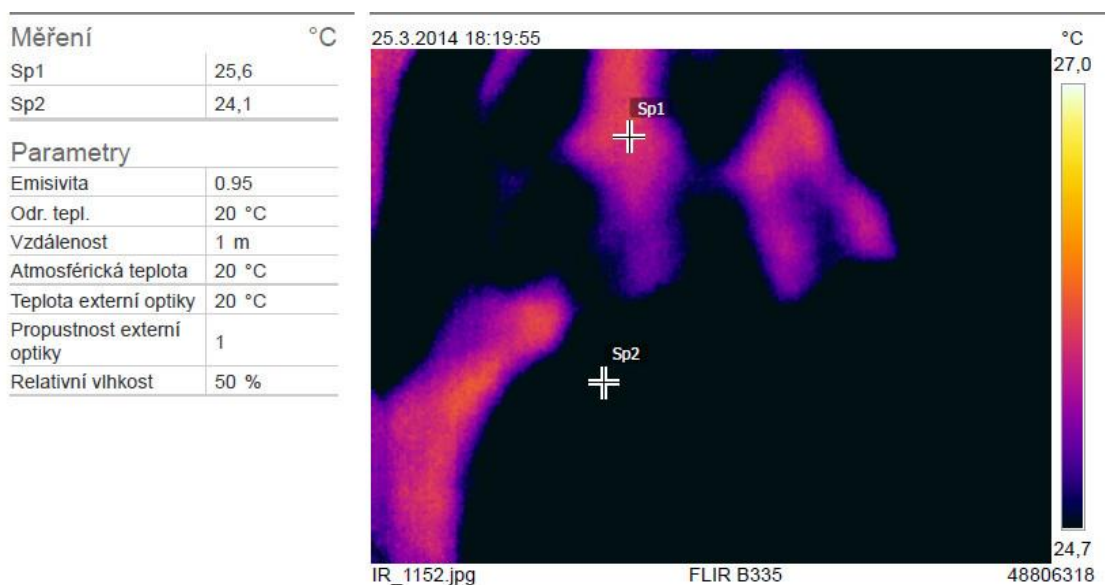
Na snímcích ve viditelném spektru záření (Foto č. 13 a č. 15) jsou zachyceny rukávy inokulované současně *Pleurotus ostreatus* a *Trichoderma pleurotum* spolu s kontrolním nezaočkovaným vzorkem. V levém zaočkovaném rukávu je patrné hnědožluté mycelium *Trichoderma pleurotum* a bíle zbarvená kolonie hlívy ústříčné. Zatímco hlíva se rozšířila do $\frac{3}{4}$ délky rukávu, růst *Trichoderma pleurotum* byl nevýrazný. Ohraničení rozšíření kolonií obou hub je nezřetelné.

Výsledek: Ačkoliv je patrná zvýšená teplota substrátu zaočkovaného uvedenými houbami oproti kontrolnímu vzorku, pomocí termovizního měření se nepodařilo odlišit hranice kolonií použitých hub.

2.3.4. Zhodnocení změny teploty v rukávu substrátu naočkovaného současně *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus* bez folie

Bylo také provedeno měření teploty substrátu naočkovaného současně *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus* po odstranění plastového rukávu, kvůli zjištění možného ovlivnění ochrannou folií rukávu.

Foto č. 16 a č. 17: Termosnímek rukávu naočkovaného současně *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus* a tentýž snímek ve viditelném spektru záření po odstranění ochranné folie



Na termosnímku je zobrazeno tepelné vyzařování substrátu z rukávu zaočkovaného *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus* po odstranění ochranné folie plastového rukávu. Teplejší skvrny (Sp1) na snímku jsou následkem rozhrnutí substrátu plastovou tužkou, čímž došlo k obnažení vnitřních teplejších částí substrátu. Celistvá část potažená houbou *Pleurotus ostreatus* viditelně potažená myceliem zůstala po odstranění folie chladnější (Sp2).

Část mycelia *Trichoderma pleurotum* zůstala přilepena na igelitové folii, což mohlo mít vliv na výsledek měření.

Výsledek: Je zřejmé, že folie udržovala teplo vytvořené houbami. Po rozhrnutí substrátu se projevilo teplo produkované inokulovanými houbami. Tepelná aktivita mycelia hub na povrchu substrátu však nebyla termokamerou odlišitelná od zbytku substrátu.

2.4. Diskuse

Cílem práce bylo zjistit tepelnou aktivitu hub *Pleurotus ostreatus* a *Trichoderma pleurotum*. Jelikož je využívání termovizní kamery pro sledování rostlin a hub stále málo rozšířené, je k dispozici málo materiálů či studií ke srovnání provedených měření.

Rukávy s pelety inokulované ve stejnou dobu houbami *Pleurotus ostreatus* a *Trichoderma pleurotum* byly v klimaboxu ponechány 4 týdny, tak aby substrátem dostatečně prorostly. Kmen *Trichoderma pleurotum* se oproti hlívě ústříčné rozrostl menší měrou, což bylo zřejmě také zapříčiněno nedostatečným přístupem kyslíku a nemožností uvolnění hromaděného CO₂, který jinak potlačuje růst tzv. zelených plísní (JABLONSKÝ & ŠAŠEK, 2006).

Měřitelná tepelná aktivita *Trichoderma pleurotum* byla tedy jen málo odlišná od kontrolního neinokulovaného vzorku. Na základě provedeného pokusu lze doporučit měřit vzorek, který je *Trichoderma pleurotum* prorostlý ve větším rozsahu. Rukáv inokulovaný pouze *Trichoderma pleurotum* by se ponechal zaočkovaný po delší dobu. Rukáv, který by byl použit k zaočkování oběma kmeny hub, by byl inokulován kmenem *Trichoderma pleurotum* s předstihem před očkovaním kmenem hlívy ústříčné, a to v několikadenních časových odstupech (ZADROBILOVÁ, 2012).

Měření bylo simulováno v laboratorních podmínkách, a jak je patrné ze čtvrté, kontrolní části pokusu, po sejmutí ochranné folie rukávu nebyla tepelná aktivita hub bez zásahu do struktury substrátu vůbec tepelně kontrastní. Lze předpokládat, že igelitové rukávy jsou vyhovující ke srovnání podmínek v pěstírnách. Pokus však nastolil otázku, jaké výsledky by přineslo měření v přírodě, eventuálně s využitím dalších druhů hub.

K ověření interakce hlívy ústříčné a *Trichoderma pleurotum* by bylo třeba další a podrobnější práce.

Závěr

Hlavním záměrem práce bylo shrnout principy a možnosti užití termovizních kamer v oblasti ochrany lesnické a zemědělsky významných rostlin a hub.

Rešeršní část práce byla zaměřena na výhody i nevýhody termovizních kamer, jejich nejčastější užití a popis termokamery FLIR B335, která byla použita k měření v praktické části bakalářské práce. Nezbytnou částí bylo uvedení do problematiky zkoumaných objektů – hub *Trichoderma pleurotum* a *Pleurotus ostreatus*. Hlíva ústříčná byla vybrána vzhledem ke svojí prospěšnosti a na pokusu s jejím škůdcem se ověřovala možnost snímat metabolismus obou hub termokamerou s cílem vyvodit případné závěry k pěstování.

V praktické části byl termovizně měřen pšeničný substrát inokulovaný hlívou ústříčnou i *Trichoderma pleurotum*. V rukávech zaočkovaných *Pleurotus ostreatus*, v nichž se mycelium úspěšně rozrostlo, byla vykazována v porovnání s nezaočkovaným substrátem zvýšená teplota. V případě *Trichoderma pleurotum* se mycelium rozrostlo pouze do malého objemu substrátu, a změřená teplota byla tak jen málo odlišná od kontrolního vzorku. U rukávů zaočkovaných současně nebyla zjištěna odlišitelná teplotní aktivita jednotlivých hub.

Kolonie *Trichoderma pleurotum* v zaočkovaném rukávu nevytvořila tak velkou kolonii, kterou při komerčním pěstování běžně vytváří. Množství tepla produkovaného *Pleurotus ostreatus* v rukávech zaočkovaných pouze hlívou ústříčnou ve srovnání s teplem produkovaným *Pleurotus ostreatus* v rukávech zaočkovaných současně *T. pleurotum* a *P. ostreatus* bylo z toho důvodu bez naměřených odlišností.

Termovizní měření ověřilo možnost zobrazování metabolického tepla *Pleurotus ostreatus*.

Seznam použité literatury

ANONYMOUS a. *Assessing tree health with infrared* [online]. [cit. 2013-12-29] Dostupné z: <http://www.flir.com/cs/emea/en/view/?id=52123>.

ANONYMOUS b. *Energetika a strojírenství* [online]. [cit. 2013-12-30] Dostupné z: <http://www.tmvss.cz/Aplikace/termovize/b250-b335.html>.

ANONYMOUS c. *Stavebnictví* [online]. [cit. 2013-12-30] Dostupné z: <http://www.tmvss.cz/Aplikace/termovize/b250-b335.html>.

ANONYMOUS d. *Termokamery FLIR B250 / FLIR B335* [online]. [cit. 2013-12-28] Dostupné z: <http://www.tmvss.cz/Aplikace/termovize/b250-b335.html>.

ANONYMOUS e. *Termovize* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze. Vystaveno 21. 11. 2011 [cit. 2013-12-10]. Podpora techniky, Experimenty. Dostupné z: <http://www.podpora-techniky.cz/page/termovize>.

ANONYMOUS f. *Termovizní kamera FLIR B335* [online]. Publikováno 2013 [cit. 2014-30-01]. Dostupné z: <http://www.termogram.cz/termovizni-kamera-flir-B335>.

ANONYMOUS g. *Thermal imaging cameras help athletes and sports enthusiasts with early observation of inflammation* [online]. [cit. 2013-12-15] Dostupné z: <http://www.flir.com/cs/emea/en/view/?id=62773>.

ANONYMOUS h. *Thermal imaging helps Olympic riders and their horses win medals* [online]. [cit. 2013-12-15] Dostupné z: <http://www.flir.com/cs/emea/en/view/?id=41931>.

ANONYMOUS i. *ThermaSpot* [online]. [cit. 2014-01-01] Dostupné z: <http://www.tmvss.cz/Aplikace/termovize/b250-b335.html>.

ANONYMOUS j. *ThermaSpray* [online]. [cit. 2014-01-01] Dostupné z: <http://www.tmvss.cz/Aplikace/termovize/b250-b335.html>.

ANONYMOUS k. *Uživatelská příručka FLIR Bxxx series, Txxx series*. Wilsonville(USA): FLIR Systems Inc., 2011. č. 1558795. 254 s.

ANTONÍN, V. et al. *Houby jako lék*. Praha: Ottovo nakladatelství, 2013. 200 s.

ISBN 978-80-7451-257-5.

BELLETT - TRAVERS, D. M. *Thermal Imaging for Health Assessments for Trees* [online]. Cambridge (VB). Publikováno 05. 01. 2012 [cit. 2014-01-30]. Dostupné z: <http://ebookbrowse.net/28961d1265225574-decay-detection-weapon-choice-promo-02-09-pdf-d279214062>.

BLAŽENEC, M. et al. Porovnanie priebehu teplôt kmeňa a koruny dospelých smrekov na porastovej stene a vo vnútri porastu. In *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2013*. František Hnilička. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby v. v. i. Praha – Ruzyně. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013. s. 21-24.

GHISEOK, K. et al. Application of infrared lock-in thermography for the quantitative evaluation of bruises on pears. *Infrared Physics and Technology*, 2014, č. 63, s. 133-139.

HROUDA, P. *Pleurotus* – klíč a taxonomické poznámky. *Mykologické listy*, 1999, č. 68, s. 1-8.

JABLONSKÝ, I. - ŠAŠEK, V. *Jedlé a léčivé houby. Pěstování a využití*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství Brázda, 2006. 264 s., přílohy 16 s. ISBN 80-209-0341-0.

JANDORA, R. *Elektromagnetické spektrum* [online]. [cit. 2014-02-14] Dostupné z: <http://radek.jandora.sweb.cz/f25.htm>.

KIRK, P. M. et al. *Dictionary of The Fungi*. Wallingford : CAB International, 2008. 624 s. ISBN: 978 0 85199 826 8.

KUBÁTOVÁ, A. - KOLAŘÍK, M. - JABLONSKÝ, I. *Trichoderma aggressivum* – první nález v České republice. *Mykologické listy*, 2009, č. 109, s. 18-24.

NOVOTNÝ, D. - JABLONSKÝ, I. Houby rodu *Trichoderma* – závažný problém při pěstování jedlých hub nejen v ČR. *Mykologické listy*, 2013, č. 125, s. 19.

PARK, M. S. - BAE, K. S. - YU, S. H. Two new species of *Trichoderma* associated with green mold of oyster mushroom cultivation in Korea. *Mycobiology*, 2006, č. 3, s. 111-113.

RŮŽIČKA, Z. *Termokamera v jámě* [online]. Publikováno 28. 08. 2012 [cit. 2014-30-01]. Dostupné z: <http://www.zea.cz/konzervanty/termokamera-v-jame/>.

SAMUELS, G. J. *Trichoderma: Systematics, the sexual state, and ecology. Phytopathology*, 2006, č. 2., s. 195-206.

SVOBODA, J. *Termodiagnostika. Učební text*. 1. vydání. Praha: TMV SS spol. s.r.o., 2010. 124 s.

SVOBODA, Š. Měření teploty – bezkontaktní teploměry a termovizní kamery. *Elektro*, roč. 2005, č. 12, s. 18.

TUREČEK, J. et al. *Policejní technika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2008. 320 s. ISBN 978-80-7380-119-9.

ZADROBILOVÁ, L. *Vliv podmínek prostředí na růst kompetiční houby Trichoderma pleurotum*. Praha, 2012. 54 s. Bakalářská práce na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze na Katedře zahradnictví. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ivan Jablonský, CSc.