

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ  
UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA EKOLOGIE



**Může žír fytofágního hmyzu omezovat rozšíření rostlinných  
druhů?**

Can phytophagous insect feeding limit distribution of plant species?

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Jan Douša, Ph.D.

**Bakalant:** Barbora Chovancová

**2015**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Barbora Chovancová

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Může žír fytofágního hmyzu omezovat rozšíření rostlinných druhů?**

Název anglicky

**Can phytophagous insect feeding limit distribution of plant species?**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zjistit, jestli žír fytofágního hmyzu může zmenšit potenciální areál výskytu druhu.

Součástí práce bude: i) literární rešerše, která shrne dosavadní poznatky o vlivu fytofágního hmyzu na distribuci rostlinných druhů. ii) případová studie, ve které bude zjišťován výskyt fytofágního hmyzu a jeho žír na olši lepkavé a šedé (*Alnus glutinosa*, *A. incana*) podél gradientu nadmořské výšky.

### Metodika

Případová studie bude provedena podél výškového gradientu řeky Otavy. Na deseti liniových transektech v různých nadmořských výškách bude zjišťován výskyt a žír fytofágního hmyzu na olši lepkavé a olši šedé (*Alnus glutinosa* a *Alnus incana*). Sledování bude opakováno 3-krát v průběhu vegetační sezóny. Bude vyhodnocen výskyt fytofágního hmyzu a míra žíru stromů v jednotlivých nadmořských výškách. Bude zjištěno, zda se míra žíru v závislosti na nadmořské výšce liší mezi druhy olše.

### Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

### Klíčová slova

*Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, výškový gradient, Otava, *Agelastica alni*

---

### Doporučené zdroje informací

- Baur, R., Binder, S., & Benz, G. (1991). Nonglandular leaf trichomes as short-term inducible defense of the grey alder, *Alnus incana* (L.), against the chrysomelid beetle, *Agelastica alni* L. *Oecologia*, 87(2), 219-226.
- Dolch, R., & Tschardtke, T. (2000). Defoliation of alders (*Alnus glutinosa*) affects herbivory by leaf beetles on undamaged neighbours. *Oecologia*, 125(4), 504-511.
- Maron, J. L., & Crone, E. (2006). Herbivory: effects on plant abundance, distribution and population growth. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1601), 2575-2584.
- Merrill, R. M., Gutiérrez, D., Lewis, O. T., Gutiérrez, J., Díez, S. B., & Wilson, R. J. (2007). Combined effects of climate and biotic interactions on the elevational range of a phytophagous insect. *Journal of Animal Ecology*, 77(1), 145-155.

---

### Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

### Vedoucí práce

Ing. Jan Douda, Ph.D.

---

Elektronicky schváleno dne 11. 12. 2013

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 18. 12. 2013

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 09. 04. 2015

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jana Doudy, Ph.D. a že jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne

9. 4. 2015

.....

Chovancová Barbora

## **Poděkování**

Nejvíc bych chtěla poděkovat Ing. Janu Doudovi, Ph.D. za trpělivost, rady a čas, který mi věnoval a hlavně za ochotnou pomoc při práci v terénu. Dále děkuji Ing. Michalu Knappovi, Ing. Aleně Drašnarové, Kateřině Zákostecké a doc. Mgr. Bohumilu Mandákovi, Ph.D. A také děkuji své rodině za pomoc a psychickou podporu.

V Praze dne

9. 4. 2015

.....

Chovancová Barbora

## Abstrakt

V této práci popisuji dosavadní poznatky o vlivu fytofágního hmyzu na distribuci rostlinných druhů a zaměřuji se na vliv bázlivce olšového (*Agelastica alni*) na rozšíření olše lepkavé (*Alnus glutinosa*) a olše šedé (*Alnus incana*) podél gradientu nadmořské výšky. Sběr dat probíhal podél řeky Otavy a řeky Křemelné. Zjišťování intenzity žíru, který může mít negativní dopady na zkoumané druhy, bylo provedeno v květnu a v červenci v roce 2013 a to sběrem listů z obou druhů a zjištěním nadmořské výšky každého stromu. Zjišťovány byly i vlastnosti jednotlivých stromů a odhad zasažených listů. Ke zpracování dat muselo být provedeno sušení a následné skenování listů, které byly použity pro výpočet plochy žíru v programu Lamina. Data byla statisticky vyhodnocena pomocí zobecněného lineárního modelu a grafického znázornění. Z výsledků lze vyvodit, že *A. incana* může být limitována *A. alni* a to hlavně v nižších nadmořských výškách. Na *A. incana* byl větší žír a byla více napadena než *A. glutinosa*. Nejintenzivnější žír zapříčinily larvy *A. alni*. Důležitými faktory pro upřednostnění stromu k žíru *A. alni* byla výška a výčetní tloušťka stromu.

**Klíčová slova:** *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, výškový gradient, Otava, *Agelastica alni*

## **Abstrakt**

In this work I describe the current knowledge about the impact of phytophagous insects on the distribution of plant species and I focus on the effects that alder leaf beetle (*Agelastica alni*) has on distribution of black alder (*Alnus glutinosa*) and gray alder (*Alnus incana*) along the altitudinal gradient. Data were collected along the rivers Otava and Křemelná. Detection of the intensity of feeding, which can have negative impacts on the investigated species, was carried out in May and in July 2013, by collecting leaves of both species and finding the altitude of each tree collected from. Properties of individual trees were also investigated and estimation of the number of affected leaves was done. The data were processed by drying and subsequent scanning of leafs, area of feeding was calculated in the program Lamina. Data were statistically analyzed using generalized linear models and graphical representation. From the results it can be concluded that *A. incana* may be limited by *A. alni*, mainly at lower altitudes. *A. incana* was more fed upon and more attacked than *A. glutinosa*. The most intensive feeding was caused by the larvae of *A. alni*. Important factors for prioritizing the tree to feed on by *A. alni* were breast-height diameter and height of the tree.

**Key words:** *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, elevation gradient, Otava, *Agelastica alni*

## Obsah

1. Úvod.....	10
1.1. Cíle práce.....	11
2. Ovlivnění rostlin hmyzími herbivory.....	12
2.1. Hranice areálu.....	13
2.2. Specializace potravy fytofágního hmyzu .....	14
3. Olše a bázlivec olšový.....	16
3.1. Olše.....	16
3.1.1. Olše lepkavá .....	16
3.1.2. Olše šedá .....	17
3.2. Mandelinkovití .....	17
3.2.1. Bázlivec olšový .....	18
3.3. Interakce mezi olšemi a bázlivcem olšovým.....	18
4. Charakteristika oblasti.....	20
5. Metodika .....	22
6. Výsledky .....	23
6.1. Závislosti mezi vlastnostmi rostlin, žírem a napadením .....	23
6.1.1. Nižší oblast.....	23
6.1.2. Celá oblast.....	24
6.2. Rozdíly napadení a žíru plochy listů v závislosti na nadmořské výšce.....	24
6.2.1. Napadení listů v nižší oblasti .....	24
6.2.2. Žír plochy listů v nižší oblasti.....	25
6.2.3. Rozdíly počtu larev a nových listů v nižší oblasti.....	26
6.2.4. Napadení a žír plochy listů v celé oblasti.....	27
6.3. Rozdíly napadení a žíru plochy listů mezi druhy v nižší oblasti.....	28
6.3.1. Rozdíly napadených listů .....	28



6.3.2.	Rozdíly žíru plochy listů .....	29
6.3.3.	Rozdíly počtu nových larev a nových listů .....	30
7.	Diskuze.....	31
8.	Závěr .....	34
9.	Seznam literatury .....	35
10.	Přílohy.....	41

## 1. Úvod

Ještě před několika málo desetiletími bylo těžké odpovědět na otázku, jestli četnost rostlin ovlivňují hmyzí herbivoři. Manipulativní experimenty týkající se účinku konzumentů na rostliny byly dříve relativně vzácné. Převažující názor byl, že herbivoři nemají velký efekt na četnost a dynamiku rostlin. V posledních letech nicméně vznikl počet studií na téma účinku hmyzích herbivorů na četnost rostlin. Mnoho z nich demonstrovalo, že herbivoři mohou četnost rostlin přímo omezovat (Herdix & Trapp 1989; Carson & Root 2000; Kelly & Dyer 2002; Maron et al. 2002).

Hmyzí herbivoři mohou mít negativní dopad na rostlinné druhy. Mohou ovlivnit růst, reprodukci nebo schopnosti druhu přežít (Crawley 1997). Herbivorie má negativní účinek na rostliny pokud nedochází k mutualismu (Pierce & Elgar 1985), ale obvykle nevede k jejich letalitě. Je důležité, jaké části rostlin jsou spásány (Crawley 1997). Největší následky může mít predace semen, ale i ztráta rostlinných pletiv u mladých rostlin může mít fatální následky (Maron & Crone 2006). Většina dosud existujících studií ukázala, že intenzita žíru fytofágního hmyzu klesá se stoupající nadmořskou výškou (Scheidel et al. 2003; Hodkinson 2005), ale samozřejmě se našly i výjimky. Práce, které pojednávají o možnosti fytofágního hmyzu omezovat areál druhu, se spíše zaměřují mezi typy okolních stanovišť, touto problematikou se zabýval například Louda (1982).

V mé práci jsem studovala, jestli může žír fytofágního hmyzu omezovat rozšíření rostlinných druhů. Zaměřila jsem se na dva druhy olše a to na olši šedou a olši lepkavou (*Alnus incana*, *Alnus glutinosa*), které jsou napadány bázlivcem olšovým (*Agelastica alni*) podél gradientu nadmořské výšky. Dostupné zahraniční studie se zaměřují spíše na obranu olší a to jak na mechanickou tak na chemickou obranu, jako například (Baur et al. 1991; Dolch & Tschardtke 2000; Tschardtke et al. 2001). V České republice se o danou problematiku zajímal Urban (1999), ale z hlediska škodlivosti a biologie *A. alni* na *A. glutinosa*. Studie zaměřené přímo na ovlivnění žíru u těchto druhů nadmořskou výškou dosud nebyly zkoumány.

## **1.1. Cíle práce**

Cílem mé bakalářské práce bylo zjistit, jestli žír fytofágního hmyzu může zmenšit potenciální areál výskytu druhu. Součástí práce je literární rešerše o dosavadních poznatcích vlivu fytofágního hmyzu na distribuci rostlinných druhů a případová studie, ve které je zjišťován vliv fytofágního hmyzu na rozšíření olše lepkavé a šedé (*Alnus glutinosa*, *Alnus incana*) podél gradientu nadmořské výšky.

## 2. Ovlivnění rostlin hmyzími herbivory

Herbivorní živočichové mají negativní vliv na růst, reprodukci a přežití rostlin (Louda 1982; Brys et al. 2011). Na rostliny útočí mnoho rozdílných konzumentů (Crawley 1997; Louda 1989; Strauss & Zangrel 2002). Hlavní otázkou je, jak často a za jakých podmínek se pokles v růstu rostlin, jejich produktivitě a přežití způsobené herbivorií přenáší na početnost a dynamiku populací druhů a jejich rozšíření (Maron & Crone 2006). Jak velké poškození od herbivorů na rostlině vznikne, může často ovlivnit způsob života rostliny. Většina druhů snese do 15 % poškození celé rostliny, je ale důležité zohlednit kondici a stáří rostliny (Crawley 1997). Rostliny, které produkují velká semena, jsou mnohem zranitelnější vůči semenné predaci po roztroušení než rostliny, které produkují semena malá (Mittelbach & Gross 1984; Schupp et al. 1989; Reader 1993). Rychle rostoucí, málo chráněné rostliny jsou často více poškozené od herbivorů než pomaleji rostoucí, více chráněné druhy (Coley et al. 1985). Krátkodobě žijící rostliny, které hodně spoléhají na běžný spad semen pro regeneraci, by měly být více negativně ovlivněny herbivorií, než dlouho žijící trvalky, nebo krátce žijící letničky s dlouhou životností semenné banky (Louda & Potvin 1995). Druhy s velkou délkou života, buď jako dospělci, nebo jako nečinná semena, by měly být více rezistentní proti těžké herbivorii, protože během roku mohou kompenzovat dobu, kdy je herbivorie intenzivnější (Maron & Crone 2006).

Hmyz patří mezi ektotermní organismy, proto se očekává, že míra herbivorie hmyzu se sníží s rostoucí nadmořskou výškou. Většina studií se skládá buď z vlivu všech hmyzích herbivorů na jednu rostlinu, nebo všech herbivorů na všechny rostliny. Všeobecně studie ukázaly, že míra žíru klesá s nadmořskou výškou, ale samozřejmě se našly i výjimky. Záleží na metodě měření žíru (Hodkinson 2005). Nedávná studie lesního hmyzu podél 24 výškových gradientů v Evropě potvrzuje nedostatek konzistentního účinku nadmořské výšky (Rasmann et al. 2014). Některé studie ukazují, že systém snížení míry žíru s nadmořskou výškou je jasnější pro nespecializované druhy s širokým spektrem potravních zdrojů oproti druhům s úzkým okruhem potravních zdrojů (Scheidel et al. 2003; Hodkinson 2005). Nicméně význam specializovaných herbivorů a generalistů se může také lišit s nadmořskou výškou, i když důkazy jsou smíšené, jelikož se zvyšující se nadmořskou výškou v tropech je vyšší rozmanitost a specializace oproti mírnému

pásu, kde je systém rozmanitosti a specializace opačný. Měřením rozmanitosti herbivorů podél výškového gradientu je možné analyzovat průměrnou mírou herbivorie na úrovni společenstva pro všechny odlišné druhy, které jsou přítomny ve společenstvu. Tento přístup nám umožňuje porozumět, jak může úspěch rostlinných druhů s naprosto odlišnými ekologickými a anti-herbivorními strategiemi podél výškového gradientu řídit pozorovanou míru žíru a nepřímo, jak herbivorie ovlivňuje rostlinou strukturu společenstva podél gradientu (Rasmann et al. 2014). Výrazným abiotickým ovlivňujícím faktorem je klima. Náročné klima může vést k zvýšení tloušťky listů a snížení specifické plochy listů (Wright et al. 2004). Přítomnost velkého sucha prokazuje schopnost inhibovat sekundární metabolismus rostlin (Gutbrodt et al. 2011), a tím zvýšit náchylnost k herbivorům a patogenům (Jactel et al. 2012). Zpožděné tání sněhu může být schopné zvýšit množství dusíku v listech a míru žíru (Torp et al. 2010). Rostlinné druhy z vyšších nadmořských výšek se mohou adaptovat na drsné klimatické podmínky tím, že se jim vyvinou tužší listy a to může nepřímo udávat zvýšenou odolnost vůči herbivorům. Selektivní síly abiotických podmínek, například odolnost vůči chladu, mohou být podél výškového gradientu silnější než biotické podmínky, například odolnost vůči herbivorům. To však může být orgánově specifické v závislosti na analyzované vlastnosti, protože je obecně obtížnější se rozmnožovat ve vyšších nadmořských výškách, takže samotná nadmořská výška může být popudem pro zvýšení obrany u důležitých orgánů (Zangerl & Rutledge 1996).

## **2.1. Hranice areálu**

Herbivoři mohou ovlivňovat obecné distribuční limity rostlin. Hranice dosahu jsou velmi dynamické, rozšiřující se nebo se zmenšující v závislosti na tom, jak omezuje nebo umožňuje populační růst kolísání v abiotickém a biotickém prostředí (Maron & Crone 2006). Dříve bylo uvažování o faktorech, které limitují distribuční rozsah rostlin, převážně zaměřeno na abiotické faktory, jako je klima a edafické podmínky (Salisbury 1926; Arris & Eagleson 1989; Demers et al. 1998). Oblasti ihned za rozsahem mnoha rostlin jsou často abioticky podobné těm, které jsou uvnitř rozsahu těchto druhů. Zdá se, že mnoho rostlin by mohlo fyziologicky tolerovat oblasti mimo jejich stávající rozšíření (Maron & Crone 2006). Louda (1982) zjišťoval, jestli struktura početnosti rostlin může být řízena hmyzí herbivorií mezi typy stanovišť.

Zkoumal četnost keře *Haplopappus squarrosus*, který byl více rozšířen na ostrovních stanovištích než na stanovištích blízko u pobřeží. Vyloučením herbivorů požírající semena před vysemeněním na tomto gradientu vedlo ke větším ziskům ve vzniku sazenic na pobřežních stanovištích oproti ostrovním. Takže se zdálo, že herbivorie řídila systém v četnosti rostlin přes tento geografický gradient (Louda 1982).

## 2.2. Specializace potravy fytofágního hmyzu

Hmyz dělíme podle specializace potravy na monofágy, polyfágy a oligofágy. Fytofágní hmyz všeobecně můžeme rozdělit na brouky s širším a užším výběrem hostitelských rostlin. Je mnoho faktorů ovlivňujících toto rozložení. Do širšího výběru patří polyfágové a do užšího výběru patří monofágové a oligofágové. Můžeme je také rozdělit na ty, jenž závisí na hustotě populace daného hmyzího druhu a na ty, jenž nezávisí na této hustotě populace. Faktor závislý na hustotě populace, který podporuje širší výběr hostitelských rostlin, je vnitrodruhová konkurence. V případě vysoké hustoty populace je výhodnější vybrat si méně kvalitní rostliny před kvalitnějšími, které se vyskytují v menším počtu. Tím se totiž sníží konkurenční tlak ze strany stejného druhu (Jaenike 1990). Dalším faktorem, který podporuje širší výběr, je funkční odpověď na predátory. Jedinci soupeří o areál s malým množstvím predátorů (Price et al. 1986), ale tam, kde se predátoři nevyskytují v hojném počtu, se nemusí vyskytovat nejkvalitnější rostliny (Thomson 1988). Faktory závislé na hustotě populace, které podporují užší výběr, jsou překonání rostlinné obrany a jednodušší hledání partnera. Druhy s menší potravní specializací dokáží najít partnera na hostitelské rostlině dříve než ty, které mají širší specializaci potravy a tím mají větší plochu k hledání svého potenciálního partnera (Rhoades 1985). Mezi faktory nezávislé na hustotě populace pro širší výběr hostitelských rostlin řadíme vzácnost, nepředvídatelnost a nevýraznost hostitelské rostliny. To znamená, že rostliny jsou špatně viditelné a v malém počtu a tím pádem je obtížnější je nalézt a naklást na ně vajíčka. Proto pro kladení vajíček je výhodnější mít širší záběr hostitelských rostlin v případě velké populace brouků a malé populace hostitelské rostliny (Strong et al. 1984). Za další faktory můžeme považovat mravenčí mutualismus (Pierce & Elgar 1985) a dále také pokud je hostitelská rostlina malá u druhu s velkou konzumací v larválním stádiu (Jaenike 1990). Posledním závislým faktorem, který je spíše prospěšný v malých populacích, je rozložení

možného potenciálního nebezpečí pro potomky tím, že budou klást vajíčka na více rostlin (Janzen 1985). Mezi faktory nezávislé na hustotě populace pro užší výběr hostitelských rostlin řadíme specifickou adaptaci na hostitelskou rostlinu, mezidruhovou konkurenci o potravu nebo prostor bez predátorů, odolnost proti všeobecným predátorům, podobnost některých hostitelských rostlin nevhodných k napadení fytofágem a četnost hostitelských rostlin a jejich vzhled pro snadnější nalezení a nakladení vajíček. Zda-li je daný druh monofág, polyfág, nebo oligofág, je dáno různou kombinací vlivu těchto faktorů a abiotických podmínek (Jaenike 1990).

Specializace potravy u fytofágního hmyzu je nejlépe prozkoumaná u druhů škodících zejména na zemědělských plodinách, protože je potřeba se proti nim bránit. Monofágů živících se na jednom druhu hostitelské rostliny je převážně málo, například nosatec *Pseurdochestes purkynei*, který se vyskytuje na sinokvětu chrpovitém (*Jurinea cyanoides*). Na úrovni jednoho rodu je úzká olygofágie mnohem častější. Například nosatec *Orchestes testaceus*, který vyžírá listový parenchym na *A. glutinosa* a *A. incana*. Mezi polyfágy živící se různorodou potravou můžeme jmenovat některé lalokonosce rodu *Otiorrhynchus*, nebo nosatce *Trachodes hispidus*. Invaze a expanze nepůvodních druhů je zapříčiněna rostoucím mezinárodním obchodem. V novém prostředí většina organismů nepřežije. Mohou ale i zdomácnět nebo se rozšiřovat, pokud mají přítomné hostitelské rostliny. Proto je mnoho herbivorů považováno za zemědělsky hospodářské škůdce, v České republice například mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*) a bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera*). Pokud se domácí herbivor začne šířit, je pomalý a nenápadný. Šíření může být důsledkem např. oslabení hostitelského druhu, jako tomu je u olší v posledním desetiletí. Olše je napadána řasovkou (*Phytophthora alni*), která způsobuje chřadnutí olší. Toho zneužívá nosatec *Orchestes testaceus* (Špryňar & Strejček 2012).

### 3. Olše a bázlivec olšový

#### 3.1. Olše

Olše řadíme do čeledi břízovité (*Betulaceae*; Musil 2005). Jsou to dřeviny, které se vyskytují v severních částech zeměkoule. Mezi hlavní druhy se řadí *A. glutinosa*, *A. incana*, olše srdčitá (*Alnus cordata*) a olšovka zelená (*Duschekia alnobetula*; Větvička 1999). Jsou to listnaté opadavé stromy nebo keře. Postranní větve kořenů na sobě mají hlízky. Tyto hlízky vznikají činností symbiotických aktinomycetů z rodu *Frankia* a poutáním vzdušného dusíku dopomáhají k obohacení výživy pro oba symbionty (Musil 2005). Olše zpevňují břehy a dodávají potřebný stín. Díky stínu jsou pak vody chladnější a bohatší na kyslík. Jejich kořeny vytváří úkryty pro vodní i suchozemské živočichy (Lohmann 2005). V České republice jsou dva domácí druhy stromového typu a to *A. glutinosa* a *A. incana* a jednoho keřového typu *D. alnobetula*. *A. cordata* se u nás vyskytuje z cizích druhů nejčastěji, ostatní druhy jen vzácně (Musil 2005). Listy olší a to *A. incana* a *A. glutinosa* jsou požírány bázlivcem olšovým (*Agelastica alni*). Není však jediným druhem poškozujícím jejich listy. Dalšími druhy jsou mandelinka olšová (*Linaeidea aenea*), listopas smrkový (*Polydrusus impar*), bázlivec hrušňový (*Luperus flavipes*) nebo listohlod skvrnitý (*Phyllobius calvaratus*). *A. incana* požírají ve středních až vyšších nadmořských výškách. *A. glutinosa* požírají v nižších a středních nadmořských výškách. Zasaženy bývají všechny stromy, jen málokdy se objeví strom, který není zasažen herbivorem (Urban 1999).

##### 3.1.1. Olše lepkavá

*Alnus glutinosa* se vyskytuje takřka po celé Evropě, dokonce i na Kavkazu nebo Sibiři a i v severních částech Afriky. K rozšíření olše ve velké míře dopomohl člověk. Je autochtonním druhem, takže vytváří ve vlhkém prostředí vzdušné kořeny, jako některé stromy z oblasti subtropů (Větvička 1999). Díky vázání dusíku, který vážou houby umístěné v kořenových váčcích, může růst i na půdách, které jsou chudé na živiny a kde dusíku je nedostatek (Lohmann 2005). Dosahuje 10 – 25 m, má širokou korunu a její mladší větve jsou lepkavé a lysé (Mayer 2006). Starší borka je brázditá a šedočerná. Soliterní stromy mívají větve až k zemi a ty, co rostou v zápoji v břehovém porostu, mají vysoko umístěné koruny (Větvička 1999). Listy o



velikosti 4 – 10 cm jsou dvakrát pilovité (Mayer 2006), vykrojené na špičce, s krátkým řapíkem. Mladé listy jsou lepkavé (Větvička 1999). Olše mohou dorůstat až 30 – 40 cm tloušťky a jejich stáří může dosahovat sta let. Jejich pařezy se ponechávají k vyrašení nových olší (Lohmann 2005). Z hlediska ekologie je olše lepkavá světlomilný strom a je nenáročná na klimatické změny. Snese i dvoutýdenní zaplavení a dokáže růst na výsypkách, kde se v dosahu kořenů nevyskytuje žádná podzemní voda. K přežití ji na takovýchto stanovištích postačí kondenzace vody v nasypané zemině. Na kyselé rašelinné půdě strádá. Je hojná na březích pomalu tekoucích vod a slepých ramen, také preferuje rybníky a tůně, prameniště, bažinaté louky a lesní močály. Vyskytuje se hlavně v lužních lesích, nížinných oblastí (Musil 2005).

### 3.1.2. Olše šedá

*Alnus incana* se vyskytuje takřka po celé Evropě až po Kavkaz (Větvička 1999). Strom dosahující 8 – 12 m má oproti *A. glutinosa* neplstnaté a nelepkavé mladé větve a jeho koruna je kuželovitá (Mayer 2006). Kmen je zprvu v mládí celý šedý a v pozdějším věku se jeho dolní část stává tmavošedou, šupinatou a rýhovanou (Větvička 1999). Listy o velikosti 5 – 10 cm jsou dvakrát pilovité (Mayer 2006), špičaté, s dlouhým řapíkem. Olše šedá je pionýrskou dřevinou, proto je vhodná k zalesnění půd, které jsou suché nebo neplodné (Větvička 1999). Její kořeny zpevňují půdu na osypech a sesuvech. Nalezneme ji hlavně v polohách s vyšší nadmořskou výškou. Nenajdeme ji tak blízko u vodních toků jako olši lepkavou (Lohmann 2005), ale je také součástí lužních lesů a vlhkých svahů (Mayer 2006). Z ekologického hlediska je olše šedá světlomilná rostlina a má vysokou toleranci k množství vody, která jí je k dispozici. Netoleruje vody stagnující. Je nenáročná na klimatické podmínky. Daří se jí na půdách chudých, oproti *A. glutinosa* na půdách silně kyselých. Vyžaduje provzdušněné a kypré půdy (Musil 2005).

## 3.2. Mandelinkovití

Jedná se o jednu z nejpočetnějších čeledí hmyzu zahrnující 561 druhů, v nichž je obsaženo 79 rodů. Vyskytují se na stromech, bylinách a keřích a někteří jsou považovány za lesní a zemědělské škůdce (Pokorný 2002). Brouci z čeledi mandelinkovitých (*Chrysomelidae*) jsou malého vzrůstu a mají velmi pestré

zbarvení, kovově se lesknou a jsou zavalití s vyklenutým tělem. Mohou mít krátké kráčivé, nebo skákavé nohy. Žírem skeletují listy bylin i dřevin a pohybují se na nich pomalu nebo skákavě (Amann 1995). Vajíčka kladou v hromádkách, buď přímo na půdu, nebo na rostliny (McGavin 2005). Po naklazení vajíček na list je překryjí sekretem sloužícím k ochraně. Larvy jsou pestře zbarvené nebo černé a protáhlé (Amann 1995) a kuklí se na rostlině nebo v menších případech v zemi a žijí na kořenech, stvolech a listech (McGavin 2005).

### **3.2.1. Bázlivec olšový**

Bázlivec olšový (*Agelastica alni*) je velmi rozšířeným druhem. Kromě některých severních částí Evropy je velmi hojný a byl zavlečen i do Severní Ameriky (Urban 1999). Je to leskle kovově modrý až fialově zbarvený brouk a řadí se do čeledi mandelinkovití. Tito drobní brouci s krátkýma nohama a klenutým tělem (Jelínek & Zicháček 2005) se vyskytují v palearktických a nearktických oblastech a dosahují 6 – 7 mm. Daří se jim na mokřích stanovištích, většinou na březích vod nebo na okrajích lesů (Zahradník & Severa 2006). Okusují zejména listy olší, bříz, ojediněle topolů a vrb (Amann 1995). Olše jsou hostitelskými rostlinami larev i imága (Zahradník & Severa 2006). Bázlivci v květnu a červnu poletují a v tomto období začínají klást vajíčka žluté barvy na spodní stranu listu. Klazení probíhá 5 – 6 týdnů. Larvy se líhnou během června až července a skeletují listy. Koncem července až srpna se kuklí ve vrchní vrstvě půdy. Mladí brouci přicházejí po pár týdnech. Žijí na listech, dokud nepřijdou mrazy a následně přezimují pod mechem a listím. Díky neustálému klazení můžeme nalézt současně brouky i larvy. Tato kombinace může být velmi nebezpečná pro mladé stromy olší (Amann 1995).

### **3.3. Interakce mezi olšemi a bázlivcem olšovým**

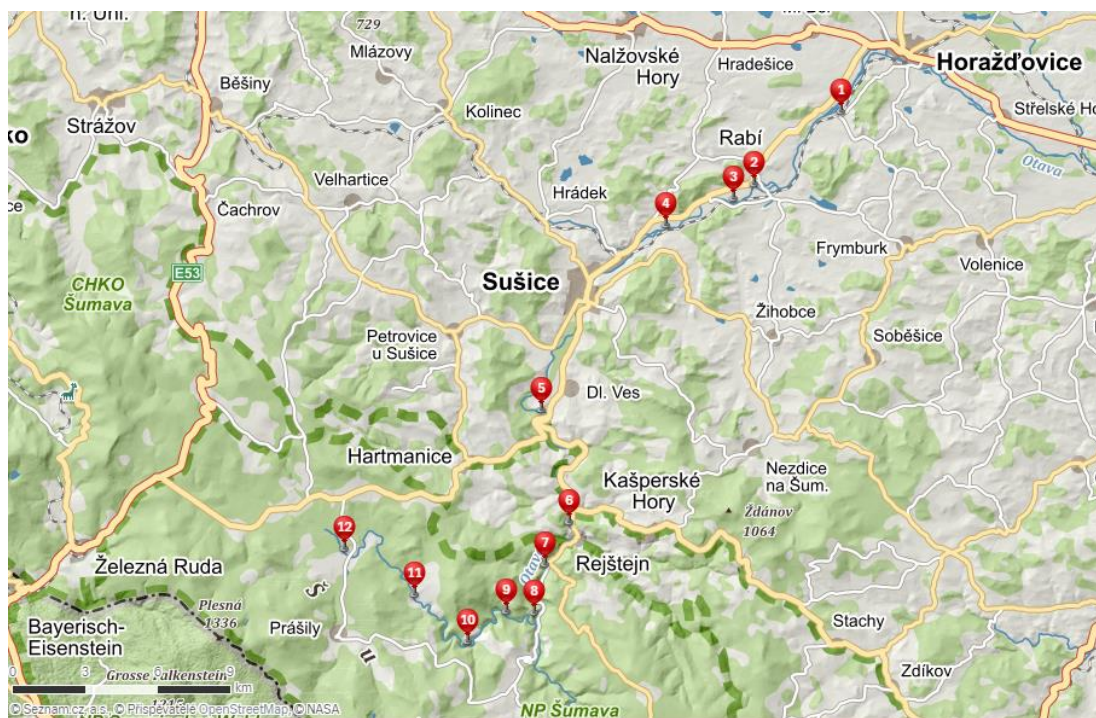
V rámci Evropy je bázlivec hlavní příčinou úhynu zejména mladých olší, neboť po přemnožení bázlivce dochází k celkovému odlisťování stromů (Baur et al. 1991; Tschamntke et al. 2001). Na území České republiky se přemnožil počátkem 90. let zejména v důsledku sucha a mírných zim, které zapříčinily nedostatečný vegetační klid olší. Bázlivce můžeme na území ČR považovat za druh, který se vyvíjí skoro výhradně na olších. Na jiných dřevinách (líška, bříza, topol, vrba, lípa nebo habr) se vyskytuje v případě holozíru olší, kdy jsou mladí brouci donuceni dokončit

svůj vývoj na náhradním hostiteli. Brouci napadají nově vyrašené listy a požírají je v průběhu nejméně dvou měsíců (Urban 1999). Je pravděpodobné, že napadají nové listy, protože obsahují více cukru a škrobu, které jsou výživné pro samičky (Oleksyn et al. 1998). Larvy se k nim připojí po necelém měsíci. Listy poškozují škrábavým žírem po dobu jednoho měsíce. Larvy dorostou v mladé brouky a ožírají 3 – 4 týdny mladé, ale vzrostlé listy. Poslední mladí brouci se mohou na olších vyskytovat v září až v říjnu. Žír na starších stromech může vyvolat ztráty v přírůstcích a zvyšovat náchylnost dřevin k sekundárním škůdcům a chorobám. Pokud se k tomu připojí velké sucho, krytonosec olšový (*Cryptorhynchus lapathi*), mera olšová (*Psylla alni*) nebo jiní škodliví činitelé, mohou starší stromy prosychat a někdy i hynout (Urban 1999). Hlavní obranou olší je tvorba nových listů. Pro olši je typické, že raší listy neustále během celého roku. Po odlistění většinou rostliny přemístí zásoby z kořenů do tvorby nových listů, aby si vynahradily ztráty listové plochy (Dolch & Tschardtke 2000). Další obranou je chemická komunikace mezi stromy v rámci jednoho druhu. Reakce rostlin na hmyzí herbivorii se nemusí týkat pouze poškozené rostliny, ale také nepoškozených sousedních rostlin (Tschardtke et al. 2001). Biochemické následky odlistění mohou ovlivnit sousední rostliny (Tuomi et al. 1990), buď prostřednictvím kořenů nebo mykorhizou (Simard et al. 1997), nebo zaznamenáním těkavých látek jako jsou terpenoidy (Dicke 1994). Těkavé látky účastníci se přenosu signálu zahrnují ethylen a methyl jasmonát, které mohou aktivovat geny kódující rostlinou odolnost (Ecker a Davis 1987). Toto předání informace mezi rostlinami může vyústit v chemické změny na nepoškozených rostlinách přilehlých k těm poškozeným, což povede k menší náchylnosti k herbivorům u rostlin s poškozenými sousedními stromy stejného druhu (Baldwin a Schultz 1983). Čím větší žír je pozorován na mladých stromech, tím více se zvyšuje hustota nových listů. Ty jsou více ochmýřené než starší listy a tím se *A. incana* mechanicky brání proti žíru. Tato morfologická reakce je limitována jen na nové listy vytvořené po žíru, a tedy závisí na plynulém rašení nových listů. Vyvolání tvoření trichomů během stejného vegetačního období trvá jen tak dlouho, jak dlouho trvá žír. Po zmenšení intenzity žíru je následováno zmenšením ochmýření pučících listů. Ochmýřené listy zůstávají na stromě po dobu až tří měsíců. Pomáhají stromům proti nově se objevujícím dospělým broukům v druhé polovině srpna. Ochmýření listů nevede nutně k úmrtnosti dospělců v důsledku horší kvality potravy, ale odpuzuje kladení vajíček a vede k rozptýlení

populace skrz stanoviště olší. Mladé larvy stráví velkou část svého času a energie prohrzáváním se skrz nestravitelné trichomy, než dosáhnou povrchu listu (Rowell-Rahier a Pasteels 1982; Doss et al. 1987). Ochmýření listů tedy negativně ovlivňuje kladení vajíček a krmení u olše šedé. Nicméně, i když byla pozorována jasná preference kladení vajíček na lysé listy, je stále možné, že jako odpuzovače mohou působit rostlinné sekundární látky vyvolané v tu samou dobu, a ne samotné ochmýření (Baur et al. 1991). *A. glutinosa* se nebrání trichomy, ale svými lepkavými listy (Dolch & Tschardtke 2000).

#### 4. Charakteristika oblasti

Lokality, na kterých byl prováděn výzkum, se nacházejí na jihozápadě České republiky, od města Horažďovice po I. Zónu NP Šumava podél toku Otavy a Křemelné řeky (Obrázek č 1).



Obrázek č. 1: Mapa lokalit (Zdroj: <http://www.mapy.cz>).

Oblast se nachází z části na Šumavě a z části v Šumavské hornatině. Obě tyto části spadají pod krystalinikum Českého masívu, který vznikl na konci paleozoika při variské orogenezi (Cháb et al. 2007). Šumava je složena ze silně metamorfovaných krystalických hornin moldanubika, kterými pronikla hlubinná magmatická tělesa

moldanubického plutonu. Šumavská hornatina patří do geomorfologické podsoustavy a její osou jsou šumavské větve moldanubického plutonu (Demek & Mackovčín 2006). Průměrná roční teplota se od nížin po vyšší polohy pohybuje kolem 6-7 °C a průměrný roční úhrn srážek se pohybuje od 550 do 700 mm (Tolász 2007). Pramen řeky Křemelné se nachází ve výšce 1090 m n. m. 1,4 km severně od Pancíře. Řeka má u ústí průměrný průtok  $4,43 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . S plochou povodí  $171,6 \text{ km}^2$  a délkou toku 30,3 km je vodohospodářsky významný tok stejně jako řeka Otava, která vzniká soutokem řeky Křemelné a Vydry 1,2 km jihozápadně od Svojshe v 627 m n. m. Obě dvě řeky jsou označovány za pstruhové vody. Délka toku Otavy je 113 km, plocha povodí  $3788,2 \text{ km}^2$  a průměrný průtok u ústí  $26,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (Vlček 1984). Zhruba polovina lokalit se nachází v NP Šumava, který je považován za velmi důležitou pramennou oblast a leží na pomezí oceánského a kontinentálního vlivu. Průměrné teploty v NP Šumava ve vyšších oblastech dosahují 3,5 °C, v nižších oblastech kolem 6,5 °C a srážky se pohybují průměrně kolem 800-1500 mm. Šumava je chráněnou krajinnou oblastí (vyhlášena v roce 1963), biosférickou rezervací (vyhlášena 1990) a národním parkem (vyhlášeným v roce 1991; Čihař 2002).

## 5. Metodika

Sběr dat probíhal podél řeky Otavy od města Horažďovic až k prameništi řeky Křemelné. Celkem bylo vybráno 12 lokalit od 420 m. n. m. až po 820 m. n. m. Celková vzdálenost mezi první a poslední lokalitou je 55 km. Z 1/3 byly lokality umístěny v NP Šumava. U každé z 12 lokalit byl umístěn transekt o délce přibližně 1,5 km. Mezi jednotlivými stromy obou druhů *A. incana* a *A. glutinosa* byly udržovány rozestupy 20-50 metrů, pokud byly přítomny. Jejich výška se pohybovala od 1 do 5 metrů. První ze dvou sběrů dat probíhal 20. - 23. 5. 2013, což bylo krátce po olistění. Četnost obou stromů byla zjišťována na základě relativního zastoupení olší. Odhadovalo se procento množství napadených listů bázlivcem olšovým a sbíralo se 10 rozvinutých koncových listů ze spodní větve z každého stromu na pozdější měření procenta žíru. K zaměření stromu byla použita GPS a stromy byly označeny lesnickou barvou a popsány pro budoucí nalezení. U každé lokality se určovala výška stromu, jejich výčetní tloušťka, celková pokryvnost stromů, pokryvnost *A. incana* a pokryvnost *A. glutinosa*. Druhý sběr dat byl 23 - 25. 7. 2013 po vylíhnutí larev. Pozorováno bylo procento počtu nových listů a larev, znovu se zjišťoval procentuální žír a odebíralo se 10 listů od každého stromu. Z důvodů chybějící *A. glutinosa* ve vyšších oblastech se případová studie rozdělila na dvě části. Starší stromy olše lepkavé na některých výše položených lokalitách byly přítomny, ale nevyhovovaly daným kritériím pro sběr dat. V první části se zkoumala jak *A. incana* tak *A. glutinosa* v oblasti nižších nadmořských výšek, kde se vyskytovaly oba druhy. Druhá část byla zaměřena jen na *A. incana* v celé oblasti od nižších poloh po výše položené oblasti.

Nasbíráno bylo dohromady 3 180 listů. Po každém sběru dat se listy sušily a lisovaly. Následně se oskenovaly a analyzovaly v programu Lamina (Bylesjö et al. 2008), kde se zjišťoval žír plochy každého listu. Hodnoty se následně zpracovaly v programu Microsoft Excel a vypočetl se průměr procentuálního žíru stromu. Upravená data byla posléze analyzována v nadstavbě Rstudio statistického programu R (R Core Team 2014). Pro normalizaci dat byla provedena arcsinová transformace. Pro zjištění významných vlivů byla provedena korelace všech zjišťovaných hodnot (výška, výčetní tloušťka, pokryvnost *A. incana*, pokryvnost *A. glutinosa*, celková pokryvnost, nadmořská výška, napadení listů a průměr žíru plochy listů). Následně byla pomocí zobecněného lineárního modelu testována významnost nadmořské

výšky spolu s napadením listů a průměrem žíru plochy listů a výsledky byly znázorněny graficky v programu SigmaPlot (SigmaPlot Version 11.0).

## 6. Výsledky

### 6.1. Závislosti mezi vlastnostmi rostlin, žírem a napadením

#### 6.1.1. Nižší oblast

U *A. incana* byla zjištěna slabá závislost mezi výškou stromu a napadením listů a mezi výčetní tloušťkou a napadením listů. Třetím významnějším vztahem byla střední závislost mezi napadením listů a žírem plochy listů. U *A. glutinosa* byly první dva vztahy podobně korelované. Mezi napadením listů a žírem plochy listů byla slabá korelace (Tabulka 1). V červenci se objevily dva nové faktory a to počet nových listů a počet larev. Počet napadených listů silně závisel na počtu larev vyskytujících se na *A. incana*. Střední závislost byla prokázána mezi výškou stromu a počtem larev a slabá závislost mezi výškou stromu a novými listy (Tabulka 2). Počet napadených listů silně závisí na počtu larev vyskytujících se na *A. glutinosa*. Střední závislost byla prokázána mezi výškou a počtem larev a mezi výškou a napadením listů. Slabě závislý byl vztah mezi novými listy a počtem larev (Tabulka 3).

Tabulka 1: Nejvýznamnější vztahy.

	napadení listů ( <i>A. incana</i> )	napadení listů ( <i>A. glutinosa</i> )
výška	0,22	0,22
výčetní tloušťka	0,20	0,24
žír listů	0,45	0,12

Tabulka 2: Nejvýznamnější vztahy u *A. incana* v období červenec.

	napadení listů	výška stromů
napadení listů	-	-
výška stromu	0,36	-
nové listy	<0,1	0,12
počet larev	0,87	0,40

Tabulka 3: Nejvýznamnější vztahy u *A. glutinosa* za období červenec.

	napadení listů	výška stromů	nové listy
napadení listů	-	-	-
výška stromu	0,33	-	-
nové listy	<0,1	<0,1	-
počet larev	0,78	0,42	0,24

### 6.1.2. Celá oblast

U *A. incana* pro celou oblast byla střední závislost mezi napadením listů a žírem plochy listů. Slabá závislost byla prokázána mezi napadením listů a výškou stromu a také mezi napadením listů a výčetní tloušťkou (Tabulka 4). V červenci se objevily dva nové faktory a to počet nových listů a počet larev. Počet napadených listů silně závisí na počtu larev vyskytujících se na *A. incana*. Počet larev středně koreluje s výčetní tloušťkou, výškou stromů a s novými listy. Slabá závislost byla mezi počtem larev a žírem plochy listů. Napadení listů středně koreluje s novými listy a žírem plochy listů a slabě koreluje s výčetní tloušťkou a výškou stromu (Tabulka 5).

Tabulka 4: Nejvýznamnější vztahy.

	napadení listů
žír listů	0,55
výška stromu	0,18
výčetní tloušťka	0,25

Tabulka 5: Nejvýznamnější vztahy za období červenec.

	počet larev	napadení listů
výčetní tloušťka	0,38	0,29
žír listů	0,24	0,33
výška stromu	0,37	0,26
napadení listů	0,82	-
nové listy	0,44	0,43

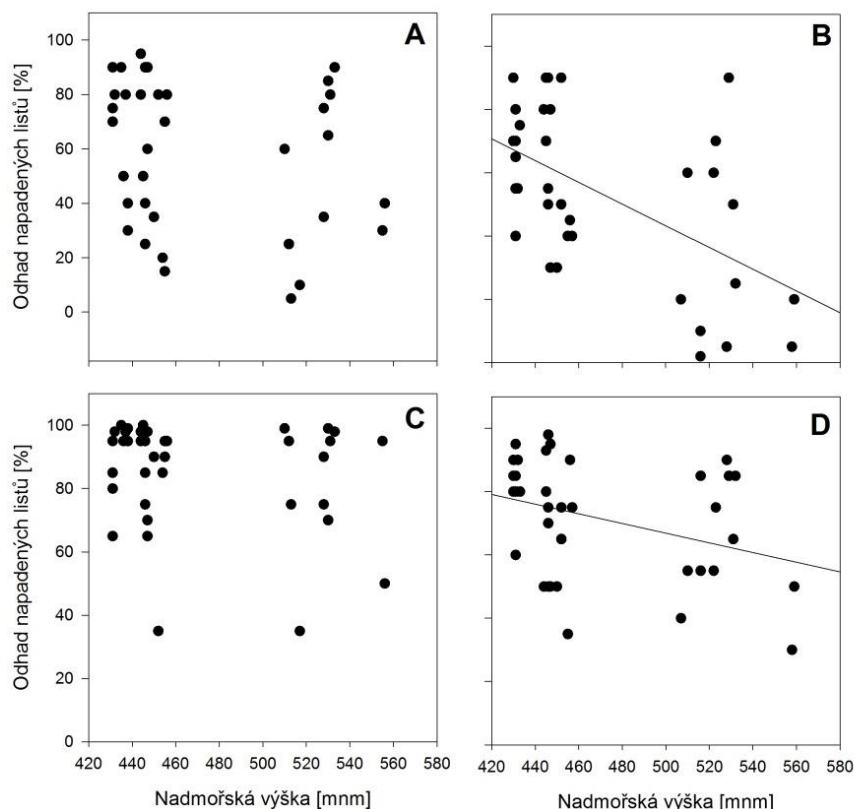
## 6.2. Rozdíly napadení a žíru plochy listů v závislosti na nadmořské výšce

### 6.2.1. Napadení listů v nižší oblasti

Za období květen nebyl u *A. incana* prokázán žádný vztah mezi napadením listů a nadmořskou výškou (p-value = 0,111; Obrázek 2A). U *A. glutinosa* v tomto



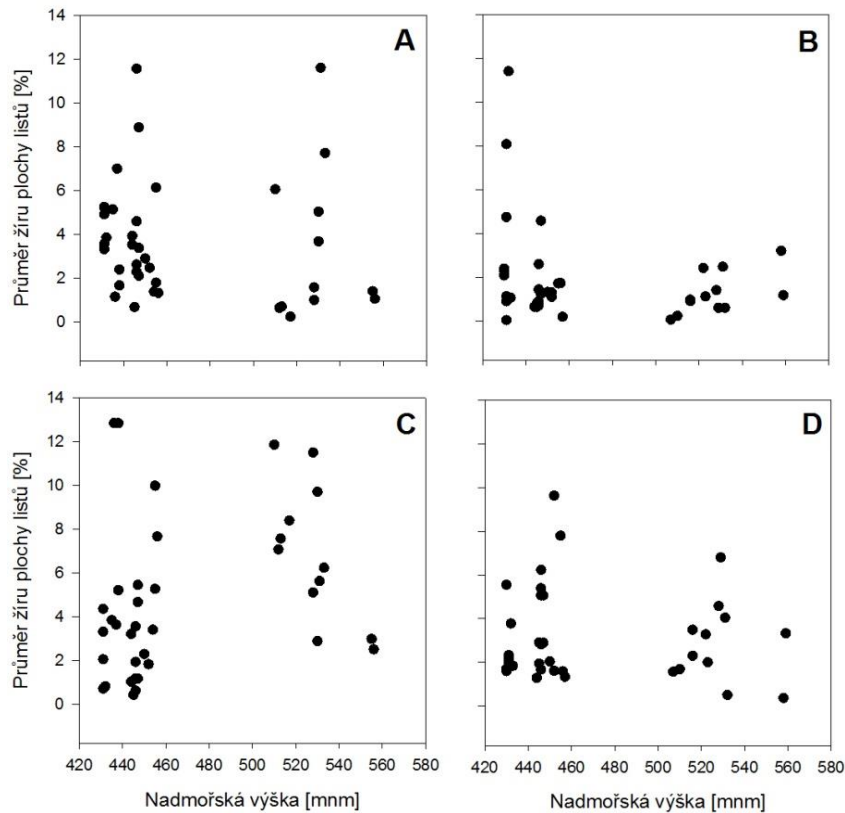
období byla interakce mezi nadmořskou výškou a napadením listů signifikantní ( $p$ -value  $< 0,01$ ; Obrázek 2B). Za období červenec nebyl u *A. incana* prokázán žádný vztah mezi nadmořskou výškou a napadením listů ( $p$ -value = 0,246; Obrázek 2C). U *A. glutinosa* v tomto období byla interakce mezi nadmořskou výškou a napadením listů signifikantní ( $p$ -value  $< 0,05$ ; Obrázek 2D).



Obrázek 2: Procentuální odhad napadených listů v závislosti na nadmořské výšce pro nižší oblasti. 2A: Napadení listů pro *A. incana* za období květen. 2B: Napadení listů pro *A. glutinosa* za období květen. 2C: Napadení listů pro *A. incana* za období červenec. 2D: Napadení listů pro *A. glutinosa* za období červenec.

### 6.2.2. Žír plochy listů v nižší oblasti

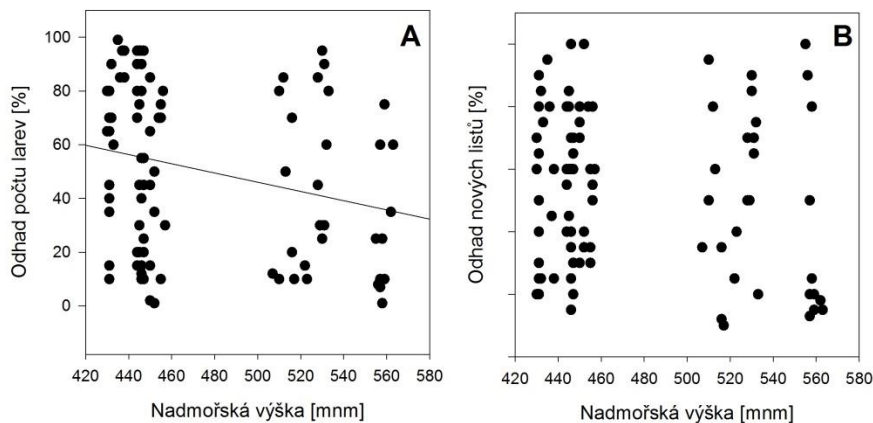
U procentuálního průměru žíru plochy listů v závislosti na nadmořské výšce za období květen nebyla prokázána žádná signifikance mezi plochou žíru a nadmořskou výškou, u *A. incana* ( $p$ -value = 0,658; Obrázek 3A) ani u *A. glutinosa* ( $p$ -value = 0,193; Obrázek 3B). V červenci nebyla také prokázána signifikance mezi plochou žíru a nadmořskou výškou jak u *A. incana* ( $p$ -value = 0,065; Obrázek 3C) tak u *A. glutinosa* ( $p$ -value = 0,773; Obrázek 3D).



Obrázek 3: Procentuální průměr žíru plochy listů stromů v závislosti na nadmořské výšce. 3A: Žír plochy listů pro *A. incana* za období květen. 3B: Žír plochy listů pro *A. glutinosa* za období květen. 3C: Žír plochy listů pro *A. incana* za období červenec. 3D: Žír plochy listů pro *A. glutinosa* za období červenec.

### 6.2.3. Rozdíly počtu larev a nových listů v nižší oblasti

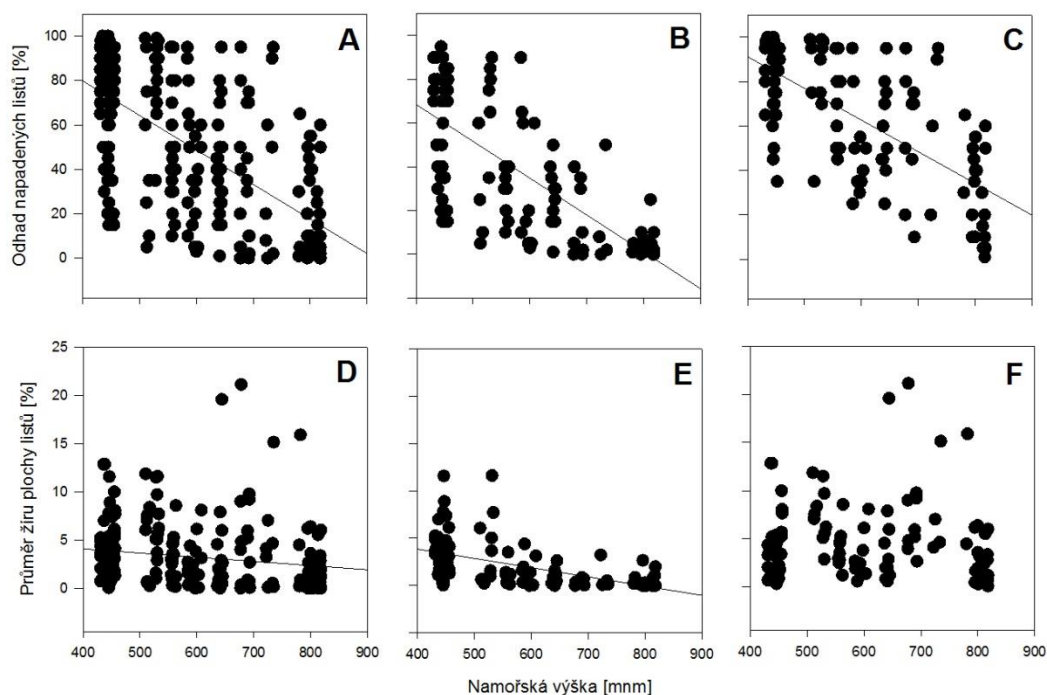
V druhém zkoumaném období se zjišťoval procentuální odhad zastoupení nových listů a larev nacházející se na stromě. Byl prokázán signifikantní vztah mezi nadmořskou výškou a počtem larev ( $p\text{-value} < 0,05$ ; Obrázek 4A). Mezi nadmořskou výškou a novými listy nebyl prokázán žádný vztah ( $p\text{-value} = 0,217$ ; Obrázek 4B).



Obrázek 4: Počet larev a nových listů pro oba druhy za období červenec v závislosti na nadmořské výšce. 4A: Procentuální odhad počtu larev v závislosti na nadmořské výšce. 4B: Procentuální odhad nových listů v závislosti na nadmořské výšce.

#### 6.2.4. Napadení a žír plochy listů v celé oblasti

V rámci obou období byl pro *A. incana* signifikantní vztah mezi napadením listů a nadmořskou výškou ( $p\text{-value} < 0,001$ ; Obrázek 5A). V květnu byla prokázána signifikance mezi napadením listů a nadmořskou výškou ( $p\text{-value} < 0,001$ ; Obrázek 5B) a v červenci také ( $p\text{-value} < 0,001$ ; Obrázek 5C). V rámci obou období byl signifikantní vztah mezi nadmořskou výškou a žírem plochy listů ( $p\text{-value} < 0,05$ ; Obrázek 5D). V květnu byla prokázána signifikance mezi nadmořskou výškou a žírem plochy listů ( $p\text{-value} < 0,001$ ; Obrázek 5E). V červenci tento vztah nebyl prokázán ( $p\text{-value} = 0,21720$ ; Obrázek 5F).

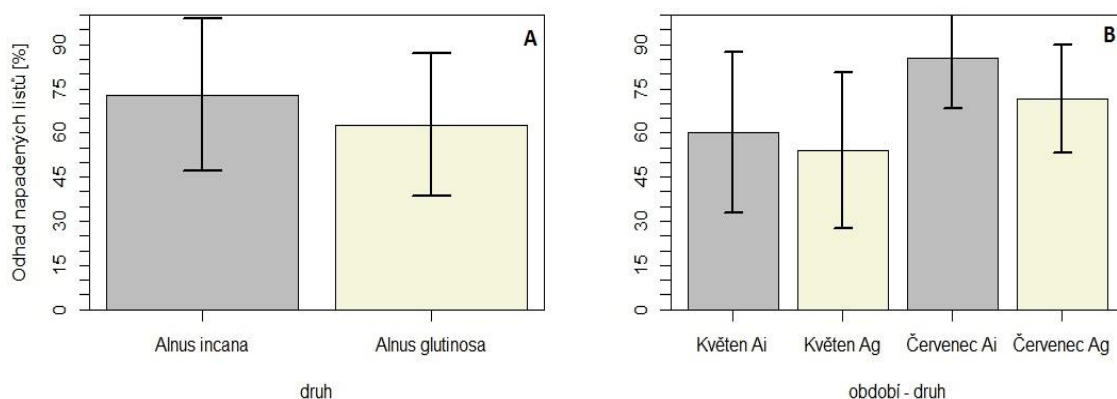


Obrázek 5: Procentuální odhad napadených listů a průměr žíru plochy v celé zkoumané oblasti u *A. incana* v závislosti na nadmořské výšce. 5A: Napadení listů za obě dvě zkoumaná období. 5B: Napadení listů za období květen. 5C: Napadení listů za období červenec. 5D: Žír plochy listů za obě dvě zkoumaná období. 5E: Žír plochy listů za období květen. 5F: Žír plochy listů za období červenec.

### 6.3. Rozdíly napadení a žíru plochy listů mezi druhy v nižší oblasti

#### 6.3.1. Rozdíly napadených listů

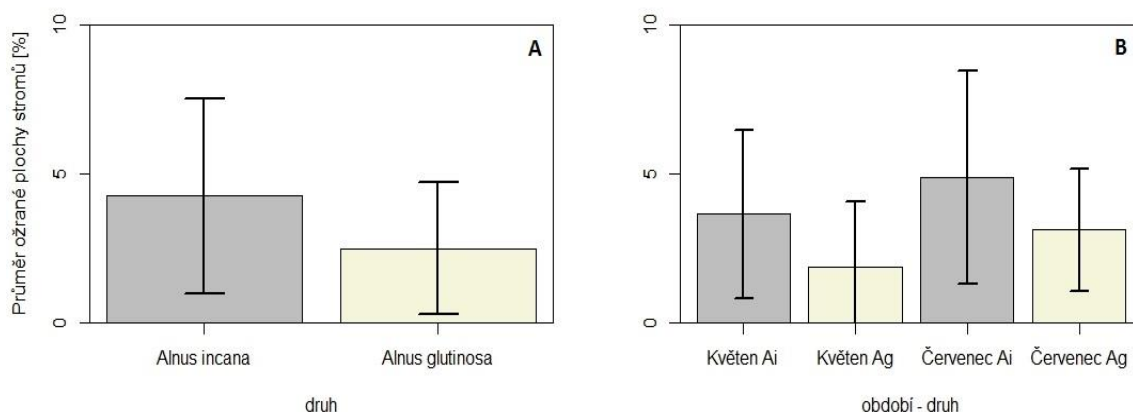
Za obě období byla *A. incana* o 11 % více napadená než *A. glutinosa* (Obrázek 6A). V květnu byla napadená o 6 % více *A. incana* než *A. glutinosa*, v červenci o 15 % více *A. incana* než *A. glutinosa*. Je patrné, že *A. incana* byla více napadána než *A. glutinosa* a že oba dva druhy byly více zasaženy škůdcem v červenci (Obrázek 6B).



Obrázek 6: Procentuální odhad napadených listů. 6A: Napadení listů v rámci obou období pro oba druhy. 6B: Napadení listů v jednotlivých obdobích pro oba druhy (Ai – *A. incana*, Ag – *A. glutinosa*).

### 6.3.2. Rozdíly žíru plochy listů

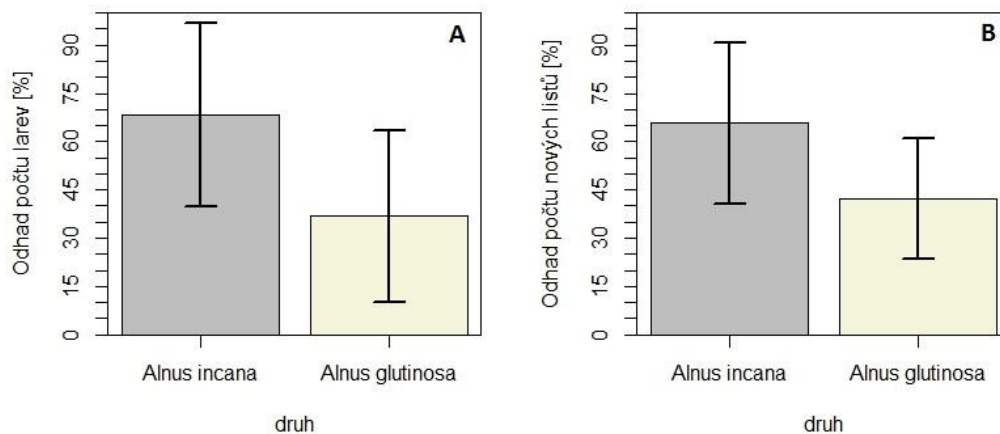
Za obě období byla plocha listů *A. incana* o 1,2 % více skeletovaná než *A. glutinosa* (Obrázek 7A). V květnu byla skeletována o 1 % více *A. incana* než *A. glutinosa* a v červenci o 2 % více *A. incana* než *A. glutinosa*. *A. incana* byla o 1,1 % více napadená v červenci než v květnu a *A. glutinosa* o 1,3 % více. Je patrné, že oba dva druhy byly více zasaženy škůdcem v červenci. Na *A. incana* byl pozorován větší žír v obou obdobích než na *A. glutinosa* (Obrázek 7B).



Obrázek 7 : Procentuální průměr žíru plochy listů. 7A: Žír plochy listů v rámci obou období pro oba druhy. 7B: Žír plochy listů v jednotlivých obdobích pro oba druhy (Ai – *A. incana*, Ag – *A. glutinosa*).

### 6.3.3. Rozdíly počtu nových larev a nových listů

V druhém zkoumaném období se zjišťoval procentuální odhad zastoupení nových listů a larev nacházející se na stromě. Počet larev byl o 31 % více na *A. incana* než na *A. glutinosa* (Obrázek 8A). Počet nových listů byl na *A. glutinosa* o 24 % menší než na *A. incana* (Obrázek 8B).



Obrázek 8: Počet larev a nových listů pro oba druhy za období. 8A: Procentuální odhad počtu larev. 8B: Procentuální odhad nových listů.

## 7. Diskuze

U *Alnus incana* se při porovnávání celé oblasti prokázalo, že žír i napadení stromů byly ovlivněny nadmořskou výškou. Při porovnávání pouze v nižší oblasti tento vztah nebyl prokázán. U *Alnus glutinosa* se v nižší oblasti potvrdilo jen ovlivnění napadení nadmořskou výškou. Musíme brát ale v potaz, že nižší oblast byla zkoumaná jen od 420 m n. m. do 580 m n. m. Ve vyšších polohách *A. glutinosa* nebyla přítomna, nebo nebyla vhodná pro začlenění do výzkumu. Po porovnání obou druhů v nižší oblasti je jasné, že *A. incana* byla více napadena a skeletována než *A. glutinosa* a to v obou obdobích. Za zásadní faktory, které výrazně ovlivňují napadení a intenzitu žíru, můžeme považovat výšku stromu, výčetní tloušťku stromu a počet nových listů.

Tímto způsobem sběru listů podél výškového gradientu u těchto druhů nebyla závislost žíru na rozšíření doposud zkoumána. Tím, že je na *A. incana* silný žír v nižších oblastech může dojít k ovlivnění jejího areálu bázlivcem. Ačkoliv se žír z hlediska celkové listové plochy stromů zdál malý, napadení bylo vysoké. Převážně 75 % listové plochy bylo zasaženo žírem, byť jen nepatrně. Některé listy mohly uhynout, protože jim stromy nedodávaly tolik rostlinné výživy, jelikož nechtěly energii investovat do zasažených listů, ale chtěly ji investovat do nových (Giertych et al. 2006). A jak uvádí Carson & Root (2000), tyto napáchané škody mohou výrazně snížit biomasu, hustotu, výšku stromu, schopnost přežít a rozmnožování.

Byl prokázán jasný vztah, že s vzrůstajícím napadením stromů vzrůstal žír. Důležitým zásadním faktorem, jaké stromy si *A. alni* vybírali, je výška a výčetní tloušťka stromu. Čím větší strom je a čím tlustší má kmen, tím je pro *A. alni* atraktivnější. Jak uvádí Urban (1999), bázlivci si vybírají silnějšího a olistěnějšího hostitele, aby mohli dokončit svůj vývojový cyklus. Proto byly vyšší a silnější stromy pro *A. alni* atraktivnější. Musíme ale podotknout, že kritériem pro výběr stromu do studie byla jeho výška od 1 do 5 metrů, a jak uvádí Dolch & Tschardtke (2000), bázlivci si vybírají zejména mladé stromy.

Většina dostupných studií se shoduje v názoru, že *A. alni* více preferuje *A. incana* a to z důvodu, že se bázlivec lépe přizpůsobuje mechanickým obranám *A. incana* (Oleksyn et al. 1998; Blende et al. 2010). Tento závěr se potvrdil. *A. incana* byla ožírána s větší intenzitou než *A. glutinosa*. Ta sice nebyla ovlivněna žírem, ale

byla ovlivněna napadením. Ačkoliv listy stromů byly více zasaženy, plocha žíru byla menší než u *A. incana*. Pokud tedy bázlivci preferují *A. incana*, mohli se na ni posléze orientovat v důsledku lepší chutnosti listů a způsobit na ní větší škody než na *A. glutinosa*. Žír i napadení byly v červenci tolik intenzivní díky kombinaci dospělých brouků v období rozmnožování a jejich larvami. Stejně výsledky pozoroval i Urban (1999). Tyto závěry lze vyvodit z výsledků pro *A. incana* v celé oblasti. V květnu v nejvyšších polohách bylo zasaženo velmi malé procento stromů, ale v červenci, kdy žír způsobovaly larvy, už byly zasaženy všechny stromy a žír byl mnohem intenzivnější.

Jak už bylo řečeno, oba druhy olše se snaží vzrůstající žír nějakým způsobem ovlivnit. Jejich hlavní obranou je tvorba nových listů (Dolch & Tschardtke 2000), protože s narůstající intenzitou žíru stoupá hustota nových listů (Baur et al. 1991). Necháávají opadnout starší poškozené listy, aby energii přesměrovaly do nových (Giertych et al. 2006). Oba druhy snižují obsah živin a dusíku a investují tyto látky do tvorby nových listů (Dolch & Tschardtke 2000). Větší zastoupení nových listů bylo pozorováno u *A. incana*, to můžeme brát za následek silnějšího žíru a napadení v květnu oproti *A. glutinosa*. Nejzajímavější obranou je přenos signálu v rámci jednoho druhu, který zvyšuje rostlinnou odolnost. Díky tomu dojde k předání informace k nepoškozeným stromům a následně k jejich chemické obraně (Baldwin a Schultz 1983). Bylo pozorováno i vzrůstající ochmýření nových listů u *A. incana*. V závislosti na plynulém rašení listů, které je typické pro olše (Dolch & Tschardtke 2000), je tato morfologická reakce tvoření ochmýření limitována jen na nové listy vytvořené po žíru. Ochmýření negativně ovlivňuje kladení nových vajíček a krmení na listech (Baur et al. 1991). Jak uvádí mnoho studií zaměřující se na jiné rostliny bránící se ochmýřením, mladé larvy stráví velkou část svého času a energie prohryzáváním se skrz nestravitelné trichomy, než dosáhnou povrchu listu (Rowell-Rahier a Pasteels 1982; Doss et al. 1987). Přesto se stoupajícím nárůstem nových listů u obou druhů stoupal počet larev a i jejich napadení, protože nové listy obsahují více cukru a škrobu a jsou pro ně tím pádem zajímavější a to nejen pro larvy ale také pro samičky (Oleksyn et al. 1998). U *A. glutinosa*, která se ochmýřením nebrání, se obrana projevuje lepkavými listy (Dolch & Tschardtke 2000).

Tuto studii nemůžeme považovat za manipulativní experiment, jelikož se nedá udělat plně experimentálně a nedají se oba druhy vystavovat stejnému tlaku.



Výsledky nám mohly skreslit povodně, které proběhly mezi květnem a červencem 2013 a také vysoké teploty v červenci. Zamokření a poté následné vysušení listů mohlo ovlivnit obranné reakce olší.

## 8. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, jestli žír fytofágního hmyzu může zmenšit potenciální areál výskytu druhu. Konkrétně byl zkoumán vliv *Agelastica alni* na rozšíření olše šedé (*Alnus incana*) a olše lepkavé (*Alnus glutinosa*) podél gradientu nadmořské výšky. Výzkum byl prováděn na 12 lokalitách podél řeky Otavy a řeky Křemelné, kde probíhal sběr listů obou druhů, sběr dat o vlastnostech jednotlivých stromů a zaznamenání jejich nadmořské výšky. Tato práce nám dopomáhá vyplnit chybějící studii o vlivu fytofágního hmyzu na rozšíření *A. incana* a *A. glutinosa* podél gradientu nadmořské výšky a prozrazuje nám, jaký druh více podléhá tlaku *A. alni*.

Skutečnost, že díky intenzivnímu žíru může dojít k ovlivnění napadeného druhu a tím se může zmenšit potenciální areál výskytu druhu, byla potvrzena v mnoha studiích zabývajících se jinými rostlinnými druhy a jejich napadením fytofágním hmyzem. Tímto způsobem sběru listů podél výškového gradientu u těchto druhů nebyla závislost žíru na rozšíření doposud zkoumána, proto nebylo možné porovnat výsledky s jinými studiemi. V mé případové studii bylo prokázáno, že v nižší oblasti je žír tak intenzivní, že může limitovat rozšíření *A. incana*. Se stoupající nadmořskou výškou se zmenšuje intenzita napadení i žír. Za hlavní nedostatek považuji chybějící výskyt *A. glutinosa* ve vyšších oblastech. Tím nedošlo k úplnému porovnání obou druhů olší v celé oblasti ale jen v malém úseku v nižší oblasti. I přes to v nižší oblasti bylo zřejmé, že po porovnání obou druhů byl intenzivnější žír na *A. incana* než na *A. glutinosa*. Byl zjištěn pozitivní korelační vztah mezi napadením olší a žírem listů. Brouci si vybírali zejména stromy s vyšší výškou a větší výčetní tloušťkou. Stromy vybrané do výzkumu však byly jen do 5 m výšky. Potvrdilo se, že je pro *A. alni* výhodné si vybírat mladé stromy, které nejsou tak odolné a silné jako ty starší.

## 9. Seznam literatury

- Amann G., 1995: Hmyz v lese. J.Steinbrener, Vimperk: 344 s.
- Arris A. L. & Eagleson P. S., 1989: Evidence of a physiological basis for the boreal-deciduous forest ecotone in North America. *Vegetatio* 82: 55-58.
- Baur R., Binder S. & Benz G., 1991: Nonglandular leaf trichomes as short-term inducible defense of the grey alder, *Alnus incana* L., against the chrysomelid beetle, *Agelastica Alni* L. *Oecologie* 87: 219-226.
- Baldwin I. T. & Schutz J. C., 1983: Rapid Changes in Tree Leaf Chemistry Induced by Damage: Evidence for Communication Between Plants. *Science* 221: 277-279.
- Blende J. D., Korjus M. & Holopainen J. K., 2010: Foliar methyl salicylate emissions indicate prolonged aphid infestation on silver birch and black alder. *Tree Physiology* 30: 404-416.
- Brys R., Shefferson R. P., Jacquemyn H., 2011: Impact of herbivory on flowering behaviour and life history trade-offs in a polycarpic herb: a 10-year experiment. *Oecologia* 166: 293-303.
- Bylesjö M., Segura V., Soolanayakanahally R. Y., Rae A. M., Trygg J., Gustafsson P., Jansson S., Street N. R., 2008: LAMINA: a tool for rapid quantification of leaf size and shape parameters. *BMC plant biology* 8: 82 s.
- Carson W. P. & Root R. B., 2000: Herbivory and plant species coexistence: community regulation by an outbreaking phytophagous insect. *Ecol. Monogr.* 70: 73-99.
- Coley P. D., Bryant J. P. & Chapin III F. S., 1985: Resource availability and plant antiherbivore defence. *Science* 230: 895–899.
- Crawley M. J., 1997: Plant–herbivore dynamics. In *Plant ecology* (ed. M. J. Crawley). Oxford, UK: Blackwell Science: 401-474.
- Čihař M., 2002: Naše Hory. Ottovo nakladatelství, Praha: 278 s.
- Demek J. & Mackovčín P., 2006: Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Agentura ochrany a přírody a krajiny ČR, Brno: 585 s.

- Demers J. D., Lee T. D. & Barrett J. P., 1998: Substrate type and the distribution of sugar maple at its elevational limit in the White Mountains, New Hampshire. *Can. J. Forest Res.* 28: 494-498.
- Dicke M., 1994: Local and systemic production of volatile herbivore-induced terpenoids: their role in plant-carnivore mutualism. *J Plant Physiol* 143: 465-472.
- Dolch R. & Tschardt T., 2000: Defoliation of alders (*Alnus glutinosa*) affects herbivory by leaf beetles on undamaged neighbours. *Oecologia* 125: 504-511.
- Doss R. P., Shanks CH. Jr., Chamberlain J. D., Garth J. K. L., 1987: Role of leaf hairs in resistance of a clone of beach strawberry, *Fragaria chiloensis*, to feeding by adult Black Vine Weevil, *Otiorynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Environ Entomol* 16: 764-768.
- Ecker J. R., Davis R. W., 1987: Plant defense genes are regulated by ethylene. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 84: 5202-5206.
- Giertych M. J., Karolewski P., Zytowski R. & Oleskyn J., 2006: Differences in defence strategies against herbivores between two pioneer tree species: *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. and *Betula pendula* Roth of *Ekology. Pol.-Pol. Journal of Ecology.* 54: 181-187.
- Gutbrodt B., Mody K. & Dorn S., 2011: Drought changes plant chemistry and causes contrasting responses in lepidopteran herbivores. *Oikos* 120: 1732-1740.
- Hendrix S. D. & Trapp E. J., 1989: Plant-herbivore interactions: insect induced changes in host plant sex expression and fecundity. *Evolution* 43: 891-895.
- Hodkinson I. D., 2005: Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews* 80: 489-513.
- Cháb J., Stráník Z. & Eliáš M., 2007: Geologická mapa České republiky 1 : 500 000. Česká geologická služba, Praha.
- Jactel H., Petit J., Desprez-Loustau M. L., Delzon S., Piou D., Battisti A. et al., 2012: Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis. *Global Change Biology* 18: 267-276.

- Jaenike J., 1990: Host Specialization in Phytophagous Insects. Annual Reviews: 243-273.
- Janzen D. H., 1985: A host plant is more than its chemistry. III. Nat. Hist. Surv. Bull. 33: 141-74.
- Jelínek J., Zicháček V., 2005: Biologie pro gymnázia. Nakladatelství Olomouc, Olomouc: 575 s.
- Kelly C. A. & Dyer R. J., 2002: Demographic consequences of inflorescence-feeding insects for *Liatris cylindracea*, an iteroparous perennial. Oecologia 132: 350-360.
- Lohmann M., 2005: Stromy a keře. Beta-Dobrovský, Praha: 94 s.
- Louda S. M., 1982: Distribution ecology: variation in plant recruitment over a gradient in relation to insect seed predation. Ecol. Monogr. 52: 25-41.
- Louda S. M., 1989: Predation in the dynamics of seed regeneration. In Ecology of soil seed banks (ed. M. A. Leck, V. T. Parker & R. L. Simpson), San Diego, CA: Academic Press: 25-51.
- Louda S. M. & Potvin M. A., 1995. Effect of inflorescence-feeding insects on the demography and lifetime fitness of a native plant. Ecology 76: 229-245.
- Mayer J., 2006: Poznáváme stromy v naší přírodě. Beta-Dobrovský, Praha: 125 s.
- Maron J. L., Combs J. K. & Louda S. M., 2002: Convergent demographic effects of insect herbivory on related thistles in coastal vs. continental dunes. Ecology 83: 3382-3392.
- Maron J. L. & Crone E., 2006: Herbivory: effects on plant abundance, distribution and population growth. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 273: 2575-2584.
- McGavin G. C., 2005: Hmyz. Knižní klub, Praha: 256 s.
- Mittelbach G. G. & Gross K. L., 1984: Experimental studies of seed predation in old-fields. Oecologia 65: 7-13.
- Musil I., 2005: Listnaté dřeviny. Česká zemědělská univerzita v Praze 1. vydání, Praha: 216 s.

- Oleksyn J., Tjoelker M. G., Reich P. B., 1998: Adaptation to changing environment in Scots pine populations across a latitudinal gradient. *Silva Fennica* vol. 32 no. 2 article id: 691 s.
- Pierce N. E., Elgar M. A., 1985: The influence of ants on host plant selection by *Jalmenus evagoras*, a myrmeco-philous lycaenid butterfly. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 16: 209-22.
- Price P. W., Westoby M., Rice, B., Atsatt P. R., Fritz R. S., Thompson J. N., Mobley K., 1986: Parasite mediation in ecological interactions. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 17: 487-505
- Pokorný V., 2002: Atlas brouků. Paseka, Praha: 44 s.
- Rasmann S., Pellissier L., Defosse E., Jactel H. & Kunstler G., 2014: Climate-driven change in plant–insect interactions along elevation gradients. *Functional Ecology* 28: 46-54.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org/>.
- Reader R. J., 1993: Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species. *J. Ecol.* 81: 169-175.
- Rhoades D. F., 1985: Offensive-defensive interactions between herbivores and plants: their relevance in herbivore population dynamics and ecological theory. *Am. Nat.* 125: 205-38.
- Rowell-Rahier M. & Pasteels J. M., 1982: The significance of salicin for a *Salix*-feeder, *Phratora (Phyllodecta) vitellinae*. In: Proc. 5th Int. Symp. on Insect-Plant Relationships, Wageningen, The Netherlands. Visser JH, Minks AK (eds) Pudoc, Wageninge: 73-79.
- Salisbury E. J., 1926: The geographical distribution of plants in relation to climatic factors. *Geogr. J.* 57: 312-335.
- SigmaPlot 11: Now with Total SigmaStat Integration. Wass, John A. // Scientific Computing; Jan2009, Vol 26 Issue 1, p21.

- Scheidel U., Rohl S. & Bruelheide H., 2003: Altitudinal gradients of generalist and specialist herbivory on three montane *Asteraceae*. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology* 24: 275-283.
- Schupp E.W., Howe H. F., Augspurger C. K. & Levey D. J., 1989: Arrival and survival in tropical treefall gaps. *Ecology* 70: 562-564.
- Simard S. W., Perry D. A., Jones M. A., Myrold D. D., Durall D. M., Molina R., 1997: Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. *Nature* 388: 579-582.
- Strauss S. Y. & Zangrel A. R., 2002: Plant–insect interactions in terrestrial ecosystems. In *Plant–animal interactions. An evolutionary approach* (ed. C. M. Herrera & O. Pellmyr), Oxford, UK: Blackwell Science: 77-106.
- Strong D. L., Lawton J. H., South-wood R., 1984: *Insects on Plants*. Cambridge: Harvard Univ. Press 215.
- Špryňar P., Strejček J., 2012: Potravní vazby herbivorního hmyzu – nástroj pro hodnocení biotopů a krajiny. *Živa* 4: 200-202.
- Thompson J. N., 1988: Coevolution and alternative hypotheses on insect/plant interactions. *Ecology* 69: 893-95.
- Tolasz R. (ed.), 2007: *Atlas podnebí Česka*. Praha a Olomouc: 256 s.
- Torp M., Witzell J., Baxter R. & Olofsson J., 2010: The effect of snow on plant chemistry and invertebrate herbivory: experimental manipulations along a natural snow gradient. *Ecosystems* 13: 741-751.
- Tscharntke T., Thiessen S., Dolch R. & Boland W., 2001: Herbivory, induced resistance, and interplant signal transfer in *Alnus glutinosa*. *Biochemical System of Ecology* 29: 1025-1047.
- Tuomi J., Niemelä P., Sirén S., 1990: The Panglossian paradigm and delayed inducible accumulation of foliar phenolics in mountain birch. *Oikos* 59: 399-410.
- Urban J., 1999: Results of study of biology and harmfulness of alder leaf beetle (*Agelastica alni* L.) (*Chrysomelidae, Coleoptera*). *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun.* 47: 47-71.

Větvička V., 1999: Evropské stromy. Aventinum, Praha: 216 s.

Vlček V. (ed.) a kolektiv, 1984: Vodní toky a nádrže. Academia, Praha: 315 s.

Wright I. J., Reich P. B., Westoby M., Ackerly D. D., Baruch Z., Bongers F. et al.,  
2004: The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* 428: 821-827.

Zahradní J., Severa F., 2004: Hmyz, Aventinum. Praha: 326 s.

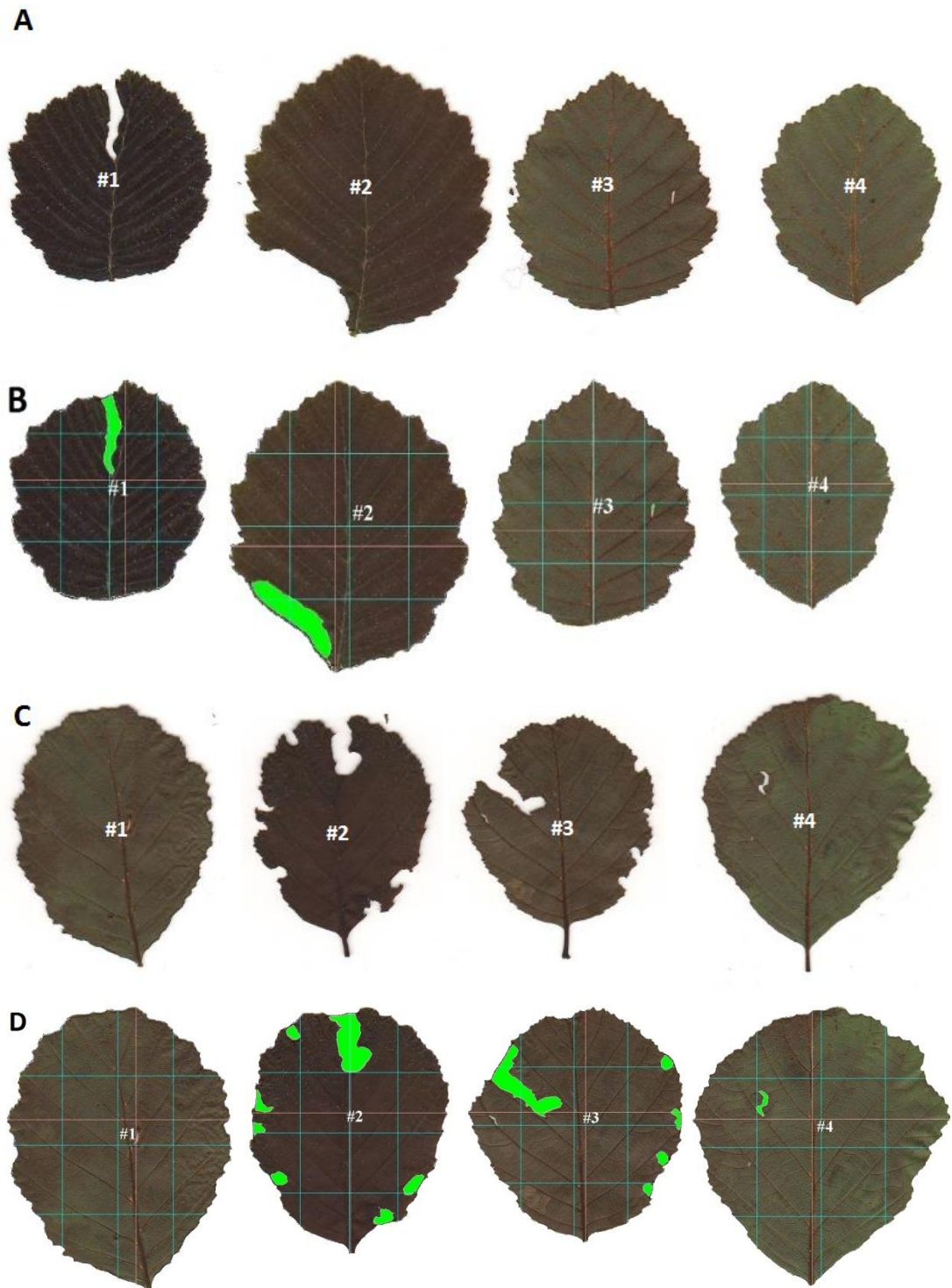
Zangerl A. R. & Rutledge C. E., 1996: The probability of attack and patterns of constitutive and induced defense: a test of optimal defense theory. *American Naturalist* 147: 599-608.



## 10. Přílohy



Obrázek č. 9: Lokalita č. 8 a na ní označená *A. glutinosa* žlutou lesnickou barvou.



Obrázek č. 10: Naskenované 4 listy *Alnus incana* (10A) a 4 listy *A. glutinosa* (10C) z osmé lokality sebrané v květnu a jejich výstupy plochy žíru těchto listů z programu Lamina (10B, 10D).



Obrázek č. 11: Naskenované 4 listy *Alnus incana* (11A) a 4 listy *A. glutinosa* (11C) z osmé lokality sebrané v červenci a jejich výstupy plochy žíru těchto listů z programu Lamina (11B, 11D).