Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie

Vývoj bekyně mnišky (*Lymantria monacha*) na suchem stresovaných sazenicích smrku ztepilého (*Picea abies*)

Bakalářská práce

Autor: Barbora Dvořáková

Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Barbora Dvořáková

Lesnictví

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

Vývoj bekyně mnišky (Lymantria monacha) na suchem stresovaných sazenicích smrku ztepilého (Picea abies)

Název anglicky

The development of nun moth (Lymantria monacha) on spruce (Picea abies) plants stressed by drought

---

Cíle práce

Pomocí manipulativního experimentu zjistit zda přežívání larev bude ovlivněno zvýšeným půdním suchem působícím na rostliny.

Metodika

Sazenice smrku budou pěstovány individuálně v plastových kontejnerech, ve venkovních podmínkách. Výhodou bude umístění sazenic pod stříšku (např. malý zahradní altánek), aby nedocházelo k přímému skrápění sazenic deštěm. Pomocí kontrolované zálivky budou udržovány tři režimy půdní vlhkosti: mírné sucho, intenzivní sucho, kontrola (pravidelná zálivka bez vodního stresu). Každý z těchto tří režimů půdní vlhkosti bude reprezentován deseti sazenicemi smrku. Na každou sazenici bude umístěna jedna housenka bekyně mnišky. Housenky budou na větvích umístěny do vaku z jemné síťoviny, aby bylo zamezeno úniku housenek z pokusných rostlin. V cca dvoudenních intervalech budou housenky kontrolovány a bude zaznamenána mortalita. Výsledky budou srovnány statistickými testy v programu Statistica 12.0.

Doporučený rozsah práce

30 stran včetně příloh

Klíčová slova

nun moth, development, spruce, drought

Doporučené zdroje informací

He, M., & Dijkstra, F. A. (2014). Drought effect on plant nitrogen and phosphorus: a meta-analysis. New Phytologist, 204(4), 924-931.

Karolewski, P., Grzebyta, J., Oleksyn, J., & Giertych, M. J. (2007). Effects of temperature on larval survival rate and duration of development of Lymantria monacha (L.) on needles of Pinus silvestris (L.) and of L. dispar (L.) on leaves of Quercus robur (L.). Polish Journal of Ecology, 55(3), 595.

Koricheva, J., Larsson, S., & Haukioja, E. (1998). Insect performance on experimentally stressed woody plants: a meta-analysis. Annual review of entomology, 43(1), 195-216.

Litvak, M. E., & Monson, R. K. (1998). Patterns of induced and constitutive monoterpene production in conifer needles in relation to insect herbivory. Oecologia, 114(4), 531-540.

Turtola, S., Manninen, A. M., Rikala, R., & Kainulainen, P. (2003). Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in Scots pine and Norway spruce seedlings. Journal of chemical ecology, 29(9), 1981-1995.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 10. 12. 2019

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vývoj bekyně mnišky (*Lymantria monacha*) na suchem stresovaných sazenicích smrku ztepilého (*Picea abies*) vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Jaroslava Holuši, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce prof. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D. za jeho pomoc, cenné rady, doporučení a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Děkuji Mgr. Davidovi Musiolkovi, Ph.D. za veškerou pomoc, dodání materiálu a konzultace. Dále mé poděkování patří celé mé rodině za podporu, trpělivost a poskytnutí zázemí pro založení experimentu.

Abstrakt

Bekyně mniška patří mezi nebezpečné lesní škůdce. Její holožír může způsobit rozsáhlé škody na lesních porostech, zejména pokud jsou lesy oslabeny klimatickými změnami, nejčastěji suchem. Jaké důsledky má kombinace stresu a následná obrana rostlin na herbivory, je velice málo prozkoumáno. Cílem této práce bylo pomocí experimentu zjistit, jak stres vyvolaný v sazenicích suchem, ovlivní vývoj housenek b. mnišky. K experimentu bylo použito třicet sazenic smrku ztepilého, které byly rozděleny do tří skupin a po dobu tří měsíců udržovány pod různými vlhkostními režimy: trvale vysoce zavlhčený substrát, středně vlhký substrát a režim střídání vysokého zamokření a extrémního sucha. Délka přežívání housenek se výrazně mezi skupinami nelišila. Na sazenicích udržovaných v režimu trvale vysoké vlhkosti substrátu byl náznak delšího přežívání, nicméně tyto výsledky nejsou v důsledku vysoké mortality housenek statisticky průkazné.

Klíčová slova: bekyně mniška, vývoj, smrk, sucho

Nun moth is considered to be one of the most dangerous forest pests. Defoliation caused by nun moth can lead to extensive losses of forest covers if the forests are affected by climate change, especially by drought. Very little has been done so far to examine the consequences of this impact in combination with biochemical plant protection. The main objective was to experimentally determine how the induced water level in spruce young plants affects the the development of the nun moth caterpillars. There were thirty spruce plants used for this experiment. For this purpose they were divided into three groups and kept under specific water rates for three months: permanently high water level of substrate, medium water level, and changing high water level and extreme dryness level rate. The experiment showed almost no difference in the length of caterpillars´ survival in particular groups and indicated a slightly longer caterpillars´ survival on permanently high water level rate. Nevertheless, these findings cannot be taken statistically conclusive owing to the high mortality of caterpillars.

Key words: nun moth, development, spruce, drought

Obsah

1 **Úvod** 10
2 **Cíl práce** 11
3 **Literární přehled** 11
3.1 Biologie bekyně mnišky 11
3.1.1 Taxonomie 11
3.1.2 Areál rozšíření 11
3.1.3 Popis vývojových stadií 12
3.1.4 Hostitelské dřeviny 12
3.1.5 Biologie 13
3.1.6 Symptomy a poškození 13
3.1.7 Šíření 14
3.2 Kontrola 14
3.2.1 Trusinková metoda 15
3.2.2 Trusníková metoda 15
3.2.3 Wellensteinova metoda 16
3.2.4 Lepování 16
3.2.5 Kontrola prováděna pomocí feromonových pastí v době rojení 16
3.2.6 Pochůzková metoda 16
3.3 Ekonomické náklady na kontrolu stavu bekyně mnišky 17
3.4 Obrana 20
3.5 Hostitelské rostliny a herbivorní hmyz 20
3.5.1 Časoprostorová adaptace 20
3.5.2 Morfologická adaptace 21
3.5.3 Chemická obrana 21
3.6 Vliv sucha na interakci hostitelská rostlina – herbivor 23
4 **Metodika** 26
4.1 Design experimentu 26
4.2 Sběr housenek 27
4.3 Chov housenek bekyně mnišky a vyhodnocení 29
5 **Výsledky** 31
6 **Diskuse** 38
7 **Závěr** 40
8 **Seznam použité literatury** 41

Seznam obrázků

Obrázek 1: Výroba přístřešku a hotový přístřešek s instalovanými experimentálními smrky ….27
Obrázek 2: Aplikace sprejového lepidla Vermifix® 28
Obrázek 3: Experimentální smrky s chovnými punčoškami a housenkami bekyně mnišky, celý kus zakrytý chovnou sítí a iniciální krmení larev určených pro chovy na modřínu..... 29
Obrázek 4: Počty housenek jednotlivých instarů nalezených pod lepovými pásy (lokalita 1) ... 31
Obrázek 5: Počty housenek jednotlivých instarů nalezených pod lepovými pásy (lokalita 2) ... 32
Obrázek 6: Doba přežití u experimentálních housenek 32
Obrázek 7: Délka života housenek podle instarů bez rozlišení vlhkostního režimu..... 33
Obrázek 8: Délka života housenek v závislosti různého vlhkostního režimu substrátů…… 34
Obrázek 9: Délka života housenek sledovaných od 1. instaru v závislosti na vlhkostním režimu 35
Obrázek 10: Délka života housenek sledovaných od 2. instaru v závislosti na vlhkostním režimu 35
Obrázek 11: Délka života housenek sledovaných od 3. instaru v závislosti na vlhkostním režimu 36
Obrázek 12: Délka života housenek sledovaných od 4. instaru v závislosti na vlhkostním režimu 36

Seznam tabulek

Tabulka 1: Náklady na materiál na realizaci feromonových pastí..... 17
Tabulka 2: Náklady na kontrolu feromonových pastí 18
Tabulka 3: Náklady za materiál na výrobu lepových pásů 18
Tabulka 4: Náklady na kontrolu lepových pásů..... 19
Tabulka 5: Vícenásobné porovnání p hodnot délky dožití jednotlivých instarů (Kruskal-Wallisův test) 33
Tabulka 6: Vícenásobné porovnání p hodnot Kruskal-Wallisovým testem 34

1 Úvod

Bekyně mniška je škůdce, který dokáže být velice nebezpečný pro lesy a jehož housenky mohou způsobit rozsáhlé holožíry. Housenky b. mnišky napadají převážně jehličnaté dřeviny, méně často listnaté. B. mniška nepředstavuje v posledních letech hrozbu, jako tomu bylo v minulosti, ale je důležité její početnost nadále sledovat.

Klimatické podmínky jsou důležitým faktorem výskytu škodlivých činitelů. Les, oslabený v důsledku sucha, je méně schopný odolávat napadení škůdci. Klima ovlivňuje počet úspěšně uzavřených cyklů vývoje škůdců za sezónu a ovlivňuje rozsah a rozložení jejich výskytu.

Rostliny jsou organismy, které jsou během svého života vystaveny mnoha nežádoucím faktorům. Díky tomu, že se nemohou přemisťovat, jsou nuceny se adaptovat na podmínky, které jejich okolí přináší. Pokud změna podmínek nastane během krátkého období, rostliny stresované těmito změnami musí rychle reagovat různými druhy adaptací, fyziologickými nebo chemickými. Proměnlivost prostředí se děje kvůli neustálému zhoršování podmínek v důsledku klimatické změny. Klimatické podmínky se mění díky globálnímu oteplování způsobeného antropogenní činností. Globální oteplování se projevuje srážkovým deficitem a vlnami veder. Za dva nejdůležitější faktory jsou považovány teplo a voda. Průměrná teplota vzduchu je cca o 2 °C vyšší, než tomu bylo před třiceti lety.

Adaptace rostlin na nehostinné podmínky se projevuje na jejich celkové kvalitě. Tyto změny mohou mít podobu jiného chemického složení, genetických změn, fyziologických a strukturálních změn. Stresovaná rostlina začne produkovat jako obranu sekundární metabolity, které mohou ovlivnit larvy b. mnišky. Tyto změny mohou mít za důsledek zhoršení nutriční hodnoty jehlic a mohou také mít vliv na celkový výskyt a vývoj larev bekyně mnišky, které se jehlicemi živí.

Mnoho studií se zabývá tím, jak sucho ovlivňuje schopnost stromů bránit se vůči herbivorům v lesích a jak rozsáhlé a závažné poškození lesů může herbivor způsobit. Naopak výzkumů, které by se zabývaly tím, jak stres vyvolaný suchem v rostlině mění nutriční složení jehlic a tím přežívání a rychlost růstu larev, je velice málo.

2 Cíl práce

Pomocí manipulativního experimentu zjistit, zda přežívání larev bude ovlivněno zvýšeným půdním suchem působícím na rostliny.

3 Literární přehled

3.1 Biologie bekyně mnišky

Lymantria monacha (Linnaeus, 1758)

Další vědecké názvy: *Psilura monacha* Linnaeus; *Liparis monacha* Linnaeus; *Ocneria monacha* Linnaeus; *Phalaena monacha* Linnaeus; *Porthetria monacha* Linnaeus; *Bombyx monacha* Linnaeus, 1758; *Noctua heteroclita* Müller, 1764; *Bombyx eremita* Hübner, 1808; *Bombyx nigra* Freyer, 1833; *Liparis monacha var. oethiops* De Selys-Longchamps, 1857; *Psilura transiens* Thierry Mieg, 1886; *Lymantria transiens* Lambillion, 1909; *Lymantria monacha* flaviventer Kruilikovsky; *Lymantria monacha gracilis* Kruilikovsky; *Lymantria fasciata* Hannemann, 1916; *Lymantria kusnezovi* Kulossow, 1928; *Lymantria brunnea* Stipan, 1933; *Lymantria monacha chosenibia* Bryk; *Lymantria monacha matuta* Bryk; *Lymantria monacha* idae Bryk; *Lymantria monacha lateralis* Bryk; *Lymantria monacha eremita*; *Lymantria monacha nigra*

3.1.1 Taxonomie

L. monacha je škodlivý druh motýla patřící do řádu motýlů (Lepidoptera), čeledi Erebidae, podčeledi bekyňovití (Lymantriinae), jehož housenky způsobují v některých letech kalamitní holožíry. Je považován za vážného škůdce listnatých a jehličnatých lesů v Evropě a Asii, nejčastěji v nadmořské výšce 400 až 700 m. V České republice se vyskytuje nejčastěji ve vnitrozemských pohořích. Defoliace larvou b. mnišky může způsobit odumření hostitelských stromů, obzvláště jehličnanů a způsobit rozsáhlé ztráty i přes zásahy za použití biologických a chemických insekticidů. V některých částech Evropy se výskyt ohnisek zvýšil pravděpodobně v důsledku založení rozsáhlých borovicových plantáží na méně kvalitních stanovištích. Během 20. století došlo k mnoha silným přemnožením na více místech Evropy (Vanhanen et al., 2007).

3.1.2 Areál rozšíření

Bekyně mniška se vyskytuje v Asii a ve velké části Evropy. Lze ji najít i v Japonsku. Pásmo, ve kterém se mniška vyskytuje, leží zhruba mezi 40. a 60. rovnoběžkou severní polokoule Země (Švestka a kol., 1996).

Typickými gradačními oblastmi v naší republice jsou okraje Plzeňské kotliny, Křivoklátsko, Rakovnicko, Brdy, Posázaví, Českomoravská vrchovina, Písecko, Jindřichohradecko a Jemnicko (Švestka et al. 1996). Jednou z klíčových oblastí v České republice, kde mniška začíná zpravidla gradovat, jsou centrální Brdy. Na národní úrovni jsou proto Brdy považovány za jedno z primárních žírovišť bekyně mnišky (Uhlíková et al. 2011).

3.1.3 Popis vývojových stadií

Dospělci b. mnišky jsou středně velcí a chlupatí motýli s masivním tělem. Přední křídla jsou bílá s velkým počtem příčných černých pruhů a skvrn. Zadní křídla jsou šedého zbarvení s tmavými skvrnami podél vnější strany křídel (Humphreys a Allen, 2002). Občas se vyskytují černé a šedohnědě zbarvené formy motýlů. Zbarvení může být velmi odlišné a závisí především na místě výskytu. V severních Čechách a dalších oblastech znečištěných intenzivním průmyslem značně převládali tmaví jedinci (Novák a Severa, 2005). Samice mají červenohnědý zadeček s černými pruhy, pilovitá tykadla a velmi dlouhé nepravé kladélko. Rozpětí křídel bývá mezi 45 až 55 mm (Humphreys a Allen, 2002; Kimoto a DuthieHolt, 2006), u sedící samičky křídla tvoří rovnoramenný trojúhelník. Zadeček samičky je zašpičatělý, zatímco samci mají rovně uťatý šedočerný zadeček, hřebenitá tykadla, na kterých jsou umístěny čichové orgány. Rozpětí předních křídel je mezi 35 až 44 mm a v klidném stavu tvoří rovnostranný trojúhelník (Wallner, 2000; Kimoto a Duthie-Holt, 2006).

Kukly jsou mumiovité, sytě zelené, později tmavnou do oranžovohnědé barvy se světlými chloupky. Jsou přibližně 18 až 25 mm dlouhé (Humphreys and Allen, 2002).

Čerstvě vylíhnuté larvy jsou válcovité, přibližně čtyři mm dlouhé a mají nahnědlou barvu. Během 24 hodin zčernají (Wallner, 2000). Plně vzrostlá larva samce je 30 až 35 mm dlouhá, housenky samic dorůstají do délky 50 mm. Zbarvení je světle až tmavě šedé, s oranžovou až světle hnědou hlavou s černými skvrnami (Wallner, 2000; Kimoto a Duthie-Holt, 2006). Tělo se skládá ze 13 článků. První tři články tvoří hruď, mají hřbetní pár malých, namodralých žlázových výčnělků, zbylé články tvoří zadeček. Šestý a sedmý článek mají nápadné zádové, oranžové žlázové bradavky. Od druhého po jedenáctý článek se táhne tmavý hřbetní pruh (Kimoto a Duthie-Holt, 2006). Na každém článku hrudi je přítomen jeden pár nohou. Housenky jsou chlupaté, mají četné krátké chloupky v černé a bílé barvě; chloupky na prvním a posledním článku jsou delší. Chlupy vyrůstají z šesti řad bradavek na jejím těle a slouží k anemochorii housenek prvního instaru. Vývoj housenek trvá cca dva měsíce. Tělo samice je větší než samčí (Macek et al. 2007).

Vajíčka jsou oblá, ve středu mírně zploštělá, o průměru jednoho mm, zpočátku oranžovohnědá nebo fialová. Později mění barvu na šedou (Kimoto a Duthie-Holt, 2006). Vajíčka jsou ve velkém počtu kladena do prasklin kůry hostitelských stromů a pod šupiny borky. Vajíčka není možné pozorovat, pokud se šupiny kůry neodloupnou (Wallner, 2000).

3.1.4 Hostitelské dřeviny

Bekyni mnišku můžeme najít převážně v monokulturních stejnověkých smrkových a borových porostech, kde se může přemnožit až do kritického stavu. Její nejčastější výskyt je od 300 do 700 metrů nad mořem (Komárek, 1931).

B. mniška preferuje dřeviny rodu *Abies, Pinus, Picea*, *Larix* a *Tsuga*, ale housenky během přemnožení konzumují řadu listnatých stromů rodů *Acer, Betula, Carpinus, Fagus, Fraxinus, Malus, Prunus, Quercus* a *Ulmus* i další ovocné stromy (Komárek 1931,

Schwenke 1978). Preference hostitelských stromů závisí rovněž na dostupnosti dřevin na konkrétní lokalitě (Nakládal a Uhlíková 2011).

3.1.5 Biologie

Bekyně mniška má jednu generaci v roce. Samci i samice jsou dobří letci a jsou aktivní tři až pět týdnů v období od července do září, kdy se páří a kladou vajíčka (Wallner, 2000). Samice kladou velký počet vajíček, v jedné snůšce bývá 70 až 300 kusů. Vajíčka jsou kladena nejčastěji do prasklin kůry ve spodní části kmene, nicméně mohou být nakladena i na jakémkoliv tvrdém povrchu, dokonce i na vozidlech. Embryogeneze probíhá brzy po nakladení. Plně vyvinuté housenky přezimují ve vaječných obalech. Nejčastěji se housenky líhnou na přelomu dubna a května. Datum líhnutí závisí na počasí a konkrétním stanovišti. Nově vylíhnutá larva je cca tři mm dlouhá, po vylíhnutí chvíli zůstává v místě vylíhnutí (tzv. zrcátcích) a později šplhá za potravou do korun stromů. Živí se mladými jehlicemi, často na vrcholcích stromů, zatímco starší jedinci se živí starším jehličím. Žír probíhá nejčastěji v noci. Jedna larva zkonzumuje denně přibližně 30 jehlic, celkově až 1 000 kusů jehlic. Samčí housenky procházejí pěti až sedmi instary, samičí housenky šesti až sedmi instary podle typu a kvality hostitele, počasí a jiných faktorů (Wallner, 2000).

Za dobu trvání instaru vyprodukuje mladá housenka 15 až 25 kusů trusinek, ke konci jejího vývoje 30 až 45 kusů. První instar vždy trvá nejdéle (do 20 dnů), další instary pak kolem jednoho týdne, poslední cca dva týdny. Sameček postupně dorůstá do velikosti 35 mm, samice až do 50 mm (Wallner, 2000).

Po devíti týdnech od vylíhnutí housenky probíhá na začátku července kuklení, nejčastěji na kmenech stromů, ale pokud jsou populační hustoty vysoké, může probíhat i v korunách stromů nebo v hrabance (Felix, 2000). Dospělci se líhnou po dvou až třech týdnech, v polovině léta. Dospělci nepřijímají potravu, během dne nehybně vyčkávají na kmenech stromů. Zatímco samci jsou vysoce aktivní a v noci vyhledávají partnerky, samičky jsou méně aktivní. Oplodněné samičky v noci kladou vajíčka do kůry stromů. Samice žijí přibližně deset dnů, zatímco samci žijí až 24 dnů od vylíhnutí (Wallner, 2000).

3.1.6 Symptomy a poškození

B. mniška se živí listy či jehlicemi, což může způsobit silnou defoliaci hostitelských stromů vedoucí až k odumření dřeviny. Má tendenci napadat monokulturní porosty, které rostou na chudých stanovištích. Ve smíšených smrkovo-bukových porostech početnost b. mnišky klesá se zvyšujícím se zastoupením buku (Heiermann a Schutz 2008).

B. mniška může zdecimovat rozsáhlé oblasti lesa a zvýšit riziko napadení jiným hmyzem, jako jsou např. kůrovci. Napadení trvají přibližně pět let v borových lesích, ve smrkových porostech přibližně sedm let (Humphreys a Allen, 2002).

Na jehličnatých hostitelských stromech se mladé larvy živí mladými prýty, kdežto starší larvy jsou schopné se živit i starším jehličím, i když stále preferují mladé jehlice.

Bekyně často plýtvají potravou, jedná se o tzv. plýtvavý žír. Zpravidla se housenky bekyně krmí pouze měkčím jehličím na bázi jehlice a zbytek jehličí pak opadává na zem. Napadené stromy jsou nápadné řídkými korunami, které jsou červenohnědě zbarveny. Během napadení může být zlikvidováno žírem více než 50 % jehličí a v následujících letech mohou silné defoliace způsobit mortalitu stromů. Na napadených listnatých stromech larvy žírem způsobí zpočátku díry v listech, ale s postupujícím žírem je zkonzumován celý list, až na řapík (Kimoto a Duthie-Holt, 2006).

3.1.7 Šíření

Dospělci jsou zdatní letci a mohou se pohybovat (a tím i rozšiřovat) na velké vzdálenosti. U samců je známý dolet až tři kilometry. Mladé larvy se mohou rozšířit přímo z vrcholků stromů. Housenky se při slabém větru zapředou vlákny a nechají se unášet díky brvám na jejich těle. Vajíčka mohou být šířena na kládách při lodní a automobilové přepravě. Vzhledem k tomu, že jsou vajíčka obvykle kladena v prasklinách kůry ve velkém množství, transport na velké vzdálenosti může být usnadněn pohybem nezpracovaných kmenů, beden, palet, či na pilařském odpadu obsahujícím velké kusy kůry (Humphreys & Allen 2002; Kimoto & Duthie-Holt 2006; Wallner 2000).

3.2 Kontrola

Pokud dojde k výskytu více faktorů příznivých pro přemnožení bekyně mnišky najednou, rychle se množí. Působí vážné škody v lesnictví i zemědělství. Aby nedošlo k rozsáhlým holožírům, je nezbytné pravidelné sledování populačních stavů. Škůdce je schopný zcela zlikvidovat rozsáhlé lesní porosty, proto je zařazen mezi kalamitní škůdce (Šrůtka, 1993).

V současné době je bekyně mniška v ČR v období latence. Kontrola se provádí na ploše o rozloze 60 000 hektarů. Pouze na Vysočině, Středočeském, Olomouckém a Ústeckém kraji byl zaznamenán drobný výskyt na rozloze celkem 800 hektarů. V roce 2016 byl její výskyt zaznamenán na rozloze 550 hektarů. Šetření LOS prokázalo, že ani na historicky známých výskytových oblastech, jako jsou lesy v Brdech, v Podkrkonoší a lesích Drahanské vrchoviny, nebyla zjištěna zvýšená míra nalezených trusinek. Míra výskytu byla oproti roku 2017 mírně vyšší, ale na 50 % zkoumaného území nebyla nalezena žádná trusinka. V okolních státech je výskyt b. mnišky taktéž pod úrovní hospodářské škodlivosti. V historii bylo několikrát doloženo, že opakované sucho bylo stimulačním faktorem přemnožení bekyně velkohlavé, *Lymantria dispar* (Linnaeus 1758), tedy potenciálně i b. mnišky (Knížek, Liška 2019).

Úkolem ochrany lesa je soubor opatření k vytvoření podmínek a předpokladů k omezení výskytu škodlivých činitelů, zmírnění následků jejich působení, ochranu a obranu proti nim.

Zabezpečení a ochrana lesa je popsána v § 2 vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb**.,** kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní stráže.

Podle počtu jedinců se rozlišuje:

Základní stav – takový početní stav škůdce, který působí neznatelné žíry, které ani na jednotlivých stromech nepřekročí defoliaci 5 %.

Zvýšený stav – takový početní stav škůdce, kdy je patrné poškození lesních porostů, avšak ani na nejvíce poškozených stromech nepřekračuje defoliace 30 %.

Kalamitní stav – takový početní stav škůdce, který způsobuje silné poškození lesních porostů, a na jednotlivých stromech vznikají žíry, při nichž defoliace překročila 30 %.

V základním stavu se zjišťuje výskyt bekyně mnišky dvojím způsobem, a to buď sledováním opadu trusu housenek na povrchu hrabanky pod korunami stromů (na každých 20 hektarů ohrožených lesních porostů se zkontroluje hrabanka pod jedním stromem – tzv. trusinková metoda), nebo sledováním výskytu motýlů při namátkovém procházení kontrolovaného lesního porostu (tzv. pochůzková metoda).

Při zvýšeném nebo kalamitním stavu se tyto metody zjišťování doplňují přesným sledováním líhnoucích se housenek pod lepovými pásky na vybraných skupinách označených stromů (tzv. lepování), dále pak přesnou kontrolou množství opadaného trusu na položených rámech (tzv. trusníková metoda) a kontrolou počtu sedících samiček na bázích kmenů označených stromů (tzv. Wellensteinova metoda).

Ochrana spočívá v letecké aplikaci insekticidů, kterými se hubí nejmladší vývojová stadia larev (housenek) bekyně mnišky (Vyhláška č. 101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní stráže).

3.2.1 Trusinková metoda

Metoda, která se používá pouze v situacích označených jako základní stav. Na povrchu hrabanky se kontrolují spadané trusinky pod korunami stromů. Na každých 20 hektarů se kontroluje hrabanka pod jedním stromem. (Komárek, 1931).

3.2.2 Trusníková metoda

Tato metoda se používá při zvýšeném nebo kalamitním stavu. Prakticky probíhá tak, že se položí papír či plátno o rozměru jednoho m^2 a kontroluje se přesné množství opadlého trusu. Trus se sbírá každý den, změří se jeho objem v kalibrované nádobě na cm^3, spočítá se množství trusu na jeden cm^3 a na základě šetření se stanoví celkové množství trusu (Švestka, 1994).

3.2.3 Wellensteinova metoda

Tato metoda je používána při zvýšeném nebo kalamitním stavu. Kontrola se provádí na dvou až tří skupinách stromů, po třech až pěti stromech na každých 20 hektarů porostu. Tyto stromy se kontrolují do tří metrů jejich výšky, sbírají se samice a jejich počet je zaznamenáván. Kontrola se provádí každý třetí den. Pokud je sběrem získána jedna samice na pět stromů, jedná se o základní stav. Za zvýšený stav se považuje počet jedné až pěti samic na jeden strom. Za kritický stav se pak považuje, je-li nalezeno pět a více samic na jednom stromě (Komárek, 1931).

3.2.4 Lepování

Při této kontrole se 20. dubna vytvoří lepové pásy (tři centimetry široké) kolem kmene ve výčetní výšce 1,3 metru a o měsíc později se kontroluje počet housenek. Ojedinělá housenka na počtu tří až pěti stromů je určujícím množstvím pro základní stav, více housenek značí zvýšený stav, a pokud je počet 50 housenek na jeden strom, jedná se o kalamitní stav (Komárek, 1931).

3.2.5 Kontrola prováděná pomocí feromonových pastí v době rojení

Jedná se o nejrozšířenější metodu. Princip této kontroly spočívá v umístění umělého pachu samičky na desku, která je potřena lepem a láká samečky. Pasti se kontrolují v týdenních intervalech. Lepové desky se do lesů umisťují do začátku července. Podle této metody bohužel nelze jednoznačně určit populaci na daném stanovišti, jelikož se samečci slétávají z velkých vzdáleností.

Někteří autoři zkoumali i možnost umístění feromonového odparníku do jedné pasti. Více druhů feromonů pro více druhů lesních škůdců umístěných v jednom lapači, např. *Dendrolimus pini* (Linnaeus 1758), *L. monacha* a *Neodoprion sertifer* (Geoffroy 1785), výrazně snižuje účinek pasti. Pokud jsou tedy do lapače umístěny feromony více druhů škůdců, které mají stejné nebo podobné období letu, jsou účinky feromonů navzájem vyrušovány a do lapače se chytí méně jedinců. Dále mohou být výsledky ovlivněny konstrukcí pastí, vhodným umístěním do porostu, relativní délkou trvání a sílou pachu (Johansson et al., 2002).

3.2.6 Pochůzková metoda

Při pochůzkové metodě se v době rojení fyzicky prochází porostem a vyhledávají se motýli sedící na stromech (Švestka a kol., 1996).

3.3 Ekonomické náklady na kontrolu stavu bekyně mnišky

Kontrola b. mnišky je v jednotlivých oblastech velice důležitá, neboť před 100 lety došlo k velké mniškové kalamitě. Byť b. mniška v současné době nepředstavuje vysoké nebezpečí, její stav se průběžně sleduje. Kontrola pomocí lepové desky a feromonových lapačů patří mezi méně nákladné metody kontrol.

Pro zobrazení nákladnosti obou druhů metod kontrol prováděných společností Colloredo-Mannsfeld spol. s r.o., v jejichž vlastnictví se lokality nachází, jsem vytvořila ekonomické zhodnocení kontroly (Tabulka 1 až 4).

Tabulka 1: Materiálové náklady na realizaci feromonových pastí

Předmět	**Cena za 1 ks (Kč)**	**Počet (ks)**	**Celkem (Kč)**
Plechová deska 50 × 50 cm	350	2	700
Kovový drátek 5 m	29	1	29
Feromonový odparník	33,5	2	67
Lepidlo Vermifix®	133	1	133
Dřevěná lať	34	4	136
Hřebík	3	20	60
Náklady celkem			**1 125**

Na výrobu jedné pasti je potřeba jednoho kusu plechové desky, dále potřebujeme drátek na zavěšení desky, feromonový odparník pro nalákání samce, lepidlo Vermifix® na potření desky, dřevěnou lať na konstrukci a hřebíky. Seznam položek s uvedením cen a počtu kusů je uveden v tabulce 1.

Polesí Svatá Anna leží pět kilometrů od vybraných lokalit. Doba přepravy osobním vozidlem na lokality trvá v průměru deset minut.

Pro výpočet nákladů na dopravu byla uvažována spotřeba pohonných hmot u průměrného terénního benzinového osobního vozidla 3 Kč/km.

Tato paušální částka na jeden kilometr byla vypočtena dle § 158 odst. 3 zákona č. 262/2006 Sb., zákoníku práce a související vyhlášky č. 358/2019 Sb., vyhlášky Ministerstva práce a sociálních věcí ze dne 18. prosince 2019 o změně sazby základní náhrady za používání silničních motorových vozidel a stravného a o stanovení průměrné ceny pohonných hmot pro účely poskytování cestovních náhrad.

Cena pohonné hmoty 95 oktanů je pro rok 2020 stanovena vyhláškou v částce 32 Kč/litr, což při spotřebě vozidla v těžkém terénu odpovídajícímu 9,5 litru na 100 km znamená průměrný náklad za pohonné hmoty 3 Kč/km.

Průměrnou pořizovací cenu osobního automobilu jsem zjišťováním stanovila na úrovni 500 000 Kč a jeho životnost uvažuji 300 000 km. Opotřebení vozidla (účetní odpisy výkonové) odpovídá 1,66 Kč/km, jak níže dokládám výpočtem.

Záměrně neuvažuji sazby za opotřebení vozidla stanovené pro zaměstnance tak, aby byla zajištěna objektivita nákladů.

Účetní odpisy výkonové: 500 000 Kč : 300 000 km = 1,66 Kč/km. Účetní odpisy jsou stanoveny dle zákona č. 563/1991 Sb., o účetnictví a vyhlášky č. 500/2002 Sb., pro podnikatele.

Jedna zpáteční cesta na lokality je dlouhá deset kilometrů. Opotřebení vozidla za jednu cestu odpovídá částce 16,6 Kč.

10 km × 1,66 Kč = 16,6 Kč

Kontrola feromonových pastí se provádí 1× týdně od 1. 7. do 15. 9., tzn. deset kontrol za sezónu.

Počet cest za sezónu je celkem 11 (deset kontrol + jedna instalace). Celkové opotřebení vozidla je 182,6 Kč (Tabulka 2).

Kontrolou jedné feromonové pasti stráví zaměstnanec pět minut. Na každé lokalitě se nachází jedna feromonová past. Celkem stráví zaměstnanec za jednu kontrolní cestu deset minut, což odpovídá 100 minutám za sezónu pro obě pasti.

Na instalaci pastí je potřeba v průměru dvě hodiny času. Mimo času na samotné instalace je nutno připočítat čas na dopravu, který odpovídá 3,66 hodiny (jedna cesta trvá 20 minut).

Čas strávený zaměstnancem celkem (v hodinách): 1,66 + 2 + 3,66 = 7,32

Hodinová mzda vlastního zaměstnance byla stanovena metodou zjišťování na úrovni 90 Kč.

Tabulka 2: Náklady na kontrolu feromonových pastí

Předmět	**Cena (Kč)**
Opotřebení vozidla	183
Pohonné hmoty (benzín)	330
Náklady na práci zaměstnance	659
Náklady celkem	**1 171**

Náklady na instalaci a kontrolu feromonových pastí (v Kč): 1 125 + 1 171 = 2 296

Tabulka 3: Materiálové náklady na výrobu lepových pásů

Předmět	**Cena za 1 ks (Kč)**	**Počet (ks)**	**Celkem (Kč)**
Lepidlo Vermifix®	133	3	399
Škrabka na kůru	90	1	90
Náklady celkem			**489**

Kontrola lepových pásů se provádí od 20. dubna do konce května. Počet kontrol za sezónu je celkem 20. Pro výpočet nákladů na kontroly lepových pásů se uvažuje, že aktivitu provádí stejný zaměstnanec se stejným vozidlem.

Opotřebení vozidla: 1,66 Kč/km

Počet km za období: 200 km

Celkové opotřebení vozidla za sezónu je 332 Kč (Tabulka 4).

Kontrola lepových pásu na jedné lokalitě trvá 15 minut. Celkem zaměstnanec stráví kontrolou deset hodin, cestováním pak 6,66 hodiny a instalací lepových pásů stráví deset hodin.

Čas strávený zaměstnancem celkem (v hodinách): 10 + 6,66 + 10 = 26,66

Tabulka 4: Náklady na kontrolu lepových pásů

Předmět	**Cena (Kč)**
Opotřebení vozidla	332
Pohonné hmoty (benzín)	600
Náklady na práci	2 399
Náklady celkem	**3 331**

Náklady na instalaci a kontrolu lepových pásů (v Kč): 489 + 3 331 = 3 820

Celkové kontrolní náklady bekyně mnišky: 6 116 Kč

Celkové náklady na instalaci a kontroly v prvním roce vychází firmu na 6 116 Kč. Životnost feromonových pastí je několik let, tudíž v následujících letech stačí pouze měnit feromonový odparník a přetřít desku lepem. Lepové pásy v následujících letech vyžadují pouze přestříkat lepidlem. Náklady na kontrolu se v následujících letech tedy zásadně snižují.

3.4 Obrana

Feromonové pasti mohou být určeny nejen pro detekční účely, ale také jako prostředek k narušení páření, tzv. „mating disruption“ (Humphreys a Allen, 2002). Přímá kontrola chemickými přípravky a biologickými agens může být účinná na velkých plochách. Seznam přípravků lze najít v Seznamu povolených přípravků na ochranu lesa. Aplikace insekticidů se provádí letecky. Letecká aplikace je však velmi finančně nákladná. Dalším způsobem, jak se vyvarovat přemnožení b. mnišky, je vhodná volba skladby porostu, tzn. vyvarovat se vytváření monokulturních porostů.

3.5 Hostitelské rostliny a herbivorní hmyz

Herbivoři svým žírem odstraňují fotosynteticky aktivní pletiva, mohou tedy ovlivnit rychlost fotosyntézy, vodivost průduchů a ukládání zásobních látek (Pearson a Brooks, 1996). Defoliace může vést ke snížení obsahu vody v rostlině, i když odstraňování výhonů může zpomalit stárnutí celé rostliny (Martín Del Molino et al., 1995). Dále může být omezen růst kořenů a ovlivněno rašení pupenů (Agerskov a Hansen, 1996).

U rostlin samotných se vyvinuly nejrůznější druhy obrany proti herbivorům. Unikají před nimi v čase a prostoru, případně si rostliny vytváří morfologické a chemické adaptace. Pokud je rostlina požírána, vynakládá snahu přežít a začíná produkovat různé obranné látky. Herbivor se ve snaze o vlastní přežití začne přizpůsobovat této (rostlinou vytvořené reakční) obraně, aby nakonec danou obranu překonal. Dochází tedy k tomu, že z dlouhodobého hlediska se tyto organismy nachází vůči sobě stále ve stejné pozici (při evoluci jednoho druhu dojde k evoluci i druhu druhého). Probíhá neustálá koevoluce, tzv. „závod ve zbrojení“ (Crawley 1997).

3.5.1 Časoprostorová adaptace

Účinným obranným mechanismem rostlin je nízká populační hustota. Život herbivora se pak výrazně komplikuje, protože pro něj není snadné najít hostitelskou rostlinu. Mnoho herbivorů se orientuje podle čichu, a pokud se vůně vylučovaná hostitelskou rostlinou smíchá s pachem jiné rostliny, je pro ně velice obtížné rostlinu vyhledat (Visser, 1986). Pokud se hostitelské rostliny nachází daleko od sebe, může být pro herbivora zcela nemožné se mezi hostiteli přemisťovat (např. mšice) (Roitberg et al., 1979).

Další možností obrany rostliny je nepředvídatelný výskyt. Tato varianta se týká například rostlin s krátkou dobou života a rychlým rozmnožováním. Zmíněnou strategii využívají i některé stromy, např. duby.

Stromy produkují střídavě různý roční počet semen a tím udržují populaci konzumentů na nízké úrovni. Strom vyprodukuje v jednom roce velké množství semen, zahltí herbivory a vysoké procento semen tak není konzumováno. Následující rok strom naopak vyprodukuje malý počet semen, což znemožní herbivorům, aby se namnožili (Crawley, 1985). Proces se opakuje a výrazně redukuje úspěšnost ataků herbivory.

3.5.2 Morfologická adaptace

Dalším způsobem obrany rostlin proti herbivorům jsou určité morfologické adaptace, jako např. trny. Nejvýznamnější jsou trichomy, které vznikají přeměnou poškozených buněk (Bernays a Chapman, 1994; Van Dam a Hare, 1998). Klasické trichomy zabraňují pohybu, zachytávání se na jejím povrchu a ovipozici (Chiang a Norris, 1983). Jindy však mohou trichomy herbivorům pomáhat. Za určitých podmínek jsou samice schopny se na trichomech pevně zachytit a tím snadněji naklást vajíčka (Robinson et al., 1982). Žláznaté trichomy pak produkují různé jedy a další škodlivé látky (Levin, 1973).

Některé rostliny se mohou bránit voskováním svých listů (epikutikulárními vosky), které znesnadňují přístup herbivorů. Mimo to mají i schopnost zabraňovat vysychání rostliny a napadání patogeny (Fürstenberg-Hägg at al., 2013). Protože listy jsou hladší, snížená adheze herbivorů vede k nižší míře napadení (Brennan a Weinbaum, 2001).

Obranou může být tvorba domatia (morfologické struktury na listech rostlin tvořené především překrývajícími se trichomy, popř. pletivem žilek, jež mohou sloužit jako úkryt pro drobné členovce a extraflorálních nektárií, které slouží jako nepřímá obrana, protože láká predátory) (Chamberlain a Holland, 2009; Agrawal a Karban, 1997).

Variantní obranou rostliny je mimo jiné tvorba latexu (přechod mezi morfolofickou a chemickou obranou). Na těchto rostlinách se vyskytuje pouze určitý druh herbivorů (Gu et al. 2014).

3.5.3 Chemická obrana

Chemickou obranou je již samostatné složení rostlinné tkáně, které je odlišné od složení tkáně živočichů. Rostlina tudíž neposkytuje výživnou potravu pro daný druh herbivora. Nejčastější obranou je nevyhovující poměr dusíku a uhlíku (Pérez-Harguindeguy et al. 2003). Některé druhy hmyzu jsou nuceny zkonzumovat obrovské množství rostliny, aby do sebe dostaly dostačující množství dusíku. U některých druhů herbivorů se jedná o množství až 1 000× větší než samy váží (Slansky a Scriber, 1985). To ale často vede k intenzivní predaci. Krmící se housenka má 100× větší pravděpodobnost napadení predátorem než housenka, která se nekrmí (Bernays 1997). S potravou se dostane do těla herbivora velké množství toxinů (Swihart et al., 2009).

V jehlicích jehličnanů jsou obsaženy základní metabolity, vznikající látkovou přeměnou. Mezi základní metabolity patří například sacharidy, aminokyseliny a mastné kyseliny. Tyto látky slouží k přežití rostliny. Mimo těchto primárních metabolitů produkují rostliny také sekundární metabolity. Ty slouží rostlině nikoliv jako zdroj energie, ale jako obranné látky. Koncentrace sekundárních metabolitů se v rostlině neustále mění a významně se liší. Může se stát, že složení jedné větve stromu může být zcela odlišné od ostatních větví na stejném stromu, tudíž může během holožíru dojít k likvidaci celého stromu až na danou větev (Herms, Mattson, 1992).

Sekundární metabolity jsou na bázi uhlíku nebo dusíku. Tyto látky mohou nepřátele odpuzovat, znechucovat nebo je přímo zabít či jinak poškodit jejich metabolismus.

Mezi sekundární metabolity patří např. alkaloidy, terpeny, steroidy, glukosinoláty, fenolické a kyanogenní sloučeniny. Tyto látky jsou specifické vždy jen pro určité herbivory. Metabolity nejsou vždy jen škodlivé, mohou být i užitečné, a to například u některých druhů housenek využívající toxiny pro svou chemickou obranu (Herms, Mattson, 1992).

Alkaloidy jsou látky obsahující dusík a nejčastěji jsou přítomny v pletivech. Alkaloidy jsou intenzivně hořké chuti a jsou jedovaté.

Terpeny jsou obsaženy v esenciálních olejích rostlin. Uplatňují se v procesu regulace růstu, v reprodukčním cyklu, obranných mechanismech a při přenosu signálu mezi organismy. Rostlina si tyto látky vytváří v parenchymatických buňkách. Následně rostlina již vytvořené látky ukládá do vakuol, pryskyřičných buněk nebo buněčné stěny, neboť jsou nebezpečné i pro ně samotné. I přes skutečnost, že jsou tyto látky přítomny ve všech organismech, dokáží je syntetizovat pouze rostliny a některé druhy bakterií a hmyzu. Do ostatních organismů se dostávají potravním řetězcem (Dvořáková et al., 2011).

Hmyz si vybírá rostlinu čichem a vyhledává oslabené stromy, které produkují menší množství terpenů. Rostlina pak zahájí obranný proces zvýšenou produkcí monoterpenů nebo jejich přeměnou.

Rostlina terpeny uvolňuje buď ze zásobních míst, nebo jsou látky vytvářeny *de novo* jako reakce na napadení (Dudareva et al., 2004). Rostlina dokáže rozlišit, zda byla napadena škůdcem, nebo byla mechanicky poškozena. Herbivor ovlivňuje metabolismus rostliny pomocí enzymů nebo bakterií, přítomných v jeho sekretech (Felton a Tumlinson, 2008). Pomocí monoterpenů dokáže rostlina varovat i okolní zdravé rostliny. Médii, které nesou signály, jsou vzduch a půda (Bruin a Dicke, 2001).

Rozmístění množství terpenů v rostlině závisí na genotypu, prostředí a na dalších faktorech dané rostliny (Schonwitz et al. 1987, 1989, 1990). Koncentrace terpenů v jehlicích je ovlivněna věkem a pozicí větvičky na rostlině.

Koncentraci ovlivňuje roční období, světlo, teplota a škodlivé látky v ovzduší. Informace o tom, jaký vliv na jejich množství má sucho, jsou však zatím omezené (Kainulainen et al., 1992).

Rostliny jako obranu proti nežádoucímu hmyzu vytváří páchnoucí nebo jedovaté látky. Základní obranou rostlin proti herbivorům je vytváření nestravitelných látek. Rostlina tyto látky vylučuje v několika, níže uvedených, případech.

Pro vylučování látky rostlinou někdy nestačí pouhé mechanické poškození rostliny. V určitých případech je vylučování podmíněno přítomností samotného herbivora, například byla-li rostlina potřísněna extraktem z určitých housenek (Turlings, 1990).

Rostliny mohou reagovat na ovipozici a je dokonce možné, že rostlina reaguje již na pouhý dotyk s herbivorem (Douma a Anten, 2019). Látky, které jsou uvolňovány, lákají parazitoidy, kteří pak likvidují herbivory (Ode, 2006).

Další možnou reakcí rostliny je kvantitativní obrana prostřednictvím látek, které znesnadňují její konzumaci a následný proces trávení. Těmito látkami jsou například lignin a celulóza.

Ligniny se nacházejí v xylému. Tyto látky zpevňují pletiva rostlin, ale také rozkládají enzymy, tudíž jsou pletiva nestravitelná. Účinek ligninů je kvalifikován jako kvantitativní, tzn., že čím více ligninu je v rostlině obsaženo, tím je potrava pro herbivora nestravitelnější (Medová, 2013).

Koncentrace taninů v rostlině závisí na stádiu vývoje a na prostředí, ve kterém se rostlina nachází. Parametricky se případy liší podle toho, zda se jedná o kulturní rostliny, či rostliny volně rostoucí.

Nejčastěji se taniny nachází ve vakuole nebo buněčné stěně. Látka odpuzuje herbivorní hmyz svou hořkostí. Dále se taniny váží na proteiny, které vysráží a inaktivují. To vede ke snížení vývoje herbivora (Mašková, 2015).

Při konzumaci neproteinových aminokyselin může dojít k jejich zabudování do molekul proteinů a tím k jejich znehodnocení. To může vyvolat různé poruchy nervového systému, zvracení nebo ztrátu srsti jedince (Steigerová, 2008).

K obraně proti hmyzu také slouží hormony a antihormony. Pro hmyz je obtížné vyvinout obranu vůči nim, protože se jedná o látky, které hmyz sám využívá. Juvenilní hormon s ekdysonem reguluje metamorfózu, reprodukci a chování hmyzu. Látky v rostlinách, které mají aktivitu juvenilního hormonu, jsou fytojuvenoidy. Požírá-li hmyz rostlinu, která fytojuvenoidy obsahuje, zůstává pak delší dobu v larválním stádiu. Antihormony, které rostlina vytváří, škodí endokrinnímu systému hmyzu, a to tak, že způsobí metamorfózu hmyzu, nebo jeho předčasný vývoj (Bowers, 1981).

3.6 Vliv sucha na vzájemnou interakci hostitelské rostliny a herbivora

Stresové faktory jsou faktory, které působí na rostlinu z vnějšího prostředí a vyvolávají u rostlin stres. Stres vyvolá stresovou reakci, za kterou považujeme aktivaci obranných mechanismů rostliny v jakékoli podobě.

Rostlinu může stres ovlivnit buď dočasně, nebo trvale. Při dočasném ovlivňování dochází k modifikaci rostlin znamenající, že se rostlina genotypicky nezmění a nastalá změna přetrvává pouze po dobu působení stresoru. Změna tedy není dědičná a jedná se o proces aklimatizace rostliny (Bláha a kol. 2003).

Dědičná změna je změnou trvalou, kdy dochází k celkové mutaci rostliny. Jedná se o adaptaci rostliny na stres. Příkladem adaptace na stres mohou být rostliny vyskytující se v aridních oblastech. Jejich kořeny jsou přizpůsobeny tak, že sahají hluboko do půdy a mohou čerpat podzemní vodu (Bray et al., 2000).

Mimo již uvedené případy jsou rostliny schopné přizpůsobit se dlouhodobému suchu prodloužením nebo naopak zkrácením svého životního cyklu. Životní cyklus mohou rostliny dokončit až za nově nastalých vhodných podmínek.

Avoidance znamená přizpůsobení se rostliny na hrozící situaci, které jí pomůže vyhnout se stresu. Takovým přizpůsobením může být biologická, chemická nebo metabolická bariéra. Rostliny však častěji využívají toleranci, při níž se pouze snaží snížit negativní dopad působení faktoru (Hnilička, Hniličková, 2002).

Stres se dělí na abiotický a biotický. Biotický stres je stres v rostlině, který je vyvolaný jinými organismy (napadením škůdců, virovou či bakteriální infekcí). Abiotický stres způsobují různé fyzikální nebo chemické vlivy. Mezi nejčastější faktory patří vítr, sucho, teplota, zaplavení, nedostatek světla atd. (Bláha a kol. 2003). V přírodě se často stává, že dojde k působení biotických a abiotických vlivů najednou, rostliny pak reagují na tyto faktory odlišně, než jak by reagovali za působení pouze jednoho faktoru (Procházka et al., 1998).

Zásobování vodou je rozhodující pro primární metabolismus rostlin, a proto výrazně ovlivňuje fotosyntézu. Je zásadní i pro poskytování cukrů pro herbivorní hmyz a parazitické houby. Sucho tak může ovlivnit nutriční hodnotu stromu pro herbivorní hmyz a houbové patogeny prostřednictvím změn v karbohydrátech a sloučeninách dusíku (Rouault et al., 2006; Netherer a Schopf, 2010). Obligatorní biotrofní listoví parazité se vyvíjejí pouze na vitálních hostitelích (Desprez-Loustau et al., 2006).

Sucho způsobuje sníženou koncentraci karbohydrátů v tkáních kůrovců a tím narušuje jejich vývoj. Sucho má vliv i na vývoj hub způsobujících modrání dřeva, které kůrovec zanáší do svých chodeb (Speight a Wainhouse, 1989).

Během období sucha vede snížený obsah vody a hydrolýzy proteinů ke zvýšení obsahu dusíku v orgánech stromů (White 1969). Zvýšení dostupného rostlinného dusíku během vodního stresu by mohlo vést ke zlepšení růstu fytofágního hmyzu (Mattson a Haack, 1987). U listnatých stromů vodní stres zvyšuje rozdělení dusíku mezi korunou a stonkem (Martin et al., 1998).

Výskyt defoliátorů je proto vyšší u mírně stresovaných stromů, kvůli vyšší koncentraci rozpustného dusíku v listech (White, 1984; Mattson a Haack, 1987; Larsson, 1989; Larsson a Bjorkman, 1993). Ze zvýšené koncentrace dusíku může profitovat i savý hmyz (Huberty a Denno, 2004).

Některé aminokyseliny, jako je prolin, asparagin a alanin, které byly nalezeny ve zvýšených koncentracích na suchem stresovaných kulturách topolu osikovitého (*Populus tremuloides*), podmínily hyfový růst houby dřevomora prsnatého (*Hypoxylon mammatum*) (Belanger et al., 1990). V důsledku toho lze očekávat snížení koncentrace karbohydrátů a dusíku v kmeni stromů i při mírném stresu ze sucha. To by mohlo omezit výskyt primárních škůdců, a tudíž snížit poškození orgánů dřevin (Jactel et al., 2012).

Kromě nutriční hodnoty pletiva vodní stres ovlivňuje také metabolismus hostitele, zapojený v rezistenci vůči poškození škůdci a patogeny. Sekundární metabolity, jako např. taniny, mají často zvýšenou koncentraci ve stromech, které jsou pod vlivem stresu ze sucha (Forkner et al., 2004). Taniny ovlivňují housenky motýlů, např. píďalku podzimní (*Operophtera brumata*) na dubu letním (*Quercus robur)* (Buse a Good, 1996).

Živočichové požírající listy, jako např. housenky řádu blanokřídlých a někteří brouci, by mohli být náchylnější na zvýšenou koncentraci obranných látek obsažených v listových tkáních suchem stresovaných stromů více, než sající hmyz (např. mšice), protože cévnaté tkáně obsahují menší množství alelochemikálií (Mattson a Haack, 1987; Larsson, 1989; Awmack a Leather, 2002; Huberty a Denno, 2004).

O fytoalexinech produkovaných v cypřiších, zpomalujících výskyt chřadnutí a prosychání borovic, bylo zjištěno, že se hromadí pomaleji a v menší koncentraci v suchem stresovaných stromech, ve srovnání se stromy zalévanými (Madar et al., 1995). Ukázalo se, že tvorba nekrofylaktického peridermu, aktivní ochranné bariéry proti kolonizacím patogenů, je ve tkáních suchem stresovaných stromech potlačena (Puritch a Mullick, 1975). Obecně vyšlo najevo, že mechanismy podílející se na rezistenci vůči patogenové rakovině (jako je kompartmentalizace a rohovatění) se ukázaly jako méně účinné u stresovaných stromů, než u dobře zalévaných (Bevercombe a Rayner, 1980; McIntyre et al., 1996).

4 Metodika

4.1 Design experimentu

Cílem pokusu bylo navodit u smrků stres z nedostatku vody a vyhodnotit změny některých vývojových parametrů housenek b. mnišky konzumujících jehlice těchto smrků. Bylo připraveno 30 ks čtyřletých sazenic s. ztepilého. Sazenice byly pěstovány ze semen v půllitrových kontejnerech za optimální dodávky vody a živin v lesní školce Louňovice (49,98N, 14,77E).

Na začátku vegetační sezóny, ve čtvrtém roce života, byly sazenice přesazeny do kontejnerů o objemu 5,7 litrů a rozměru 20 × 20 × 23 cm. Jako pěstební médium byl použit AGRO zahradnický substrát (Agro CS a.s., Česká republika). Sazenice byly přemístěny na soukromý pozemek obce Mokrovraty (49,79N, 14,25E), na němž proběhl samotný experiment. Sazenice byly rozděleny do tří skupin po deseti sazenicích.

1. skupina: sazenice s vysokou vlhkostí. Skupina deseti stromků měla neustálý dostatek vody, cca 2× týdně byly květináče vydatně zality vodou, aby se substrát udržoval neustále vlhký, avšak ne úplně bahnitý. V rámci experimentu tyto sazenice sloužily jako kontrolní vzorek (pro porovnání se suchem stresovanými sazenicemi).

2. skupina: sazenice se střední vlhkostí. Skupina deseti stromků podléhala režimu středně silného vodního stresu. Náhodně bylo vybráno deset z dvaceti zbývajících sazenic. Tyto sazenice nebyly zalévány do té doby, dokud hmotnost květináče neklesla na 2 750 g ± 30 g, což odpovídalo 30 % hmotnostní vlhkosti půdy. Určení půdní vlhkosti bylo prováděno následovně: 100% provlhčený substrát, kterým byl květináč naplněn, vážil průměrně 4 820 g ± 60 g. Hmotnost prázdného květináče byla zjištěna v hodnotě 180 g, hmotnost opěrné tyčky 80 g, hmotnost sazenice 150 g, takže celková hmotnost vodou saturovaného substrátu vč. květináče, tyčky a smrku byla 5 230 g ± 60 g. Substrát na úrovni 0% vlhkosti, tedy zcela vyschlý substrát, vážil 1 280 g ± 20 g (s květináčem, tyčkou a sazenicí 1 690 g ± 20 g). Z uvedeného vyplynulo, že množství vody, které mohl zcela vyschlý substrát pojmout, bylo maximálně 3 540 ml vody. Hmotnost byla udržována přibližně konstantní, a to tak, že voda byla dolévána častěji a zároveň v malých dávkách (každý druhý den byly květináče váženy a doléváno bylo právě takové množství vody, které chybělo do cílové hmotnosti 2 750 g. Nárůst hmotnosti sazenice vlivem růstu nebyl brán (pro účely tohoto experimentu) v úvahu.

3. skupina: sazenice s nízkou vlhkostí. Zbylých deset smrků bylo vystaveno střídání silného sucha a vydatné zálivky. Květináče byly ponechány bez zálivky, dokud hmotnost květináče neklesla na 2 398 g ± 30 g, což odpovídá 20% vlhkosti (1 280 g + 708 g + 180 g + 150 g + 80 g). Jakmile hmotnost květináče dosáhla této hodnoty (± 30 g), byl květináč vydatně zalit, aby se substrát zcela saturoval vodou. Suchý substrát obecně špatně přijímá vodu, proto byly květináče se sazenicemi vloženy do nádoby s vodou a ponechány takto několik hodin, než se substrát dostatečně nasákl vodou. Poté byly vzorky ponechány bez zalití, dokud znovu nedosáhly silného vyschnutí (tj. hmotnost 2 398 g ± 30 g).

K udržení žádoucí kontrolované půdní vlhkosti bylo potřeba zajistit, aby byly sazenice chráněny před deštěm. Pro zachování slunečního svitu se za ideální jevil přístřešek, vyrobený ze dřeva a polykarbonátových desek. V zájmu snížení nákladů na přístřešek byla zvolena levnější varianta v podobě průhledné fólie (Obrázek 1).

Obrázek 1: Výroba přístřešku (vlevo) a hotový přístřešek s instalovanými experimentálními smrky (vpravo). Foto: Barbora Dvořáková.

V průběhu probíhajícího experimentu byl přístřešek účelově doplněn o textilní plátno tak, aby se stíněním snížila mortalita housenek, k níž docházelo pravděpodobně v důsledku vysokých teplot pod plastovou folií. Po takové úpravě se úmrtnost housenek snížila cca o třetinu vzorků.

Sazenice smrku byly v průběhu výzkumu napadeny mšicemi, jejichž odstranění bylo prováděno mechanicky (manuálně). Jakýkoli chemický zásah by způsobil úhyn housenek, či nežádoucí ovlivnění výzkumu samotného.

4.2 Sběr housenek

Aby mohl být pokus o výzkum realizován, bylo potřeba zajistit housenky bekyně mnišky. Byly vybrány dvě vhodné lokality v Brdech, nedaleko města Dobříše, kde v minulosti proběhla velká mnišková kalamita. Lokality patří do polesí Svatá Anna, které je územně odděleno od většinové, zbirožské části lesní správy. Celková výměra polesí činí 4 500 hektarů. Téměř celé polesí patří do přírodní lesní oblasti 7 – Brdská vrchovina. Většina území je charakterizována převážným zastoupením stejnověkých smrkových porostů s lesnicky podporovaným přirozeným zmlazením.

Současné porosty byly založeny po mniškové kalamitě ve dvacátých letech 20. století. Dlouhodobým cílem lesnického hospodaření v těchto porostech je zvýšení podílu melioračních dřevin a zajištění stability lesa. Již nyní se na území polesí Svatá Anna nachází cca 20 % listnatých porostů. V partiích s vyšší nadmořskou výškou lze spatřit malebné listnaté, převážně bukové porosty, jejichž součástí je také přírodní rezervace Hradec se starými původními porosty. V nižších partiích se nalézají listnaté porosty

převážně dubové a habrové. (https://www.lesyzbiroh.cz/cs/lesni-sprava/polesi-svata-anna)

Lokalita 1 – souřadnice: 49,7729657 N, 14,0775284 E, dominující dřevinou je zde smrk ztepilý (*Picea abies* Karst, 1881) se zastoupením 50 %, dále borovice lesní (*Pinus silvestris* Linnaeus**,** 1753) se 35 % a dub letní (Quercus robur Linnaeus, 1753) s 15% zastoupením.

Lokalita 2 – souřadnice: 49, 7823998 N, 14,0896031 E, zde je 100% zastoupení s. ztepilého (*P. abies*).

Lokality jsou od sebe vzdáleny 1,5 km.

Na obou lokalitách bylo náhodně vybráno 15 stromů v rozestupu tří až pěti metrů, na kterých byly vytvořeny lepové pásy. K vytvoření lepových pásů bylo potřeba na všech 30 stromech nejprve odstranit borku. Odstraněna byla pomocí nože kolem celého obvodu kmene, a to v páse cca 20 cm širokém. Lepové pásy byly vytvořeny ve výčetní výšce stromu (1,3 metru od paty kmene), a poté bylo na všech vzorcích aplikováno sprejové lepidlo Vermifix®. Na celý projekt byly spotřebovány tři spreje lepidla (Obrázek 2), které zajistilo, že se housenky lezoucí zespodu kmene zastavily pod lepovými pásy a bylo možné je manuálně sesbírat. Celý proces výroby lepových pásů proběhl ve dnech 6. 4. a 7. 4. 2019.

Obrázek 2: Aplikace sprejového lepidla Vermifix®. Foto: Barbora Dvořáková

Sběr housenek proběhl v období od 9. 4. do 22. 6. 2019, kdy byly housenky z počátku sbírány v cca dvou až třídenních intervalech. Později byly další dodatečné housenky sbírány dle potřeby, v souvislosti s úmrtností experimentálních housenek.

Housenkám byly změřeny hlavové kapsule pomocí milimetrového papíru a podle publikovaných údajů (Kolk, Starzyk, 1996) byly stanoveny jednotlivé instary.

Sběrem získané housenky prvního instaru byly uchovávány v Petriho miskách, vždy s větvičkou modřínu délky pět centimetrů a s již vyrašenými jehlicemi, a to v chladničce nastavené na teplotu 3 °C, kde byly drženy do té doby, než byly nasazeny na vzorky

sazenic (Obrázek 3). Během období uchovávání housenek v chladničce nebyla zaznamenána žádná mortalita.

4.3 Chov housenek bekyně mnišky a vyhodnocení

Na každém smrčku byla náhodně vybrána jedna větev, na níž byl navlečen a přivázán ústřižek nylonové punčochové nohavice. Do ní byla vložena housenka velikosti alespoň sedm milimetrů. Velikosti jedinců byly zaznamenávány fotografováním housenek na milimetrovém papíře. Oba konce punčochy byly zavázány provázkem, aby housenka nemohla uniknout (Obrázek 3).

Obden byly punčochy rozvazovány a prostor v nich kontrolován, zda se v něm nenachází svlečky. Pokud nebyla svlečka nalezena, byla punčocha opět zavázána a kontrolována za další dva dny. Pokud se však housenka svlékla, bylo potřeba sebrat veškeré trusinky (pomocí exhaustoru) a také svlečku samotnou. Oba sběrky se uložily do tzv. „zip“ sáčku s datem nálezu a číslem stromku, na kterém byly nalezeny. Pro každou housenku bylo potřeba mít jeden samostatný sáček pro daný instar. Další svlečky konkrétní housenky následujících instarů byly umístěné do odlišných sáčků, tzn. 1 sáček = 1 instar. Skutečnost, že se housenka svlékla, byla avizována nápadným zvětšením hlavy, zatímco tělo zůstalo relativně malé, působící dojmem scvrklosti, pokryté delšími chlupy.

Pokud už housenka neměla co konzumovat, byla i s punčoškou přemístěna na jinou větvičku téhož stromku. Housenky bekyně mnišky obecně procházejí šesti až sedmi larválními stádii (pět až šest svlečení). Byl-li prostor pro větší jedince v punčoše nedostatečný, punčocha byla odejmuta a celý stromek se umístil do pytle ze síťoviny. Pytel byl navléknut na smrk pomocí kruhové podpory, dole bylo potřeba pytel pečlivě zavázat, aby nepropadaly trusinky, nebo neutekly housenky. V těchto případech bylo nutné dávat pozor na zalévání stromků a k celkové váze každého kusu bylo nutno připočítat hmotnost pytle ze síťoviny, tedy 100 g.

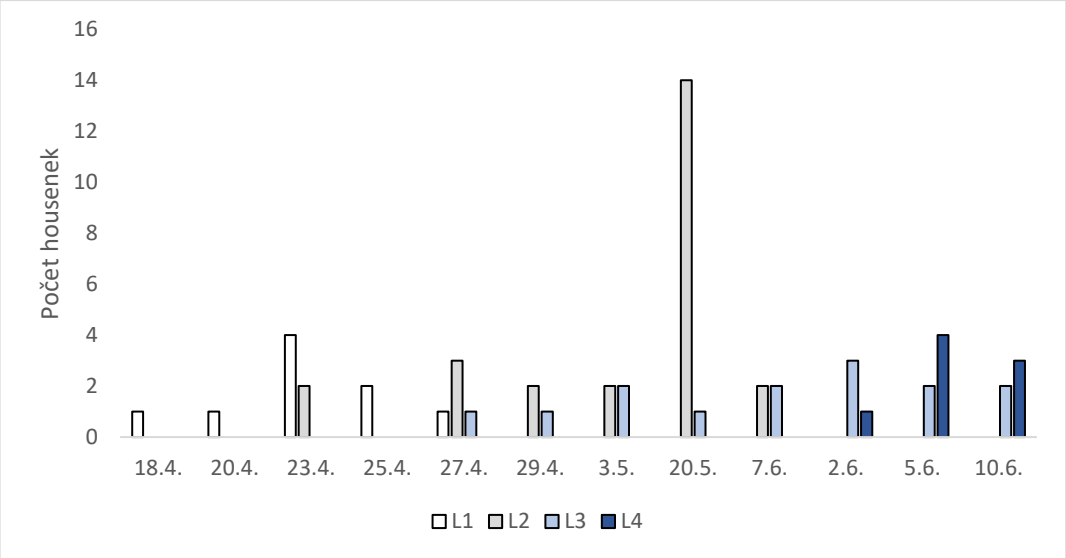
O každém stromku byla vedena pečlivá evidence: datum a množství zálivky, datum vložení housenky a její vstupní velikost, datum svlékání housenky do dalšího instaru.

Obrázek 3: Experimentální smrky s chovnými punčoškami a housenkami bekyně mnišky (vlevo), celý kus zakrytý chovnou sítí (uprostřed) a iniciální krmení larev určených pro chovy na modřínu (vpravo). Foto: Barbora Dvořáková

Normalita dat (délky přežívání) byla testována Kolmogorov-Smirnovovým testem, Lillieforsovým testem a Shapiro-Wilkovým testem. Jelikož data nepochází z normálního rozdělení, byla pro testování zvolena neparametrická metoda, v tomto případě Kruskal-Wallisův test. Všechny testy byly zpracovány v programu Statistica 12.0.

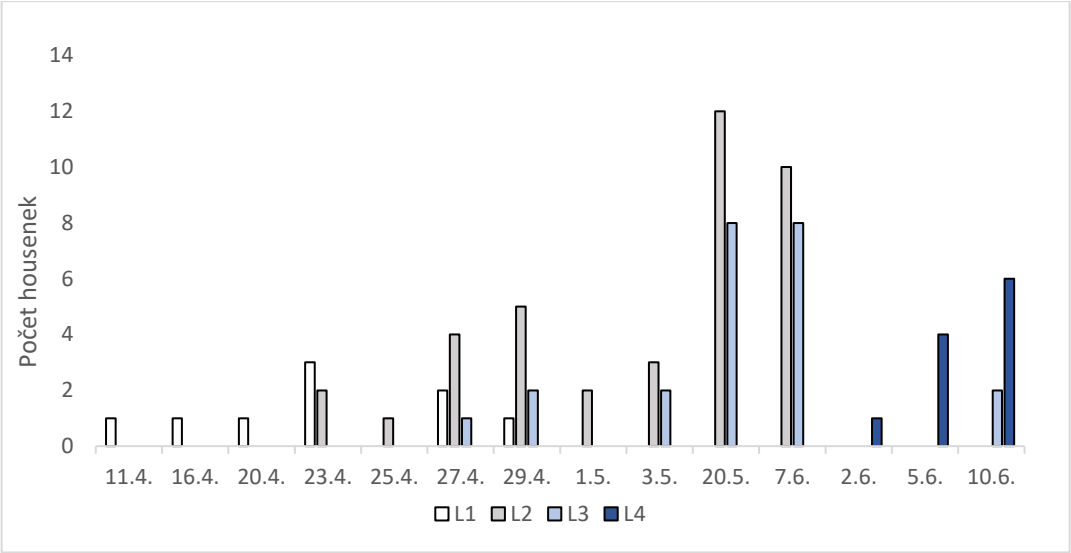
5 Výsledky

Celkem bylo sběrem získáno 182 housenek. První housenky byly sebrány 11. 4. a poslední 25. 6. 2019. Největší počet odebraných housenek byl 35 kusů (v rámci jednoho sběru), a to dne 20. 5. 2019 (Obrázky 4 a 5).



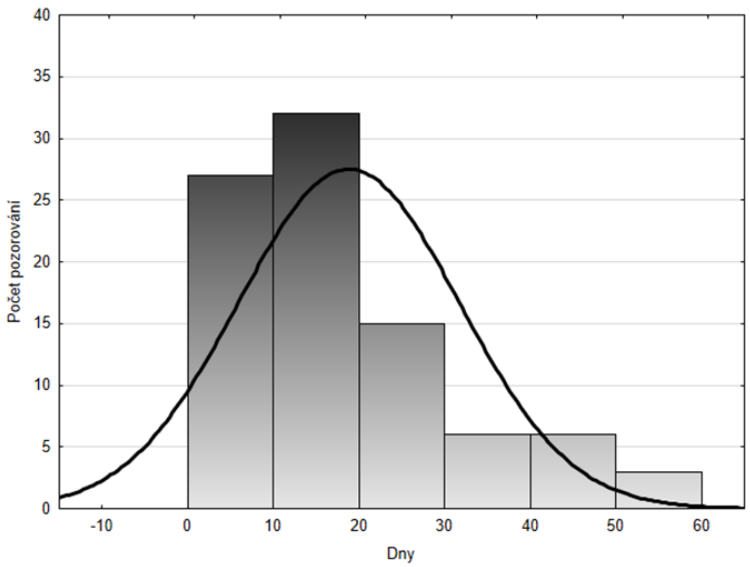
Obrázek 4: Počty housenek jednotlivých instarů nalezených pod lepovými pásy (lokalita 1)

Na lokalitě 1 byl první instar zjištěn v období od 18. 4. do 27. 4. 2019, druhý instar od 23. 4. do 7. 6. 2019, třetí instar od 27. 4. do 10. 6. 2019, čtvrtý instar od 2. 6. do 10. 6. 2019, pátý instar zjištěn nebyl (Obrázek 4).



Obrázek 5: Počty housenek jednotlivých instarů nalezených pod lepovými pásy (lokalita 2)

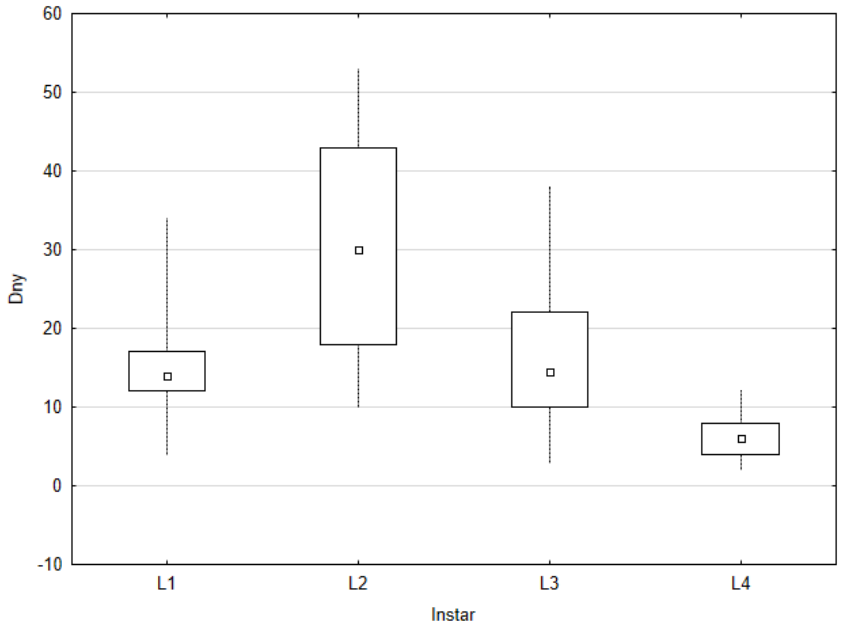
Na lokalitě 2 byl první instar zjištěn v období od 11. 4. do 29. 4. 2019, druhý instar od 23. 4. do 7. 6. 2019, třetí instar od 27. 4. do 10. 6. 2019, čtvrtý instar od 2. 6. do 10. 6. 2019, pátý instar zjištěn nebyl (Obrázek 5).



Obrázek 6: Doba přežití u experimentálních housenek (linie…normální rozdělení)

Během pokusu docházelo k velké mortalitě housenek. Proto byla každá uhynulá housenka nahrazena novou (často vyššího instaru). V důsledku této situace nebylo možno měřit, stanovit a srovnat zamýšlené veličiny, sledovat a vyhodnotit rychlost růstu housenek indikovanou svlékáním kutikuly, analyzovat množství konzumované potravy, plodnost, počet vajíček nakladených samicemi, délku života samců. Proto jsem srovnala

dobu přežití jednotlivých housenek. Doba života housenek se pohybovala od 10. 5. 2019 do 8. 7. 2019. Nejdelší doba přežití byla 53 dnů. Data nemají normální rozdělení (Normalita K-S: d=0,16645, p<0,05; Lilliefors: p<0,01; Shapiro-Wilk: W=0,88511, p<0,00001), převažují kratší doby přežívaní (Obrázek 6).

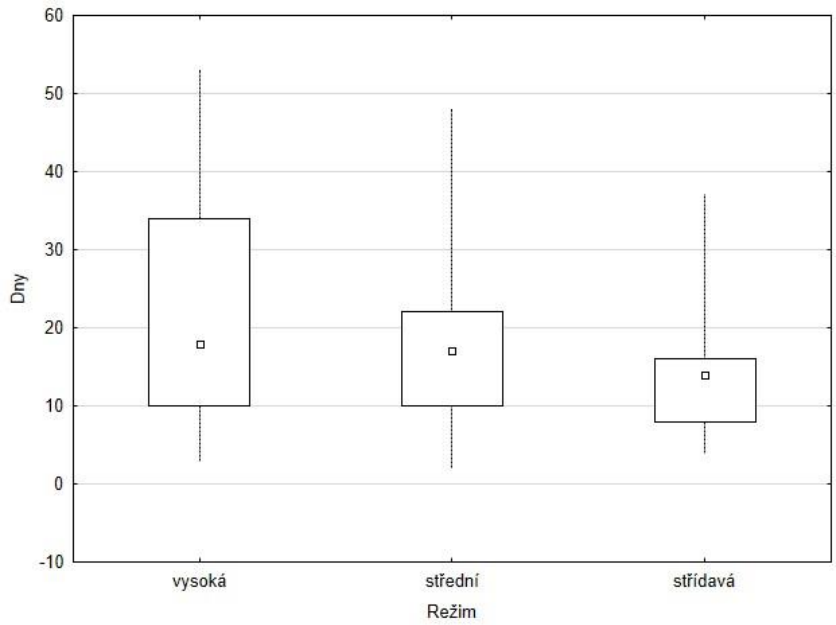


Obrázek 7: Délka života housenek podle instarů bez rozlišení vlhkostního režimu (čtvereček...medián; krabice...25% a 75% kvantil; úsečky...minimum a maximum)

Celkem jsem získala data o 19 housenkách 1. instaru, 29 housenkách 2. instaru, 26 housenkách 3. instaru a 15 housenkách 4. instaru. Housenky nasazené na sazenice v druhém instaru žily nejdéle. Hodnota takto nasazených housenek byla statisticky signifikantně odlišná od doby dožití všech ostatních instarů (H (3, N= 89) =42,01; p<0,001). Druhý instar žil nejdéle, první a druhý instar přibližně stejně dlouho a nejkratší dobu žil čtvrtý instar (Obrázek 7). Rozdíly nejsou signifikantní. Délka dožití L3 a L1 byla stejná (Tabulka 5).

Tabulka 5: Vícenásobné porovnání p hodnot délky dožití jednotlivých instarů (Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 89) =42,01; p =0,00)

Instar	L1	L2	L3	L4
L1		0,013030	1,000000	0,005980
L2	0,013030		0,016560	0,000000
L3	1,000000	0,016560		0,000856
L4	0,005980	0,000000	0,000856	

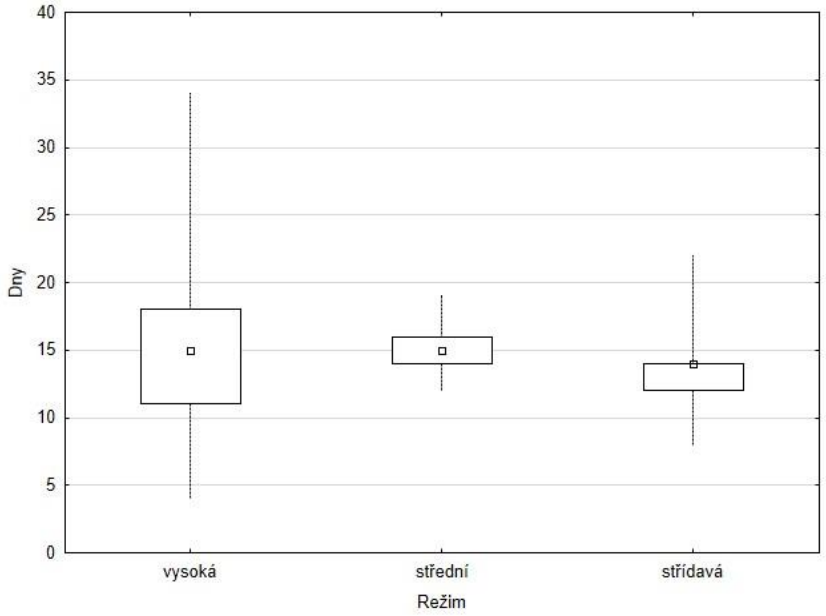


Obrázek 8: Délka života housenek v závislosti různého vlhkostního režimu substrátů (čtvereček…medián; krabice… 25% a 75% kvantil; úsečky… minimum a maximum)

Housenky na sazenicích v trvale vlhkém substrátu žily nejdéle. Poté z hlediska délky života následovaly housenky na sazenicích středně vlhkého substrátu a nejkratší dobu žily housenky na střídavém vlhkostním režimu substrátu (Obrázek 8). Rozdíly nejsou signifikantní (Tabulka 6).

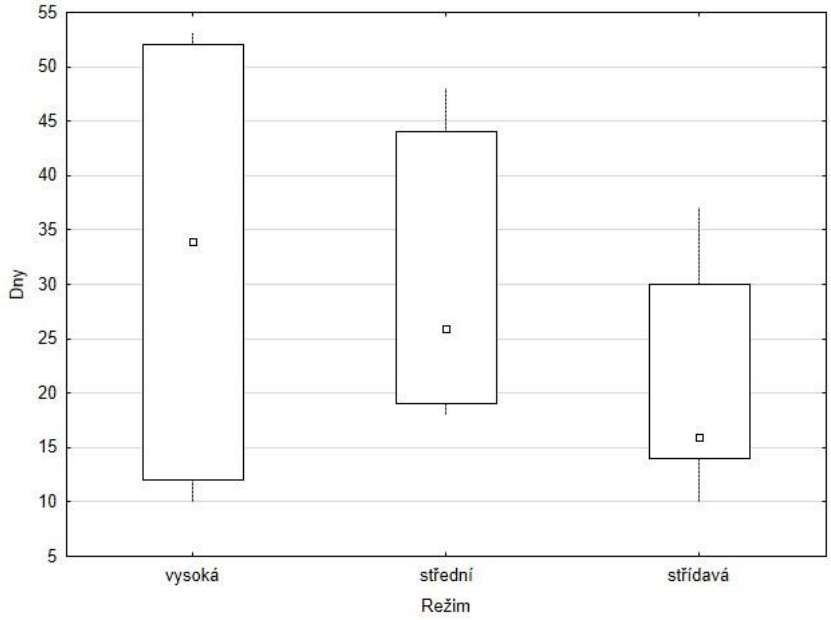
Tabulka 6: Vícenásobné porovnání p hodnot Kruskal-Wallisovým testem (H (2, N= 89) =3,70; p =0,15)

Režim	**Vysoká**	**Střední**	**Střídavá**
Vysoká		1,000000	0,164203
Střední	1,000000		0,839764
Střídavá	0,164203	0,839764	



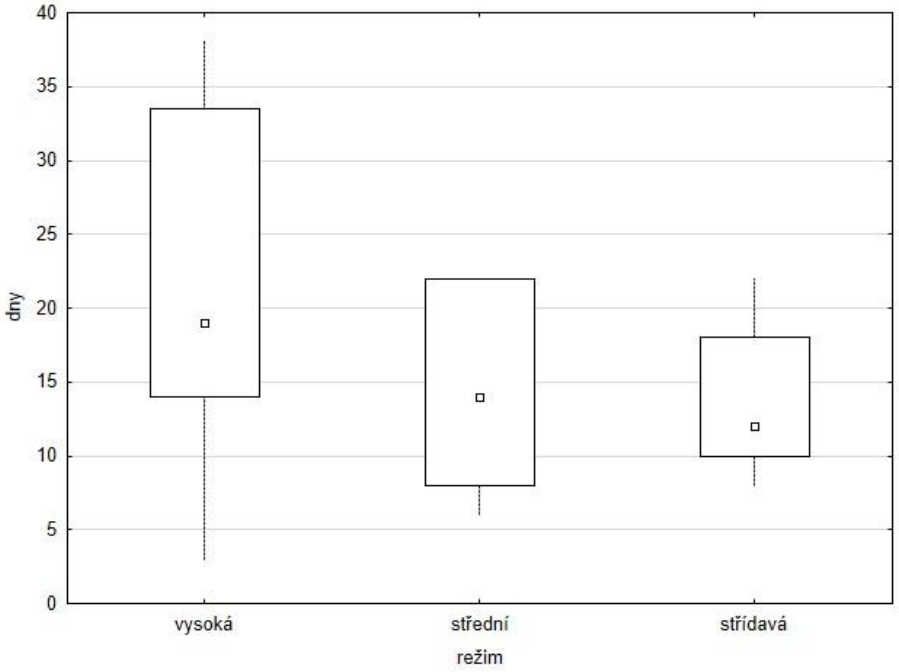
Obrázek 9: Délka života housenek sledovaných od 1. instaru v závislosti na vlhkostním režimu

Housenky sledované od L1 žily stejnou dobu na všech sazenicích s různým vlhkostním režimem (Obrázek 9). Rozdíly nejsou signifikantní (H (2, N=19) =0,59; p =0,74).



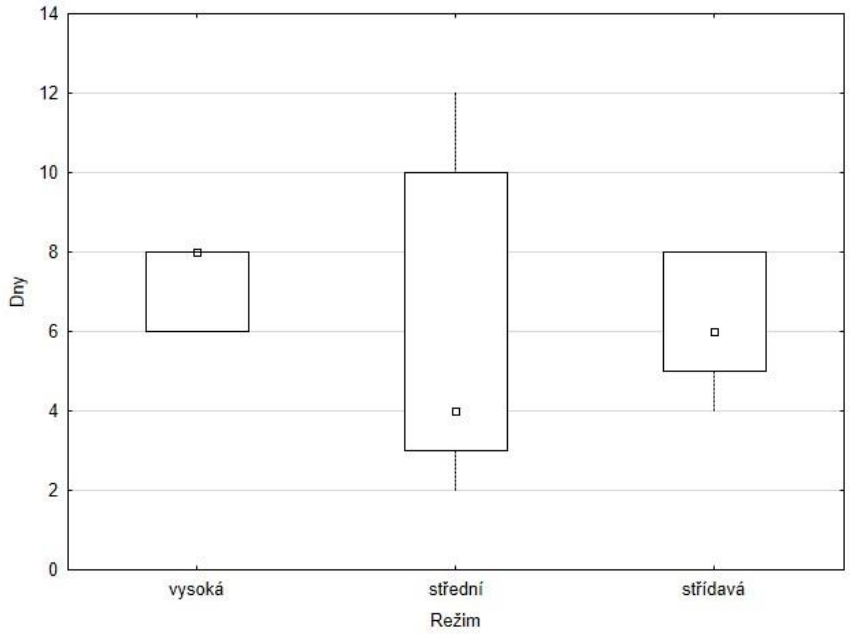
Obrázek 10: Délka života housenek sledovaných od 2. instaru v závislosti na vlhkostním režimu

Housenky sledované od druhého instaru žily nejdéle na sazenicích s vysokou vlhkostí substrátu a nejkratší dobu na střídavém vlhkostním režimu (Obrázek 10), nicméně rozdíly nejsou signifikantní (H (2, N= 29) =2,86; p =0,23).



Obrázek 11: Délka života housenek sledovaných od 3. instaru v závislosti na vlhkostním režimu

Housenky sledované od třetího instaru žily nejdéle na vysokém vlhkostním režimu, nejkratší dobu na střídavém režimu (Obrázek 11), rozdíly však nebyly statisticky signifikantní (H (2, N= 26) =2,08; p =0,35).



Obrázek 12: Délka života housenek sledovaných od 4. instaru v závislosti na vlhkostním režimu

Housenky sledované od čtvrtého instaru žily na všech sazenicích různých vlhkostních režimů stejně dlouhou dobu (Obrázek 12), rozdíly nejsou statisticky signifikantní ($H (2, N= 15) =1,39$; $p =0,49$).

6 Diskuse

Housenky druhého instaru žily nejdéle ve srovnání s dalšími instary, což ale bylo způsobeno tím, že housenky druhého instaru měly před sebou velkou část života. Housenky měly od nasazení do zakuklení prožít ještě cca sedm týdnů (Kolk, Starzyk, 1996), čemuž odpovídaly zjištěné hodnoty.

Při srovnávání délky života housenek za různých vlhkostních režimů nebyly sice zjištěny signifikantní rozdíly, ale trendy byly naznačeny. Nejlepší přežívání bylo za trvale zamokřeného režimu, nižší při středním režimu, a nejnižší za režimu střídavého. Týkalo se to jak dat vyhodnocených bez rozdílu instaru, ve kterém byly housenky umístěny na experimentální rostliny, tak i jednotlivých skupin podle instaru.

Tento trend by odpovídal tradičnímu přesvědčení, že defoliátoři profitují ze stresu rostlin (White, 1984), protože sucho bývá považováno za jednu z příčin přemnožení fytofágního hmyzu (Mattson a Haack 1987). Skutečnost, že stres vede ke změně kvality potravy, byla zřejmá, ale reakce herbivorů budou s největší pravděpodobností vždy specifické pro různé skupiny hmyzu (Larsson, 1989; Koricheva et al., 1998; Huberty a Denno, 2004).

Trend sníženého přežívání by mohl potvrzovat fakt, že housenky b. velkohlavé krmené na suchem stresovaných rostlinách měly menší váhu (Hale et al. 2005). Stres suchem snižoval míru asimilace i fotosyntézy stejně a tím obsah listového dusíku v rostlinách, zatímco se zvyšovaly celkové koncentrace fenolických glykosidů (Hale et al. 2005). Obojí (obsah dusíku a fenolů) se považuje za klíčové faktory ovlivňující výskyt příbuzného druhu b. velkohlavé (Lindroth a Hemming, 1990; Hemming a Lindroth, 2000; Osier et al., 2000).

Skutečnost, že byl trend přežívání housenek slabý a neprůkazný, podporují i výsledky metaanalýzy Hubertyho a Denna (2004). Autoři zjistili, že přežívání defoliátorů není ovlivněno vodním stresem rostlin. V této gildě herbivorů bylo však přežívání na stresovaných rostlinách negativně ovlivněno, ačkoli obsah dusíků ve stresovaných rostlinách neovlivňoval přežívání (Huberty, Denno 2004).

V mém případě bylo sledováno pouze přežívání housenek. Vzhledem k velké mortalitě nebylo možno sledovat produkci trusinek, velikost kukel či následně plodnost dospělců. Je velmi pravděpodobné, že některý z parametrů by byl ovlivněn. Housenky b. velkohlavé v experimentech zkonzumovaly mnohem více listů a efektivita přeměny potravy byla nižší na nezavlažovaných plochách (Castagneyrol et al. 2018). Avšak míra růstu b. velkohlavé byla stejná na obou typech ploch jak zalévaných, tak i nezalévaných. Tyto výsledky naznačují, že housenky b. velkohlavé si kompenzovaly nízkou kvalitu listů z nezavlažovaných ploch konzumací většího množství biomasy, což odpovídalo předtrávicímu regulačnímu procesu. Přizpůsobení se nižší kvalitě potravy v podmínkách sucha obecně vede k větší konzumaci potravy, což je následně provázeno větším poškozením stromů (Jactel et al. 2012).

Budoucí studie zabývající se reakcí herbivorů na suchem stresované rostliny by měly odlišit účinky sucha na různé aspekty kvality rostlin (včetně primárních a sekundárních metabolitů a konstitutivní vs. indukované obrany) a metabolické aktivity herbivorů. Změna prostředí neovlivňuje všechny sekundární metabolity v rostlině stejným způsobem (Muzika, 1993; Reichardt et al., 1991; Kainulainen et al., 1996), což znamená, že reakce herbivorů budou složité a komplikované. U dvou druhů vrb se množství kondenzovaných taninů snížilo v mírném suchu, zatímco jednoduché fenolické sloučeniny ovlivněny nebyly (Glynn et al., 2004). Vedle toho pozitivní účinky sucha na nutriční kvalitu, jako je například zvýšení volných aminokyselin, rozpustných proteinů a rozpustných uhlovodíků (Brodbeck a Strong, 1987; Mattson a Haack 1987), mohou působit proti negativním účinkům zvýšených hladin sekundárních metabolitů (Glynn et al., 2004).

Na vývoj b. mnišky chované na jehličnanech může mít vliv i koncentrace terpenů. Množství terpenů u stresovaných rostlin je totiž výrazně vyšší ve srovnání se sazenicemi na zavodněné půdě i se střídavou zálivkou (Kainulainen et al., 1992). Biosyntéza terpenů může být ovlivněna přítomností sacharózy nebo dalšími produkty fotosyntézy. Pokud je stres zvyšován nebo snižován, může to mít vliv na množství obranných látek v rostlině (Schutte 1984).

7 Závěr

Z provedeného experimentu a jeho výsledků se zdá, že housenky b. mnišky na trvale vysoce zavlhčeném substrátu přežívaly nejdéle, ve srovnání s přežíváním housenek na středně vlhkém substrátu a režimem střídání vysokého zamokření a extrémního sucha. Nicméně výsledky nejsou signifikantní. Kvůli vysoké mortalitě housenek nebylo možné stanovit množství a velikost trusinek a úroveň plodnosti dospělců a sledovala se pouze doba přežívání.

Je zřejmé, že sucho vyvolává změny v nutriční hodnotě jehlic, avšak jeho vliv na herbivory se bude lišit v závislosti na druhu hmyzu a druhu dřeviny a jejich specifických formách obrany. Výsledky práce naznačují složitost zkoumání vlivu sucha působícího na rostliny a herbivory a bude nezbytné tento vztah do budoucna dále prozkoumávat.

8 Seznam použité literatury

Agerskov Pedersen, B. & Hansen, P. (1996). Source-sink relations in fruits, pt. 9. Effects of root treatment on growth and fruit development in apple trees. Gartenbauwissenschaft (Germany).

Agrawal, A. A. & Karban, R. (1997). Domatia mediate plantarthropod mutualism. Nature, 387(6633), 562.

Awmack, C. S. & Leather, S. R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. Annual review of entomology, 47(1), 817-844.

Belanger, R. R., Manion, P. D. & Griffin, D. H. (1990). Amino acid content of water-stressed plantlets of *Populus tremuloides* clones in relation to clonal susceptibility to *Hypoxylon mammatum* in vitro. Canadian Journal of Botany, 68(1), 26-29.

Bernays, E. A. & Chapman, R. E. (1994). Behavior: the process of host-plant selection. Host-plant selection by phytophagous insects, 95-165.

Bernays, E. A. (1997). Feeding by lepidopteran larvae is dangerous. Ecological Entomology, 22(1), 121-123.

Bevercombe, G P. & Rayner, A. D. M. (1980). Diamond-bark diseases of sycamore in Britain. New Phytologist, 86(4), 379-392.

Bláha, L. (ed.) (2003). Rostlina a stres. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

Bowers, W. S. (1981). How anti-juvenile hormones work. American Zoologist, 21(3), 737-742.

Bray, E.A., Bailey-Serres, J. & Weretilnyk, E. (2000). Response to abiotic stress. Biochemistry and molecular biology of plants, 1158-1203.

Brennan, E. B. & Weinbaum, S. A. (2001). Effect of epicuticular wax on adhesion of psyllids to *glaucous juvenile* and glossy adult leaves of *Eucalyptus globulus* Labillardière. Australian Journal of Entomology, 40(3), 270-277.

Brodbeck, B. & Strong, D. (1987). Amino acid nutrition of herbivorous insects and stress to host plants, pp. 347 - 364, in P. Barbosa and J. C. Shultz (eds.) Insect Outbreaks. Academic Press, San Diego, CA.

Bruin, J. & Dicke, M. (2001). Chemical information transfer between wounded and unwounded plants: backing up the future. Biochemical Systematics and Ecology, 29(10), 1103-1113.).

Buse A. & Good J. (1996). Synchronization of larval emergence in winter moth (*Operophtera brumata L*.) and budburst in pedunculate oak (*Quercus robur L.)* under simulated climate change. Ecological Entomology, 21, 335–343.

Castagneyrol, B., Moreira, X. & Jactel, H. (2018). Drought and plant neighbourhood interactively determine herbivore consumption and performance. Scientific reports, 8(1), 1-11.

Crawley, M. J. (1985). Reduction of oak fecundity by low-density herbivore populations. Nature, 314(6007), 163-164.

Crawley, M. J. (1997). Plant- herbivore dynamics. – In: Crawley, M. J. (ed.), Plant ecology, 2nd ed. Blackwell, pp. 401 – 474.

ČESKO. Vyhláška č. 101/1996 Sb., Ministerstva zemědělství, kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní stráže. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 29. 3. 2020]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1996-101

ČESKO. Vyhláška č. 358/2019 Sb., o změně sazby základní náhrady za používání silničních motorových vozidel a stravného a o stanovení průměrné ceny pohonných hmot pro účely poskytování cestovních náhrad. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 29. 3. 2020]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2019-358

ČESKO. Vyhláška č. 500/2002 Sb., vyhláška, kterou se provádějí některá ustanovení zákona č. 563/1991 Sb., o účetnictví, ve znění pozdějších předpisů, pro účetní jednotky, které jsou podnikateli účtujícími v soustavě podvojného účetnictví. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 29. 3. 2020]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-500

ČESKO. Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 29. 3. 2020]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262

ČESKO. Zákon č. 563/1991 Sb., o účetnictví. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 29. 3. 2020]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1991-563

Desprez-Loustau, M. L., Marçais, B., Nageleisen, L. M., Piou, D. & Vannini, A. (2006). Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. Annals of forest science, 63(6), 597-612.

Dicke, M. & Bruin, J. (2001). Chemical information transfer between plants: Back to the future. Biochemical Systematics and Ecology, 29(10), 981-994.

Douma, J. C. & Anten, N. P. (2019). Touch and plant defence: volatile communication with neighbours. Journal of experimental botany, 70(2), 371-374.

Dudareva, N., Pichersky, E. & Gershenzon, J. (2004). Biochemistry of plant volatiles. Plant physiology, 135(4), 1893-1902.

Dvořáková, M., Valterová I. & Vaněk T. (2011). Monoterpeny v rostlinách, Chem. Listy 105: 839-845.

Felix, J. (2000). Ptáci lesů a hor, Praha, 223 s. ISBN 80-7151-123-4

Felton, G W. & Tumlinson, J. H. (2008). Plant–insect dialogs: complex interactions at the plant–insect interface. Current opinion in plant biology, 11(4), 457-463.

Forkner, R. E., Marquis, R. J. & Lill, J. T. (2004). Feeny revisited: condensed tannins as anti-herbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*. Ecological Entomology, 29(2), 174-187.

Fürstenberg-Hägg, J., Zagrobelny, M. & Bak, S. (2013). Plant defense against insect herbivores. International journal of molecular sciences, 14(5), 10242-10297.

Glynn, C., Rönnberg-Wästljung, A.-C., Julkunen-Tiito, R. & Weih, M. (2004). Willow genotype, but not drought treatment, affects foliar phenolic concentrations and leaf-beetle resistance. Entomol. Exp. Appl. 113: 1- 14

Gu, X. U. E., Siemann, E., Zhu, L. I. N., Gao, S., Wang, Y. I. & Ding, J. (2014). Invasive plant population and herbivore identity affect latex induction. Ecological Entomology, 39(1), 1-9.

Hale, B. K., Herms, D. A., Hansen, R. C., Clausen, T. P. & Arnold, D. (2005). Effects of drought stress and nutrient availability on dry matter allocation, phenolic glycosides, and rapid induced resistance of poplar to two lymantriid defoliators. Journal of chemical ecology, 31(11), 2601-2620.

Heiermann, J. & Schütz, S. (2008). The effect of the tree species ratio of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) on polyphagous and monophagous pest species–*Lymantria monacha* L. and *Calliteara pudibunda* L.(Lepidoptera: Lymantriidae) as an example. Forest Ecology and Management, 255(3-4), 1161-1166.

Hemming, J. D. & Lindroth, R. L. (2000). Effects of phenolic glycosides and protein on gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) and forest tent caterpillar (Lepidoptera: Lasiocampidae) performance and detoxication activities. Environmental Entomology, 29(6), 1108-1115.

Herms, D. A. & Mattson, W. J. (1992). The dilemma of plants: to grow or defend. The quarterly review of biology, *67*(3), 283-335.

Hnilička, F. & Hniličková, H. (2002). Botanika zemědělská speciální-vybrané kapitoly z fyziologie rostlin. Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, Katedra botaniky a fyziologie rostlin.

Huberty, A. F. & Denno, R. F. (2004). Plant water stress and its consequences for herbivorous insects: a new synthesis. Ecology 85, 1383–1398

Humphreys, N. & Allen, E. (2002). Nun moth - *Lymantria monacha*. Exotic Forest Pest Advisory 6, Victoria, BC, NRC, CFS, Pacific Forestry Centre, 4 pp.

Chamberlain, S. A. & Holland, J. N. (2009). Quantitative synthesis of context dependency in ant–plant protection mutualisms. Ecology, 90(9), 2384-2392.

Chiang, H. S. & Norris, D. M. (1983). Phenolic and tannin contents as related to anatomical parameters of soybean resistance to agromyzid bean flies. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 31(4), 726-730.

Jactel, H., Petit, J., Desprez-Loustau, M. L., Delzon, S., Piou, D., Battisti, A. & Koricheva, J. (2012). Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis. Global Change Biology, 18(1), 267-276.

Johansson, B. G, Anderbrant, O. & Sierpinski, A. (2002). Multispecies trapping of six pests of scots pine in Sweden and Poland. Journal of applied entomology, 126(5), 212-216.

Kainulainen, P., Holopainen, J., Palomäki, V. & Holopainen, T. (1996). Effects of nitrogen fertilization on secondary chemistry and ectomycorrhizal state of Scots pine seedlings and on growth of grey pine aphid. Journal of Chemical Ecology, 22(4), 617-636.

Kainulainen, P., Oksanen, J., Palomäki, V., Holopainen, J. K. & Holopainen, T. (1992). Effect of drought and waterlogging stress on needle monoterpenes of *Picea abies*. Canadian Journal of Botany, 70(8), 1613-1616.

Kimoto, T. & Duthie-Holt, M. (2006). Exotic Forest Insect Guidebook 2006. Ottawa, Canadian Food Inspection Agency, originally published in 2004. (also available at: www.inspection.gc.ca/english/plaveg/pestrava/exot/introe.shtml)

Knížek M., Liška J. (eds.) (2019). Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2018 a jejich očekávaný stav v roce 2019. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 2019, 74 s. Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2019: 1-74

Kolk, A. & Starzyk, J.R. (1996). The Atlas of Forest Insect Pests. The Polish Forest Research Institute, Multico Warszawa.

Komárek, J. (1931). Mnišková kalamita v létech 1917 – 1927. Sborník výzkumných ústavů zemědělských ČSR, sv. 78, Praha, 256 s

Koricheva, J., Larsson, S. & Haukioja, E. (1998). Insect performance on experimentally stressed woody plants: a meta-analysis. Annual review of entomology, 43(1), 195-216.

Larsson, S. & Björkman, C. (1993). Performance of chewing and phloem-feeding insects on stressed trees. Scandinavian Journal of Forest Research, 8(1-4), 550-559.

Larsson, S. (1989). Stressful times for the plant stress: insect performance hypothesis. Oikos, 277-283.

Levin, D. A. (1973). The role of trichomes in plant defense. The quarterly review of biology, 48(1, Part 1), 3-15

Lindroth, R. L. & Hemming, J. D. (1990). Responses of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) to tremulacin, an aspen phenolic glycoside. Environmental Entomology, 19(4), 842-847.

Macek, J., Dvořák, J., Traxler, L. & Červenka, V. (2007). Motýli a housenky střední Evropy. Noční motýli. Academia, Praha.

Madar, Z., Solel, Z., Riov, J. & Sztejnberg, A. (1995). Phytoalexin production by cypress in response to infection *by Diplodia pinea* f. sp. cupressi and its relation to water stress. Physiological and molecular plant pathology, 47(1), 29-38.

Martín del Molino, I. M., Martínez-Carrasco, R., Pérez, P., Hernández, L., Morcuende, R. & Sánchez de la Puente, L. (1995). Influence of nitrogen supply and sink strength on changes in leaf nitrogen compounds during senescence in two wheat cultivars. Physiol. Plant. 95, 51-58

Martin, J. G, Kloeppel, B. D., Schaefer, T. L., Kimbler, D. L. & McNulty, S. G (1998). Aboveground biomass and nitrogen allocation of ten deciduous southern Appalachian tree species. Canadian Journal of Forest Research, 28(11), 1648-1659.

Mašková, L. (2015). Produkce flavonoidů a fenolických látek u Brassicaceae v závislosti na napadení běláskem zelným.

Mattson, W. J. & Haack, R. A. (1987). The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. Bioscience, 37(2), 110-118.

Mcintyre, G A., Jacobi, W. R. & Ramaley, A. W. (1996). Factors affecting Cytospora canker occurrence on aspen. Journal of Arboriculture, 22, 229-233.

Medová, T. (2013). Vlastnosti rostlin určující jejich interakci s herbivory.

Muzika, R. M. (1993). Terpenes and phenolics in response to nitrogen fertilization: a test of the carbon/nutrient balance hypothesis. Chemoecology, 4(1), 3-7.

Netherer S. & Schopf A. (2010). Potential effects of climate change on insect herbivores – general aspects and a specific example (Pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa*). Forest Ecology and Management, 259, 831–838.

Novák, I. & Severa, F. (2005): Motýli, Aventinum

Ode, P. J. (2006). Plant chemistry and natural enemy fitness: effects on herbivore and natural enemy interactions. Annu. Rev. Entomol., 51, 163-185.

Osier, T. L., Hwang, S. Y. & Lindroth, R. L. (2000). Effects of phytochemical variation in quaking aspen *Populus tremuloides* clones on gypsy moth *Lymantria dispar* performance in the field and laboratory. Ecological Entomology, 25(2), 197-207.

Pearson, M. & Brooks, G L. (1996). The effect of elevated CO2 and grazing by *Gastrophysa viridula* on the physiology and regrowth of *Rumex obtusifolius*. New phytologist, 133(4), 605-616.

Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Vendramini, F., Cornelissen, J. H., Gurvich, D. E. & Cabido, M. (2003). Leaf traits and herbivore selection in the field and in cafeteria experiments. Austral Ecology, 28(6), 642-650.

Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J. & Šebánek, J. (1998). Fyziologie rostlin. 1. vyd. Praha: Academia, 412-431.

Puritch, G S. & Mullick, D. B. (1975). Effect of water stress on the rate of non-suberized impervious tissue formation following wounding in Abies grandis. Journal of Experimental Botany, 26(6), 903-910.

Reichardt, P. B., Chapin, F. S., Bryant, J. P., Mattes, B. R. & Clausen, T. P. (1991). Carbon/nutrient balance as a predictor of plant defense in Alaskan balsam poplar: potential importance of metabolite turnover. Oecologia, 88(3), 401-406.

Robinson P. D. (1982). The respective roles of bell miners and other psyllid-eating birds in the maintenance and control of psyllid (Homoptera: Psyllidae) outbreaks (Honours Thesis). Monash University, Melbourne

Roitberg, B. D., Myers, J. H. & Frazer, B. D. (1979). The influence of predators on the movement of apterous pea aphids between plants. The Journal of Animal Ecology, 111-122.

Rouault, G, Candau, J. N., Lieutier, F., Nageleisen, L. M., Martin, J. C. & Warzée, N. (2006). Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. Annals of Forest Science, 63(6), 613-624.

Schönwitz, R., Lohwasser, K., Kloos, M. & Ziegler, H. (1990). Seasonal variation in the monoterpenes in needles of *Picea abies* (L.) Karst. Trees, 4(1), 34-40.

Schönwitz, R., Merk, L. & Ziegler, H. (1987). Naturally occurring monoterpenoids in needles of *Picea abies* (L.) Karst. Trees, 1(2), 88-93.

Schütte, H. R. (1984). Secondary plant substances. Monoterpenes. In Progress in Botany/Fortschritte der Botanik (pp. 119-139). Springer, Berlin, Heidelberg

Schwenke, W. (1978). Die forstschädlinge europas, Band 3. Paul Parey, 467, Berlin und Hamburg

Slansky Jr, F. & Scriber, J. M. (1985). Food consumption and utilization. Comparative Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology.

Speight, M.R. & Wainhouse D. (1989). Ecology and Management of Forest Insects. Oxford University Press, Oxford.

Steigerová, H. (2008). Mechanismy adaptačních a aklimačních reakcí rostlin na herbivorii (Doctoral dissertation, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta).

Swihart, R. K., DeAngelis, D. L., Feng, Z. & Bryant, J. P. (2009). Troublesome toxins: time to re-think plant-herbivore interactions in vertebrate ecology. BMC ecology, 9(1), 5.

Šrůtka, P. et al., (1993). Bekyně mniška: *Lymantria monacha*. Praha: Min. zemědělství ČR

Švestka M. (1994). Ohlédnutí za gradací bekyně velkohlavé. [Outbreak of *Lymantria dispar* L.] Lesnická práce 73, 5-7.

Švestka, M. a kol. (1996). Praktické metody v ochraně lesa. Silva Regina, Praha, 309 s. ISBN 80-902033-1-0

Turlings, T. C., Tumlinson, J. H. & Lewis, W. J. (1990). Exploitation of herbivore-induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. Science, 250(4985), 1251-1253.

Uhlíková, H., Nakládal, O., Jakubcová, P. & Turčáni, M. (2011). Outbreaks of the Nun Moth (*Lymantria monacha*) and historical risk regions in the Czech Republic. Šumarski list, 135(9-10), 477-485.

Van Dam, N. M. & Hare, D. J. (1998). Differences in distribution and performance of two sap-sucking herbivores on glandular and non-glandular *Datura wrightii*. Ecological Entomology, 23(1), 22-32.

Vanhanen, H., Veteli, T. O., Paivinen, S., Kellomaki, S. & Niemela, P. (2007). Climate change and range shifts in two insect defoliators: gypsy moth and nun moth-a model study. Silva Fennica, 41(4), 621.

Visser, J. H. (1986). Host odor perception in phytophagous insects. Annual review of entomology, 31(1), 121-144.

Wallner, W.E. (2000). *Lymantria monacha*. NAFC-ExFor Pest Report. Created 1998, modified 2000. (available at: www.spfnic.fs.fed.us/exfor/data/pestreports.cfm?pestidval=7&langdisplay=english)

White, T. C. R. (1969). An index to measure weather-induced stress of trees associated with outbreaks of psyllids in Australia. Ecology, 50(5), 905-909.

White, T. T. (1984). The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. Oecologia, 63(1), 90-105.