

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
Zemědělská fakulta
České Budějovice

**Kompostování listí jírovce maďalu napadeného klíněnkou
jírovcovou (*Cameraria ohridella*) jako technologie pro
ekologickou regulaci škůdce**

Vypracoval: Bc. Michal Kopačka

Vedoucí diplomové práce:
Ing. Rostislav Zemek, CSc.

Konzultant diplomové práce:
Doc. RNDr. Jaroslav Boháč, PhD., DrSc.

České Budějovice

2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Michal KOPAČKA
Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie
Název tématu: Kompostování listí jírovce maďalu napadeného klíněnkovou jírovcovou (*Cameraria ohridella*) jako technologie pro ekologickou regulaci škůdce
Zadávací katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracovat literární rešerši problematiky.
2. Provést průzkum výskytu jírovce maďalu v katastrálním území České Budějovice kladě šetření odhadnout objem spadaneho listí určeného pro kompostování.
3. Založit maloobjemové laboratorní experimenty pro ověření vlivu různých variant kování listí jírovce na přežívání klíněnky jírovcové a jejích parazitoidů.
4. Navrhnout technologii optimálního nakládání se spadáným listím jírovce s ohledem na regulaci škůdce.

Číslo projektu: 2B06005 (MŠMT)

Rozsah grafických prací: grafy a tabulky, mapová příloha, fotografická příloha
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran textu vč. příloh
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Grabenweger G., Hopp H., Jackel B. et al. 2007: Impact of poor host-parasitoid synchronisation on the parasitism of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Eur. J. Entomol. 104: 153-158.

Kehrli P., Bacher S. 2004: How to safely compost *Cameraria ohridella*-infested horse chestnut leaf litter on private compost heaps. J. Appl. Entomol. 128: 707-709.

Nedvědová H. 2008: Sezonní vývoj komplexu parazitoidů klíněnky jírovcové (*Cameraria ohridella*) na vybrané lokalitě v Plzni. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni Fakulta pedagogická, 53 s.


Volter L., Kenis M. 2006: Parasitoid complex and parasitism rates of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in the Czech Republic, Slovakia and Slovenia. Eur. J. Entomol. 103: 365-370.

Zemek R., Prenerová E., Volter L., Weyda F., Skuhřavý V. (2007): Perspectives for the biological control of *Cameraria ohridella*. Comm. Agric. Appl. Biol. Sci. 72: 521-527.


Vedoucí diplomové práce: Ing. Rostislav Zemek, CSc.
BC AV ENTÚ
Konzultant diplomové práce: doc. RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.
Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Datum zadání diplomové práce: 25. února 2010
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ④
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. února 2010

Poděkování

Děkuji Ing. Rostislavu Zemkovi, CSc. a Doc. RNDr. Jaroslavu Boháčovi, DrSc. za cenné rady, odborné vedení a připomínky při zpracování této diplomové práce.

Tato diplomová práce vznikla za podpory grantového projektu MŠMT č. 2B06005 „Nové alternativní možnosti regulace klíněvky jírovcové podporující biodiverzitu jejích přirozených nepřátel“ (řešitelská pracoviště: firma Ing. Eva Prenerová, CSc. a Biologické centrum AV ČR).

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma: „Kompostování listí jírovce maďalu napadeného klíněnkou jírovcovou (*Cameraria ohridella*) jako technologie pro ekologickou regulaci škůdce“ jsem vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a měření. Použitou literaturu uvádím v Seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích

Podpis

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	10
2.1. Kompostování.....	10
2.1.1. Proč kompostovat?.....	10
2.1.2. Hnití a tlení.....	10
2.1.2.1. Hnití.....	10
2.1.2.2. Tlení.....	11
2.1.3. Výhody kompostování.....	11
2.1.4. Nevýhody kompostování.....	12
2.1.5. Fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti kompostovaných surovin.....	12
2.1.5.1. Teplota.....	13
2.1.5.2. Vlhkost.....	14
2.1.5.3. Hodnota pH.....	15
2.1.5.4. Obsah kyslíku.....	15
2.1.5.5. Obsah živin a poměr C:N.....	16
2.1.5.6. Pórovitost, zrnitost a velikost částic.....	17
2.1.6. Choroby, škůdci a plevele v kompostech.....	18
2.1.6.1. Viry škodící rostlinám.....	19
2.1.6.2. Bakteriální choroby.....	19
2.1.6.3. Houbové choroby.....	19
2.1.6.4. Živočišní škůdci.....	19
2.1.7. Teploty při mikrobiologických procesech tlení.....	20
2.1.8. Kontrola kompostovacího procesu.....	20
2.1.8.1. Pravidelné měření teplot kompostu, metodika měření teplot.....	20
2.1.8.2. Metodika měření teploty kompostu.....	21
2.1.8.2.1. Měřicí přístroj.....	21
2.1.8.2.2. Metoda měření teploty zapichovacím teploměrem.....	21
2.1.8.2.3. Časové intervaly měření teploty během jedné zakládky.....	22
2.1.8.3. Hodnocení vlhkosti kompostu.....	22
2.1.8.4. Metody určování vlhkosti.....	23
2.1.8.4.1. Gravimetrická metoda stanovení vlhkosti.....	23
2.1.8.4.2. Postup zjišťování vlhkosti pro hotový kompost.....	23
2.1.8.4.3. Měření vlhkosti materiálu přenosnými vlhkoměry.....	24
2.1.8.4.4. Orientační zkouška vlhkosti.....	24
2.1.8.4.5. Test fytoxicity (řeřichový test).....	24
2.1.8.5. Mikrobiologické hodnocení kompostu.....	25
2.1.8.6. Chemické hodnocení kompostu.....	26
2.2. Půda.....	26
2.2.1. Půda, pojem a definice.....	26
2.2.1.1. Hodnocení půdních typů a třídění podle úrodnosti.....	27
2.2.2. Složení půdy.....	27
2.2.2.1. Hlavní půdní typy.....	28
2.2.2.2. Půdní druhy v České republice.....	28
2.2.3. Faktory a podmínky půdotvorného procesu.....	28
2.2.4. Metody stanovení pH.....	29
2.2.4.1. Kolorimetrické stanovení pH.....	29
2.2.4.2. Potenciometrické měření pH.....	29
2.2.5. Faktory ovlivňující měření pH půdy.....	30
2.2.5.1. Stupeň disociace H^+	30

2.2.5.2. Typ acidity.....	30
2.2.5.3. Poměr zeminy a vody.....	30
2.2.6. Rozpuštnost jednotlivých prvků v souvislosti s pH půdy.....	31
2.2.7. Půdní organismy.....	31
2.2.7.1. Vzájemné vztahy mezi organismy v půdě.....	31
2.3. Jírovice, klíněnka jírovcová a její parazitoidi.....	32
2.3.1. Rostliny vhodné do městských aglomerací.....	32
2.3.2. Základní druhy jírovců v českých parcích a zahradách.....	32
2.3.2.1. Jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>).....	33
2.3.2.2. Jírovec drobnokvětý (<i>Aesculus parviflora</i>).....	34
2.3.2.3. Jírovec pleťový (<i>Hippocastanaceae</i>).....	35
2.3.3. Listy jírovců a jejich poškozené funkce.....	36
2.3.3.1. Fotosyntéza.....	36
2.3.3.1.1. Respirace.....	36
2.3.3.2. Transpirace a gutace.....	37
2.3.4. Choroby a škůdci jírovců.....	37
2.3.4.1. Klíněnka jírovcová.....	38
2.3.4.1.1. Historie klíněnky jírovcové.....	38
2.3.4.1.2. Teorie náhlého rozšíření klíněnky jírovcové po Evropě.....	38
2.3.4.1.3. Dynamika šíření klíněnky jírovcové po Evropě.....	39
2.3.4.1.4. Životní cyklus klíněnky jírovcové a projevy napadení na jírovcích.....	39
2.3.4.1.5. Metody regulace klíněnky jírovcové.....	40
2.3.4.2. <i>Guignardia aesculi</i>	41
2.3.4.2.1. Životní cyklus <i>Guignardia aesculi</i> a projevy napadení na jírovcích.....	41
2.3.4.3. Klejotok.....	41
2.3.4.3.1. Klejotok a jeho projevy na stromech.....	41
2.3.4.3.2. Klejotok v Evropě.....	42
2.3.5. Hmyzí nepřátelé klíněnky jírovcové.....	43
2.3.5.1. Blanokřídli (Hymenoptera).....	43
2.3.5.1.1. Stručná charakteristika blanokřídlych parazitoidů klíněnky jírovcové.....	44
2.3.5.1.2. Rozmnožování a vývoj.....	44
2.3.6. Další druhy hmyzu objevující se v laboratorních pokusech.....	45
2.3.6.1. Dvoukřídli (Diptera).....	45
2.3.6.1.1. Rozmnožování a životní cyklus dvoukřídlych.....	46
2.3.6.2. Brouci (Coleoptera).....	47
3. Cíl práce.....	48
4. Metodiky.....	49
4.1. Mapování výskytu a napadení jírovců v Českých Budějovicích.....	49
4.1.1. Stanovení monitorovacích oblastí.....	49
4.1.2. Určení počtu druhů a stáří jírovců v Českých Budějovicích.....	50
4.1.3. Odhad množství listů určeného pro kompostování.....	51
4.1.4. Stanovení napadené listové plochy jírovců.....	51
4.1.5. Určení rizikových oblastí.....	53
4.2. Zakládání, průběh a vyhodnocování laboratorních pokusů.....	53
4.2.1. Stanovení zakládaných fyzikálně chemických vlastností surovin.....	53
4.2.2. Zakládání variant a průběh laboratorních pokusů.....	55
4.2.2.1. Označování fotoeklektorů, Petriho misek a sběrných lahvíček.....	57
4.2.3. Rozmístění fotoeklektorů ve skleníku.....	58
4.2.4. Monitorování a kontrola laboratorních pokusů.....	58
4.2.5. Sběr a určování hmyzu.....	59

5. Výsledky.....	61
5.1. Monitorování jírovců v Českých Budějovicích	61
5.1.1. Početní zastoupení jírovců v Českých Budějovicích	61
5.1.2. Stáří jírovců a jejich zařazení do oblastí	61
5.1.3. Odhadované množství listů jírovců pro kompostování.....	62
5.1.4. Stupeň napadení listové plochy určené vizuální metodou	62
5.1.5. Kritické oblasti v Českých Budějovicích	63
5.2. První série laboratorních pokusů.....	64
5.2.1. Fyzikálně chemické vlastnosti zakládaných surovin	64
5.2.2. Průběh teplot v založených fotoeklektorech	64
5.2.3. Statistické vyhodnocení výletu hmyzu u jednotlivých variant.....	66
5.3. Druhá série laboratorních pokusů	68
5.3.1. Fyzikálně chemické vlastnosti substrátů	68
5.3.2. Průběh teplot v založených fotoeklektorech	69
5.3.3. Dynamika líhnutí klíněnky jírovcové a jejich parazitoidů	71
5.3.4. Statistické vyhodnocení počtu vylíhlého hmyzu u jednotlivých variant.....	71
6. Diskuze.....	74
7. Závěr.....	77
8. Seznam použité literatury	78
Seznam tabulek	82
Seznam grafů.....	83
Seznam obrázků	84

1.Úvod

Jírovec maďal je překrásný strom s dlouhou a bohatou historií, který se vysazuje především do velmi frekventovaných lokalit jako jsou například náměstí a městské parky. Zde jsou jírovce napadány klíněnkou jírovcovou, která poškozují jejich listy. Poškozené listy zežloutnou, zkroutí se a mohou dokonce opadat dříve než na podzim. Tento smutný pohled na oblíbené a dlouhodobě oslabované stromy působí na obyvatele měst depresivně především proto, že není v centru měst mnoho zeleně.

Klíněnka jírovcová je invazní motýlek pocházející z Makedonie, který se během 25 let rozšířil po celém území Evropy. Kukly klíněnek přezimují ve spadaném listí jírovce maďalu, a proto nejsnazším krokem snižujícím populační hustotu škůdce v následujícím roce je pečlivá likvidace spadaného jírovcového listí.

V současné době se doporučuje spadané listí jírovců spalovat. Tento neekologický způsob likvidace listí jírovce s sebou přináší velikou finanční zátěž a velmi náročnou technologii spalování. Ve své diplomové práci se zabývám alternativní metodou, kterou je kompostování listí jírovce maďalu s krycí vrstvou. Tato metoda může být efektivním a ekologickým způsobem likvidace kukel klíněnky jírovcové a zároveň lze předpokládat, že je šetrná vůči parazitickým vosičkám a dalším živočichům, kteří se ve spadaném listí vyskytují.

Založení kompostu by pomohlo nejenom se zpracováním biomasy svezené z údržby pozemků (tráva, listí a dřevní štěpka), ale také s regulací klíněnky jírovcové. Vedlejším produktem kompostování je substrát, který je kvalitní a mohl by se dále využívat pro obnovu nebo údržbu veřejných prostranství. Tímto by se ušetřily zbytečné výdaje spojené s nakupováním drahých průmyslových hnojiv.

2. Literární přehled

Literární přehled byl rozdělen na 3 hlavní tématické okruhy: (1) kompostování, (2) půda a (3) jírovce a klíněnka jírovcová. Takto rozdělený literární přehled pomáhá celkově lépe pochopit problematiku, kterou se zabývá tato diplomová práce.

2.1. Kompostování

Kompostování je technologický postup, který pomocí aerobních procesů zpracovává odpadní biomasu na další použitelný produkt (kompost). Využívají ho ve velké míře převážně malí a střední zahrádkáři, proto je tato metoda známa mezi širokou veřejností.

2.1.1. Proč kompostovat?

Jedním z důvodů je ekologická likvidace organického odpadu, který lze místo drahého skládkování zpracovat na kompost, který je dále využitelný jako organické hnojivo. Používáním vlastního kompostu tak např. zahrádkář ušetří při nákupu průmyslových hnojiv a dalších prostředků ke zlepšování půdy (například rašeliny), protože organická hmota z kompostu slouží jako potrava půdním organismům a přispívá tak ke zvyšování úrodnosti půdy [13].

2.1.2. Hnití a tlení

Jsou dvě možnosti, jak se může rozkládat organická hmota - hnitím (za nepřístupu vzduchu) a tlením (za přístupu vzduchu) [13].

2.1.2.1. Hnití

Na rozdíl od tlení se vyskytuje hnití tam, kde převládá nedostatek kyslíku. Při tomto procesu se činností určitých druhů, zejména anaerobních bakterií, tvoří zapáchající plyny, například sirovodík a čpavek. Dále vznikají jedovaté sloučeniny jako například indol, skatol a dokonce mrtvolné jedy putrescin a kadaverin.

Tyto látky lákají různý škodlivý hmyz jako drátovce, pochmurnatku mrkvovou, květilku cibulovou a květilku zelnou. Zároveň podporují různé původce chorob (slepičí mor, mor prasat, paratyfus, tuberkulózu, tetanus, epidemickou žloutenku a dětskou obrnu). Kromě toho se poškozuje úrodnost půdy a půda se obohacuje „nevhodnými“ mikroorganismy [13].

Hnití se vyskytuje především v blokově ukládaném hnoji, v kejďě a v močůvce. Dále se nachází v organických odpadech, které byly někde (často v lesích) vyklopeny (například odpady z košťálovin a listí ořešáku). Všude, kde se v přírodě vyskytují nepříjemné zápachy, je příčinou hnití. Dříve se razilo přísloví, že co zapáchá, to hnojí. Je to sice pravda, neboť hnití převádí obsažené živiny do velmi lehké rozpustné formy. Negativní důsledky, které byly uvedeny, bychom ale neměli přitom přehlédnout nebo dokonce zapomenout [13].

2.1.2.2. Tlení

Na tlení se podílejí naopak zcela jiné mikroorganismy, totiž bakterie, plísňe, kvasinky a aktinomycety, které vyžadují kyslík. Živiny nejsou přeměněny v zapáchající plyny, nýbrž jsou nejdříve vázány v mikroorganismech a později jsou k dispozici pro tvorbu humusu. Organické látky jsou pak postupně rozkládány až mineralizovány. Uvolněné minerální prvky včetně dusíku jsou snadno přijatelné rostlinami.

Při tlení jsou zneškodňováni původci chorob - nejen vysokými teplotami, nýbrž také tvorbou řady přírodních antibiotik. Již v roce 1955 bylo v Německu prokázáno, že kompostováním bylo usmrceno 18 nejnebezpečnějších původců chorob. Při tlení se tvoří rovněž fermenty a enzymy, které mohou být zčásti dokonce přímo přijímány rostlinami, a tak posilují jejich zdraví a odolnost proti chorobám. Tlení vede k cenným humusovým látkám. Podporuje tak úrodnost půdy a zvyšuje zdraví rostlin. Kompostování organických odpadů představuje možnost toho, aby tlení mohlo probíhat za velmi přesně kontrolovaných podmínek. Tak lze velmi cíleně produkovat humus a zlepšovat úrodnost půdy [13].

2.1.3. Výhody kompostování

Hlavní výhody kompostování lze shrnout do následujících bodů [13]:

- až 100% dusíku je organicky vázáno a nemůže se už uvolnit do atmosféry
- tvorba cenných humusových látek, které půdu oživují; to znamená, že zvyšují respektive podporují nejen množství, ale i druhovou pestrost bakterií a hub v půdě
- zničení všech hnilobných a jedovatých látek během velmi krátké doby
- spolehlivé zničení většiny původců chorob
- usmrcení většiny semen plevelů
- inaktivace antibiotik a jiných přísad do krmiv
- rozklad těžko rozpustných základních živin i stopových prvků (například surových fosfátů), a tím zabezpečení zásobování těmito živinami ve vyrovnaném poměru

- tvorba přírodních antibiotik, které zčásti přijímají přímo rostliny a zvyšují odolnost proti škůdcům
- kompost působí příznivě na životní prostředí, protože živiny, zejména dusičnany, se nevyplavují do podzemní vody :[13]

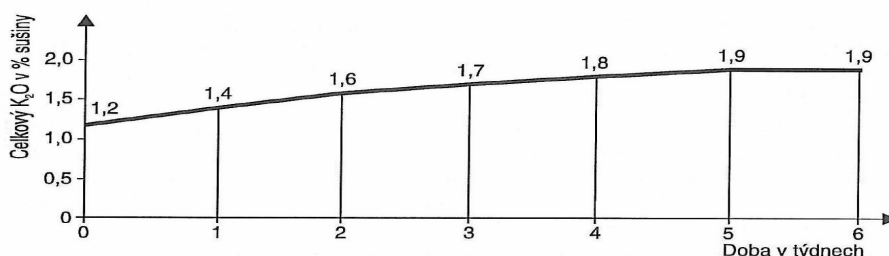
2.1.4. Nevýhody kompostování

Nejvýznamnějším důvodem proti kompostování u zemědělců je vysoká pracnost.

Další důvod proti kompostování, který se občas uvádí, jsou ztráty živin. K tomu je třeba uvést, že při tlení v kompostu dochází k nejmenším ztrátám. Dusík může unikat pouze ve formě plynného čpavku. Ztráty se pohybují kolem 20%. Uhlík uniká rovněž do vzduchu ve formě oxidu uhličitého v množství do 30%. Všechny ostatní živiny zůstávají v kompostu, to znamená, že v něm dochází k relativnímu obohacení živinami v důsledku ztráty sušiny (graf 1).

Argument, který se objevoval v poslední době v zahraničí, se týká přísad ke kompostování - jsou buď drahé, nebo se velmi komplikovaně připravují. Zde je třeba pouze uvést, že i bez očkovacích látek lze dosáhnout nejlepší výsledky při kompostování.

Občas se objevují starší výzkumy, podle kterých docházelo během tlení ke ztrátě draslíku ve větších množstvích. To může být pouze ve formě průsakových šťáv [13].



Graf 1: Relativní obohacení draslíkem při kompostování trusu slepic [13].

2.1.5. Fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti kompostovaných surovin

Kompostování je spojeno s celou řadou požadavků na výrobní technologii, kvalitu výsledného produktu a vlivu na životní prostředí. Splnění všech těchto požadavků významně ovlivňuje fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti kompostovaných surovin. Znalost těchto vlastností je nezbytná k sestavení optimální receptury z důvodu vhodné volby technologie zpracování. Vzhledem k tomu, že biologicky rozložitelné suroviny je možné zpracovávat i jinými způsoby než je kompostování, je nutná znalost jejich vlastností, aby mohlo být rozhodnuto o vhodné technologii zpracování.

Proto jsou z výše uvedených důvodů kladeny požadavky na znalosti o vlastnostech biologicky rozložitelných surovin a s tím úzce související schopnost určit jejich vhodnou skladbu pro založení a optimální průběh procesu kompostování.

Mezi vlastnosti, které významnou měrou ovlivňují proces kompostování, jak při jeho zakládání, tak i v celém jeho průběhu patří[25]:

- teplota
- vlhkost
- hodnota pH
- obsah kyslíku
- obsah živin a poměr C:N
- mikrobiální aktivita
- pórovitost, zrnitost a velikost částic.[25]

Všechny tyto vlastnosti je nutné před založením kompostu znát a některé z nich je důležité monitorovat i v průběhu kompostovacího procesu. V této kapitole jsou o jednotlivých vlastnostech uvedeny pouze základní informace s tím, že podrobněji jsou popsány v kapitole „Kontrola kompostovacího procesu“, kde jsou popsány i způsoby jejich zjišťování [25].

2.1.5.1. Teplota

Teplota hraje hlavní roli v procesu kompostování. Průběh teplot lze rozdělit do dvou hlavních částí. První - mezofilní - fáze je doprovázena teplotami v rozsahu +10 až +40°C a druhá fáze - termofilní - je charakterizována vyššími teplotami nad 40°C. Po těchto dvou fázích dochází k poklesu teplot, které by se měly u zralého kompostu stabilizovat na úrovni teploty okolního prostředí [25].

Teplota je funkcí procesu kompostování a je tedy možné z jejího průběhu určit dobu zralosti kompostu. Výše teploty je dána především aktivitou přítomných mikroorganismů. Neklesne-li teplota kompostu na úroveň teploty okolního prostředí, vypovídá to o tom, že mikroorganismy jsou stále aktivní a kompost nelze považovat za vyžralý, neboť neobsahuje dostatečné množství stabilních organických látek [25].

Na výši optimální teploty při kompostování lze nahlížet ze dvou úhlů pohledu. Tím prvním je optimální teplota pro rozklad organických látek a druhým, neméně důležitým hlediskem, je teplota potřebná k likvidaci lidských, živočišných a rostlinných patogenních mikroorganismů, parazitů, případně semen plevelů či larev much.

Optimální teplota pro rozklad organických látek je dána především druhem surovin, neboť různé organické materiály se rozkládají při různých teplotách. Většinou je uváděno optimální rozmezí teplot od +50°C do +60°C, někdy i širší rozsah a to +43°C až +65°C [25].

Výše teplot potřebných k likvidaci nežádoucích patogenních mikroorganismů se liší podle jejich druhu a je většinou předepsána příslušnou státní normou ČSN 465735. Obecně lze konstatovat, že k likvidaci většiny lidských, živočišných i rostlinných patogenů je třeba dosáhnout teploty 55°C a pro zneškodnění semen plevelů 63°C. Kromě výše dosažené teploty je nutné zohlednit i dobu, po kterou se udrží v průběhu kompostování [25].

2.1.5.2. Vlhkost

Vlhkost umožňuje životní procesy mikroorganismů v kompostu. Voda je důležitá pro transport živin, umožňuje pohyb mikroorganismů a slouží jako medium pro chemické reakce. Vlhkost kompostu je závislá na mikrobiální aktivitě a biologické oxidaci organického materiálu. Evaporací dochází k redukci obsahu vody. Množství vody, uvolněné díky mikrobiální aktivitě při kompostování, je větší, než její ztráty odpařováním. Optimální vlhkost kompostu se pohybuje v rozmezí 50 až 60%.

V případě poklesu vlhkosti pod hranici 40% dochází ke zpomalování mikrobiální aktivity a naopak, když je vlhkost kompostu vyšší než 60%, dochází k ucpávání pórů vodou, a tím se vytváří anaerobní prostředí, které je též nežádoucím stavem.

Vlhkost kompostu je v úzké korelaci s množstvím dodávaného vzduchu. Největší ztráty vody je možné pozorovat při velkém množství dodávaného vzduchu. Při dodávání malého množství vzduchu se ztráty vlhkosti značně snižují a jsou téměř konstantní [25].

Na vlhkost kompostové zakládky má vliv i struktura kompostovaných surovin, kde nejdůležitějším faktorem je jejich pórovitost. Optimální vlhkost je taková, při níž je 70% pórovitosti čerstvého kompostu zaplněno vodou. Z toho vyplývá, že optimální vlhkost se bude lišit podle surovinového složení kompostu. Např. zemité komposty s obsahem organických látek do 20% v sušině by měly mít vlhkost 45-60%, komposty ze zemědělských odpadů s obsahem organických látek 30-40% v sušině by měly mít vlhkost 55-60% a konečně komposty ze stromové kůry a dřevních odpadů s obsahem organických látek v rozmezí 50-70% v sušině vyžadují vlhkost 60-70%.

Kromě výše uvedených faktorů je vlhkost ovlivněna také zvolenou technologií kompostování. Při přílišném vysušení, ke kterému dochází především při technologiích s nuceným provzdušňováním, se mohou podstatně zpomalit biologické pochody [25].

2.1.5.3. Hodnota pH

Za optimální lze považovat pH v rozmezí 6,5 až 8 tedy blízké neutrální hodnotě. Při poklesu pH pod hodnotu 6 dochází k hynutí většiny mikroorganismů, hlavně bakterií, čímž se zpomaluje proces rozkladu organických látek. Stoupne-li naopak hodnota pH nad 8,5, dochází k přeměně dusíkatých sloučenin na amoniak, který uniká z kompostu ve formě plynu, a tím se zvyšují ztráty dusíku.

Během kompostovacího procesu je hodnota pH v počáteční fázi kompostování ve znamení nízkých hodnot pH okolo 5, jež jsou způsobeny tvorbou organických kyselin. V této fázi jsou dominantními organismy houby a plísně, tolerantní vůči kyselému prostředí. Krátce nato jsou kyseliny rozkládány mikroorganismy, což je doprovázeno změnou pH směrem k neutrálním hodnotám nebo dokonce k vyšším okolo 8,5. Při přechodu pH do neutrálních či mírně zásaditých hodnot se hlavní role při rozkladu organických látek přesouvá na bakterie [25].

2.1.5.4. Obsah kyslíku

Dodávka vzduchu do kompostovaných surovin je důležitá ze třech základních hledisek.

První a zřejmě nejpodstatnější je dodávka kyslíku za účelem vytvoření aerobního prostředí kompostu, které následně umožňuje mikrobiální aktivitu.

Druhým hlediskem je provzdušňování kompostu za účelem snižování vlhkosti. Vzduch, který se v kompostu ohřeje, podporuje evaporaci vody, což může být účelné zejména při zpracovávání vlhkých surovin.

V poslední řadě je dodávka vzduchu důležitá pro regulaci teplot v průběhu kompostování. Generují-li se příliš vysoké teploty po delší dobu, může mít tento fakt neblahý vliv na činnost a život mikroorganismů a následně na proces organického rozkladu kompostované biomasy.

Zajistit dostatečný přísun vzduchu do kompostu je možné několika způsoby a většinou se liší podle zvolené výrobní technologie. Mezi nejčastěji používané metody patří pravidelné překopávání vhodným překopávačem kompostu (překopáváním kompostu lze množství vzdušného kyslíku v hromadě více než zdvojnásobit) nebo použití distribuce vzduchu pomocí ventilátoru[25].

Obsah O₂ ve vzdušných pórech zrajícího kompostu by neměl klesnout pod 6%. Jak bylo výše uvedeno, nedostatek vzduchu vede k tvorbě anaerobního prostředí, ve kterém vznikají organické kyseliny, metan, sirovodík a další nežádoucí látky. Většina těchto látek způsobuje problémy se silným zápachem a hygienou kompostu [25].

2.1.5.5. Obsah živin a poměr C:N

K základním živinám, které jsou důležité pro mikroorganismy obsažené v kompostu, patří uhlík (C), dusík (N), fosfor (P) a draslík (K). Dusík, fosfor a draslík patří mezi základní živiny pro rostliny, a proto ovlivňují výslednou hodnotu kompostu. Uhlík je důležitý jako zdroj organické hmoty pro mikroorganismy a spolu s dusíkem umožňuje syntetizovat proteiny a podílí se na stavbě buněk a jejich reprodukci. Fosfor s draslíkem hrají důležitou roli při látkové výměně a při rozmnožování buněk. Minimální obsah fosforu pro zabezpečení metabolické činnosti mikroorganismů je ve výši 0,2 % P₂O₅ v sušině. Mikroorganismy žijící v kompostu vyžadují též patřičné množství stopových prvků pro lepší asimilaci všech živin. Mezi tyto stopové prvky patří především bór (B), vápník (Ca), kobalt (Co), měď (Cu), železo (Fe), hořčík (Mg), mangan (Mn), molybden (Mo), selen (Se), sodík (Na) a zinek (Zn).

Přestože všechny výše uvedené prvky jsou důležité pro správný průběh kompostování, je možné konstatovat, že uhlík a dusík patří mezi živiny, na kterých nejvíce závisí kvalita výsledného kompostu. Zvláště důležitý je pak jejich vzájemný poměr, tedy tzv. poměr C:N. Důležitým parametrem je uhlík, který je ve formě přístupné pro mikroorganismy a nikoliv jeho celkový obsah. Během mikrobiálního růstu je potřeba 25 až 30 jednotek uhlíku na jednotku dusíku. Mikroorganismy získávají uhlík z rozložených rostlinných a živočišných zbytků obsažených v kompostu a tento slouží pro buněčnou stavbu.

Během mikrobiální aktivity dochází k uvolňování oxidu uhličitého (CO₂) do atmosféry. Množství uvolněného CO₂ se snižuje úměrně s dobou zrání kompostu, které je doprovázeno snížením mikrobiální aktivity.

Emise CO₂ z kompostu souvisí i s jinými faktory. Maximální emise CO₂ koresponduje s maximálními teplotami, dosaženými v průběhu kompostování. Při následném poklesu teplot klesá i množství uvolněného CO₂ do atmosféry.

Množství uvolňovaného CO₂ závisí i na poměru C:N. Obecně lze říci, že čím je poměr C:N zpracovávaných surovin vyšší, tím nižší je emise CO₂, neboť u organických surovin s nižším poměrem C:N dochází ke snadnějšímu rozkladu, což vede k většímu uvolňování uhlíku, který pak může zčásti unikat do atmosféry ve formě plynu [25].

V kompostářské praxi se vychází ze zjištění, že obsah uhlíku představuje cca polovinu obsahu organické hmoty (spalitelných látek). Kompostované hmoty s poměrem C:N užším než 10:1 se rozkládají velmi rychle a jsou mikrobiologicky dobře využitelné. Malý poměr C:N u kompostovaných surovin vede k uvolňování dusíku ve formě amoniaku. To platí hlavně při zásaditém pH. Ztráty dusíku při kompostování surovin s nízkým poměrem C:N v rozmezí 9:1 až 12:1 se pohybují mezi 37% až 60%.

Naopak hmoty se širokým poměrem C:N nad 50:1 se rozkládají velmi pomalu. V případě, že poměr C:N přesahuje hodnotu 50:1, dochází ke zpomalování kompostovacího procesu kvůli rychlému růstu buněk a odčerpávání přístupného dusíku, což následně vede k jejich úhynu. Tím, jak buňky hynou, uvolňují v sobě akumulovaný dusík, který se stává přístupným pro živé buňky. K uvolňování amoniaku do atmosféry dochází i při anaerobních podmínkách v kompostu. Ztráty dusíku snižují hnojivé účinky kompostu. K optimálnímu využití uhlíku a dusíku mikroorganismy dochází při poměru C:N <25:1.

Bakterie a nižší houby, které tvoří hlavní podíl v mikrobiálních společenstvech v kompostovaných surovinách, jsou hlavními činiteli, podílejícími se na rozkladu organických látek. Jejich činnost a aktivita závisí na výše jmenovaných chemických a fyzikálních faktorech, které přímo ovlivňují jejich činnost.

Aby bylo dosaženo vysoké biodegradční aktivity, je třeba optimalizovat tyto podmínky tak, aby vyhovovaly co nejlépe dekompoziční činnosti přítomného mikrobiálního konsorcia. Složení těchto spolupracujících kmenů v kompostovaném materiálu závisí na selekčních tlacích v prostředí a adaptačních schopnostech jednotlivých mikrobiálních kmenů a chemickém prostředí [25].

2.1.5.6. Pórovitost, zrnitost a velikost částic

Pórovitost a struktura souvisejí s fyzikálními vlastnostmi surovin, jakými jsou například velikost částic, tvar a konzistence. Mohou ovlivňovat proces kompostování tím, že určují množství vzduchu v hromadě. Pórovitost a struktura je dána výběrem surovin pro kompostování a dále pak mírou nadrcení nebo promíchání substrátu.

Pórovitost je definována jako poměr objemu dutin k celkovému objemu kompostované hmoty. Výskyt větších a homogenních částic v hromadě zvyšuje její pórovitost. Struktura vypovídá o pevnosti částic, tedy o jejich odolnosti proti zhutnění. Dobrá struktura zabraňuje snižování pórovitosti ve vlhkém prostředí kompostové zakládky [25].

Menší částice mají větší povrchovou plochu v porovnání s jejich objemem a mohou být vystaveny výraznějšímu působení mikroorganismů, což urychluje proces rozkladu a tedy i kompostování. Menší částice jsou výsledkem lepší homogenity vstupních surovin a zlepšují izolační schopnost hromady. Na druhé straně mohou malé částice způsobovat jisté problémy snížením pórovitostí a tedy s možností dostatečného provzdušnění kompostu. Nejlepších výsledků bylo obvykle dosaženo při kompostování surovin s průměrnou velikostí částic v rozmezí 20 až 50 mm [25].

2.1.6. Choroby, škůdci a plevelé v kompostech

Předchozí informace uvádějí, že v první fázi tlení, zejména u stájových hnojiv, mohou být teploty během krátkého období velmi vysoké, potom mohou opět rychle klesnout.

Veterinární hygienu zajímá zejména, zda přežívají zárodky chorob v kompostu, zejména když obsahuje hnůj prasat nebo odpady.

Pro tyto výzkumy se ukázala sněť slezinná, antrax (*Bacillus anthracis*), jako zajímavý, i když nanejvýš nebezpečný objekt. Ta může v půdě přetrvávat ve formě spor 70 let a neztrácí i při teplotách 180 °C ihned svoji plnou virulenci (nakažlivost). K pokusným účelům byl tento bacil jednak přímo vpraven do kompostovaného materiálu, dále byl vložen do kompostu v zatavených skleněných ampulích. Podle Knolla (cit. Heynitz, K.: Kompost im Garten) bylo zjištěno, že při obsahu vody od 40% do 60% a aerobním tlení (za přístupu vzduchu) nebyl bacil antraxu přímo v kompostu prokázán až po 17 dnech a ve skleněné ampuli po 28 dnech.

Tento překvapující výsledek umožňuje závěr, že sama teplota v kompostu nebyla rozhodující. Při zničení zárodků chorob hrají roli ještě jiné faktory. Ty je třeba hledat v okruhu působnosti aktinomycet a jiných organismů [13].

V této souvislosti a také při otázkách týkajících se krmení zvířat bylo zjištěno, že houby a také určité bakterie produkují antibiotické produkty látkové přeměny, které přispívají rozhodujícím způsobem k „biologickému efektu samočistění“. Tyto inhibitory (látky, které zpomalují určitou reakci), které jsou silně zastoupeny zejména na povrchu, mohou být v laboratorním pokusu izolovány a jednoznačně prokázány. K lepšímu rozlišení poukazuje Knoll na následující rozmezí teplot, které objasňuje vzájemný vztah mezi teplotou a antibiózou (negativní působení na původce choroby) [13].

V prvním rozmezí teplot (I) nelze zajistit dezinfekci, k ní však postačí vysoké teploty ve IV. zóně. Avšak v II. a III. tyto teploty doplňují antibiotické inhibitory, které společně rychle likvidují zárodky chorob.

Problémy veterinární medicíny a hygieny se dotýkají zahrádkáře jen ve výjimečných případech. V zahradě se spíše objevuje otázka přenosu virových, bakteriálních nebo houbových chorob rostlin. Další otázkou diskutovanou v zahradnictví je, zda vysoké teploty v kompostu mohou zničit semena různých plevelů nebo živočišné škůdce. Zejména semena plevelů mohou být při nesprávném kompostování nebezpečím pro zahradu [13].

2.1.6.1. Viry škodící rostlinám

Viry škodící rostlinám se vyskytují na mnoha zahradních rostlinách, přičemž virus mozaiky je známý nejen na fazolích, kvěťáku, okurkách, salátu nebo cibuli. Většina virů je příliš citlivá, a proto nemůže v půdě překonat delší dobu nebo dokonce proces kompostování. Výjimkou je ovšem virus tabáku, který odolává také vysokým teplotám a překonal průběh tlení v kompostu [13].

2.1.6.2. Bakteriální choroby

Bakteriální choroby napadají mimo jiné salát (bakteriální hniloba salátu), brambory (bakteriální hniloba, černá noha) nebo košťáloviny (hnědá bakteriální hniloba košťálovin).

Protože bakterie, které poškozují rostliny, nemohou vytvářet trvalé orgány, lze předpokládat, že nemohou přestát obvyklé teploty v kompostech [13].

2.1.6.3. Houbové choroby

Mezi škodlivé houby na prvním místě patří nádorovitost košťálovin. Je to nebezpečná houbová choroba všech košťálovin, která vniká z půdy do kořenů, vede ke tvorbě nádorů a po rozkladu se spory opět uvolňují v půdě nebo v kompostu. Choroby, plísňe, bílá sklerotiniová hniloba salátu, rez fazolová a jiné tvoří odolné trvalé spory a zůstávají životaschopné i po procesu tlení [13].

2.1.6.4. Živočišní škůdci

Živočišní škůdce, zejména kořenová háďátka, která se vyskytují na mnoha druzích zeleniny, zkoumal Menke (cit. Heynitz, K.: Kompost im Garten) v průběhu tlení. Nikdy však nepřežila tyto teploty.

Plžům slouží kompost často jako vítaný úkryt, využívají jej také ke kladení vajíček. Teplota nad 45 °C (uvnitř hromady) je usmrcuje [13].

2.1.7. Teploty při mikrobiologických procesech tlení

Tabulka 1: Teploty při mikrobiologických procesech tlení (dle Knolla 1968) [13].

Teplotní zóna	Zóna tlení	Hygienická klasifikace
pod 45 °C	Chladné tlení	plná virulence, bez dezinfekce
45-55 °C	střední teplota	biochemická dezinfekce
55-65 °C	střední teplota	biofyzikální dezinfekce
65-80 °C	horké tlení	termická dezinfekce

Nedosahují-li požadované teploty na povrchu kompostu, doporučuje se před použitím kompostu odstranit vrchní vrstvu (2-3 cm) a tento materiál dát do středu [13].

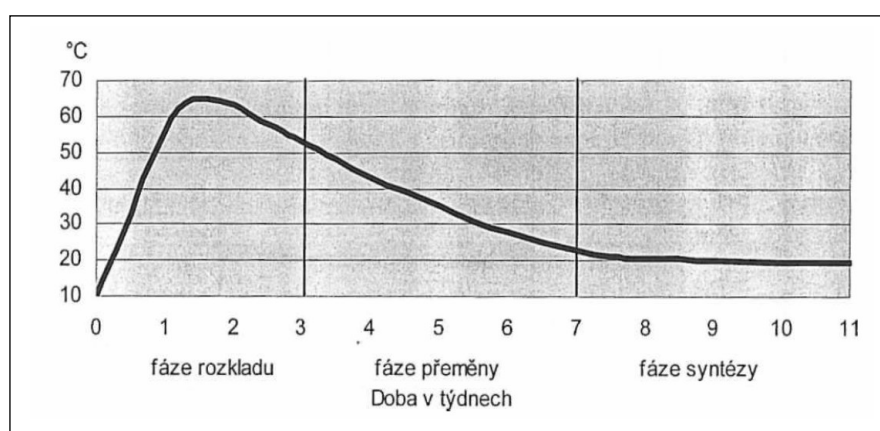
2.1.8. Kontrola kompostovacího procesu

2.1.8.1. Pravidelné měření teplot kompostu, metodika měření teplot

Teplota zakládky kompostu je nejjednodušeji měřitelným ukazatelem zrání kompostu, který koresponduje s intenzitou činnosti mikroorganismů. Měření a evidence teplot je proto základní podmínkou kontroly správného kompostovacího procesu.

Optimální průběh teploty při kompostování je zobrazen na grafu 2. Každá výrazná odchylka od tohoto ideálního průběhu signalizuje závadu v kompostovacím procesu.

Jestliže po založení kompostu a první překopávce teplota nestoupá nebo po předchozím vzestupu teploty nastává výrazný pokles, jsou podmínky pro mikroorganismy nepříznivé. Příčina může být především ve špatném surovinovém složení, v nadměrné vlhkosti materiálu, omezující obsah kyslíku v kompostu, apod. Pokles teploty však nastává i při malé vlhkosti kompostovaných surovin při vyschnutí kompostu [10].



Graf 2: Optimální průběh teplot při kompostování [10].

2.1.8.2. Metodika měření teploty kompostu

2.1.8.2.1. Měřicí přístroj

Teplota kompostu je zjišťována teploměrem, v dnešní době převážně elektronickým, s digitálním nebo analogovým ukazatelem, u lepších typů s možností datového výstupu. Teploměr musí být vybaven tyčovou zapichovací sondou, kterou je možno zapíchnout do hromady kompostu alespoň do hloubky 1 m pod povrch hromady. Tím je zajištěno změření teploty v celém průřezu hromady. V tabulce 2 jsou uvedeny teploměry nabízené na našem trhu [10].

Tabulka 2: Přístroje pro měření kompostů [10].

Označení teploměru	Měřicí rozsah	Možnost elektr. výstupu	Přesnost měření	Hmotnost (g)	Rozměry přístroje (mm) délka sondy (mm)
Technický teploměr vpichovací TRV	0 až +200°C	Ne	±2% z roz.stupnice	1050	326x120x1522 1500
Digitální teploměr sekundový	-50až +1150°C	Ne	-20až+550°C<1% +550až 920°C <1,5%	150	106x67x30 800
Zapichovací sonda s datalogerem testostor 175	-35 až +120°C	Ano	Do 50°C±0,5°C nad 50°C 1,2%	-	1500
Vpichovací sonda + teploměr S021	-50 °C až 550 °C	Ano	0,4 °C -50 až + 100 °C	-	141 x 71 x 27 na objednávku 1000
Zemědělský tyčový teploměr	0 a ž + 150°C	Ne	±1°C v celém rozsahu	-	1500 (alternativně 2250, 3000)
Teploměr GTH1300 + sonda 1m/6mm (sonda 2m/6mm)	-65 až 199,9 °C	Ano (lmV/°C)	±0,1 °C	250	150 x 86 x 30 1000 (2000)

2.1.8.2.2. Metoda měření teploty zapichovacím teploměrem

- Vpich sondou je nutno vést kolmo k povrchu hromady tak, aby mířil do jejího středu podle jejího příčného tvaru (trojúhelníkový nebo lichoběžníkový profil).
- Po definovaném úseku (je určen z celkové výšky hromady) od povrchu hromady je nutno vpich zastavit a odečíst ustálenou teplotu, s vedením vpichu pokračovat až do středu hromady.
- Vzdálenosti jednotlivých vpichů po horizontále jsou závislé na celkové délce hromady.
- Jednotlivá měřicí místa na jednotlivých hromadách je nutno označit a toto označení používat po celou dobu jedné zakládky.

- Pokud měřicí přístroj nemá elektronický výstup, je nutno hodnoty naměřených teplot zapisovat do tabulky, viz tabulka 3. Při opakovaných měřeních je nutné vždy naměřené hodnoty ze stejného místa zaznamenávat pod stejným označením [10].

Tabulka 3: Teplotní průběhy kompostovacích hromad [10].

MĚŘENÉ MÍSTO č.	Datum													
	DEN ZRÁ NÍ KOMPOSTU													
	PŘEKOPÁNO ANO-NE													
TEPLOTA (°C)														
1.1														
1.2														
1.3														
1.4														
2.1														
...														

2.1.8.2.3. Časové intervaly měření teploty během jedné zakládky

- Do 7. dne každodenně - v tomto období jsou teploty nejvyšší a je tedy třeba kontrolovat optimální průběh kompostovacího procesu a zda teploty nepřevyšují již zmíněných 65°C. Obvykle na konci tohoto časového úseku dochází i k razantnímu poklesu teploty, kdy je třeba aplikovat aerační překopávku pro intenzifikaci rozkladu.
- Od 8. dne do ukončení kompostovacího procesu 1 krát za 3 - 4 dny [10].

2.1.8.3. Hodnocení vlhkosti kompostu

Při zakládání kompostu a potom během celého kompostování patří vlhkost mezi parametry, které velkou měrou ovlivňují zdárný průběh kompostovacího procesu. Jako každý živý organismus potřebují také mikroorganismy obsažené v kompostu určité množství vody. Při nedostatku vlhkosti zastavují či zpomalují ihned svou činnost na tak dlouho, než bude opět vlhkost uvedena do potřebného rozmezí. Při nadbytečné vlhkosti dochází rychle k nežádoucím hnilobným procesům a ke zkysnutí kompostu. Optimální vlhkost je taková, při níž je 70% pórovitosti kompostu zaplněno vodou.

Pro zakládání kompostu platí tato zásada: „Jestliže si nejsme jisti optimální vlhkostí kompostu, volíme raději nižší vlhkost, která se snadněji koriguje závlahou kompostu. Převlhčenost kompostu se upravuje mnohem obtížněji.“ [10].

2.1.8.4. Metody určování vlhkosti

Časové intervaly hodnocení vlhkosti během jedné zakládky:

- počáteční hodnocení vlhkosti se provede ihned po ukončení první (homogenizační) překopávky
- optimální intervaly mezi jednotlivými zjišťováními vlhkosti jsou 1 týden
- po ukončení kompostovacího procesuje nutno určit vlhkost hotového kompostu [10].

2.1.8.4.1. Gravimetrická metoda stanovení vlhkosti

Používá se jako standardní metoda jiných vlhkoměrů, pracujících na jiných fyzikálních principech. Podstatou této metody je oddělení vody od pevné fáze - jde o měření přímé.

Vlhkost je stanovena z rozdílu počáteční hmotnosti vlhkého vzorku a konečné hmotnosti vzorku po jeho úplném vysušení za stanovených podmínek.

Výhodou této metody je velká přesnost a velký měřicí rozsah, nevýhodou je její vazba na laboratorní zařízení [10].

2.1.8.4.2. Postup zjišťování vlhkosti pro hotový kompost

Odebraný vzorek o hmotnosti asi 1 kg se rozprostře na podložku, větší hrudky se rozdrtí, kvartací se zmenší vzorek na 500 g a projde sítím o velikosti ok 5 mm. Z tohoto vzorku se odváží do předem zvážené vysoušečky 20 g s přesností 0,05 g a vysuší se do ustálení hmotnosti při 105 °C. Po vychladnutí v exsikátoru se váží a zjistí se obsah vlhkosti [10].

výpočet:

Obsah vlhkosti (x) vyjádřený v % se vypočte ze vzorce

$$x = \frac{m_1 \cdot 100}{m}$$

kde: m_1 = úbytek na hmotnosti vzorku sušením [g],

m = hmotnost vzorku před sušením [g] [10]

2.1.8.4.3. Měření vlhkosti materiálu přenosnými vlhkoměry

Všechny přenosné vlhkoměry měří vlhkost materiálu nepřímo, neboť k jejímu určení využívají některou z celé řady vlastností vody obsažené v materiálu a měřením těchto vlastností (např. vodivost, kapacita) pak usuzují na obsah vody v daném materiálu.

Výhodou těchto metod je okamžitá znalost výsledku, možnost nedestruktivního měření a mobilnost přístroje, naopak mezi nevýhody patří zejména menší přesnost měření a nutnost kalibrace přístroje [10].

2.1.8.4.4. Orientační zkouška vlhkosti

V případě nutnosti lze určit vlhkost kompostovaného materiálu pomocí orientační zkoušky. K jejímu provedení je nutné kompostovaný materiál vzít do ruky a mačkat tak pevně, jak to jde. Při optimální vlhkosti, se nesmí mezi prsty objevit voda! Při otevření pěsti musí však materiál zůstat pohromadě ve formě „knedlíku“. Je-li materiál příliš suchý, při otevření pěsti se opět rozpadne. Když je materiál příliš vlhký, objeví se při zmáčknutí voda mezi prsty; pokud lze vymáčknout více než jednu kapku vody, je materiál již příliš vlhký [10].

2.1.8.4.5. Test fytoxicity (řeřichový test)

Řeřichový test, resp. test fytoxicity, je metoda vyhodnocování intenzity rozkladu organických materiálů a zralosti výsledného kompostu, která byla vypracována ve VÚRV pro použití v kompostářské praxi. Jde o biologickou metodu hodnocení fytoxicity výluhu vzorku indexem klíčivosti citlivé rostliny (řeřichy seté). Tento postup alespoň částečně eliminuje chyby, vznikající při zjišťování stability finálního produktu kompostování pouze pomocí teploty. Znakem stability je sice teplota kompostu blízká teplotě okolí, nebo teplota alespoň nižší než 45°C viz ČSN 46 5735, ta však může být ovlivněna i jinými faktory, jakými jsou např. nízká vlhkost či nedostatek kyslíku.

Použití testu fytoxicity je vhodné zejména při aplikaci nově stanovené receptury zakládky kompostu. V takovém případě je třeba využít jej během aerobní fermentace několikrát a to ve fázích [10]:

- po homogenizaci
- před jednotlivými překopávkami
- a v době ukončování kompostování [10]

2.1.8.5. Mikrobiologické hodnocení kompostu

Pro kontrolu organického hnojiva - kompostu - za dodržení výše uvedených podmínek je nutné znát pro zemědělskou praxi jeho kvalitu - stanovení indikátorových mikroorganismů.

Pro odběry vzorků kompostu platí ČSN 46 5735 a pro mikrobiologickou kontrolu se postupuje dle ČSN ISO 10381 - 6: Kvalita půdy - Odběr vzorků - Pokyny pro odběr, manipulaci a uchování půdních vzorků určených pro studium aerobních mikrobiálních procesů v laboratoři [10].

Uchovávání vzorků

Vzorky kompostu se uchovávají v temnu při teplotách $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ v polyethylenovém sáčku volně uzavřeném tak, aby byly zachovány aerobní podmínky [10].

Transport vzorku

Vzorky kompostu se transportují v temnu při teplotách $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ v polyethylenovém sáčku volně uzavřeném tak, aby byly zachovány aerobní podmínky, nejlépe v přenosné termotašce. Vzorky nesmí být vystaveny extrémním klimatickým podmínkám, není dovoleno vzorky zmrazovat, vysoušet nebo dosycovat vodou. Vzorky musí být předány ihned po odběru do laboratoře ke zpracování [10].

Zpracování vzorku

Laboratorní rozbor musí být zahájen v co nejkratší době po odběru vzorku, nejdéle do 48 hodin [10].

Stanovení indikátorových mikroorganismů

Stanovení indikátorových mikroorganismů pro mikrobiologická kritéria kompostu se provádí dle metod uvedených v odborném periodiku Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica číslo 7/2001, SZÚ, Praha, listopad 2001.

Tabulka 4: Mikrobiologická kritéria - jakostní znaky kompostu [10].

Kompost	Přípustné množství KTJ ¹ v 1 gramu faremního kompostu		
	Termotolerantní koliformní bakterie	Enterokoky	<i>Salmonella</i>
Kompost volně ložený	$< 10^3$	$< 10^3$	nestanovuje se
Kompost balený	10^2	10^2	negativní nález

2.1.8.6. Chemické hodnocení kompostu

Při laboratorních rozborech kompostu se postupuje dle ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“ a stanovují se tyto znaky jakosti:

- vlhkost
- obsah celkového N
- celkový obsah spalitelných látek
- poměr C : N
- pH ve vodní suspenzi
- zrnitost
- hodnocení homogenity celku [10].

2.2. Půda

Půda je zcela ojedinělá složka přírody. Vznikala půdotvornými procesy, a proto má různé vlastnosti. Její neoddelitelnou součástí je i půdní flora a půdní fauna.

V této diplomové práci jsem využil půdu v části receptur, které byly použity při zakládání experimentů.

2.2.1. Půda, pojem a definice

Půda je nejsvrchnější porézní vrstva pevné zemské kůry, která je složená z minerálních částic různé velikosti, živých organismů, odumřelých zbytků a organických látek v různém stadiu rozkladných a syntetických přeměn a je prostoupěna vodou a vzduchem. Tento heterogenní polydisperzní třífázový přírodní útvar se působením vnitřních a vnějších činitelů neustále mění a rozvíjí. Je to složitý dynamický systém s vlastní autotransformační a transportní schopností [18].

Rozdílně může být půda chápána z pohledů jednotlivých profesí. Pro zemědělce nebo lesníka je základním výrobním prostředkem, je zde uplatňováno i ekonomické hledisko. Z geologického hlediska se jedná o zvětranou povrchovou část zemské kůry, která je promíchána s organickými zbytky. Z pohledu chemika je zásobárnou prvků a sloučenin, nezbytných pro výživu rostlin. Z ekologického hlediska je prostředím půdního edafonu s jeho požadavky na energii a živiny, který se účastní základních koloběhů v přírodě. Jinak bude půdu posuzovat stavební organizace, atd. [18].

Definice

Půda je samostatný přírodně historický útvar, který vzniká a vyvíjí se z povrchových zvětralin kůry zemské a zbytků organismů zákonitým procesem působením půdotvorných faktorů a je schopen zajišťovat životní podmínky organismům v něm žijícím. Půdu je třeba chápat komplexně jako část terestického ekosystému, funkční celek, zahrnující živé organismy a jejich prostředí [18].

Úrodnost půdy je schopnost poskytovat úrodu, rostlinnou produkci, spočívající na zajištění optimálních podmínek pro růst a vývoj rostlin v době vegetace [18].

2.2.1.1. Hodnocení půdních typů a třídění podle úrodnosti

Třídění půd podle úrodnosti:

Potenciální, přirozená úrodnost je podmíněna genetickým vývojem půd, působením přírodních činitelů, mateční horniny, klimatu, organismů a reliéfu v půdotvorném procesu. Potenciální úrodnost je podmíněna půdním typem na přírodním stanovišti. Půdy podle úrodnosti rozlišujeme:

1. středně až velmi úrodné: černozem, nivní půdy a lužní půdy, hnědozemě
2. málo až středně úrodné: illimerizované půdy, illimerizované a oglejové hnědozemě, zamokřené lužní a nivní půdy, antropogenní půdy
3. méně úrodné až neúrodné: glejové půdy, rašelinové půdy, rendziny v pevných horninách, podzoly [18]

Skutečná úrodnost je výsledkem působení člověka na půdu celým souborem agrotechnických opatření. Zúrodnovacími opatřeními, obděláváním, hnojením se mění potenciální úrodnost na efektivní [18].

2.2.2. Složení půdy

Základní klasifikační (taxonomickou) jednotkou je půdní typ, který lze definovat jako skupinu půd charakterizovanou obdobnými morfologickými a analytickými znaky, která se vyvíjela pod vlivem určitého souboru půdotvorných činitelů. Půdy jednoho typu prošly stejným hlavním půdotvorným pochodem a vyznačují se tedy jistou kombinací půdních horizontů, která je pro příslušný typ konstantní. Nižší důležitou jednotkou je půdní subtyp, při jehož vzniku spolupůsobil další, tzv. podřízený půdotvorný proces. Subtyp tvoří přechod mezi dvěma půdními typy. Z dalších klasifikačních jednotek je důležitý zejména půdní druh, který

je vyjádřen zrnitostním (mechanickým) složením. Půdní varieta je zpravidla odvozená od význačné vlastnosti, zjiitelné především analyticky (např. varieta kyselá, silně kyselá, karbonátová aj.). Významná je i substrátová příslušnost půdy, která často určuje řadu důležitých půdních vlastností, jako je mocnost půdy, její skeletovitost, zrnitost, minerální síla a další. Z takzvaných půdních forem jsou nejvýznamnější formy erozní a akumulované, které se projevují zejména změlčením nebo naopak prohloubením humusového horizontu proti normálu [35].

2.2.2.1. Hlavní půdní typy

Na území našeho státu se vyskytují tyto hlavní půdní typy: černoze, černice, smonice, šedoze, hnědoze, illimerizovaná půda, pseudoglej, surová půda, ranker, rendzina, terra fusca, pararendzina, arenosol, pelosol, hnědá půda, rezivá půda, podzol, nivní půda, glej, rašeliništní půda a slanec [35].

2.2.2.2. Půdní druhy v České republice

Tabulka 5: Procentické zastoupení půdních druhů v České republice [48].

Půdní druhy	ČR
písčité a hlinitopísčité	25
písčitohlinité a hlinité	62
jílovitohlinité, jílovité, jíly	8
silně štěrkovité, kamenité	5

2.2.3. Faktory a podmínky půdotvorného procesu

Vývoj půdy probíhá dlouhodobým půdotvorným procesem. Základními půdotvornými faktory, které tento proces podmiňují, jsou mateční hornina, klima (nadmořská výška, teploty, srážky), biologický faktor, podzemní voda a člověk (antropogenní faktor) [18].

Působnost jednotlivých faktorů je ovlivňována podmínkami půdotvorného procesu, ke kterým patří zejména čas a reliéf terénu (svažitost, expozice). Vzhledem k tomu, že na určitých místech Země dochází ke zcela specifické kombinaci faktorů a podmínek (potlačení nebo naopak zvýraznění některých), má i půdotvorný proces specifický charakter, jehož výsledkem jsou půdy odlišné v uspořádání půdního profilu i souborem zrnitostních, fyzikálních, agrochemických i biologických vlastností [18].

2.2.4. Metody stanovení pH

Jednou ze základních vlastností, kterou je potřeba pečlivě sledovat, je pH. Ovlivňuje nám tak úrodnost a chemické procesy v půdě.

Velikost hodnoty pH můžeme stanovit v podstatě dvěma způsoby. Buď kolorimetricky za použití barevných indikátorů, nebo elektrometricky [7].

2.2.4.1. Kolorimetrické stanovení pH

Kolorimetrické stanovení pH půdy je doporučováno zejména pro stanovení v terénu, nikoliv v laboratoři. Kolorimetrické stanovení koncentrace vodíkových iontů je založeno na tom, že acidobazické indikátory v určitých oblastech pH mění své zbarvení (event. fluorescenci) se změnou koncentrace vodíkových iontů v roztoku. Vhodnou volbou indikátorů a pracovního postupu pak lze jednoduše, rychle a s dostatečnou přesností určovat pH roztoků. Ke kolorimetrickému stanovení pH se může použít jak vizuální kolorimetrie, tak i objektivních fotometrických metod.

Velice jednoduché je kolorimetrické stanovení pH pomocí indikátorových papírků. Tyto papírky se připravují impregnací svého naklíženého papíru roztokem indikátorového barviva. Ke kolorimetrickému stanovení pH se vyrábějí různé druhy indikátorových papírků. Vedle zcela jednoduchých, jako je např. lakmusový, fenolftaleinový nebo kurkumový papírek, sloužící hlavně ke kvalitativnímu zjišťování reakce roztoků, připravují se i universální indikátorové papírky s barevnou standardní stupnicí, dovolující určovat pH v široké oblasti.

V posledních letech jsou některými firmami (např. Merck) zaváděny papírky pro poměrně přesné stanovení pH (citlivost může být i $<0,1$ pH) k různým průmyslovým i speciálním účelům, které mohou v mnoha případech konkurovat standardním metodám jednoduchostí, rychlostí a nakonec i přesností určení reakce [7].

2.2.4.2. Potenciometrické měření pH

Každé elektricky vodivé těleso, tj. každá elektricky vodivá fáze, má určitý fázový potenciál. Jeho hodnota se vztahuje k myšlenému bodu ve vakuu v nekonečné vzdálenosti od všech těles, jehož potenciál prohlásíme za nulový. Hodnotu fázového potenciálu nelze měřit. K měření se musí fáze zapojit do okruhu spolu s měřicím přístrojem, čímž se připojí nutně další fázová rozhraní. Výsledkem je, že se měří rozdíl na přívodech k měřicímu přístroji, tedy rozdíl dvou chemicky identických fází.

K měření pH se používají elektrody dvojího typu měrné a srovnávací. Je-li totiž elektroda citlivá na pH (měrná elektroda), je potřeba, aby se vůbec mohlo měřit, ještě druhá elektroda, jejíž potenciál je konstantní a reprodukovatelný (elektroda srovnávací). V současnosti se používá k měření pH půdy téměř výhradně skleněné elektrody.

Skleněná elektroda má mnohé výhody před ostatními. Není ovlivňována oxidačními a redukčními látkami, může být použita i za přítomnosti bílkovin nebo v neprůhledných roztocích, neuvolňuje rozpuštěné soli do systému, je levná. Skleněné elektrody jsou vyráběny v mnoha typech, které umožňují jejich použití i v případě velmi malých množství roztoků a jiných extrémních podmínek [7].

2.2.5. Faktory ovlivňující měření pH půdy

Mezi tři základní faktory ovlivňující měření pH patří stupeň disociace H^+ , typ acidity a poměr zeminy a vody v měřených vzorcích [7].

2.2.5.1. Stupeň disociace H^+

Různé půdní koloidy (částice s velkým povrchem) se liší množstvím diskretních hydroxylových skupin, schopných ionizace vodíkových iontů. Každá z těchto skupin uvolňuje nebo disociuje svůj H^+ iont v určitém rozmezí pH. Přidá-li se zásada, aby se zvýšilo pH nad daný rozsah, ionizovaný H^+ bude neutralizován a bazický kationt bude poután na náboj vzniklý oddisociováním vodíkového iontu. Ovšem podíl H^+ , který disociuje za daného pH, může silně kolísat podle typu a množství OH skupin v půdě [7].

2.2.5.2. Typ acidity

Ačkoliv H^+ ionty, adsorbované elektrostatickými (Coulombovskými) silami, se nevyskytují ve velkém množství, mají větší tendenci disociovat než ty z OH skupin. Také Al^{3+} hydrolyzují na $(Al OH)^{2+}$ při vyšším pH, než je to, při kterém elektrostaticky vázané H^+ začínají disociovat [7].

2.2.5.3. Poměr zeminy a vody

Při zachování stejných ostatních podmínek platí, že čím více vody se přidá k půdnímu vzorku, tím vyšší je i stanovené pH a to v důsledku snížení koncentrace H^+ . V některých půdách je však tento zředěný H^+ částečně kompenzován další disociací vodíkových iontů.

Nejčastěji používaný poměr je 1 : 1 a 1 : 5 (v hmotnostních jednotkách). Poměry 1 : 2 až 1 : 10 jsou též často užívány. Nejvhodnější by bylo použít ke stanovení pH půdy tzv. nasycené půdní pasty. Při přípravě půdní pasty je brán zřetel i na mechanické složení zeminy; podmínky stanovení se nejvíce blíží skutečným poměrům v půdě, neboť čím vyšší poměr zemina : voda, tím je i vyšší zkrácení stanovené hodnoty pH v důsledku Donnanova nerovnoměrného rozdělení iontů mezi pevnou a kapalnou fází [7].

2.2.6. Rozpustnost jednotlivých prvků v souvislosti s pH půdy.

Reakce půdy, respektive půdního roztoku, je jednou z nejzákladnějších chemických charakteristik půdy. Je tomu tak mj. proto, že mnoho chemických a biologických procesů v půdě závisí na koncentraci **vodíkových kationtů H^+** a **hydroxylových aniontů OH^-** . Množství těchto iontů také ovlivňuje rozpustnost (a tím přístupnost pro rostliny i mikroorganismy) mnoha živin, např. železa, manganu, zinku, hořčíku aj. Při velmi nízkém pH se zvyšuje rozpustnost např. Al, Fe nebo Mn, které se tak mohou stát toxickými pro rostliny a mikroorganismy, zatímco při vysokém pH se rozpustnost mnoha prvků silně snižuje a organismy mohou trpět jejich nedostatkem [33].

2.2.7. Půdní organismy

- | | |
|------------------------------|------------------|
| 1. Bakterie (Eubacteria) | PŮDNÍ MIKROFLÓRA |
| 2. Aktinomycety (Eubacteria) | PŮDNÍ MIKROFLÓRA |
| 3. Houby (Mycota) | PŮDNÍ MIKROFLÓRA |
| 4. Řasy (Algae) | PŮDNÍ MIKROFLÓRA |
| 5. Prvoci (Protozoa) | |
| 6. Půdní mezofauna | |
| 7. Půdní mikrofauna | |
| 8. Viry [39] | |

2.2.7.1. Vzájemné vztahy mezi organismy v půdě

SYMBIOSA	zájemný vztah dvou organismů
MUTUALISMUS	vzájemně výhodný závazný vztah pro oba organismy v aktuálním čase (lišejníky)
SYNERGISMUS	výhodný vztah dvou organismů
PARASITISMUS	vztah v aktuálním čase výhodný pouze pro jeden organismus

METABIOSA:	výhodný vztah v časovém posunu aerobové → anaerobové (při silážování) výhodný vztah při vzájemné spotřebě metabolitů
KOMENSALISMUS	organismy žijí vedle sebe bez vzájemného vlivu
AMENSALISMUS	= ANTAGONISMUS: vzájemně negativní vztah produkce antimikrobních látek: antibiotik a bakteriocinů
PREDACE	konzumace jednoho organismu druhým [39]

2.3. Jírovice, klíněnka jírovcová a její parazitoidi

2.3.1. Rostliny vhodné do městských aglomerací

V městských aglomeracích panují horší podmínky než v okolní volné krajině. Na tyto podmínky reagují nejen lidé (alergie, astma atd.), ale i rostliny. Tak jako lidé i ony jsou různě citlivé vůči městskému prostředí. Negativní reakce se u jednotlivých rostlin liší a to dle typu, koncentrace a délky působení škodlivých látek a prachu. Nejcitlivěji reagují jehličnaté a stálezelené dřeviny, které se nemohou škodlivin zbavovat každoročním opadem listů [2]. Proto pouze některé druhy dřevin jsou vhodné pro pěstování v městských aglomeracích. Jírovec maďal a jírovec pleťový se v posledních desetiletích převážně vysazovaly do parků v centrech měst. Jsou to druhy, které mají nejenom okrasnou funkci, ale mají také neobyčejně zajímavou historii.

2.3.2. Základní druhy jírovců v českých parcích a zahradách

V České republice mezi jírovcí dominuje s početní převahou jírovec maďal nad jírovcem pleťovým. V současné době se však upřednostňuje při výsadbě jírovec pleťový. Jejich velkou výhodou se stalo to, že není poškozován klíněnou jírovcovou v takovém rozsahu jako jírovec maďal.

Základní taxonomické zařazení jírovců je do rodu *Aesculus* (Rosskastanie; horse chestnut) a čeledi jírovcovitých (Aesculaceae, syn. Hippocastanaceae) [19].

2.3.2.1. Jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*)

Jírovec maďal (Obrázek 1) je velký strom s rozložitou korunou, se šupinatou borkou (kůrou) na kmeni, s hnědě plstnatými mladými větvkami a se zimními, nápadně lepivými velkými pupeny. Výrazné, dlanitě dělené listy bývají pěti- až sedmičetné na dlouhém až 27 centimetrovém řapíku. Průměrná velikost čepelí bývá 23 x 35 cm. Vzpřímené jehlancovité hrozny květů, složené z vianů, jsou tvořeny až 90 bílými, květy. Rozkvétají od zdola nahoru během května. Květy jsou souměrné, čtyř- až pětičetné; pětičetné jsou původnější. Plody mají 1-3 velká semena, lidově zvaná“kaštiny“[17, 37, 22].



Obrázek 1: Jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*) [50].

Původně rostly jírovce jen na nepatrném území v jihovýchodní Evropě, v horských a podhorských částech Balkánu: v Řecku na území Epiru a podhoří Pindus, ve východních krajích Thesálie a sousední části Makedonie. Oblast přirozeného rozšíření zasahovala také k Ochridskému jezeru a do údolí řeky Crni Drim. Malá oddělená část areálu leží ještě v severním Bulharsku. Kdekoli jinde je jírovec maďal dřevinou jen zplanělou nebo naturalizovanou. Jeho osud má mnoho společného s tulipány a puškvorcem. V druhé polovině 16. století se tyto tři druhy pěstovaly v Istambulu, který byl až do svého pádu vstupní branou pro introdukci mnoha rostlinných druhů. Odtud byly zaslány významnému botanikovi té doby Clusiovi do Vídně. Roku 1615 jej z Istambulu do Francie přivezl francouzský cestovatel, který ho zasadil v Paříži. V průběhu následujících 100 let se jírovec maďal rozšířil po celé Evropě, kde dobyt zámekové parky, aleje a zahradní restaurace [17, 37].

V oblastech přirozeného výskytu se jírovec velmi rozmanitě využíval (barvení látek, kvalitní dřevo, léčba bolestivých kloubů). Jako léčivou rostlinu ji poprvé popsal Matthioli v 16. století. Kalifornští indiáni drcené plody házeli do jezer a řek, aby tak omámili ryby a mohli je snadněji chytit. Z roku 1896 pochází první zmínka o léčivém účinku na hemeroidy [51].

2.3.2.2 Jírovec drobnokvětý (*Aesculus parviflora*)

Jírovec drobnokvětý (Obrázek 2) představuje jeden z extrémů široké škály tvarů nacházejících se v rodu *Aesculus*. Je jedním z drobných křovitých druhů, které však dokáží vytvořit větší skupiny, polykormony, v příhodných podmínkách se dokonce expanzivně rozšiřující. Jeho zimní pupeny nemají pryskyřice, takže jsou nelepivé. Zúžená část korunních lístků je delší než kalich [37].

Spíše řídké než opravdu drobné květy rozkvétají až v druhé polovině července v latách, dlouhých až 35 cm. Vřetena květenství zůstávají na keřích až do druhého roku, do doby, kdy se již na keři objevila nová generace květenství, tedy alespoň do června. Semena dozrávají v hladkých hruškovitých tobolkách, které jsou s tobolkami jírovce maďalu nápadně slabostěnné. Listy má jírovec drobnokvětý dlanitě pěti- až sedmičetné, jejich lístky mohou být až 25 cm dlouhé a na kraji jsou pravidelně zoubkované [37].

Původní vlastní keřovitý jírovec je oblast mezi Jižní Karolínou, Alabamou a Floridou v dnešních USA. Do Evropy byl tento druh introdukovan Johnem Fraserem v r. 1785, avšak mimo svoji oblast přináší málokdy semena, přestože je odolný k nízkým zimním teplotám. První keřovité jírovce drobnokvěté byly vysazeny v Praze před rokem 1835 [37].



Obrázek 2: Jírovec drobnokvětý (*Aesculus parviflora*) [46].

2.3.2.3. Jírovec pleťový (*Hippocastanaceae*)

Strom je vysoký až 25m, koruna je široká, zimní pupeny mírně lepkavé, výhony světle zelenavě šedé nebo červenavě šedé s oranžovými lenticelami; listy 5-7 čtené, lístky jsou podlouhle klínovité nebo obvejčité, tmavé a lesklé, řapíky až 23 cm; květy kalně světle červené a žlutě tečkované, v hustých, jehlanových, vzpřímených latách 12-20 cm, plod kulovitý, málo ostnitý, 3-4 cm široký [8].

Jsou to opadavé stromy s rovným kmenem nebo někdy pouze keře, listy jsou vstřícné, dlouze řapíkaté, dlaniť 5-9 čtené, květy 4-5 čtené, s dlouze drápkatými korunními lístky, ve vzpřímených, mnohokvětých a většinou koncových pyramidálních latách, popř. hroznech, kalich je zvonkově trubkovitý, plod je ostnitá nebo víceméně hladká tobolka; existuje kolem 25 druhů rozšířených povětšinou v severní Americe. Vyhovuje jim hluboká, výživná a nepřemokřená půda a slunce až polostín. [8]

Jsou to atraktivní solitérní parkové dřeviny nebo je můžeme často vidat jako stromy alejové. Slaběji rostoucí druhy a kultivary sázíme i do větších zahrad, křovité druhy se uplatňují například ve větších travních plochách. Nápadné jsou zvláště v době květu [8].



Obrázek 3: Květ Jírovce pleťového (*Aesculus carnea*) [8].

2.3.3. Listy jírovců a jejich poškozené funkce

Stromy jírovců jsou celoročně napadány nepříznivými vlivy prostředí (kapitola 2.3.1.). Listy jírovců jsou však výrazně poškozovány během vegetačního období houbovými chorobami a škůdci (kapitola 2.3.4.). Všechny tyto nepříznivé faktory poškozují listovou plochu, a ta přestává postupně plnit své funkce [15].

Listy jsou v rámci stromu orgánem nejvariabilnějším, což plyne jednak z různých funkcí (fotosyntéza, transpirace, regulace), ale také z nutnosti reagovat na strukturálně rozdílné prostředí v koruně stromu (světlo, vítr, vlhkost ovzduší, teplotní gradienty) [15].

2.3.3.1. Fotosyntéza

Oxid uhličitý v zemské atmosféře je jediným zdrojem pro tvorbu ostatních uhlíkatých sloučenin. Je to sloučenina energeticky chudá, která nemůže být dále oxidována. Pouze organismy obsahující v buňkách chlorofyl (zelené barvivo) jsou schopny na světle (tj. s využitím energie slunečního záření) přeměňovat oxid uhličitý na energeticky bohaté sloučeniny. Oxid uhličitý při tom podléhá hydrogenaci vodíkem vzniklým fotolýzou vody.

Fotosyntéza je složitý proces, probíhající ve specializovaných buněčných organelách – chloroplastech-, které obsahují důležitou složku fotosyntetického aparátu (chlorofyl). Fotosyntéza má dvě fáze: světelnou (probíhá jen na světle) a temnostní (nepotřebuje světlo) [36].

Sluneční záření zachycované fotosyntézou poskytovalo donedávna veškerou energii užívanou člověkem, neboť i fosilní suroviny (uhlí, ropa a zemní plyn) vznikly přímo nebo nepřímo z rostlinného materiálu. Rostliny by na Zemi mohly pravděpodobně přežít bez živočichů, ale živočichové bez rostlin nikoli [36].

2.3.3.1.1. *Respirace*

Rostliny lze charakterizovat jako živé organismy, jejichž specifickou vlastností je schopnost získávat energii dvěma principiálně odlišnými způsoby. Fotosyntézou a dýcháním [29].

Fotosyntéza a respirace jsou komplementární (vzájemně se doplňující) děje, a to uvnitř rostlinných buněk, kde oba děje probíhají současně v oddělených kompartmentech chloroplastů a mitochondrií. Fotosyntéza a dýchání probíhají v zelených částech rostliny [15].

Dýchání je soubor procesů, jimiž rostlina zajišťuje využití asimilantů pro růst, udržení struktur a funkcí, transport látek a příjem iontů. V procesech souhrnně označovaných jako dýchání se vytvářejí použitelné formy energie (ATP), redukční ekvivalenty a meziprodukty (uhlíkové skelety). Přitom je uvolňován oxid uhličitý a teplo. Dýchání je nezbytné nejen pro tvorbu vlastní biomasy rostliny, ale i pro samotnou fotosyntézu. Respirací se „ztrácí“ až polovina produktů fotosyntézy, ale přesto označení „ztráta“ neodpovídá významu těchto procesů a jejich úloze v metabolismu rostliny [29].

2.3.3.2. Transpirace a gutace

Listy jsou jako vlhké plochy, které téměř neustále vydávají do ovzduší vodu se formě vodních par. Tak je tomu svým způsobem i u ostatních orgánů každé rostliny. Výdeji vodních par z povrchu orgánu rostliny říkáme transpirace. Protože největší podíl transpirace rostlin připadá na listy, bývá někdy transpirace rozdělována na transpiraci listovou a mimolistovou. Termínem „listová transpirace“ se spíše rozumí transpirace asimilačních orgánů, k nimž patří především listy, ale i mladé zelené stonky a všechny orgány nebo jejich části přizpůsobené k asimilační funkci [24].

Rostliny si z vodních roztoků, které přijímají a rozvádějí po celém těle, ponechávají sloučeniny obsažené v roztocích a určité relativně malé množství vody (kolem 2%). Ostatní převážnou část přijaté vody (98%) vydají do vnějšího prostředí buď ve formě plynné (transpirace), nebo ve formě kapalné („slzení“ neboli gutace) [24].

V případě gutace rostlina vytlačuje vodu zvláštními štěrbinami (hydatodami). Jejich dutina je vyplněna tenkostěnnými parenchymatickými buňkami, v nichž je zakončena dřevní část neúplného cévního svazku (listové žilky), přivádějící vodu. Na vytlačování kapek se zúčastňuje kořenový vztlak [15].

Objevuje se tehdy, když je vzduch přesycen vodními parami, jako např. po teplé noci či na jaře zrána, kdy stoupá kořenový vztlak [15].

2.3.4. Choroby a škůdci jírovců

Nejzávažnějším současným problémem zdravotního stavu jírovců jsou od 90. let 20. století listové miny, způsobené zavlečenou klíněnou jírovcovou (*Cameraria ohridella*), která minuje pouze na listech jírovce maďalu (*Aesculus hippocastanum*). Klíněnka sice klade vajíčka i na jírovec pleťový, ale ten obsahuje látky, které jsou toxické pro larvy klíněnky. Listové skvrnitosti působí rovněž houba *Guignardia aesculi*, která k nám byla zavlečena v 50. letech 20. století [15].

Zatímco klíněnka tvoří na listech okrouhlé šedavě stříbrné miny, skvrny způsobené houbou *Guignardia aesculi* jsou žlutě ohraničeny a vymezeny žilkami, ze spodní části listů se pak tvoří černé okrouhlé plodnice velké 0,1-0,5 mm. Běžné je současné poškození jedné čepele listu oběma původci [15].

2.3.4.1. Klíněnka jírovcová

2.3.4.1.1. Historie klíněnky jírovcové

Klíněnka jírovcová (*Cameraria ohridella*) byla poprvé zjištěna v roce 1984 u Ochridského jezera v Makedonii mezi Albánií a Řeckem. Šířila se velice rychle celým Balkánským poloostrovem, dále pak do středu a na jih Řecka, směrem na sever pak přes Bosnu-Hercegovinu, Chorvatsko a Srbsko do Maďarska a Rakouska a severovýchodním směrem přes Bulharsko, Rumunsko do západní Ukrajiny a Běloruska [52].

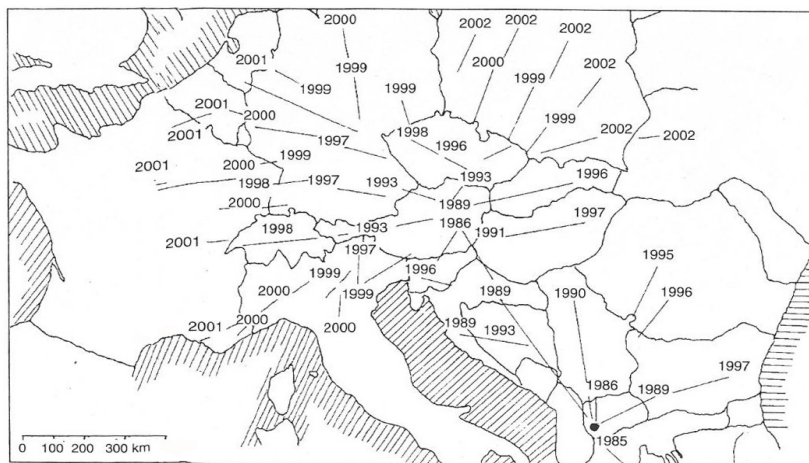
2.3.4.1.2. Teorie náhlého rozšíření klíněnky jírovcové po Evropě

Dosud nebylo jednoznačně prokázáno, proč a jak se klíněnka jírovcová rozšířila během posledních 20 let po velkém rozsáhlém území Evropy. Byly sepsány 4 teorie o rozšíření klíněnky jírovcové po Evropě:

1. Klíněnka žila na autochonních jírovcích (*Aesculus hippocastanum*) v horách na hranicích Albánie, Makedonie a Řecka (na horských proveniencích jírovců). Sestoupila do nižších poloh pod 700 m, kde se jírovce pěstují uměle a napadla je. Tím začalo její pronikání do Evropy.
2. Klíněnka se primárně vyskytovala v malém množství na klenech (*Acer pseudoplatanus*) a (*A. platanoides*). Přešla na *Aesculus hippocastanum* a její populace přešly do kalamitního stupně.
3. *C. ohridella* byla zanesena do Albánie ze severní Ameriky, kde na různých hostitelích žije okolo 50 druhů klíněnek. K nim patří např. *Cameraria aesculiella*, jejíž larvy se vyvíjejí na jírovcích *Aesculus glabra* a *Aesculus flava*.
4. *C. ohridella* žila na jírovcích ze skupiny asijských typů v jihovýchodní Asii. Byla zavlečena do Albánie z jihovýchodní Asie (z Číny) v době, kdy Albánie měla úzké vztahy s Čínou a naopak neměla dobré vztahy s jinými evropskými zeměmi. Podle analýz DNA jsou totiž jihoasijské druhy rodu *Aesculus* bližší druhu *Aesculus hippocastanum*, než americké druhy [52].

2.3.4.1.3. Dynamika šíření klíněnky jírovcové po Evropě

Obrázek 4 ukazuje, jak se klíněnka jírovcová během velice krátké doby (5 let) rozšířila po celé České republice. Dále je zde vidět, v jakém roce napadla klíněnka jednotlivé státy střední Evropy.



Obrázek 4: Dynamika šíření klíněnky jírovcové po Evropě [32].

2.3.4.1.4. Životní cyklus klíněnky jírovcové a projevy napadení na jírovcích

Napadení se projevuje výskytem plošných nekrotických min na listech. V minách vyžirají housenky vnitřní pletiva listu, takže zůstává zachována jen horní a dolní pokožka včetně nervatury. Charakter skvrn se mění, zpočátku jsou průsvitné, pak šedozelené a postupně hnědnou. Listy usychají a jejich okraje se stácejí. Během posledních let dochází vzhledem k velmi razantnímu napadení až ke zničení listů. Při ataku opakovaném po několik let za sebou může dojít až k odumření stromu [23].

Samičky klíněnky kladou vajíčka obvykle v polovině května jednotlivě na horní stranu listů jírovce maďalu (*Aesculus hippocastamus*) do prohlubně podél žilek. Vajíčka jsou plochá, mají světle šedé zbarvení a velikost se pohybuje kolem 0,2-0,3 mm. Po několika dnech se z vajíček líhnou housenky, které se pak přímo z vajíčka zavrtávají do listu [21, 23].

Celkem housenka během svého vývoje v mině prodělává šest instarů. Mezi jednotlivými larválními instary dochází ke svlékání.

První larvální instar vytváří malou kruhovou minu, někdy též s malou krátkou chodbou. První larvální instar se prokousává ze spodní strany vajíčka na vrchní stranu listu. Kruhová mina, kterou vytváří, má průměr asi 0,1-0,2 cm. Poté následuje druhý larvální instar, který kruhovou minu dále zvětšuje a udržuje její kruhový tvar o průměru asi 3 mm. Třetí larvální instar nemá téměř vůbec patrné rozšíření těla před hlavou a vytváří ještě větší kruhovou minu než předchozí dva. Tato kruhová mina však může být v pozdějších generacích

v důsledku nedostatku místa porušena. Ve čtvrtém larválním stadiu se mina viditelně zvětšuje a málokdy mívá kruhový tvar. Larva se vyznačuje žlutavým zbarvením a hrudními ploškami. Celková plocha miny dosahuje 4 až 8 cm² a larvy tohoto instaru dosahují délky těla asi 0,5 cm. Tyto larvy se pohybují velmi rychle a mají podlouhlé tělo. Poté následují dvě postlarvální stadia, která jsou vybavena snovacím ústrojím a pomocí něj si může housenka v mině zhotovit zámotek, v němž se kuklí. Tato dvě stadia mají redukovaný ústní aparát, a proto nejsou schopna přijímat potravu [21].

Imága jsou nejčastěji pozorovatelná na kmenech jírovců nebo na svislých tmavších plochách. Motýli první generace se na nejteplejších lokalitách začínají objevovat od poloviny dubna [21].

Klíněnka jírovcová přezimuje ve stádiu diapauzujících kukel ve spadaném listí jírovce maďalu.

2.3.4.1.5. Metody regulace klíněnky jírovcové

Existují tři metody regulace klíněnky jírovcové, jež omezují a redukuje její stupeň výskytu.

První spočívá ve shrabování a spalování spadaného listí jírovců. Touto metodou snižujeme počet přezimujících kukel, ale současně při tom hubíme i parazitoidy klíněnky jírovcové a další užitečné členovce.

Druhou metodou je použití feromonu (8E,10Z)-Tetradecaca –8.10-dienal, jenž byl úspěšně analyzován a syntetizován v České republice dr. Svatošem v roce 1996. Touto metodou lze výborně hodnotit výskyt a šíření klíněnky jírovcové, ale nebylo prokázáno, že by výrazně snižovala populační hustotu tohoto druhu.

Třetí metodou je ošetření jírovců v parcích, alejích a zahradách zámků postřikem insekticidů na bázi diflubenzuronu, např. přípravkem Dimilin 48 SC.

Čtvrtá metoda spočívá v injekci insekticidů do kmenů jírovců. Tato metoda je sice účinnou metodou, ale přináší také mnohá nebezpečí. Při této metodě se musí navrtat kmen stromu na několika místech jeho obvodu, čímž může dojít k narušení imunity stromu a otevření cesty chorobám [52].

Pátá metoda je zakrytí spadaného listí jírovce maďalu vrstvou hlíny. Při studii se zjistilo, že není téměř žádný rozdíl pokud překryjeme hromadu listí 10, 15 nebo 30 centimetrovou vrstvou hlíny. Tato metoda snížila líhnutí klíněnky až o 96% [14]. Nicméně části dospělců klíněnky se podařilo vylézt ze stran překryté hromady.

2.3.4.2. Guignardia aesculi

Jírovce nejsou napadány pouze škůdci (klíněnka jírovcová), ale také houbovými chorobami. Jednou z nich je *Guignardia aesculi*, která napadá jírovec maďal i jírovec pleťový. Je zřejmé, že toto onemocnění mnohem intenzivněji napadá stromy ve vlhčích oblastech nebo v okolí vodních toků.

2.3.4.2.1. Životní cyklus *Guignardia aesculi* a projevy napadení na jírovcích

Plodnice fytopatogenní houby *Guignardia aesculi* přezimují v napadeném listí z minulého roku (sezony). Na jaře se uvolní spory do ovzduší a ty napadají mladé listy jírovců. Během deštivého počasí infikují listy náchylných (oslabených) stromů. Houbové onemocnění napadá přiléhající zdravou tkáň listu. Části napadeného listu odumřou a vznikají tak rezavé skvrny na listech [54].

2.3.4.3. Klejotok

Jednou ze závažných chorob, která se v České republice téměř nevyskytuje, je klejotok (bleeding canker).

Bližší zkoumání klejotoku na jírovcích ukázalo, že primárním původcem není *Phytophthora* ale jiný patogen - *Pseudomonas syringae pv aesculi* [55]. Obecně můžeme říci, že strom v dobrých podmínkách má lepší kondici a vitalitu, a proto má vyšší odolnost proti chorobám a dalším škodlivým faktorům [45].

2.3.4.3.1. Klejotok a jeho projevy na stromech

Projevuje se vytékáním řídkého slizu z trhlin v kůře nebo větví (Obrázek 5), ten tuhne na vzduchu a zbarvuje se do žluté až hnědé barvy, ale stále zůstává průsvitný. Onemocnění se projevuje u některých peckovin (třešně, broskve a meruňky). V okolí rány se často vytvářejí rakovinotvorné znetvořeniny.

Během vegetační doby se poškozené pletivo léčí, ale to znovu klejovatí, okraje rány se zvedají, větve zasychají a vadnou. Při silném napadení jírovce klejotokem může celý strom uhynout.

Příčiny onemocnění jsou fyziologického a parazitického původu. Každé poranění, kterým je rostlina podrážděna, může stimulovat rozvoj klejotoku. Z fyziologických příčin to bývají v první řadě poruchy způsobené špatně volenou výživou, hlavně nadbytkem dusíku, dále nevhodná stanoviště, vlhké půdy s nepropustným podložím [20].

Ochrana před klejotokem u fyziologického původu spočívá v tom, že se staráme o správné vyvrání dřeva bohatějším hnojením draslíkem a fosforem, vápněním, správnou volbou stanoviště, kypřením půdy. Řez provádíme opatrně, neseřezáváme mnoho větví najednou, větve poraněné a usychající vždy odřezáváme.

U klejotoků vyvolaných parazitickými činiteli provádíme zákroky proti těmto prvotním původcům onemocnění [20].



Obrázek 5: Projevy klejotoku (bleeding Canker) na jírovcích [49].

2.3.4.3.2. Klejotok v Evropě

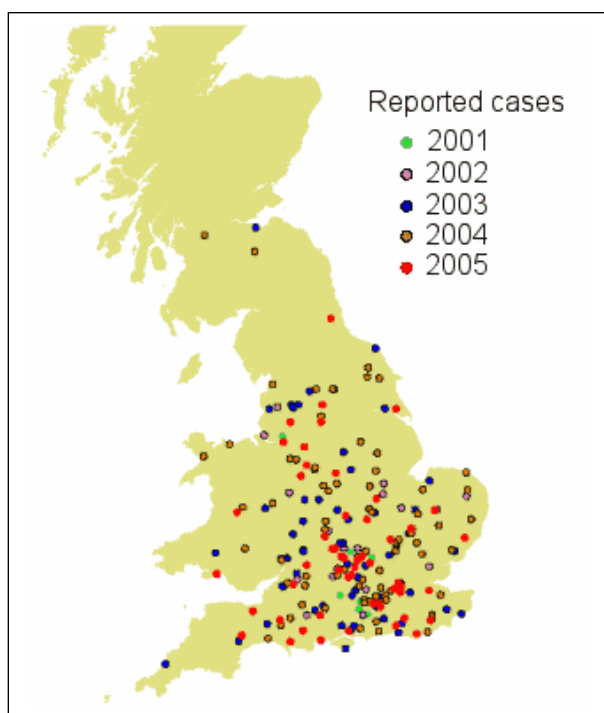
Nizozemsko:

Usnesením rady ze 4. října 2007 ve městě Boxmeer v Nizozemsku bylo rozhodnuto o léčbě 20 vzrostlých jírovců (*Aesculus hippocastanum*). Stromy stály v řadách podél silnice z obou stran a byly zhruba stejného stáří 55 let a měly dobře vyvinuté koruny. Stromy byly napadeny hmyzem a houbovými chorobami. Zvláštní pozornost byla věnována tekutině vytékající z prasklin ve kmeni a větvích. Tyto příznaky upozorňují na napadení jírovců klejotokem. V tomto případě měly stromy lehké až středně těžké infekce [45].

Velká Británie

Během čtyř let (Obrázek 6), se ve Velké Británii výrazně zvýšila intenzita napadení jírovce maďalu klejotokem.

Stromy byly napadeny napříč věkovým spektrem. Nicméně, tento článek ukazuje, že mladší stromy (10-30 let), podléhají této nemoci rychleji během několika málo (3-5) let [55].



Obrázek 6: Projevy Klejotoku ve Velké Británii [55].

Zvýšený výskyt klejotoku nebyl pozorován pouze ve Spojeném království a v Nizozemsku, ale také v Belgii, Francii a Německu [55].

2.3.5. Hmyzí nepřátelé klíněnky jírovcové

V České republice má klíněnka jírovcová několik skupin přirozených nepřátel. Mezi nejdůležitější skupinu patří parazitické vosičky, pavouci, dále drobné sýkorky. Parazitické vosičky se líhnou zpravidla dříve než klíněnka. To má vliv na parazitaci její první generace. [4]

2.3.5.1. Blanokřídlí (Hymenoptera)

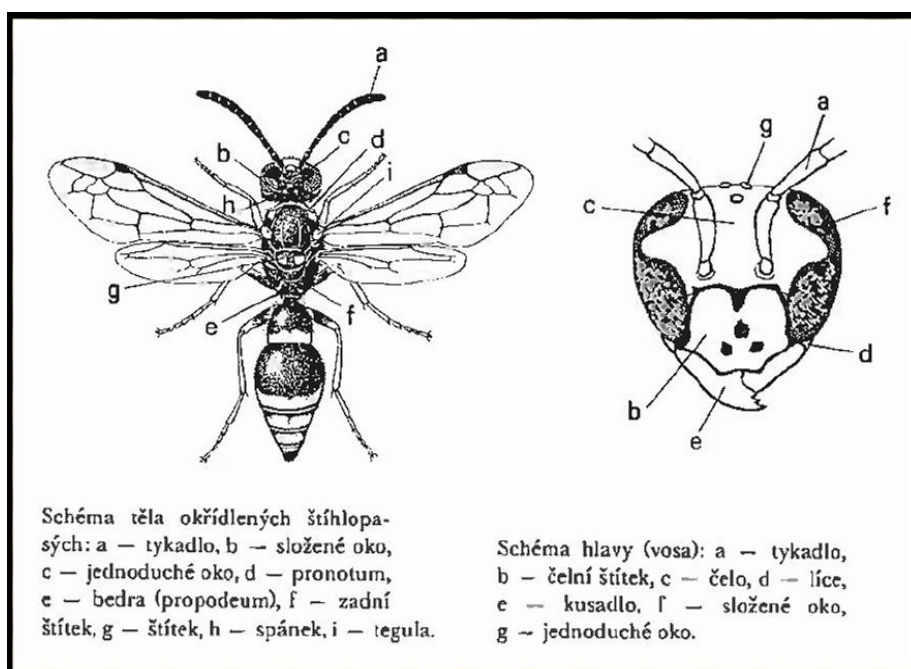
Na území naší republiky žije kolem 15 000 druhů hmyzu patřících do řádu blanokřídělých (Hymenoptera), tvoří tedy druhově nejbohatší řád naší zvířeny [40]. Tento řád zahrnuje mnoho druhů, které se vyvíjejí na úkor jiného hmyzu. Hrají tedy důležitou roli při udržování přírodní rovnováhy a mají pro člověka a jeho životní prostředí nedozírný význam. Dá se říci, že jsou v tomhle ohledu nezastupitelní [40].

2.3.5.1.1. Stručná charakteristika blanokřídlých parazitoidů klíněnky jírovcové

Základní rozdělení okřídleného těla blanokřídlého hmyzu je na štíhlopasé a širokopasé. Parazitoidi klíněnky jírovcové patří do skupiny okřídlených štíhlopasých (Obrázek 7)[40].

Celkový počet blanokřídlých, kteří regulují klíněnku jírovcovou v České republice, na Slovensku a Slovinsku je v současné době 12 druhů. Z toho 9 *Eulophidae*, 2 *Ichneumonidae* a jeden *Braconidae*. V České republice bylo zjištěno 10 druhů parazitických vosiček. Nejpočetnějším druhem se 40% parazitovaných min je *Minotetrastichus frontalis* a *Pnigalio agraulis*, který byl nalezen v 19% min.

Hlavní parazitoidi na Slovensku byli *Pediobius saulius* (75%) a *Minotetrastichus frontalis* (21%) [38].



Obrázek 7: Schéma těla okřídlených štíhlopasých [40].

2.3.5.1.2. Rozmnožování a vývoj

Způsob rozmnožování blanokřídlých není jednotný jako u některých jiných hmyzích řádů. Nejčastěji je rozmnožování oboupohlavní (bisexuální). Oplozená samice naklade vajíčka, z nichž se vyvíjejí larvy, z larev se vyvinou pupy (kukly) a nakonec imaga (dospělci). Někdy nakladou samičky neoplozená vajíčka, z nichž se i přes to vyvinou dospělci. To je rozmnožování partenogenetické.

Velmi složitý a neobvyklý způsob rozmnožování mají některé cizopasně vosičky. U nich se nepohlavním způsobem vajíčko rozdělí na velký počet zárodků neboli embryí a z každého se postupně vyvine imágo. Tento způsob se nazývá polyembryonie.

Stejně jako u jiných velkých hmyzích řádů probíhá vývoj blanokřídlého hmyzu proměnou dokonalou. To znamená, že se z vajíčka po různé dlouhé době vylíhne larva. Larva roste, několikrát se svléká a posléze se přemění v kuklu, z níž vylétne dospělý jedinec [40].

Většina druhů blanokřídlých parazitoidů klíněnky se po přezimování ve volné přírodě líhne na jaře dříve než klíněnka. To je nutí vyhledat jiného hostitele pro naklazení vajíček a první generace klíněnky tak zůstává nedostatečně regulována přirozenou parazitací [38, 4].

2.3.6. Další druhy hmyzu objevující se v laboratorních pokusech

Součástí receptur, které byly použity při maloobjemových laboratorních pokusech, byla také hlína a kompost. Proto z fotoektektořů nevy létala pouze klíněnka jírovcová a její parazitoidi, ale také ostatní hmyz, který běžně přezimuje v půdách a kompostech.

Mezi nejpočetnější necílové druhy hmyzu patřili dvoukřídlí (kapitola 2.3.6.1.) a brouci (kapitola 2.3.6.2.). V následujících kapitolách je popsáno, proč jsou tyto dva druhy důležité a jaké mají další funkce v přírodě.

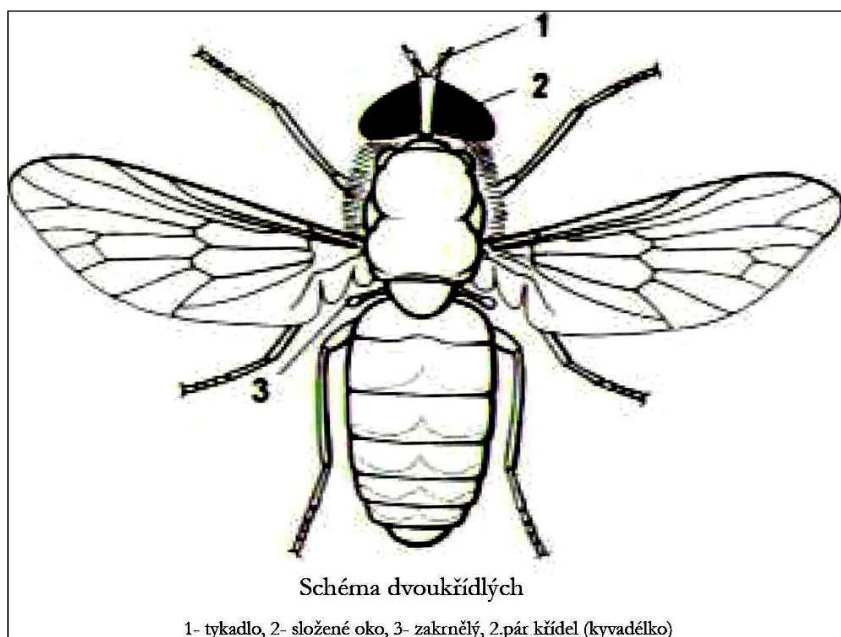
2.3.6.1 Dvoukřídlí (Diptera)

Někteří patří mezi parazity, jiní se podílejí na šíření nemocí. Představují důležitou potravu velkého počtu zvířat a už jen z tohoto důvodu je musíme tolerovat. Jsou také neocenitelnými opylovači, jež předčí pouze včely a vosy. Účinně nás zbavují mršin a jsou důležitou součástí koloběhu živin v přírodě.

Na rozdíl od valné většiny ostatních zástupců hmyzí říše mají mouchy z řádu Diptera, (v překladu „dvě křídla“) pouze jeden pár křídel (Obrázek 8). Jsou blanitá a připevněná ke středohrudí, která je zvětšená, vyplněná létacími svaly a mnohé druhy much jí vděčí za svou vysokou rychlost a frekvenci pohybů. Předohruď a zadohruď jsou naopak mnohem menší. Zadní pár křídel sice úplně nechybí, je však zakrnělý v droboučká kyvadélka, přirostlá k zadohrudí. Ta poskytují lepší schopnost a kontrolu letu. Fungují jako stabilizátory. Mnoho čeledí much má u základů křídel blanitý lalok, který tato kyvadélka překrývá. Přítomnost či absence tohoto laloku je často vodítkem při identifikaci dané čeledi.

Smyslovými orgány mouchy vnímají vzdušné proudy, a díky těmto informacím, předávaným do mozku, mouchy disponují neuvěřitelnou kontrolou letu a manévrovací schopností [9].

Celý řád se dělí do dvou velkých podřádů. Počet celosvětově známých druhů se odhaduje na 85 000 až 100 000. U nás jich žije více než 7 000 druhů, patřících do 107 čeledí [41].



Obrázek 8: Schéma těla dloukřídých [9].

2.3.6.1.1. Rozmnožování a životní cyklus dvoukřídých

Dvoukřídli se rozmnožují dokonalou proměnou. Jejich vajíčka, larvy a kukly dosud nejsou úplně známé. Vajíčka jsou většinou protáhlá a samice je klade buď jednotlivě nebo ve skupinách. Některé druhy kladou vajíčka do země, jiné na rostliny, na vodní hladinu, do živých tkání, do hnilých organických látek, do exkrementů, lesních hub nebo na budoucího hostitele svých larev. Četné druhy se vyznačují určitou péčí o potomstvo, a musí proto proletět kus krajiny, aby našly budoucího hostitele svých larev. To platí především o pestřenkách, které kladou v místech, kde žijí mšice.

Larvy žijí v zemi, pod kůrou, v tlejícím živočišném i rostlinném prostředí, v potravinách, v plodech (v ovoci), v orgánech vyšších živočichů, v těle jiného hmyzu. Většinou žijí na souši, některé však ve vodě [41].

2.3.6.2 Brouci (Coleoptera)

Křídla brouků jsou typická pro celý řád. První pár křídel tvoří krovky (elytrae). Jsou kožovité, někdy však jemnější a měkké. Zpravidla kryjí celý zadeček a část hrudi, někdy jsou více nebo méně zkrácené a většina zadečkových článků je dobře vidět. Krovky bývají stejně nebo podobně zbarvené jako štít, nejednou se však jejich zbarvení liší od štítu. Jejich povrch může být hladký, ale většinou jsou po nich velice jemné i hrubší tečky, chloupky, řetízky, jamky a jiné velice jemné povrchové skulptury. Na krovkách některých brouků jsou více méně zřetelná podélná žebra nebo rýhy [41].

3. Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo:

1. Vypracovat literární rešerši problematiky
2. Provést průzkum výskytu jírovce maďalu v katastrálním území České Budějovice a na základě šetření odhadnout objem spadaneho listí určeného pro kompostování.
3. Založit maloobjemové laboratorní experimenty pro ověření vlivů různých variant kompostování listí jírovce na přežívání klíněnky jírovcové a jejích parazitoidů.
4. Navrhnout technologii optimálního nakládání se spadaným listím jírovce s ohledem na regulaci škůdce.

Pracovní hypotézy

Při kompostování dochází k mechanickému poškození litů a tím se usnadní jeho biologická degradace. Jednu z hlavních rolí likvidace klíněnky hraje proces hygienizace, kde do doby několika týdnů vystoupí teplota až na 65⁰C. Tato teplota by stačila pro totální zlikvidování prezimujících kukel klíněnky, bohužel takto vysoká teplota není v celém profilu kompostovací hromady a mohlo by se stát, že by mohlo přežít nemalé procento kukel u povrchu kompostovací hromady.

4. Metodiky

Použité metodiky jsou rozděleny podle cílů diplomové práce na dva bloky. První z nich se zabývá průběhem mapování jírovců, hodnocením jejich napadení klíněnkou jírovcovou a odhadováním množství listů jírovců určeného pro kompostování (kapitola 4.1.).

Druhá část metodik se věnuje zakládání, monitorování a vyhodnocování laboratorních pokusů (kapitola 4.2.).

4.1. Mapování výskytu a napadení jírovců v Českých Budějovicích

4.1.1. Stanovení monitorovacích oblastí

Před začátkem měření, bylo nutné v první řadě zjistit přesné hranice Českých Budějovic (Příloha 1). U každé následující metody bylo bezpodmínečně nutné rozdělit městské pozemky do správních oblastí. O ty pečují specializované firmy, které si najímá město. Přesné hranice svých oblastí mi poskytly firmy Agrien, Canna a ASA. Zbývající oblasti mi ohraničili pracovníci radnice.

Tabulka 6: Rozdělení pozemků města České Budějovice na správní oblasti [16]

Číslo oblasti	Správní oblasti	Velikost [ha]
L 01	Sídliště Vltava	34
L 02	Sídliště Máj	35
L 03	Sídliště Šumava	23
L 04	Pražské sídliště, Kněžské Dvory	37
L 05	Pekárenská, Husova kolonie, hřbitov	17
L 06	Centrum	12
L 07	Rožnov, Havlíčkova kolonie, Nové Hodějovice	29
L 08	Suché Vrbné, Nové Vráto	17
L 09	Stromovka, okolí plovárny a Sokolský ostrov	52
L 10	Třebotovice, Kaliště	1
L 11	Malý jez	3
součet		260

V tabulce 6 jsou popsány správní oblasti městských pozemků na katastrálním území Českých Budějovic. U každé oblasti je popsána jejich plošná rozloha. Číslo oblasti bude nadále reprezentovat označení správní oblasti až do konce diplomové práce.

Ze shromážděných informací vyplývalo, že správní oblasti nepokrývají celé území města.

Proto jsem vytvořil další skupinu L 12 „pozemky třetích osob“, do kterých jsem zařadil oblasti přístupné a využívané veřejností v době měření. Jediné pozemky, které nebyly měřeny jsou areály škol a hřbitovy (z etického hlediska).

Měřené oblasti byly dále atomizovány podél významných staveb (silnice, železnice, řeky a bloky domů). Takto provedené dělení výrazně usnadnilo orientaci v terénu a rychlost monitorování.

4.1.2. Určení počtu druhů a stáří jírovců v Českých Budějovicích

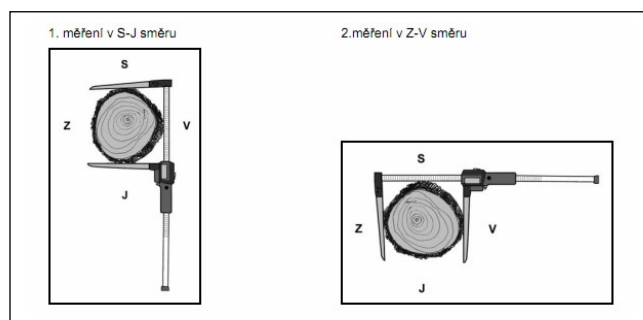
Při vyhledávání a mapování jírovců bylo nezbytně nutné jejich zařazení do správních oblastí (kapitola 4.1.1.). Následujícím krokem byla jejich identifikace (určení nalezeného druhu).

V Českých Budějovicích byly nalezeny dva druhy jírovců (jírovec maďal a jírovec pleťový). Náročnost rozpoznávání těchto dvou druhů se mění v průběhu sezony. Nejméně náročné rozpoznávání je v „době kvetení“. Jírovec maďal kvete bíle na rozdíl od jírovce pleťového, který kvete červeně. Po odkvetení můžeme tyto dva druhy od sebe rozpoznat pomocí listů. Listy se od sebe nepatrně liší na povrchu a okrajích listové plochy. Třetím rozpoznávacím znakem mohou být pupeny. Jírovec pleťový nemá v pupenech tolik pryskyřice, a proto nejsou tak lepkavé. Po stanovení druhu a určení správních oblastí nalezeného jírovce jsou tyto hodnoty uchovávány a následně vyhodnocovány.

Pro stanovení stáří stromů bylo nutné využít dvě metody: (1) metodu venkovního sběru dat [53] a (2) metodu určování stáří stromů [11].

Metoda venkovního sběru dat

Tato část metodiky vychází především ze zpracovaného dokumentu „Inventarizace lesů, Metodika venkovního sběru dat“ [53], který zpracoval Ústav pro hospodářskou úpravu lesů sídlící v současné době v Brandýse nad Labem. Z této obsáhle zpracované metodiky byla využita pouze první část (výčetní tloušťka stromu, určení místa měřiče, způsob měření výčetní tloušťky a postup měření výčetní tloušťky) [53]. Postup měření tloušťky stromu je znázorněn na obr. 9.



Obrázek 9: Postup měření výčetní tloušťky [53].

Určování stáří stromů

Stáří stromu lze zjistit přesně pouze vyhodnocením vývrtu ze dřeva kmene pomocí dendrologických metod. Vývrt se získává speciálním dutým nebozezem – Presslerovým přírůstoměrem. Odečtením počtu letokruhů lze přesně stanovit stáří stromu. Tato invazivní metoda však strom poškozuje a hrozí riziko zanesení infekce. Proto nebyla při mapování využita [15] a místo ní bylo stáří stromů odhadováno pomocí orientační metody na základě údaje o obvodu kmene stromu.

$$k = \frac{5}{\pi \cdot \check{s}_{lp}}$$
$$s = k \cdot o_{1,3}$$

s věk stromu [roky]
š_{lp} průměrná šířka letokruhu [mm]
o_{1,3} obvod ve výčetní výšce [cm] [11]

4.1.3. Odhad množství listů určeného pro kompostování

V Českých Budějovicích je celkem více než 600 jírovců, a proto by nebylo uskutečnitelné u každého stromu přesné měření velikosti koruny včetně odhadování její hustoty. Proto jsem využil podrobné a pečlivě vedené evidence firmy Agrien s.r.o. Celková hmotnost odvezeného listů ze sídliště Šumava a Máj dosáhla 67 tun. Nezbytnou součástí pro aplikovatelnost tohoto výsledku bylo podrobnější přezkoumání těchto dvou lokalit. Celkový počet listnatých stromů na těchto lokalitách je 2610.

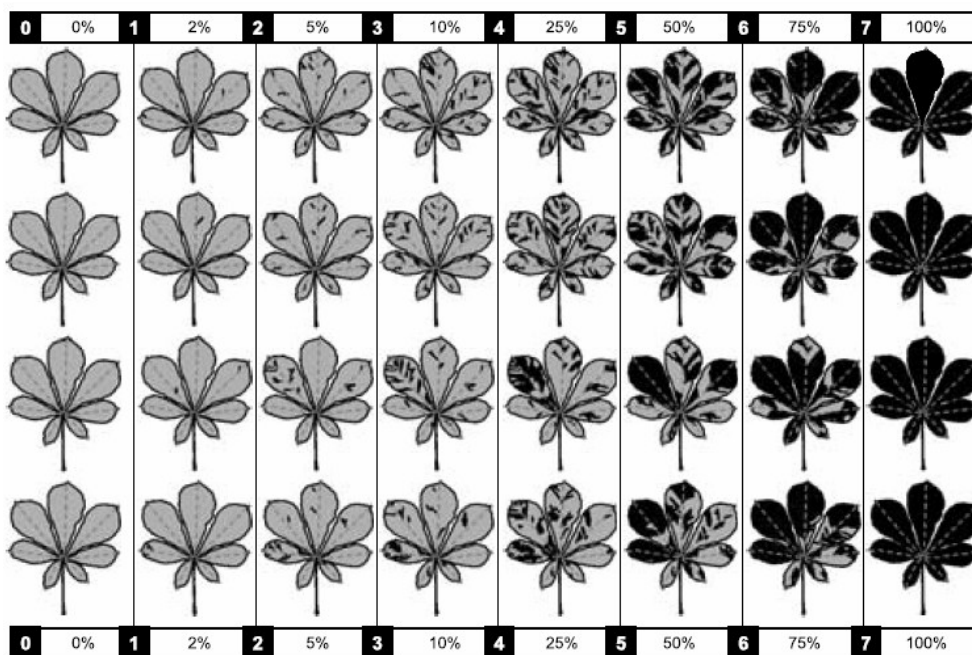
Pro zjištění hmotnosti listů z jednoho stromu musíme vydělit celkovou hmotnost odvezeného listů z lokality a počet listnatých stromů v lokalitě (V České republice všechny listnaté stromy na zimu opadají). Získaná hodnota byla následně vynásobená celkovým počtem jírovců v měřené oblasti.

4.1.4. Stanovení napadené listové plochy jírovců

V každé měřené lokalitě bylo odebráno 30 náhodně vybraných listů (vzorků) jírovce maďalu. Celkem bylo monitorováno 11 oblastí (kapitola 4.1.1.). Stupeň napadení asimilační plochy listů byla stanovena vizuální metodou.

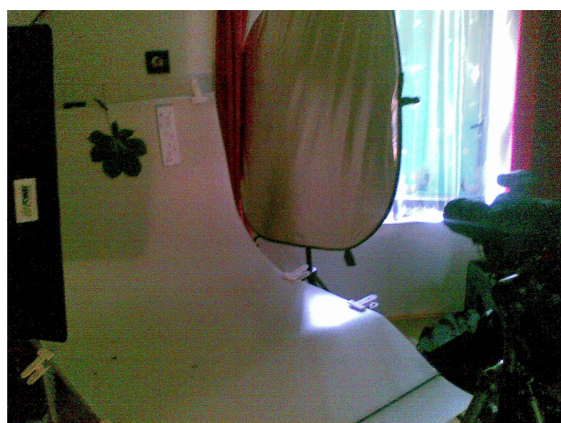
Vizuální metoda

Tato jednoduchá metoda s dostatečnou přesností se využívá pro měření napadení stromů býložravým hmyzem. Poškození listové plochy bylo odhadováno pomocí porovnávacího klíče (Obrázek 10). Z toho to klíče byl vybrán obrázek, který odpovídal co možná nejvíce měřenému vzorku. Druhým krokem bylo odečtení procenta napadení listové plochy [3].



Obrázek 10 Porovnávací klíč k určení napadení listové plochy [3]

Pro standardizaci odhadu procenta poškození listové plochy a dokumentační a archivační účely byly vzorky vyfotografovány ve fotoateliéru (Obrázek 11). V Českých Budějovicích bylo monitorováno celkem 11 městských částí a z každé bylo odebráno 30 listů. Proto bylo celkem 330 snímků (vyfotografovaných vzorků). Fotografie musela splňovat několik základních podmínek (Obrázek 12). První podmínkou byla jednoznačná identifikace oblasti, aby nedocházelo k zaměňování vzorků. Druhou důležitou podmínkou bylo zachování velikostní a geometrické nezkreslenosti. Třetí podmínkou byla přítomnost kalibračního štítku. Ten nám zajistí barevné nezkreslenosti fotografií.



Obrázek 11: Fotoateliér.



Obrázek 12: Vzorová fotografie.

Ke zpracování naměřených hodnot bylo využito kancelářského balíku Microsoft Office. Ukládání a třídění výsledků jednotlivých měření bylo zapisováno do databázového systému Microsoft Access. K tvoření grafů a výpočtům byl použit program Microsoft Excel.

4.1.5. Určení rizikových oblastí

Tyto oblasti se vyznačují tím, že na malém území v oblasti je prudký nárůst poškozené asimilační plochy listů. To je obvykle způsobené neshrabáním spadaného listí jírovců na podzim.

Každý jírovec, který se nalézal v těchto lokalitách, byl dvakrát změřen „vizuální metodou“ ve dnech 2.7.2010 a 2.9.2010.

4.2. Zakládání, průběh a vyhodnocování laboratorních pokusů

4.2.1. Stanovení zakládaných fyzikálně chemických vlastností surovin

V první a druhé sérii laboratorních pokusů bylo založeno šest shodných variant do fotoeklektorů. Každá z těchto variant měla pět opakování v každé ze dvou založených sérií. Varianty byly složeny ze tří základních složek. Ze dvou substrátů (kompostu a hlíny) a listů jírovce maďalu napadeného klíněnkou jírovcovou. Následující kapitola se zabývá stanovením základních fyzikálně-chemických vlastností těchto složek.

Určování počtu kukel v listech jírovce maďalu

Jedním ze základních předpokladů pro stanovení počtu přezimujících kukel klíněnky jírovcové ve spadaném listí jírovce maďalu je sběr tohoto listí z jedné lokality. Každá oblast může být totiž napadena různou intenzitou tohoto škůdce, což může mít přímý vliv na počet přezimujících kukel v těchto listech. Pokusy, které probíhaly v tomto článku byly založeny z listů pocházejících vždy ze stejné oblasti, konkrétně oblast „L 06“.

Stanovení počtu přezimujících kukel u první série bylo přepočítáno z publikovaného odborného článku [1].

Stanovení počtu přezimujících kukel klíněnky jírovcové u druhé série laboratorních pokusů probíhalo ve dvou krocích. V první řadě byly odváženy 3 vzorky, každý o hmotnosti 100g. Vlhkost těchto listů byla přibližně 5%. Dále byly listy pečlivě zkoumány a rozebírány pinzetou. Po nalezení miny s kuklou klíněnky jírovcové se pomocí lehkého stisknutí kukly pinzetou zjišťovalo, zda-li je kukla živá nebo mrtvá. Kukly se u každého měřeného vzorku spočítaly a ze zjištěných hodnot se vypočítal průměrný počet přezimujících kukel ve 100 gramech listí.

Stanovení vlhkosti listí

Před začátkem měření bylo nutné označení, přesné zvážení hmotnosti všech sáčků a zapsání těchto hmotností.

Pro stanovení vlhkosti listí bylo do 10 papírových sáčků vloženo po 15-25 gmech listí jírovce maďalu. Tyto vzorky byly zváženy na přesných laboratorních vahách a jejich hmotnost zapsána. Všechny zvážené sáčky byly vloženy do sušárny a vysušeny při teplotě 60°C po dobu 6 hodin. Po vysušení bylo provedeno opakované vážení všech vzorků.

Rozdíly v hmotnosti vzorků před a po vysušení neudávají vlhkost listí, protože se v sušárně nevysušily pouze listy jírovce ale také papírové sáčky. Proto je potřebné započítat k získání skutečné vlhkosti listí také ztrátu vlhkosti papírových sáčků.

$$v = [(m_{vv} - m_{vs}) - (m_{sv} - m_{ss}) \cdot 100] [\%]$$

v	vlhkost [%]
m_{vv}	váha vzorku před vysušením [g]
m_{vs}	váha vysušeného vzorku [g]
m_{sv}	váha sáčku před vysušením [g]
m_{ss}	váha vysušeného sáčku [g]

Stanovení vlhkosti, objemové a redukované hmotnosti u hlíny a kompostu

Neporušený vzorek zachycuje neporušené podmínky půdy, tj. jak se půda vyskytuje v terénu. Většina fyzikálních vlastností půdy je spjata právě s těmito přirozenými podmínkami. Nejde jen o to, kolik a jak velkých částic v půdě je, nýbrž jak tyto částice svým uspořádáním vytvářejí půdní profil. Pórovitost je rozhodující pro zadržení a pohyb vody v půdě [7].

Odběr neporušených půdních vzorků byl proveden pomocí Kopeckého válečku. Váleček byl vsazen do soupravy pro odběr vzorku, z půdy byl odrýpnut drn a na půdu přiložena souprava. Váleček byl zatlačen do půdy (případně za pomoci paličky) a souprava byla vytažena. Po odříznutí okraje vzorku nožem byl váleček uzavřen plastovými víčky a bylo zaznamenáno číslo válečku.

Kopeckého válečky se vzorky (bez plastových víček) byly v laboratoři zváženy, zjištěná hmotnost zapsána a poté vloženy do sušárny. Po vysušení Kopeckého válečky se zeminou byly znovu zváženy. Odečtením hmotnosti prázdného kovového válečku od předchozích dvou měření získáme objemovou a redukovanou hmotnost zeminy. Z rozdílu objemové a redukované hmotnosti zjistíme vlhkost odebraného vzorku [47].

Objemová hmotnost (ρ) se spočítá pomocí vzorce:

$$\rho = \frac{G_F}{O} \quad [g \cdot cm^{-3}]$$

Kde G_{Fm} = čistá hmotnost vysušeného neporušeného vzorku (bez tary) [g],
 O = objem ocelového válečku [100 cm³] [7]

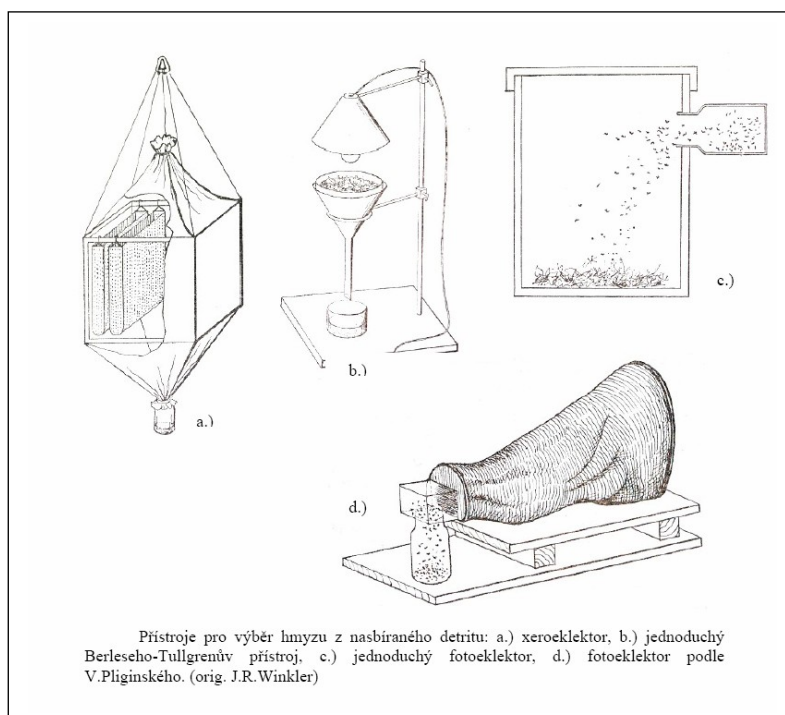
Vzorky v Kopeckého válečkách byly vysušovány při teplotě 105°C po dobu 16 hodin.

Stanovení pH v hlíně a kompostu

Stanovení pH u zakládání hlíny a kompostu do variant bylo realizováno ve specializované laboratoři na Zemědělské fakultě.

4.2.2. Zakládání variant a průběh laboratorních pokusů

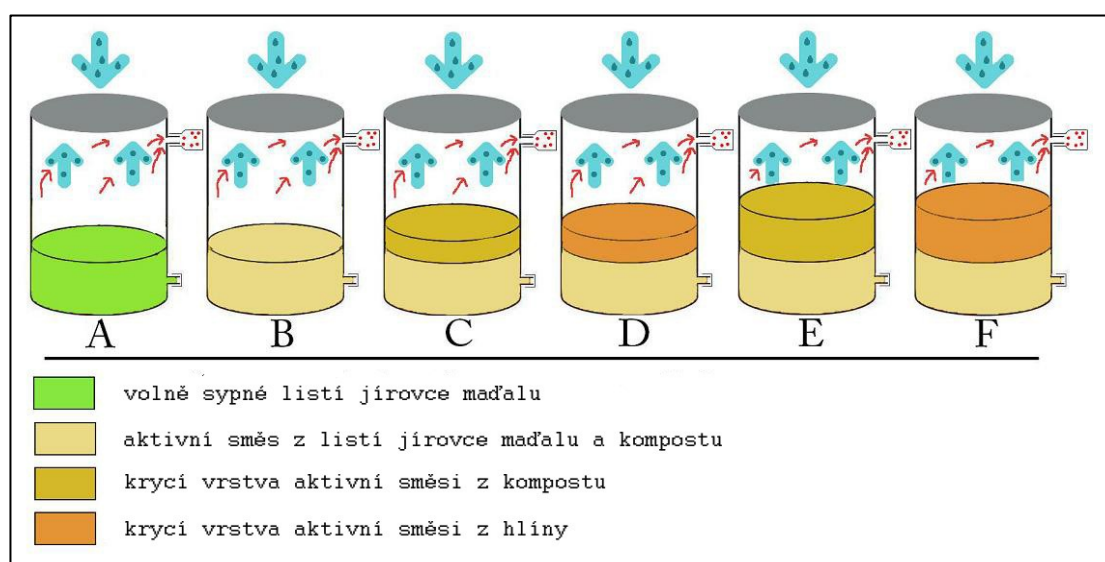
Fotoeklektor (Obrázek 13) je zařízení, které slouží k odchylování vylétajících imág (dospělců) klíněnky jírovce z listů jírovce maďalu, které do něj bylo založeno. Často je využíván pro maloobjemové pokusy v laboratořích. Lapač pracuje na principu oddělování světla a tmy. Hmyz je umístěn do tmy a vyústěním přístroje je sběrná láhev, která představuje v přístroji kužel intenzivního světla, ke kterému hmyz putuje [5].



Obrázek 13: Přístroje pro výběr hmyzu z napadaného detritu [5].

V laboratorních pokusech bylo založeno celkem 6 variant (Obrázek 14). Pět z nich obsahuje aktivní směs, kde na listy jírovce mohly působit aktivní složky kompostu. Varianta „A“ obsahuje pouze volně sypané listí (první série 80g a druhá série 130g při 5% vlhkosti), dále nám sloužila jako kontrola. Varianta „B“ je tvořena pouze aktivní směsí (listy jírovce maďalu z varianty A a 2600 gramů kompostu při 42% vlhkosti).

Ve variantě „C“ a „D“ byla aktivní směs překryta 5 centimetrovou vrstvou a varianta „E“ a „F“ měla deseti centimetrovou krycí vrstvu. Tato vrstva sloužila jako mechanická překážka pro imaga klíněnky jírovcové, které přežily v kokonu jako kukly agresivní prostředí kompostu. Vrstva musela být jen tak silná, aby se klíněnka neměla sílu prohrabat ven a zároveň aby tato vrstva příliš nebránila přístupu vzduchu do kompostu.



Obrázek 14: Popis zakládání variant v maloobjemových pokusech.

Celkem byly založeny dvě série laboratorních pokusů. První série experimentů byla založena 28.2.2010 a ukončena 12.4.2010. Pokusy probíhaly celkem 44 dní. Výsledky této série sloužily pro optimalizaci druhé série experimentů.

Pokusy ve druhé sérii probíhaly nepřetržitě od založení 3.10.2010 až do jeho ukončení 13.3.2011. Celková doba probíhajících pokusů trvala téměř 6 měsíců (162 dní). Pokusy se skládaly ze dvou hlavních fází. V první byly fotoeklektory vystaveny povětrnostním vlivům od 3.10.2010. až do 13.1.2011. Cílem prvního období byla nutnost simulovat pro kukly klíněnky jírovcové v listech jírovce maďalu jejich přirozené přezimování. Tato část byla nutná i z fyziologického hlediska (diapauza).

Od 14.1.2011 do 13.3.2011 byly fotoeklektory umístěny ve skleníku Entomologického ústavu BC AV ČR. Celkem ve druhé sérii bylo založeno 40 fotoeklektorů a 10 z nich sloužilo pro kontrolu a doměřování vlhkostí v průběhu pokusu.

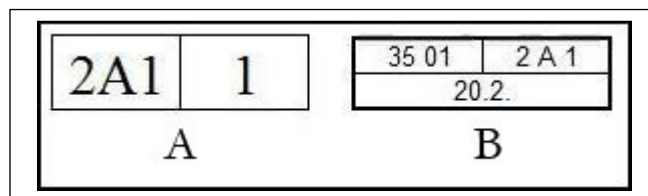
4.2.2.1. Označování fotoeklektorů, Petriho misek a sběrných lahvíček

Označování fotoeklektorů, sběrných lahvíček a Petriho misek bylo důležité, kvůli přehlednosti a zabezpečení nezaměnitelnosti naměřených hodnot. Kódování vzorků se tedy stalo nezbytným nástrojem pro vyhodnocování a archivaci vzorků.

Označení fotoeklektoru (Obrázek 16) „2A1“. První číslo „2“ udává pořadí založené série laboratorních pokusů (kapitola 4.2.2.). Druhé písmeno označuje zakládanou variantu (kapitola 4.2.2.) do fotoeklektorů a poslední číslo stanovuje pořadí založené varianty v opakování.

Označování lahvíček (Obrázek 15 A) a (Obrázek 17) - levá strana je totožná s označením fotoeklektoru a na pravé straně je unikátní číslo lahvíčky.

Označování Petriho misky (Obrázek 15 B) V dolní části této popisky se nalézá datum odběru sběrné lahvíčky z fotoeklektoru. Pravá horní část popisky určuje označení fotoeklektoru a v pravé horní části je unikátní kód, který byl vytvořený z předchozích dvou popisovaných čísel.



Obrázek 15: Vzorové popisky používané při zpracování a ukládání vzorků.

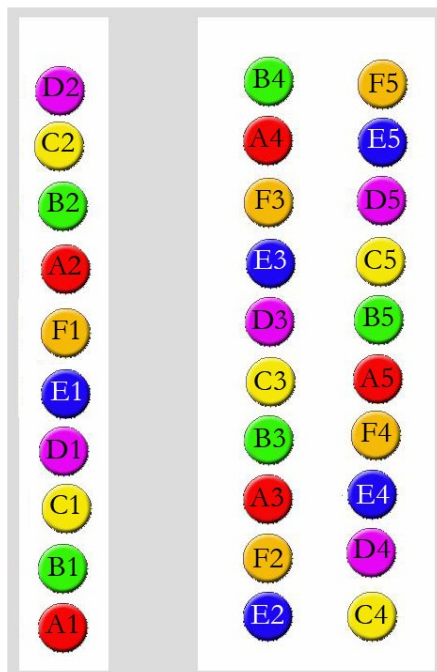


Obrázek 16: Vzorové označení fotoeklektoru.

Obrázek 17: Označení sběrné lahvíčky.

4.2.3. Rozmístění fotoeklektorů ve skleníku

Založené fotoeklektory byly rovnoměrně rozmístěné (Obrázek 18) po celé ploše skleníku. Tímto způsobem omezíme rušivé vlivy, které by mohly ovlivnit průběh fyzikálních, chemických a biologických procesů ve variantách.



Obrázek 18: Rozmístění fotoeklektorů ve skleníku.

4.2.4. Monitorování a kontrola laboratorních pokusů

Pravidelná péče a monitorování založených variant ve fotoeklektorech byla nezbytně nutná. Opakování těchto procedur byla intenzivnější ve skleníku naproti tomu péče o založené varianty ve venkovních prostorách nebyla tak nutná, protože se jednalo o přirozené podmínky. Teploty se odečítaly vždy uprostřed aktivní vrstvy.

Monitorování ve skleníku

Ve skleníku byla provedena každodenní kontrola založených variant, odečítání teplot z teploměrů (Obrázek 19) a výměna sběrných lahvíček s odchyceným hmyzem. Vážení fotoeklektorů probíhalo dvakrát týdně stejně jako doplňování vody do nich. Váha zakládaných pokusů se měnila především výparem vody. Vzorky byly po celou dobu v teplotách okolo 20⁰C. Proto ztráta hmotnosti byla způsobena především výparem vody. Do varianty „A“ byla voda doplňována přímo do fotoeklektoru prostřednictvím rozprašovače 7 g • den⁻¹ vodní mlhy. Do zbylých variant „B“, „C“, „D“, „E“ a „F“ bylo doplňováno 80 gramů vody v tří denních cyklech. Voda do těchto variant musela být nalévána přes horní látkovou část fotoeklektoru. Proto zde docházelo ke ztrátám vody při jejím doplňování.

Venkovní pokusy

V první fázi druhé série laboratorních pokusů byly fotoeklektory venku (Obrázek 20), a proto nebylo nutné vážení ani doplňování vody do nich. Kontrola variant a odečítání teplot probíhalo 2x týdně.



Obrázek 19: Fotoeklektory ve skleníku.



Obrázek 20: Fotoeklektory venkovní uskladnění.

Pro stanovení průběhu teplot byly pomocí digitálních teploměrů měřeny denní minimální, denní maximální a aktuální teploty ve všech variantách a teploty vzduchu

4.2.5. Sběr a určování hmyzu

Každý ze založených fotoeklektorů má v horní části sběrnou lahvičku z průsvitného materiálu, která do něj umožňuje průchod světla. Hmyz má přirozeně tendenci letět za světlem, a proto se v lahvičce shromažďuje.

Sběrnou nádobku jsem měnil každodenně, zavíčkoval jsem ji a vložil na 24 hodin do mrazicího boxu do teploty -32°C . Druhý den byl již mrtvý hmyz pečlivě sesypán do připravené a označené Petriho misky (Obrázek 21 a 22) a znovu uskladněný do teploty -32°C . Tímto způsobem zamezíme nežádoucímu velkému vysušování vzorků a tedy i jeho degradaci.

Po vyjmutí uchovávaného vzorku z mrazicího boxu byly pomocí mikroskopu určeny všechny zajímavé i nezajímavé organismy.



Obrázek 21: měřený vzorek 26 01.



Obrázek 22: Detail vorku 26 01.

Mezi zájmové organismy patří klíněnka jírovcová (*Cameraria ohridella*) a její parazitoidi - blanokřídlé vosičky (Hymenoptera). K nezájmovým organismům patří dvoukřídlí (Diptera), brouci (Coleoptera), roztoči (Acarina), pavouci (Arachnida) a další neurčené druhy.

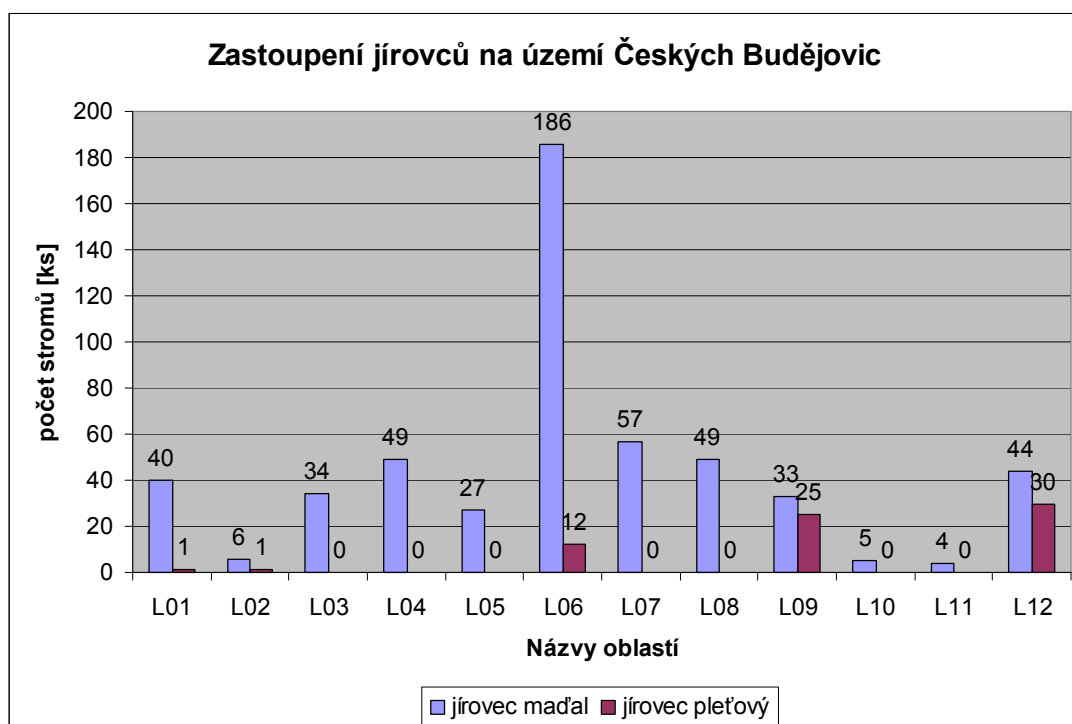
Naměřené hodnoty jsem zapisoval do databázového programu Microsoft Access, který výrazným způsobem usnadní uspořádání, vyhledávání a analýzu naměřených vzorků.

5. Výsledky

5.1. Monitorování jírovců v Českých Budějovicích

5.1.1. Početní zastoupení jírovců v Českých Budějovicích

Graf 3 ukazuje oblasti Českých Budějovic a početní zastoupení druhů jírovců v těchto oblastech. Jírovec maďal je nejvíce zastoupen v centru města a jírovec pleťový v parku Stromovka. Z grafu je dále vidět, že jírovec maďal je na rozdíl od jírovce pleťového zastoupený až na malé výjimky rovnoměrně po celém území Českých Budějovic.



Graf 3: Početní zastoupení jírovce maďalu a jírovce pleťového v Českých Budějovicích.

5.1.2. Stáří jírovců a jejich zařazení do oblastí

Tabulka 7: Stáří jírovců na českobudějovických lokalitách.

měřená lokalita	jírovec maďal			jírovec pleťový		
	minimální stáří [rok]	maximální stáří [rok]	průměrné stáří [rok]	minimální stáří [rok]	maximální stáří [rok]	průměrné stáří [rok]
L 01	7	112	37,75	53	53	52,88
L 02	9	54	23,73	9	9	9,49
L 03	14	91	37,09	---	---	---
L 04	10	112	49,69	---	---	---
L 05	27	145	70,95	---	---	---
L 06	6	137	74,92	6	102	20,84
L 07	6	150	70,47	---	---	---
L 08	2	121	57,72	---	---	---
L 09	22	95	56,3	7	15	8,68
L 10	10	45	17,8	---	---	---
L 11	8	122	80,9	---	---	---
L 12	5	153	42,77	9	25	10,41

Tabulka 7 ukazuje stáří jírovců na pozemcích Českých Budějovic. Lokalita s průměrně nejstarším jírovcem maďalem je „Malý jez“. V této oblasti jsou tedy průměrně nejstarší jírovce maďalu, ale s malým početním zastoupením v měřené lokalitě. Naopak v centru Českých Budějovic bylo naměřeno nejpočetnější zastoupení tohoto druhu. Nejstarší jírovec pleťový se vyskytuje v centru Českých Budějovic, jeho stáří je přibližně 102 let. Z této tabulky je také vidět, že jsou jírovce stále průběžně vysazovány. Ukazují to poměrně nízké hodnoty, ve sloupci s minimálním stářím stromů.

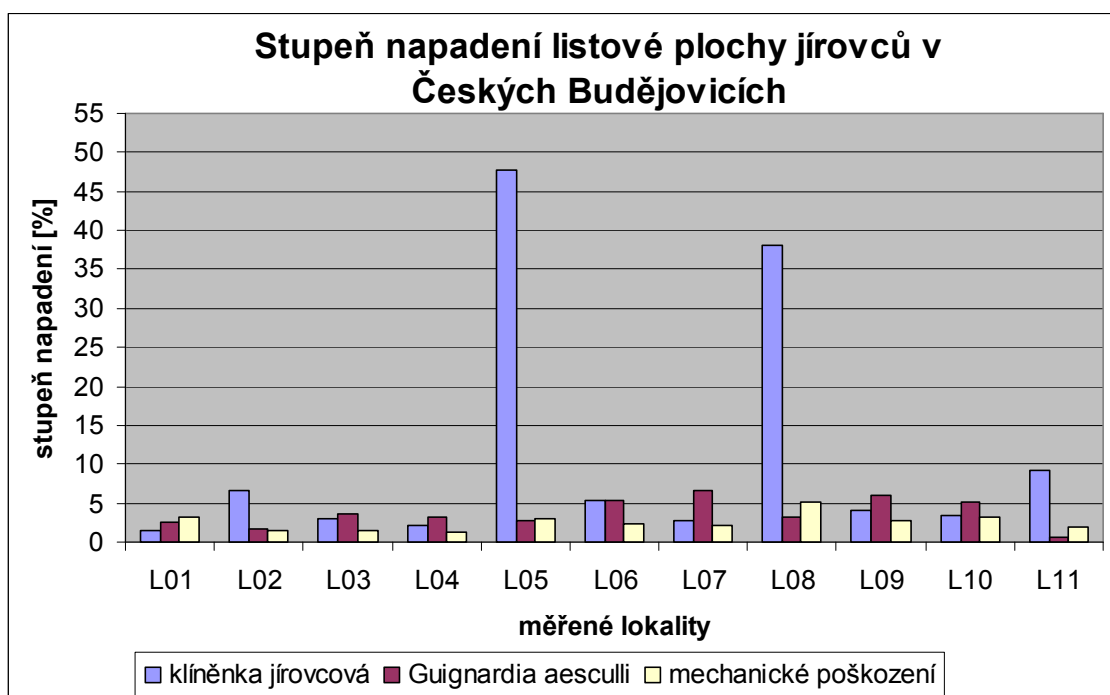
5.1.3. Odhadované množství listů jírovců pro kompostování

Tabulka 8 shrnuje odhadované množství listů jírovců určené pro kompostování. Množství je uváděno v tunách na lokalitu a je přímo závislé na počtu stromů v oblasti. Celkové množství listů jírovců vyprodukovaného na katastrálním území Českých Budějovic je odhadováno na 15,47 tun.

Tabulka 8: Odhadované množství listů jírovců určené pro kompostování.

lokality	váha listů [t]	lokality	váha listů [t]	lokality	váha listů [t]
L 01	1,05	L 05	0,69	L 09	1,49
L 02	0,18	L 06	5,08	L 10	0,13
L 03	0,87	L 07	1,46	L 11	0,1
L 04	1,26	L 08	1,26	L 12	1,9

5.1.4. Stupeň napadení listové plochy určené vizuální metodou



Graf 4: Stupeň poškození listové plochy jírovce maďalu v Českých Budějovicích.

Nejvíce zasažené lokality klíněnkou jírovcovou jsou „Pekárenská ulice, Husova kolonie“ a „Suché Vrbné“ (Graf 4). Zvýšené napadení v těchto oblastech je způsobené především nepříznivými podmínkami pro údržbu částí lokalit s jírovcem.

Lokalita 7 (Rožnov, Havlíčkova kolonie) byla nejvíce poškozena houbou *Guignardia aesculi*. Bylo naměřeno napadení 6,6%. Mechanické napadení bylo nejintenzivnější v lokalitě Suché Vrbné s intenzitou 5,2%.

5.1.5. Kritické oblasti v Českých Budějovicích

Kritická oblast Suché Vrbné

Při prvním měření 2.7. 2010 bylo v kritické oblasti Suché Vrbné naměřeno poškození listové plochy 53,93%. Podrobněji tento výsledek zobrazuje tabulka 9. Druhé měření probíhalo 2.9.2010 a poškození listové plochy dosahovalo 82,5%.

Tabulka 9: Podrobné poškození asimilační plochy jírovců v Suchém Vrbném.

měřený strom	poškození listové plochy								průměrné poškození [%]
	0 [%]	2 [%]	5 [%]	10 [%]	25 [%]	50 [%]	75 [%]	100 [%]	
1						XX	X		58,33
2						X	XX		66,66
3						XX	X		58,33
4						XX	X		58,33
5			X			X	X		43,33
6						XXX			50
7						XX	X		58,33
8					XX	X			33,33
9						XX	X		58,33
10					X	XX			41,66
11						X	XX		66,66

Kritická oblast Nádražní ulice

Při prvním měření 2.7. 2010 bylo v kritické oblasti Nádražní ulice naměřeno poškození listové plochy 46,2% (tabulka 10). Druhé měření probíhalo 2.9.2010 a poškození listové plochy dosahovalo již 86%.

Tabulka 10: Podrobné napadení asimilační plochy jírovců v Nádražní ulici.

	0 [%]	2 [%]	5 [%]	10 [%]	25 [%]	50 [%]	75 [%]	100 [%]	
1					X	XX			41,66
2					XX	X			33,33
3				X	XX				20
4							XXX		75
5						XXX			50
6					X	X	X		50
7						XX	X		58,33
8					XXX				25
9				X	X	X			28,33
10						XX	X		58,33
11						XXX			50
12						XXX			50
13					X	XX			41,66
14						XXX			50
15					XXX				25
16					XX	X			33,33
17						X	XX		66,66
18							XXX		75
46,2									

5.2. První série laboratorních pokusů

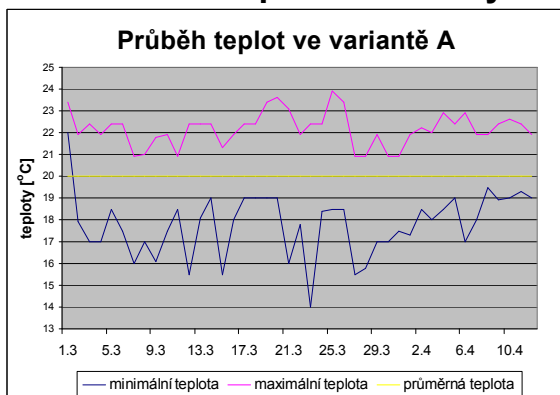
5.2.1. Fyzikálně chemické vlastnosti zakládaných surovin

Kompost měl objemovou hmotnost $120,85 [g \cdot cm^{-3}]$, redukovanou hmotnost $69,83 [g \cdot cm^{-3}]$, vlhkost 42,21%, pH-H₂O: 6,92 a pH-KCl: 6,92.

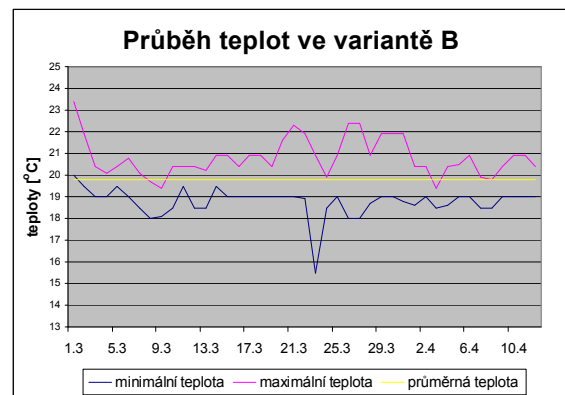
Zemina měla objemovou hmotnost $181,78 [g \cdot cm^{-3}]$, redukovanou hmotnost $152,96 [g \cdot cm^{-3}]$, vlhkost 15,85%, pH-H₂O: 7,25 a pH-KCl: 7,00.

Listy jírovce maďalu měly vlhkost 23,83%.

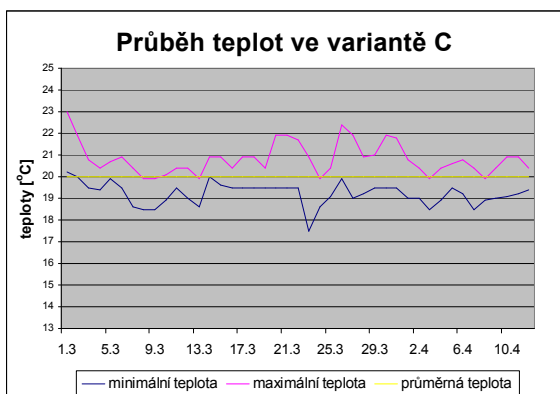
5.2.2. Průběh teplot v založených fotoelektrodech



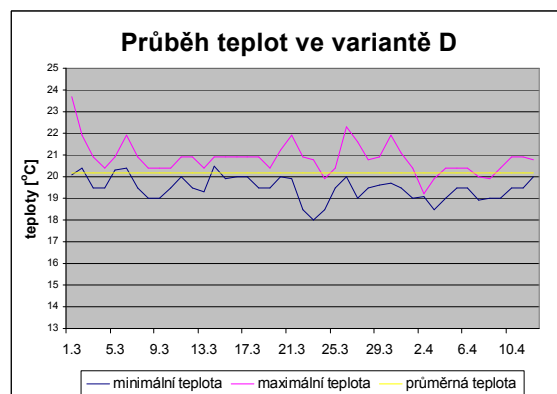
Graf 5: Průběh teplot ve variantě A.



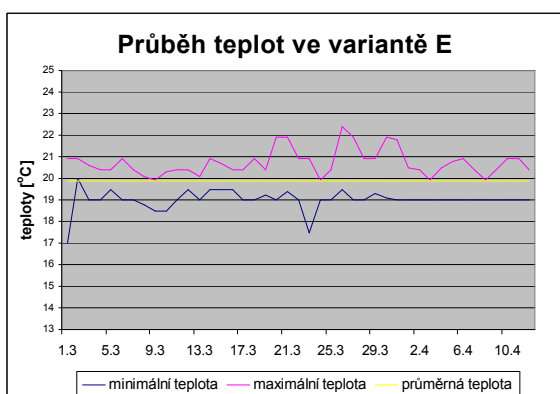
Graf 6: Průběh teplot variantě B.



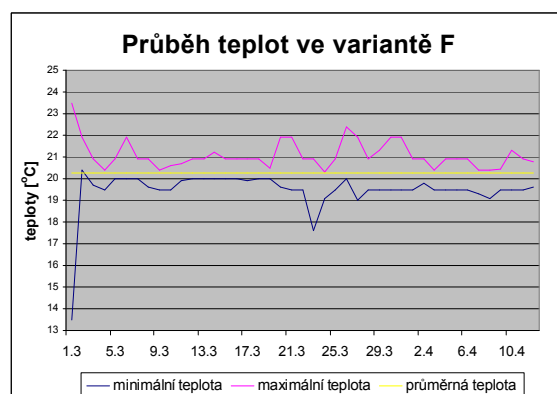
Graf 7: Průběh teplot ve variantě C.



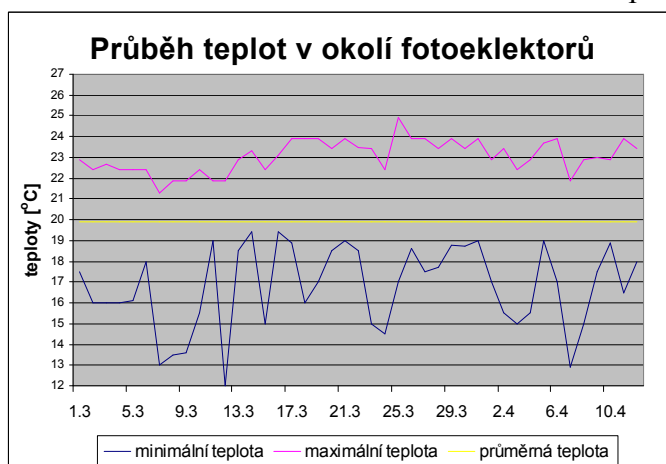
Graf 8: Průběh teplot ve variantě D.



Graf 9: Průběh teplot ve variantě E.



Graf 10: Průběh teplot ve variantě F.



Graf 11: Průběh teplot v okolním prostředí fotoeklektorů.

Na grafech 5 až 10 je znázorněn podrobný průběh teplot v založených variantách „A“, „B“, „C“, „D“, „E“ a „F“. A graf 11 popisuje denní průběh teplot vzduchu ve skleníku, ve kterém byly fotoeklektory po celou dobu trvání pokusů. Tyto grafy se skládají ze 3 křivek. První dvě jsou ukazatele denních minimálních a maximálních teplot. Třetí ukazuje průměrné teploty, tj. vážený průběh naměřených minimálních a maximálních teplot za celou dobu trvání pokusu. Z těchto grafů je vidět, že křivky s minimálními teplotami jsou velmi rozkolísané. To je způsobené automaticky otevíráným ventilačním oknem ve skleníku.

Tabulka 11: Souhrn celkových průměrných teplot ze založených variant.

	minimální teplota [°C]	maximální teplota [°C]	průměrná teplota [°C]	Δ teplot [°C]
A	17,79	22,16	19,975	4,37
B	18,79	20,81	19,8	2,02
C	19,21	20,82	20,015	1,61
D	19,47	20,84	20,155	1,37
E	18,86	20,72	19,79	1,86
F	19,38	21,07	20,225	1,69
okolí	16,76	23,04	19,9	6,28

Tabulka 11 se skládá z minimální, maximální a průměrné teploty. Ty byly odečítány ze všech založených variant a okolního prostředí. Tabulka 11 obsahuje také sloupec „Δ teplot“. Tato veličina určuje rozdíl mezi průměrnou minimální a průměrnou maximální teplotou. Ukazuje tedy průměrné denní kolísání teplot během první série laboratorních pokusů. Na této veličině je jednoznačně vidět, že kolísání denní průměrné teploty ve variantách závisí na založeném objemu ve fotoeklektoru. Tuto skutečnost také potvrzuje sloupeček s průměrnými teplotami. Průměrné teploty jsou téměř shodné. Rozdíl mezi všemi variantami a okolím není větší než 1°C.

5.2.3. Statistické vyhodnocení výletu hmyzu u jednotlivých variant

V první sérii laboratorních pokusů bylo celkem sesbíráno 601 vzorků. Ve vzorcích bylo nalezeno **25** klíněnek, **153** blanokřídlého hmyzu, **1025** dvoukřídlého hmyzu a **146** brouků.

Ve variantě „A“ došlo k přeschnutí listů jírovce maďalu, proto se z této varianty, i když měla 5 opakování, nevylíhla klíněnka jírovcová ani její parazitické vosičky.

Klíněnka jírovcová

Tabulka 12: Statistické vyhodnocení klíněnky jírovcové (1. série laboratorních pokusů).

	průměrný počet [ks]	minimum [ks]	maximum [ks]	směrodatná odchylka	počet opakování ve variantě
Varianta A	0	0	0	0	5
Varianta B	2,2	0	6	3,033	5
Varianta C	0,4	0	1	0,547	5
Varianta D	0,6	0	2	0,894	5
Varianta E	0,8	0	2	0,836	5
Varianta F	1	0	3	1,414	5

Tabulka 13: Analýza rozptylu u klíněnký jírovcové (1. série laboratorních pokusů).

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	14,16667	5	2,833333	1,307692	0,293937	2,620654
Všechny výběry	52	24	2,166667			
Celkem	66,16667	29				

Analýza rozptylu neodhalila na hladině významnosti $\alpha=0.05$ vliv založených variant na počet vylíhlých klíněnek (Tabulka 13).

Blanokřídli

Tabulka 14: Statistické vyhodnocení blanokřídleho hmyzu (1. série laboratorních pokusů).

	průměr [ks]	minimum [ks]	maximum [ks]	směrodatná odchylka	opakování ve variantě
Varianta A	0	0	0	0	5
Varianta B	6,4	0	15	5,594	5
Varianta C	5,6	1	9	3,435	5
Varianta D	7	4	15	4,636	5
Varianta E	6	3	9	2,549	5
Varianta F	5,6	0	10	3,647	5

Tabulka 15: Analýza rozptylu blanokřídleho hmyzu (1. série laboratorních pokusů).

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	163,1	5	32,62	2,318957	0,074732	2,620654
Všechny výběry	337,6	24	14,06667			
Celkem	500,7	29				

Analýza rozptylu neodhalila na hladině významnosti $\alpha=0.05$ vliv založených variant na počet vylíhlých blanokřídlejších (Tabulka 15).

Dvoukřídli

Tabulka 16: Statistické vyhodnocení dvoukřídleho hmyzu (1. série laboratorních pokusů).

	průměr [ks]	minimum [ks]	maximum [ks]	směrodatná odchylka	opakování ve variantě
Varianta A	0	0	0	0	5
Varianta B	29,4	2	32	5,225	5
Varianta C	53,8	6	86	35,166	5
Varianta D	72,4	6	84	18,716	5
Varianta E	31,8	1	55	16,361	5
Varianta F	17,6	1	24	6,731	5

Tabulka 17: Analýza rozptylu dvoukřídlého hmyzu (1. série laboratorních pokusů).

<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	16586,97	5	3317,393	10,32759	2,25E-05	2,620654
Všechny výběry	7709,2	24	321,2167			
Celkem	24296,17	29				

Analýza rozptylu odhalila statisticky vysoce průkazný vliv založených variant na počet vylíhlých dvoukřídlých (Tabulka 17).

Brouci

Tabulka 18: Statistické vyhodnocení brouků (1. série laboratorních pokusů).

	průměr [ks]	minimum [ks]	maximum [ks]	směrodatná odchylka	opakování ve variantě
Varianta A	0	0	0	0	5
Varianta B	2,6	0	1	1,816	5
Varianta C	2,6	0	3	2,408	5
Varianta D	14,2	0	8	15,818	5
Varianta E	3,8	0	3	3,194	5
Varianta F	6	0	8	6,964	5

Tabulka 19: Analýza rozptylu brouků (1. série laboratorních pokusů).

<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	617,4667	5	123,4933	2,330063	0,073627	2,620654
Všechny výběry	1272	24	53			
Celkem	1889,467	29				

Analýza rozptylu neodhalila na hladině významnosti $\alpha=0.05$ vliv založených variant na počet vylíhlých brouků (Tabulka 19).

5.3. Druhá série laboratorních pokusů

5.3.1. Fyzikálně chemické vlastnosti substrátů

Kompost měl objemovou hmotnost $130,12 [g \cdot cm^{-3}]$, redukovanou hmotnost $68,53 [g \cdot cm^{-3}]$, vlhkost 47,33%, pH-H₂O: 6,92 a pH-KCl: 6,92.

Zemina měla objemovou hmotnost $125,49 [g \cdot cm^{-3}]$, redukovanou hmotnost $104,79 [g \cdot cm^{-3}]$, vlhkost 16,49%, pH-H₂O: 7,25 a pH-KCl: 7,00.

Listy jírovce maďalu měly vlhkost 12,62% a $198 [kukla \cdot (100g^{-1})]$ přezimujících kulek klíněnky jírovcové

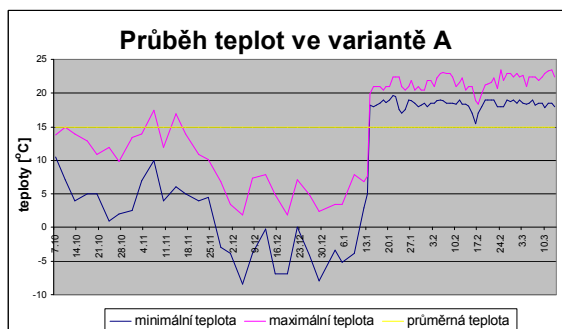
Tabulka 20 : Průběh vlhkostí v založených variantách.

varianta	složka v receptuře	průběh vlhkostí			Δ vlhkosti [%]
		3.10.2010 [%]	14.1.2011 [%]	13.3.2011 [%]	
A	listy	12,6	22,4	8,6	-61,6
B	kompost	47,33	36,01	43,29	+20,21
C	kompost	47,33	41,69	33,53	-19,57
D	hlína	16,5	24,08	16,08	-33,22
D	kompost	47,33	41,18	34,9	-15,25
F	hlína	16,5	18,79	15,16	-19,32
F	kompost	47,33	35,44	29,7	-16,19
E	kompost	47,33	42,33	43,91	+3,73

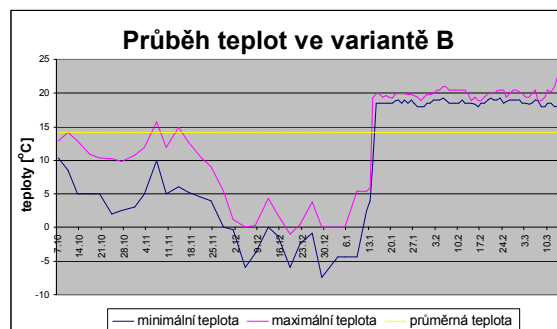
V tabulce 20 je znázorněn průběh vlhkostí ve složkách založených variant. Vlhkost těchto složek byla měřena při založení do fotoeklektorů (3.10.2010), při jejich stěhování do skleníku (Entomologický ústav) a při ukončení laboratorních pokusů (13.3.2011).

Sloupec s označením „Δ vlhkosti“ popisuje procentický rozdíl vlhkosti ve variantách, který vznikl od 14.1.2011 do 13.3.2011. Například ve variantě „A“ je vidět, že průměrný denní výpar vody byl $10,23 \text{ [g} \cdot \text{den}^{-1}\text{]}$.

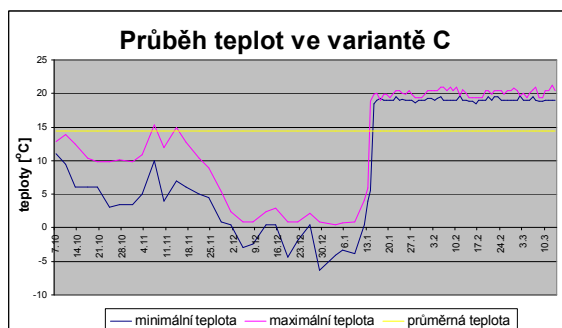
5.3.2. Průběh teplot v založených fotoeklektorech



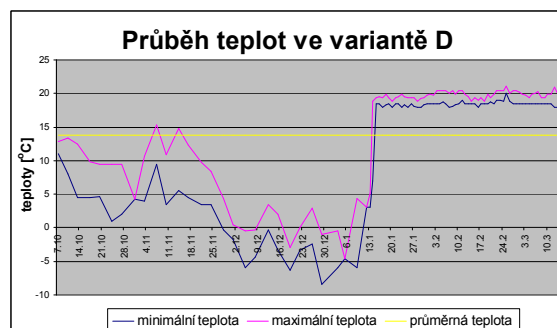
Graf 12: Průběh teplot ve variantě A.



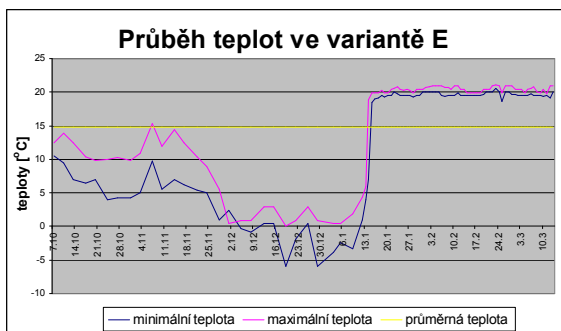
Graf 13: Průběh teplot ve variantě B.



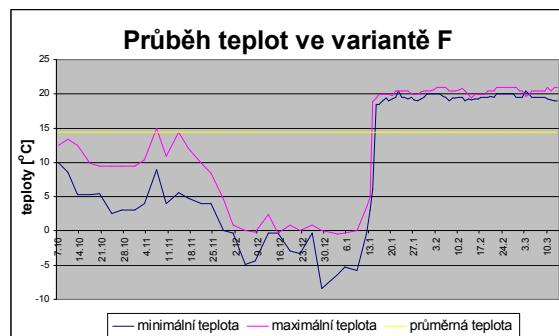
Graf 14: Průběh teplot ve variantě C.



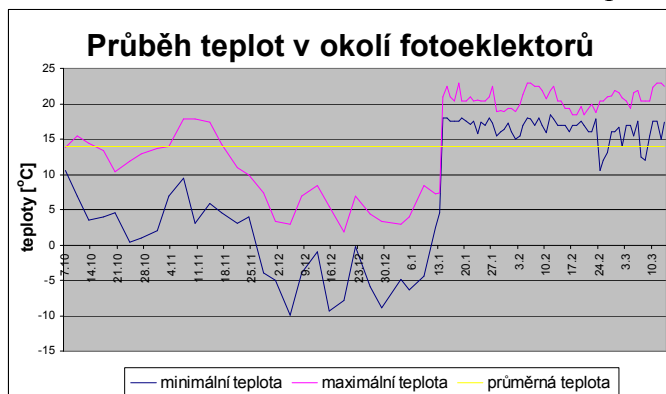
Graf 15: Průběh teplot ve variantě D.



Graf 16: Průběh teplot ve variantě E.



Graf 17: Průběh teplot ve variantě F.



Graf 18: Průběh teplot v okolí fotoelektrů (2. laboratorní pokus).

Na grafech 12 až 17 je zobrazen podrobný průběh teplot ve variantách „A“, „B“, „C“, „D“, „E“ a „F“. V grafu 18 jsou zobrazeny teploty vzduchu v okolí fotoelektrů.

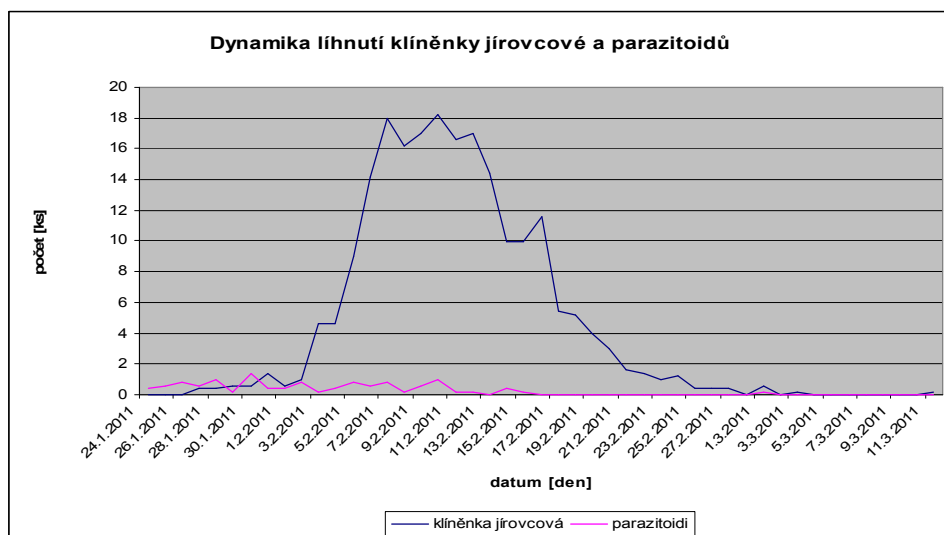
Tabulka 21: Souhrn průměrných teplot z variant.

	3.10.2010 – 13.1.2011				14.1.2011 – 13.3.2011			
	Minimální teplota [°C]	Maximální teplota [°C]	Průměrná teplota [°C]	Δ teplot [°C]	Minimální teplota [°C]	Maximální teplota [°C]	Průměrná teplota [°C]	Δ teplot [°C]
A	0,93	9,15	5,04	8,22	18,45	21,58	20,02	3,13
B	1,55	7,06	4,3	5,51	18,46	19,9	19,18	1,44
C	2,26	6,88	4,57	4,62	19,04	20,08	19,56	1,04
D	0,88	5,96	3,43	5,08	18,46	19,8	19,13	1,34
E	2,73	6,83	4,78	4,1	19,56	20,39	19,98	0,83
F	1,26	6,11	3,68	4,85	19,46	20,34	19,9	0,88
te	0,17	9,62	4,89	9,45	16,53	20,62	18,58	4,09

Tabulka 21 obsahuje průměrnou minimální a průměrnou maximální teplotu. Tyto hodnoty byly měřeny v denních intervalech, ve skleníku, po celou dobu trvání pokusu. Tabulka obsahuje také „Δ teplot“. Tento sloupec znázorňuje průměrnou denní teplotní výchylku v založených variantách.

5.3.3. Dynamika líhnutí klíněnky jírovcové a jejich parazitoidů

Dynamika líhnutí byla vytvořena pouze pro variantu „A“. V ostatních variantách nebyl dostatečný počet vylíhlé klíněnky jírovcové ani blanokřídlého hmyzu. Dynamika líhnutí klíněnky jírovcové a jejich parazitoidů byla vytvořena z průměrného líhnutí všech opakování varianty „A“. Z grafu 19 je jednoznačně vidět, že parazitoidi klíněnky jírovcové se začínají líhnout dříve a mají i dříve vrchol líhnutí než klíněnka.



Graf 19: Dynamika líhnutí klíněnky jírovcové a jejich parazitoidů.

5.3.4. Statistické vyhodnocení počtu vylíhlého hmyzu u jednotlivých variant

Za dobu trvání pokusu bylo odebráno 798 vzorků, v nich bylo **1378** klíněnek, **155** blanokřídlého hmyzu, **667** dvoukřídlého hmyzu a **314** brouků.

Klíněnka jírovcová

Tabulka 22: Statistické vyhodnocení klíněnky jírovcové (2. série laboratorních pokusů).

	průměr [ks]	minimum [ks]	maximum [ks]	směrodatná odchylka	opakování ve variantě
Varianta A	215,8	189	233	20,681	5
Varianta B	48,6	4	133	55,356	5
Varianta C	3,6	1	8	3,209	5
Varianta D	2,2	1	3	0,837	5
Varianta E	3,6	0	18	8,05	5
Varianta F	1,8	0	7	3,033	5

Tabulka 23: Analýza rozptylu klíněnky jírovcové (2. série laboratorních pokusů).

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	181531,9	5	36306,37	60,8997	7,55E-13	2,620654
Všechny výběry	14308	24	596,1667			
Celkem	195839,9	29				

Analýza rozptylu odhalila statisticky vysoce průkazný vliv založených variant na počet vylíhlých mág klíněnky jírovcové (Tabulka 23).

Blanokřídlí

Tabulka 24: Statistické vyhodnocení blanokřídleho hmyzu (2. série laboratorních pokusů).

	průměr [ks]	minimum [ks]	maximum [ks]	směrodatná odchylka	opakování ve variantě
Varianta A	12,4	5	18	4,879	5
Varianta B	4,6	0	9	3,847	5
Varianta C	3,6	0	9	3,782	5
Varianta D	1,4	0	5	2,191	5
Varianta E	7,2	2	23	8,899	5
Varianta F	1,8	1	4	1,303	5

Tabulka 25: Analýza rozptylu blanokřídleho hmyzu (2. série laboratorních pokusů).

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	423,7667	5	84,75333	3,668975	0,013155	2,620654
Všechny výběry	554,4	24	23,1			
Celkem	978,1667	29				

Analýza rozptylu odhalila statisticky průkazný vliv založených variant na počet vylíhlých mág blanokřídlejších parazitoidů (Tabulka 25).

Dvoukřídlí

Tabulka 26: Statistické vyhodnocení dvoukřídleho hmyzu (2. série laboratorních pokusů).

	průměr [ks]	minimum [ks]	maximum [ks]	směrodatná odchylka	opakování ve variantě
Varianta A	1,4	1	4	1,673	5
Varianta B	42,6	15	123	46,226	5
Varianta C	30	8	51	1,476	5
Varianta D	15,6	4	23	7,127	5
Varianta E	25,4	11	58	19,743	5
Varianta F	18,2	1	26	9,985	5

Tabulka 27: Analýza rozptylu dvoukřídleho hmyzu (2. série laboratorních pokusů).

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	4897,2	5	979,44	2,012962	0,112994	2,620654
Všechny výběry	11677,6	24	486,5667			
Celkem	16574,8	29				

Analýza rozptylu neodhalila na hladině významnosti $\alpha=0.05$ vliv založených variant na počet vylíhlých dvoukřídlejších (Tabulka 27).

Brouci

Tabulka 28: Statistické vyhodnocení brouků (2. série laboratorních pokusů).

	průměr [ks]	minimum [ks]	maximum [ks]	směrodatná odchylka	opakování ve variantě
Varianta A	0,2	0	1	0,447	5
Varianta B	8,2	4	16	4,919	5
Varianta C	17,4	10	31	8,961	5
Varianta D	8,8	5	19	5,805	5
Varianta E	13	8	21	6,083	5
Varianta F	15,2	3	32	12,029	5

Tabulka 29: Analýza rozptylu brouků (2. série laboratorních pokusů).

<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	951,0667	5	190,2133	3,565386	0,014941	2,620654
Všechny výběry	1280,4	24	53,35			
Celkem	2231,467	29				

Analýza rozptylu odhalila statisticky průkazný vliv založených variant na líhnutí brouků (Tabulka 29).

6. Diskuze

6.1. Stupeň napadení jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou

Klíněnka jírovcová se objevila v České republice v roce 1993 [32] (kapitola 2.3.4.1.3.). Od té doby, tedy již po dobu 18 let, je jírovec maďal u nás intenzivně a dlouhodobě oslabován tímto škůdcem. Minulý rok při měření 2.7.2010 průměrné poškození listové plochy jírovců po vylétnutí první generace klíněnky dosáhlo 11.3% (kapitola 5.1.4.). Za posledních 5 let napadení jírovců klíněnkou jírovcovou klesá v Brně, Vsetíně a Plzni zatímco v Praze, Liberci a Českých Budějovicích napadení klíněnkou stoupá [42].

Z výsledků mého průzkumu (kapitola 2.3.4.) i ze současné literatury [42] vyplývá, že klíněnka jírovcová je stále závažný a nebezpečný škůdce jírovců, který jírovce oslabuje a stromy tak snáze mohou podléhat dalším škůdcům a nemocem. Mezi závažné nemoci, které postihly v posledních letech jírovce, můžeme jmenovat např. klejotok (bleeding Canker) [55](kapitola 2.3.4.3.). Tento postoj podporují i články z českého tisku. V roce 2009 muselo být pokáceno mnoho jírovců v různých českých městech např. Nové Město na Moravě a Broumov, z důvodu jejich velkého poškození klíněnkou jírovcovou [26, 31].

Tuto myšlenku nepodporují všichni odborníci a zastávají názor, že jedinou škodou, kterou klíněnka jírovcová způsobuje na těchto stromech je škoda estetická. Podle nich obava o zdraví jírovců vyvolává zbytečnou paniku. Tito odborníci vkládají velké naděje do přirozených nepřátel klíněnek, a proto nevidí potřebu jí výrazně regulovat [12]. Mezi hlavní přirozené nepřátele klíněnek patří blanokřídlé vosičky, které však dosud nestačily na dostatečnou regulaci klíněnky. Toto potvrzují i prováděná měření v této diplomové práci (kapitola 5.1.4.).

V současné době se na katastrálním území České Budějovice vyskytuje celkem 603 jírovců, z toho se nachází na pozemcích správních oblastí (kapitola 4.1.1.) 529 stromů, které jsou složeny ze dvou základních druhů (kapitola 5.1.1.). Jírovec maďal se vyskytuje poměrně v hojném počtu ve všech těchto oblastech, naproti tomu se jírovec pleťový nalézá pouze ve čtyřech správních oblastech z jedenácti. Proto bych doporučoval další vysazování jírovců pleťového, který je vůči klíněnce rezistentní.

Po důkladném mapování a zkoumání celého území, byly zaznamenány kritické oblasti (kapitola 5.1.5.), které slouží k bezpečnému přezimování kukel klíněnky jírovcové ve spadáných listech jírovců maďalu, a tak zvyšují následující sezonu poškození listové plochy jírovců a omezují základní funkce listů (kapitola 2.3.3.). Je zřejmé, že tyto kritické

oblasti spojuje nedostatečná péče o tyto lokality na podzim jako je neshrabané listí. Z mého pozorování vyplývá, že tato nedostatečná podzimní péče v lokalitě je způsobena omezením technického rázu. Buď se na tyto pozemky nemohou stroje dostat, nebo jsou tak hrbolaté, že na nich mechanizace nemůže pracovat. To, že jsou i jiné lokality velmi technicky náročné na údržbu, mi potvrdily i některé z firem, které se o tyto pozemky starají.

Další závěr, plynoucí z mého monitorování, je nutnost pečovat o pozemky systematicky a komplexně. Regulace klíněnky je účinná až v kombinaci několika preventivních opatření. Jako příklad pečlivé a dlouhodobé péče můžeme jmenovat zámecký park ve Slavkově u Brna, kde nebyly jírovce vůbec zasaženy klíněnkou jírovcovou v roce 2009 [34, 6].

Mezi přirozené mechanismy regulace klíněnky jírovcové patří parazitické vosičky, které však nestačí klíněnkou jírovcovou regulovat. To je způsobené především tím, že se líhnou dřívě, a proto neparazitují v takovém rozsahu na první generaci klíněnky jírovcové. Tuto skutečnost nám potvrzuje i kapitola 5.3.3. a také studie autorů.[4].

6.2. Vliv kompostování na přežívání kukel klíněnky jírovcové ve spadaném listí

Mezi antropogenní mechanismy regulace můžeme zařadit postřik stromů insekticidy nebo injektáže systemických insekticidů do kmenů stromů či spalování listí. Tyto metody jsou velmi nákladné, ne vždy dokáží dostatečně regulovat klíněnkou a mají řadu vedlejších nežádoucích vlivů[44, 6, 43]. Ekologicky šetrným způsobem regulace klíněnky může být aplikace entomopatogenních hub [30, 27, 28]. Tato metoda je však zatím ve stádiu výzkumu a teprve po registraci mykoinsekticidu ji bude možné komerčně využít.

Jedna z alternativ, která by mohla pomoci vyřešit současné problémy s klíněnkou jírovcovou je kompostování spadaného listí jírovců s krycí vrstvou zeminy. V diplomové práci byly popsány dvě série laboratorních pokusů. V pokusech byly smíchány poškozené listy jírovce maďalu a hotového kompostu. V této směsi byl příliš malý podíl čerstvé biomasy na to, aby se teplota v těchto založených směsích výrazně zvýšila. Proto na založené listy jírovce působily pouze půdní organismy (kapitola 2.2.7.) obsažené v kompostu. To, že se teplota výrazně nezvýšila, je velmi důležité, protože simulujeme vrchní vrstvu kompostu, kde teploty nedosahují tak výrazných hodnot jako uprostřed kompostovací hromady. Tuto skutečnost potvrzují i moje návštěvy v kompostárnách Jarošovice a Koroseky.

V laboratorních pokusech se podařilo snížit počet vylíhlých klíněnek o 99% a to s pěti i deseticentimetrovou krycí vrstvou zeminy. Tento výsledek také potvrzuje studie s obdobně

založenými pokusy, při nichž bylo dosaženo snížení počtu vylétlých imág klíněnek o 96% [14].

Při kompostování listů způsobem popsáním v této diplomové práci získáme substrát, který budeme moci dále využít. Toto však neplatí u pokusů, které byly založeny ve Švýcarsku [14]. Hlavní rozdíl byl v receptuře zakládání, kdy autoři pouze nahrnuli listí na jedno místo a překryli ho krycí vrstvou. V mé práci bylo listí smícháno s již hotovým kompostem a pak teprve překryto krycí vrstvou.

Z výsledků statistického vyhodnocení pokusů (kapitola 5.3.4.) můžeme jednoznačně říci, že tato metoda kompostování s krycí vrstvou je nadějnou technologií, i když byly zatím založeny pouze ve fotoeklektorech jako maloobjemové pokusy. Hlavní výhodou této technologie je šetrnost k životnímu prostředí. Při kompostování přežije malé procento parazitických vosiček, které nám budou snižovat i dále početnost klíněnky v přírodě, a také řada dalších organismů, které se vyskytují ve shrabaném listí jírovce, na rozdíl od spalování listí, které je využíváno například v Praze. Spalování je nejen velmi drahý a technologicky náročný proces, ale kromě likvidace kukel klíněnky se tím ničí vše živé, mimo jiné i parazitické vosičky, které by jinak pomáhaly snižovat její početnost klíněnky i dalších škůdců.

7. Závěr

Jírovec maďal a jírovec pleťový jsou nejvíce zastoupené jírovce v centrech měst v České republice. Tyto překrásné stromy jsou ozdobou a chloubou obyvatel měst. Během posledních 12 let jsou tyto stromy napadány klíněnkou jírovcovou. Tento škůdce má v přírodě i své přirozené nepřátele, parazitické vosičky, které jí však nestačí ve volné přírodě regulovat. Proto musí zasahovat do její regulace i člověk.

V této diplomové práci byl proveden průzkum stupně poškození jírovců na katastrálním území města České Budějovice. V experimentální části byly provedeny dvě série maloobjemových pokusů, které ukázaly kompostování s krycí vrstvou jako nadějnou technologii. Bylo zjištěno, že:

1. Procento poškození listové plochy klíněnkou dosahovalo až 48%.
2. Místa, kde není na podzim odklíženo spadané listí patří mezi rizikové oblasti.
3. Založení kompostu z listí jírovce bez krycí vrstvy snižuje počet vylíhlých klíněnek o 77%
4. Krycí vrstva přispívá k redukci klíněnek až o 99%
5. Nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi tloušťkou krycí vrstvy 5 a 10 cm

Lze shrnout, že technologie kompostování listí je velmi ekologická a omezuje celou řadu negativních vlivů na životní prostředí. Proto je mnohem výhodnější využívat pro likvidaci přezimujících kulek klíněnky jírovcové kompostování než například jejich spalování. Myslím si, že tato technologie může člověku pomoci k úspěšné a poměrně levné regulaci tohoto škůdce a pomůže tak k ozdravení jírovců v ošetřované lokalitě a k navrácení okrasné funkce těchto stromů v městských parcích. Vedlejším, ale neméně významným produktem tohoto nakládání s biomasou je kvalitní substrát. Ten budeme moci využívat k obnovování veřejných pozemků, a tak zvyšovat jejich úrodnost a kvalitu. Před zavedením této technologie jako způsobu ekologické regulace klíněnky jírovcové však bude vhodné získané výsledky ještě ověřit v poloprovozních podmínkách.

8. Seznam použité literatury

- [1] AWAD M., PRENEROVÁ E., VOLTER L. & ZEMEK R. Evaluation of *Isaria fumosorosea* CCM 8367 for the control of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), and effects on beneficial parasitoids. *Biol. Kontrol*, 2011,(In preparation)
- [2] ČERMÁKOVÁ, B. ; MUŽÍKOVÁ, R.. Ozeleněné střechy. první. Havlíčkův Brod : Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s., 2009. 248 s. ISBN 978-80-247-1802-6.
- [3] GILBERT, M.; GRÉGOIRE, J.C. Visual, semi-quantitative assessments allow accurate estimates of leafminer population densities: an example comparing image processing and visual evaluation of damage by the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* (Lep., Gracillariidae). *Journal of Applied Entomology*. 2003, 127, s. 354-359. ISSN 0931-2048.
- [4] GRABENWEGER, G., et al. Impact of poor host-parasitoid synchronisation on the parasitism of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *European Journal of Entomology*. 2007, 104, s. 153-158. ISSN 1210-5759.
- [5] HALÍK, L. . Jak sbíráme a pro sbírky upravujeme hmyz. Praha : průmyslové tiskárny, 1940. 84 s.
- [6] HONOVÁ, H.. Kaštan: ohrožený druh. *Zemědělec*. 2007, 15, 16, s. 30.
- [7] HORÁČEK A KOL., Ing. Jan . Geologie a půdoznalství : cvičení pro 1. ročník. první. České Budějovice : JU ZF, 1994. 114 s. ISBN 80-7040-106-0.
- [8] HORÁČEK, P. . Encyklopedie listnatých stromů a keřů. Brno : Computer Press, 207. 750 s. ISBN 978-80-251-1708-8.
- [9] IMES, R.. Svět hmyzu : Praktický průvodce entomologií. Praha : SVOJTKA a VAŠUT, 1997. 160 s. ISBN 80-7180-253-0.
- [10] JELÍNEK, A. a kol.: Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním procesem. Realizační pomůcka pro zpracování podnikové normy., 1. vyd., Praha, Reprografické služby VÚZT 2002, 74 s., ISBN 80-238-539-1
- [11] JURA, S.. Určování stárí stromů. *Silva bohemica*. 2001, 1, s. 19-20.
- [12] K, M. Kaštan: ohrožený druh. *Instinkt*. 2007, 6, 36, s. 10. ISSN 1213-774X.
- [13] KALINA, M.: Kompostování a péče o půdu, 2. vyd., Praha, ,Grada Publishing, a.s. 2004, 116 s., ISBN 80-247-0907-4

- [14] KEHRLI, P.; BACHER, S. How to safely compost *Cameraria ohridella*-infested horse chestnut leaf litter on private compost heaps. *Journal of Applied Entomology*. 2004, 128, s. 707-709.
- [15] KOLAŘÍK, J. . Péče o dřeviny mimo les, II. díl. Štěchovice : VAMB Štěchovice, 710 s. ISBN 80-86327-44-2.
- [16] KOPAČKA, M.. Možnosti, metody a technologické postupy při kompostování biomasy. České Budějovice, 2009. 57 s. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita.
- [17] LANCASTER, R. . Oblíbené stromy, keře a popínavé rostliny. první. Banská Bystrice : Tlačiarne BB s.r.o., 2004. 168 s. ISBN 80-242-1134-3.
- [18] LEDVINA, R.; HORÁEK, J.; ŠINDELÁŘOVÁ, M.. Geologie a půdoznalství. České Budějovice : [s.n.], 2000. 203 s.
- [19] Naučný slovník zemědělský 2 e-j. Praha : státní zemědělské nakladatelství, 1968. 1218 s.
- [20] Naučný slovník zemědělský k-l. první. Praha : MÍR, novinářské závody, 1971. 1254 s.
- [21] NEDVĚDOVÁ, H.. Sezónní vývoj komplexu parazitoidů klíněnky jírovcové (*Cameraria ohridella*) na vybrané lokalitě v Plzni. Plzeň, 2008. 53 s. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [22] NOORDHUIS, Klass T. . Encyklopedie zahradních rostlin. třetí. Praha : Editpress s.r.o., 2001. 320 s. ISBN 80-7234-181-2.
- [23] Ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. 88 s. ISBN 978-80-247-2756-1.
- [24] PENKA, M.. Transpirace a spotřeba vody rostlinami. Praha : TISK, knižní výroba, závod 1, Brno, 1985. 256 s.
- [25] PLÍVA P. a kol.: Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu, 1. vyd., Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 2006, 65 s., ISBN 80-86884-11-2
- [26] POHANKA, Tomáš. Marková: Chceme náměstí pěkné a upravené. *Vysočina-týdeník*. 2.4.2009, 49, 14, s. 4.
- [27] PRENEROVÁ E., ZEMEK R., WEYDA F., VOLTER L. (2009) Kmen entomopatogenní houby *Isaria fumosorosea* CCM 8367 (CCEFO.001.PFR) a způsob likvidace hmyzích škůdců a roztočů. Patent č. 300701. Úřad průmyslového vlastnictví, číslo patentového spisu: PV 2008-394.
- [28] PRENEROVÁ E., ZEMEK R., WEYDA F., VOLTER L. (2008) Sampling and occurrence of entomopathogenic fungi from *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) habitats. *IOBC/WPRS Bulletin* 31: 204.

- [29] PROCHÁZKA, S.; MACHÁČKOVÁ, I.; KREKULE, J.; ŠEBÁNEK; Jiří. Fyziologie rostlin. první. Praha : CENTA, s.r.o., 1998. 484 s. ISBN 80-200-0586-2.
- [30] RICHTER D.; SERMANN H.; JÄCKEL B.; BÜTTNER. Carmen Pathogenicity of entomopathogenic fungi on hibernating pupae of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae). Part 2: Efficacy of entomopathogenic fungi against pupa in her pupal cell. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 2007;72(3):411-21.
- [31] ŘEZ. Rekonstrukce parku Alejka bude zahájeno kácením a následnou obnovou jírovcové aleje. *Náchodský deník*. 16.2.2009, 18, 39, s. 3
- [32] SKUHRAVÝ, V.. Výročí klíněnky jírovcové. *Živa*. 2003, 51, 6, s. 270. ISSN 0044-4812.
- [33] ŠIMEK, M.. Základy nauky o půdě : Neživé složky půdy. druhé. České Budějovice : Vlastimil Johanus TISKÁRNA, 2005. 160 s. ISBN 80-7040-747-6.
- [34] ŠPIDLÍKOVÁ, P.. Poprvé porazili klíněnku. *Blanenský deník*. 3.9.2009, 19, 206, s. 2.
- [35] TOMÁŠEK, M. . Půdy České republiky. čtvrté. Praha : Label s.r.o., 2007. 68 s. ISBN 978-80-7075-688-1.
- [36] VACÍK, J. . Přehled středoškolské chemie. Praha : Pedagogické nakladatelství, 1999. 368 s. ISBN 80-7235-108-7.
- [37] VĚTVIČKA, V. . Stromy a keře. Praha : Aventinum nakladatelství s.r.o., Druhé, 2005. 288 s. ISBN 80-7151-254-0.
- [38] VOLTER, L.; KENIS, Marc. Parasitoid complex and parasitism rates of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in the Czech Republic, Slovakia and Slovenia. *European journal of entomology*. 2006, 103, s. 365-370. ISSN 1210-5759.
- [39] Vybrané kapitoly z pedobiologie a mikrobiologie. první. Praha : PowerPrint, 2003. 151 s. 80-213-1064-2.
- [40] ZAHRADNÍK, J. . Blanokřídli. Praha : Svoboda, graf. zav, n.p., 1987. 182 s.
- [41] ZAHRADNÍK, J. ; SEVERA, F. . HMYZ. prvé. Praha : AVENTINUM s.r.o., 2004. 326 s. ISBN 80-86858-01-4.
- [42] ZEMEK, R., VOLTER, L., WEYDA, F., PRENEROVÁ, E. Infestation of horse chestnut trees by the horse chestnut leafminer (*Cameraria ohridella*) in the Czech Republic. *Rostlinolékař*, (In preparation)
- [43] ZEMEK, R., PRENEROVÁ, E., VOLTER L., WEYDA F., SKUHRAVÝ V. Perspectives for the biological of *Cameraria ohridella*. *Comm. Agric. Appl. Biol.*. 2007, Sci. 72: 521-527.

Elektronické zdroje

- [44] 21. STOLETÍ[online]. 2011 [cit. 2011-04-24]. Naši noví spojenci z říše bylinek. Dostupné z WWW: <www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2009121818>.
- [45] ALLICIN-TREECARE.com[online]. 2011 Boxmeer Report Engels.pdf. [cit. 2011-2-3] Dostupné z WWW:<http://www.allicin-treecare.com/en/pdf/Boxmeer_Report_Engels.pdf>.
- [46] BOTANY.CZ [online]. 2007-2010 [cit. 2011-03-20]. AESCULUS PARVIFLORA Walter jírovec drobnokvětý. Dostupné z WWW: <<http://botany.cz/cs/aesculus-parviflora/>>.
- [47] HGF10.VSB.cz[online]. 2011 les.doc. [cit. 2011-1-1] Dostupné z WWW:< hg10.vsb.cz/546/enviro/material/sylaby/les.doc >.
- [48] HOME.ZF.JCU.cz[online]. 2011 přednáška 11 zs.pdf. [cit. 2010-2-2] Dostupné z WWW:<http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/vyuka/pu/skripta_geologie/web-prednasky/zs/predn-11_zs.pdf>.
- [49] MAIL ONLINE. [online]. 2011 [cit. 2010-04-24]. Hoe half of Britain's conker trees are being wiped out by deadly disease. Dostupné z WWW: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1006101/How-half-Britains-conker-trees-wiped-disease.html>>.
- [50] MECHANIZÁTOR LESNÍ VÝROBY [online]. není uvedeno [cit. 2011-03-20]. Obrázky pro MLV. Dostupné z WWW: <http://michalduda.euweb.cz/pict_for_mlv.htm>.
- [51] PANTŮČEK, J. . TOPVET [online]. 2011 [cit. 2011-02-23]. Kaštan - Jírovec maďal. Dostupné z WWW: <<http://www.topvet.cz/index.php?&desktop=clanky&action=view&id=39>>.
- [52] PROJEKT: Nové alternativní možnosti regulace klíněnky jírovcové podporující biodiverzitu jejich přirozených nepřátel [online].[cit. 2011-02-23]. Projekt Klíněnka. Dostupné z WWW: <<http://www.entu.cas.cz/~rosta/klinenka/projekt.php?page=biologie>>.
- [53] UHUL.CZ[online]. 2003-2011 Měření stromu.pdf. [cit. 2011-2-2] Dostupné z WWW:<http://www.uhul.cz/il/metodika/metodika6/kap_3_6_0.pdf>.
- [54] UMASSGREENINFO.COM[online]. 2011 guignardia leaf blotch.pdf. [cit. 2010-12-12] Dostupné z WWW: <http://www.umassgreeninfo.org/fact_sheets/diseases/guignardia_leaf_blotch.pdf>.
- [55] WEBBER, J. Forest Research [online]. 2011 [cit. 2010-12-24]. Bleeding Canker of Horse Chestnut. Dostupné z WWW: <<http://www.forestresearch.gov.uk/fr/infid-6kybgv>>.

Seznam tabulek

Tabulka 1: Teploty při mikrobiologických procesech tlení (dle Knolla 1968) [13].	20
Tabulka 2: Pístroje pro měření kompostů	21
Tabulka 3: Teplotní průběhy kompostovacích hromad.	22
Tabulka 4: Mikrobiologická kritéria - jakostní znaky kompostu	25
Tabulka 5: Procentické zastoupení půdních druhů v České republice [48].	28
Tabulka 6: Rozdělení pozemků města České Budějovice na správní oblasti [16].	49
Tabulka 7: Stáří jírovců na českobudějovických lokalitách.	61
Tabulka 8: Odhadované množství listů jírovců určené pro kompostování.	62
Tabulka 9: Podrobné poškození asimilační plochy jírovců v Suchém Vrbném.	63
Tabulka 10: Podrobné napadení asimilační plochy jírovců v Nádražní ulici.	64
Tabulka 11: Souhrn celkových průměrných teplot ze založených variant.	66
Tabulka 12: Statistické vyhodnocení klíněnky jírovcové (1. série laboratorních pokusů).	66
Tabulka 13: Analýza rozptylu u klíněnky jírovcové (1. série laboratorních pokusů).	67
Tabulka 14: Statistické vyhodnocení blanokřídleho hmyzu (1. série laboratorních pokusů).	67
Tabulka 15: Analýza rozptylu blanokřídleho hmyzu (1. série laboratorních pokusů).	67
Tabulka 16: Statistické vyhodnocení dvoukřídleho hmyzu (1. série laboratorních pokusů).	67
Tabulka 17: Analýza rozptylu dvoukřídleho hmyzu (1. série laboratorních pokusů).	68
Tabulka 18: Statistické vyhodnocení brouků (1. série laboratorních pokusů).	68
Tabulka 19: Analýza rozptylu brouků (1. série laboratorních pokusů).	68
Tabulka 20 : Průběh vlhkostí v založených variantách.	69
Tabulka 21: Souhrn průměrných teplot z variant.	70
Tabulka 22: Statistické vyhodnocení klíněnky jírovcové (2. série laboratorních pokusů).	71
Tabulka 23: Analýza rozptylu klíněnky jírovcové (2. série laboratorních pokusů).	71
Tabulka 24: Statistické vyhodnocení blanokřídleho hmyzu (2. série laboratorních pokusů).	72
Tabulka 25: Analýza rozptylu blanokřídleho hmyzu (2. série laboratorních pokusů).	72
Tabulka 26: Statistické vyhodnocení dvoukřídleho hmyzu (2. série laboratorních pokusů).	72
Tabulka 27: Analýza rozptylu dvoukřídleho hmyzu (2. série laboratorních pokusů).	72
Tabulka 28: Statistické vyhodnocení brouků (2. série laboratorních pokusů).	73
Tabulka 29: Analýza rozptylu brouků (2. série laboratorních pokusů).	73

Seznam grafů

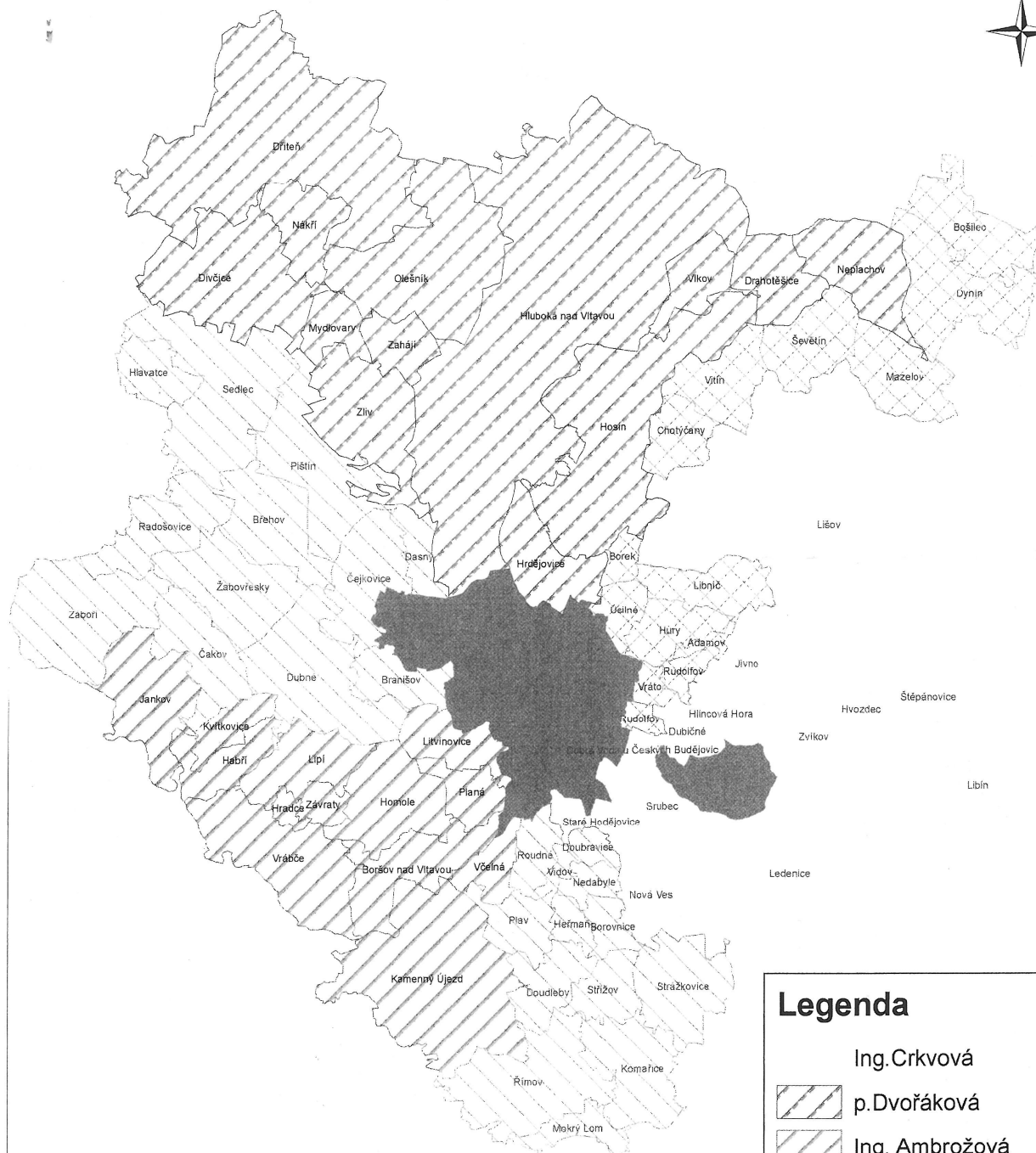
Graf 1: Relativní obohacení draslíkem při kompostování trusu slepic [13].	12
Graf 2: Optimální průběh teplot při kompostování [10].	20
Graf 3: Početní zastoupení jírovce maďalu a jírovce plet'ového v Českých Budějovicích.	61
Graf 4: Stupeň poškození listové plochy jírovce maďalu v Českých Budějovicích.	62
Graf 5: Průběh teplot ve variantě A.	64
Graf 6: Průběh teplot variantě B.	64
Graf 7: Průběh teplot ve variantě C.	65
Graf 8: Průběh teplot ve variantě D.	65
Graf 9: Průběh teplot ve variantě E.	65
Graf 10: Průběh teplot ve variantě F.	65
Graf 11: Průběh teplot v okolním prostředí fotoeklektorů.	65
Graf 12: Průběh teplot ve variantě A.	69
Graf 13: Průběh teplot ve variantě B.	69
Graf 14: Průběh teplot ve variantě C.	69
Graf 15: Průběh teplot ve variantě D.	69
Graf 16: Průběh teplot ve variantě E.	70
Graf 17: Průběh teplot ve variantě F.	70
Graf 18: Průběh teplot v okolí fotoeklektorů (2. laboratorní pokus).	70
Graf 19: Dynamika líhnutí klíněnky jírovcové a jejích paraitoidů.	71

Seznam obrázků


Obrázek 1: Jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>) [50].	33
Obrázek 2: Jírovec drobnokvětý (<i>Aesculus parviflora</i>) [46].	34
Obrázek 3: Květ Jírovce pleťového (<i>Aesculus carnea</i>) [8].	35
Obrázek 4: Dynamika šíření klíněnky jírovcové po Evropě [32].	39
Obrázek 5: Projevy klejotoku (bleeding Canker) na jírovcích [49].	42
Obrázek 6: Projevy Klejotoku ve Velké Británii [55].	43
Obrázek 7: Schéma těla okřídlených štíhloпасých [40].	44
Obrázek 8: Schéma těla dlouokřídých [9].	46
Obrázek 9: Postup měření výčetní tloušťky	50
Obrázek 10: Porovnávací klíč k určení napadení listové plochy [3].	52
Obrázek 11: Fotoateliér.	52
Obrázek 12: Vzorová fotografie.	52
Obrázek 13: Přístroje pro výběr hmyzu z napadaného detritu	55
Obrázek 14: Popis zakládání variant v maloobjemových pokusech.	56
Obrázek 15: Vzorové popisky používané při zpracování a ukládání vzorků.	57
Obrázek 16: Vzorové označení fotoeklektoru.	57
Obrázek 17: Označení sběrné.	57
Obrázek 18: Rozmístění fotoeklektorů ve skleníku.	58
Obrázek 19: Fotoeklektory ve skleníku.	59
Obrázek 20: Fotoeklektory venkovní uskladnění.	59
Obrázek 21: měřený vzorek 26 01.	59
Obrázek 22: Detail vorku 26 01.	59

Odbor územního plánování a architektury

Rozdělení obcí ve správním území ORP České Budějovice
pro poskytování územních informací,
potvrzování výtětí ze ZPF



Legenda

- Ing. Crkvová
-  p. Dvořáková
-  Ing. Ambrožová
-  Ing. arch. Maříková
-  Ing. Třísková
-  Ing. Smišková