Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra botaniky

VNITRODRUHOVÁ VARIABILITA FUNKČNÍCH VLASTNOSTÍ LESNÍCH BYLIN

Bakalářská práce

Julia KELLERMANNOVÁ
Studijní obor: Biologie a Ekologie
Forma studia: Prezenční

V Olomouci 2023

Vedoucí práce: **Mgr. et MgA. Radim Hédl, Ph.D.**

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vnitrodruhová variabilita funkčních vlastností lesních bylin“ vypracovala samostatně pod vedením Mgr. et MgA. Radima Hédla, Ph.D. s použitím uvedených literárních pramenů.

V Olomouci dne

……

Julia Kellermannová

Poděkování:

Tato bakalářské byla provedena v rámci projektu GAČR 21-11487S, kterému vděčím za podporu, dále velice děkuji všem, kteří se na tomto projektu podíleli. Zejména pak děkuji lidem z Ústavu vegetační ekologie Botanického ústavu AV ČR, kteří se podíleli na sběru dat na Děvíně, který bych sama v takovém rozsahu určitě nezvládla. Největší poděkování patří mému vedoucímu Radimovi Hédlovi za skvělou komunikaci a jeho ochotu mi vždy s čímkoli pomoct, a díky kterému se těším až se tématem budu dále zabývat.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Julia Kellermannová
Název práce: Vnitrodruhová variabilita funkčních vlastností lesních bylin
Typ práce: Bakalářská práce
Pracoviště: Katedra botaniky PřF UP, Šlechtitelů 27, 783 71 Olomouc
Vedoucí práce: Mgr. et MgA. Radim Hédl, Ph.D.
Rok obhajoby: 2023

ABSTRAKT:
Funkční diverzita je aspekt biodiverzity, kterému se věnuje stále více prací. Jedna z cest, jak funkční diverzitu studovat je přes funkční vlastnosti rostlin, které jsou odrazem adaptací na změny prostředí, a které mohou hrát roli v regulaci ekosystémového fungování. Tato bakalářská práce se zabývá variabilitou funkčních vlastností bylin v prostředí temperátního lesa na Děvíně a vlivem abiotických podmínek na tyto vlastnosti. Ověřuji zde tři hypotézy – 1) existuje variabilita ve funkčních vlastnostech mezi druhy, 2) existuje variabilita ve funkčních vlastnostech mezi plochami a 3) abiotické faktory prostředí mají vliv na hodnoty funkčních vlastností. Na celkem 22 rostlinných druzích z 29 ploch jsme změřili SLA, výšku rostlin, hmotnost biomasy, délku a hustotu průduchů. Prostřednictvím hierarchické ANOVA jsem došla k výsledkům, že se jak druhy, tak plochy mezi sebou výrazně liší ve všech funkčních vlastnostech ($p < 0{,}001$), čímž byly potvrzeny první dvě hypotézy. Třetí hypotéza pak byla potvrzena výsledky Pearsonova korelačního testu, kde vyšlo, že nejsilnější vztah abiotického faktoru a funkční vlastnosti je mezi SLA a pH (korelace = 0,45; $p < 0{,}001$) a mezi délkou průduchů a poměrem C:N (korelace = -0,18; $p < 0{,}001$). Vztah k otevřenosti nadrostu byl prokázán u všech funkčních vlastností, ale s nižší mírou signifikance. Jediný abiotický faktor, u kterého nebyl prokázaný žádný vztah k funkčním vlastnostem byl PPFD. Výsledky korelace v této práci vesměs neodpovídají výsledkům uváděných literatuře, což pak může být z důvodu malého počtu druhů či malého počtu jedinců, případně z důvodu úzkého rozpětí hodnot podmínek prostředí či překrytí vlivu měřeného abiotického faktoru jiným neměřeným faktorem.

Klíčová slova: funkční diverzita, funkční vlastnosti rostlin, SLA, výška rostliny, hmotnost biomasy, délka a hustota průduchů, vnitrodruhová a mezidruhová variabilita, vliv abiotických faktorů
Počet stran: 58
Počet příloh: 5
Jazyk: Český

Bibliografical identification

Author's first name and surname: Julia Kellermannová

Title: Intraspecific variability of functional traits in forest herbs

Type of thesis: Bachelor thesis

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University, Šlechtitelů 27, 783 71 Olomouc

Supervisor: Mgr. et MgA. Radim Hédl, Ph.D.

The year of presentation: 2023

ABSTRACT:

Functional diversity is one of the aspects of biodiversity that is being increasingly studied. One way to study functional diversity is via plant functional traits, these reflect adaptations to changes in the environment and can play a role in ecosystem functioning. This bachelor thesis studies the variability of functional traits in herbaceous plants growing in a temperate forest on Děvín as well as the effect of abiotic factors of the environment on these functional traits. In this study I aim to confirm three hypotheses – 1) there's variability in the trait values among species, 2) there's variability in the trait values among plots and 3) the abiotic factors of the environment have an effect on the values of the functional traits. Altogether we used 22 species from 29 plots to measure SLA, plant height, weight of plant biomass, stomatal length and density. Using nested ANOVA, I came to the result that both species and plots significantly differ in values of all the functional traits between one another ($p < 0{,}001$) which confirms the first two hypotheses. The third hypotheses was confirmed by the results of the Pearson correlation coefficient where the strongest correlation between an abiotic factor and functional trait is between SLA and pH (correlation = 0,45; $p < 0{,}001$) and between the stomatal length the C:N ratio (correlation = -0,18; $p < 0{,}001$). There is also a correlation between canopy openness and all the functional traits, but it is not that significant. The only abiotic factor with no effect on any functional trait is PPFD. The results of the correlation tests in this study overall do not match the results presented in the available literature. This could be caused by the amount of species or of individuals being too small, alternatively it could be also caused by the narrow span of the values of the abiotic factors or that the effect of a measured factor was overlaid by a factor that wasn't measured.

Keywords: functional diversity, plant functional traits, SLA, plant height, weight of plant biomass, length and density of stomata, intraspecific and interspecific variability, the effect of abiotic factors

Number of pages: 58

Number of appendices: 5

Language: Czech

OBSAH

1. ÚVOD ... 8

1.1 Funkční biodiverzita ... 8
1.1.1 Biodiverzita, její význam a klasifikace ... 8
1.1.2 Význam funkční diverzity ... 9
1.2 Funkční vlastnosti rostlin ... 9
1.2.1 Variabilita a typy funkčních vlastností ... 9
1.2.2 K čemu slouží studium funkčních vlastností? ... 10
1.3 Vybrané funkční vlastnosti rostlin ... 11
1.3.1 Specifická listová plocha (SLA) ... 11
1.3.2 Výška rostliny ... 11
1.3.3 Hmotnost biomasy ... 12
1.3.4 Hustota a délka průduchů ... 12
1.4 Vliv abiotických podmínek na funkční vlastnosti rostlin ... 13
1.4.1 Podmínky prostředí ovlivňující vybrané funkční vlastnosti ... 13

2. HYPOTÉZY A CÍLE ... 15

3. METODIKA ... 16

3.1 Lokalita a zkoumané druhy rostlin ... 16
3.2 Měření vybraných funkčních vlastností ... 17
3.2.1 Sběr rostlinného materiálu ... 17
3.2.2 Měření funkčních vlastností ... 17
3.2.3 Modifikace dat ... 19
3.3 Podmínky prostředí ... 19
3.3.1 Chemismus půdy ... 20
3.3.2 Sluneční energie ... 20
3.4 Analýza výsledků, použitá statistika ... 20
3.4.1. Variabilita funkčních vlastností ... 20
3.4.2. Vztah funkčních vlastností k podmínkám prostředí ... 21

4. VÝSLEDKY ... 22

4.1 Variabilita funkčních vlastností ... 22
4.1.1 SLA ... 23
4.1.2 Výška rostliny ... 24
4.1.2 Hmotnost biomasy ... 25
4.1.3 Délka a hustota průduchů ... 27
4.2 Vztah funkčních vlastností k prostředí ... 31
4.2.1 SLA ... 32
4.2.2. Výška rostliny ... 35
4.2.3. Hmotnost biomasy ... 37
4.2.4. Délka a hustota průduchů ... 40

5. DISKUZE ... 53

5.1 Variabilita funkčních vlastností ... 53
5.1.1. Mezidruhová variabilita ... 53
5.1.2 Vnitrodruhová variabilita ... 53
5.2 Vliv abiotických faktorů na funkčním vlastnosti rostlin ... 54
5.2.1 SLA ... 55
5.2.2 Výška rostliny ... 56
5.2.3 Hmotnost biomasy ... 56
5.2.4 Délka a hustota průduchů ... 57

6. ZÁVĚR ... 59

7. POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE 61
8. PŘÍLOHY 67

1. ÚVOD

1.1 Funkční biodiverzita

Na biodiverzitu existuje více pohledů, jak bude dále uvedeno, můžeme ji rozdělit na více aspektů – například na aspekt genetický, kde bychom pak studovali různé genetické procesy dávající vznik rozdílům mezi jedinci. V této práci se ale zaměřím na biodiverzitu z pohledu funkční diverzity, tedy na složku biodiverzity, která ovlivňuje, jak ekosystémy fungují – jejich dynamiku, stabilitu, produktivitu nebo rovnováhu živin (Tilman, 2001).

1.1.1 Biodiverzita, její význam a klasifikace

Biodiverzitu (neboli biodiverzitu či biologickou diverzitu) Gaston & Spicer (2004) definují jednoduše jako „rozmanitost života“, čímž je myšlena variabilita na všech úrovních biologické organizace života. Podle Tilmana (2001) pak biodiverzita zahrnuje všechny druhy na lokalitě, všechny genotypové a fenotypové varianty nacházející se uvnitř druhů a veškerou prostorovou i časovou variabilitu společenstev a ekosystémů tvořených těmito druhy. Nakonec pak podle Díaz & Cabido (2001) existuje konsenzus, že diverzita je pojem, který v sobě zahrnuje počet i skladbu všech genotypů, druhů, funkčních typů i krajinných jednotek v daném přírodním systému. Podotýkají však, že pojem diverzita se ztotožňuje s pojmem druhová bohatost a že na zbývající složky nebývá kladen takový důraz. Tento výrok už dnes tak docela neplatí a na funkční diverzitu je v dnešní době kladen větší a větší důraz.

Biodiverzitu lze zkoumat na různých úrovních od jedinců až po ekosystémy. Solbrig (2002) tvrdí, že hlavním zdrojem biodiverzity je diverzita, která se nachází uvnitř druhu, tedy že základní složkou biodiverzity je jedinec, a že vnitrodruhová variabilita je tím, co určuje schopnost druhů reagovat na změny prostředí způsobené člověkem. Diverzita v populacích může podle Solbriga (1991) vznikat dvěma způsoby, kdy první spočívá v neustále probíhajících změnách na úrovni genů (mutace, rekombinace atd.) současně s probíhajícím genovým tokem (migrace a imigrace mezi populacemi). Druhý způsob zase spočívá v generování diverzity skrz eliminaci jedinců selekcí nebo ztrátu jedinců z populace prostou emigrací. Biodiverzita je tedy výsledkem dvou protichůdných jevů, jeden z nich generuje nové (genotypy, varianty, druhy) a druhý tyto nově vzniklé jednotky eliminuje (Solbrig, 1991). Variabilní vlastnosti jedinců jsou zásadní pro přežití ve stejně variabilním prostředí, toto lze demonstrovat u rostlin například na jejich požadavcích na vodu – kdyby všechny druhy měly vodní režim stejný, tak by zároveň u všech došlo během suché sezóny k nízké produkci semen, bude-li ale v populaci genetická variabilita, je šance, že bude některý jedinec lépe vybaven na produkci semen i během sucha (Solbrig, 1991).

Biodiverzitu je možné dělit podle jednotlivých aspektů, a to na diverzitu taxonomickou, genetickou a funkční (Solbrig, 2001). Jiní autoři, například Gaston & Spicer (2004) rozlišují zase tyto aspekty biodiverzity – diverzitu genetickou, diverzita organismu a ekologickou diverzitu. Tyto dva způsoby dělení se od sebe příliš neliší, jelikož se shodují na pojetí jak genetické diverzity, tak diverzity druhové jen s tím rozdílem, že Solbrig

(2001) ji označuje za „taxonomickou“ a Gaston & Spicer (1998) za „organismovou“. Funkční diverzitu, kterou se tato práce zabývá, pak můžeme definovat jako rozsah a hodnotu vlastností druhů a organismů, které mají vliv na ekosystémové fungování (Tilman, 2001), na což se dá podle Tilman dívat i tak, že funkční diverzita je důsledkem adaptací organismů na prostředí, včetně nutnosti koexistence ve společenstvech.

1.1.2 Význam funkční diverzity

Existuje stále více důkazů o potenciálu funkční diverzity krátkodobě ovlivňovat stabilitu ekosystémů a dynamiku ekosystémových zdrojů (Díaz & Cabido 2001, Cornelissen et al. 2003, Cadotte 2017). Do devadesátých let minulého století se při studování rozmanitosti ekosystémového fungování studie soustřeďovaly především na vliv každého jednotlivého druhu ve společenstvu (např. Raunkiaerův systém životních forem rostlin z roku 1907), v posledních letech se ale studie dívají na ekosystémové fungování spíše z pohledu společného „řešení problému“ měnících se podmínek prostředí více rostlinami najednou (sdružování rostlin podle stejné životní strategie) nehledě na jejich odlišný původ (odlišné taxony; Díaz & Cabido, 2001). Velikost a rychlost procesů v ekosystémech jsou prokazatelně více spojovány s funkční kompozicí (tedy přítomností určitých funkčních vlastností a typů rostlin) a funkční bohatostí (tedy počtem různých funkčních typů rostlin) než s druhovou bohatostí (Díaz & Cabido, 2001). Díaz & Cabido (2001) pak také předkládají mechanismy, kterými může funkční diverzita ovlivňovat dynamiku ekosystémových zdrojů – prvním mechanismem je tzv. „efekt selekce“, fungující tak, že čím vyšší je druhová bohatost společenstva, tím je vyšší pravděpodobnost výskytu druhu s významnou funkční vlastností, který může mít potenciálně dominantní vliv na ekosystémové fungování. Druhým mechanismem je tzv. „efekt komplementarity nik“, který spočívá v tom, že vyšší diverzita znamená pokrytí širšího rozsahu funkčních vlastností, což znamená vyšší šanci efektivního využití zdrojů v heterogenním prostředí – čím více jsou niky navzájem komplementární, tím silnější by měl být efekt diverzity na fungování ekosystému. Pro první efekt je tedy klíčová přítomnost konkrétních zásadních funkčních znaků a u druhého efektu je pak klíčové určité spektrum různých funkčních znaků.

1.2 Funkční vlastnosti rostlin

Když bychom si vzali Tilmanovu definici funkční biodiverzity, tak bychom mohli definovat funkční vlastnosti jako vlastnosti druhů a organismů, které mají vliv na ekosystémové fungování anebo jako jednotlivé fyziologické a morfologické adaptace na prostředí.

1.2.1 Variabilita a typy funkčních vlastností

Jednotlivé rostliny se mezi sebou mohou výrazně lišit ve znacích jako jsou např. délka života listů, rychlost fotosyntézy, rychlost růstu nebo velikost specifické listové plochy (SLA) atd., přičemž se předpokládá, že jsou tyto rozdíly způsobeny adaptací na velmi odlišné podmínky v různých biotopech – zároveň si různé funkční skupiny rostlin

např. v listových znacích mezi sebou udržují stálé rozdíly napříč různými typy vegetace i na globálním gradientu klimatu (Reich et al. 1997). Funkční variabilita je pak výsledkem selekce na určité znaky, která byla silnější buďto v rámci určitých linií rostlin nebo mezi gradienty prostředí (Reich et al., 2003). Rozdíly ve funkčních vlastnostech mezi druhy jsou významnou součástí funkční diverzity a jsou zásadní pro fungování mechanismů udržujících dynamiku využívání ekosystémových zdrojů (popsáno výše), variabilita má pak vliv hlavně na krátkodobější výkyvy v toku energie (Díaz & Cabido, 2001).

Funkční vlastnosti by se podle Hodgson et al. (1999) a Lavorel & Garnier (2002) daly dělit na tzv. „měkké“ a „tvrdé“ vlastnosti. První skupina jsou vlastnosti, které se dají snadno změřit pro velké množství druhů na více lokalitách, avšak nemusejí mít významný vliv na některý z funkčních mechanismů ekosystémů. Druhá skupina tvoří vlastností, ke kterým není tak snadný přístup, zato by měly hrát přímou roli v ekosystémových funkčních mechanismech. Toto rozdělení je ale ze své podstaty poměrně subjektivní a nelze přesně určit, které znaky patři kam. Dalším rozdělením funkčních vlastností může být na „vlastnosti efektu“ a „vlastnosti odpovědi“, přičemž ty „efektové“ ovlivňují některé parametry ekosystému jako je třeba produktivita a vlastnosti spojené s odpovědí jsou výsledkem adaptace na prostředí. Zdá se však, že ani toto rozdělení nebude tak jednoznačné, jelikož některé znaky (například SLA nebo rychlost fotosyntézy) zjevně spadají do obou kategorií (Lavorel & Garnier, 2002).

Podle Reich et al. (2003) jsou funkční znaky spolu navzájem korelovány (např. jsou propojeny fyziologickými mechanismy), příkladem může být maximální rychlost asimilace, koncentrace fotosyntetických enzymů a koncentrace bioenergetických molekul (projevující se množstvím dusíku a fosforu v listech) nebo životnost listu a SLA. Tyto korelace jsou pak výsledkem určitého kompromisu rozdílného každé strategie a tyto kompromisy vedou k variabilitě funkčních vlastností, jelikož neexistuje jeden ideální kompromis. Na základě této úvahy pak Reich tvrdí, že existuje pro funkční vlastnosti rostlin jen jedna osa tvořená více znaky představující kontinuum obecných kompromisních strategií, na které se nacházejí funkční skupiny. Toto základní spektrum variability je tvořené korelací vlastností spojených se zachycováním (např. SLA), příjmem (např. maximální rychlost asimilace), využitím (např. respirace) a obratem (např. životnost tkání) zdrojů a každý taxon obsahuje znaky, které se nacházejí na tomto společném univerzálním spektru kompromisů (Reich et al. 2003). Novější práce od Díaz et al. (2016) ale přicházejí s novým pohledem, že se funkční vlastnosti nacházejí na dvou hlavních osách (zvaných tady spíše jako dimenze) variability – jedna osa vede od druhů s malým vzrůstem a malými diasporami ke druhům velkého vzrůstu s velkými diasporami. Druhá hlavní osa (dimenze) vede od druhů s listy „akvizičními“ (sloužící k co nejefektivnější fotosyntéze) po druhy, které mají listy „konzervativní“ (mající delší životnost a lepší odolnost).

1.2.2 K čemu slouží studium funkčních vlastností?

Autoři Díaz & Cabido (2001) ve své studii uvádějí, že jsou funkční vlastnosti rostlin silnými hybateli ekosystémových procesů (např. reakce ekosystémů na měnící se podmínky prostředí). Autoři rovněž uvádějí, že díky rozdílným funkčním vlastnostem rostlinných druhů, projevujícím se rozdílnými reakcemi na extrémnější podmínky

prostředí, je možné dlouhodobě udržovat ekosystémové fungování, což má v měnících se podmínkách velký význam.

Lavorel & Garnier (2002) se ve své práci zaměřili na to, jak funkční vlastnosti mohou ovlivnit biogeochemické cykly, konkrétně se zaměřili na čistou primární produkci (NPP), jelikož ta je velmi významná, především z hlediska zemědělství, a je tedy hojně studovaná. Pomocí vzorce výpočtu této veličiny demonstrují, že je výsledná NPP omezena vlastnostmi rostlin jako jsou podíl biomasy ve společenstvu, příjem a alokace živin, asimilace uhlíku ale také fenologie rostlin (podstatná je pak hlavně doba aktivního růstu). Biogeochemické cykly však mohou zůstat nepozměněné v tom případě, že selekce (například skrz disturbance) nebude preferovat funkční vlastnosti s velkým efektem na ekosystémové fungování (Lavorel & Garnier, 2002).

1.3 Vybrané funkční vlastnosti rostlin

V této kapitole stručně popíšu funkční vlastnosti, které jsme pro účely této práce měřili. Je zde uvedena jak stručná charakteristika každého ze znaků, tak také to, jaké mají změny hodnot daného znaku význam pro společenstva.

1.3.1 Specifická listová plocha (SLA)

Specifická listová plocha (angl. specific leaf area) je pravděpodobně nejvýznamnější z funkčních vlastností, jde o poměr plochy jedné strany listu (leaf area) ke hmotnosti sušiny tohoto listu a je vyjádřena nejčastěji v jednotkách $m^2 \cdot kg^{-1}$. SLA je významným ukazatelem produktivity rostliny, jelikož vyjadřuje, kolik vyprodukované biomasy rostlina zabudovává na jednotku plochy listů (Kimball et al., 2002). Podle Enquista et. al (2015) má SLA vliv na čistou primární produkci (NPP) a to tak, že při zvýšení SLA se zvýší NPP. Změny v hodnotách SLA také odráží změny ve struktuře listu a rozmístění živin, především pak koncentraci cukrů danou zrychlením fotosyntézy, čímž dochází ke zvýšení poměru C:N v rostlině (Gong a Gao, 2019). SLA ovlivňuje také zachycení světla a účinnost využití světla (LUE) na úrovni společenstva, jelikož je to parametr daný plochou listu, a tedy určuje míru zápoje nadrostu (Kumar et al., 2012). Výsledky studie Reich et al. (1997) naznačují, že SLA společně s dalšími listovými vlastnostmi hrají důležitou roli jak v regulaci fotosyntézy, tak také v růstu a produktivitě v měřítku od listu až po celý ekosystém. Hodnoty SLA mohou předpovídat potencionální růstové strategie rostliny jako jsou relativní rychlost růstu a maximální rychlost fotosyntézy, nebo mohou odrážet alokaci zdrojů, jelikož nízké hodnoty SLA mohou korespondovat s vyšší produkcí ochranných struktur a delší životností listu (Cornelissen et al., 2003). Tuto teorii by podporoval také fakt, že SLA bývá vyšší u druhů vyskytujících se na lokalitách s dostatkem zdrojů než u druhů na lokalitách s nedostatkem zdrojů, avšak zřejmě to není tak přímočaré, jelikož existují druhy rostoucí ve stínu s vysokou hodnotou SLA (Cornelissen et al., 2003).

1.3.2 Výška rostliny

Výška rostlin úzce souvisí s konkurenční schopností rostlin v boji o světlo, nedá se ale obecně říct, že jsou na tom nejvyšší rostliny „nejlépe“, podle Falstera & Westobyho (2003)

to lépe vyjadřuje relativní výška, kterou zase nejlépe odráží množství listové plochy na stanovišti a trade-off s ostatními strategiemi. Jde tedy o to, kolik výhod a nevýhod rostlině přináší investice do výšky (Falster & Westoby, 2003). Výška rostliny je nejčastěji měřená v jednotkách metrů a měří se od země po nejvyšší bod rostliny (někdy se jako nejvyšší bod považuje nejvyšší část fotosyntetizujícího pletiva). Tato funkční vlastnost rostlin je spojována s jejich kompetiční silou a plodností, ale může sloužit také jako odhad kolik času uběhlo od poslední disturbance (Cornelissen et al., 2003). Konkurence o světlo není jediná strategie související s výškou, Moles & Leishman (2008) uvádějí, že vyšší rostliny mají vyšší produkci semen díky většímu výnosu z fotosyntézy, na druhou stranu je ale potřeba, aby semenáčky rostly déle aby dosáhly potřebné výšky, čímž zvyšují riziko své mortality (Moles & Leishman 2008). Výška rostlin je limitována především gravitací, u dřevin je toto částečně vyřešeno zpevněním pletiv, i zde jsou ale mechanické limity a limity v hydraulickém transportu vody (Niklas 2007).

1.3.3 Hmotnost biomasy

Rostlinnou biomasou je často chápána čerstvá hmotnost všech rostlin, a to buď včetně nebo bez jejich podzemních částí na vymezeném území v daném čase (Roberts et al., 1985). V kontextu funkčních vlastností se ale jedná o biomasu rostlinného jedince, kterou je myšlena váha rostliny po jejím vysušení (hmotnost sušiny). Biomasa rostliny se z velké části skládá ze tří hlavních prvků, z uhlíku (42–47 % sušiny), z kyslíku (40–44 % sušiny) a z vodíku (6 % sušiny; Sánchez et al., 2019), z pohledu makromolekul je pak tvořena hlavně z ligninu (23 % sušiny), z celulózy (40 % sušiny) a z hemicelulózy (33 % sušiny; Zhu et al., 2011). Biomasa je často v literatuře uváděna (společně s velikostí rostliny) jako odhad relativní fitness dané rostliny, jednak z důvodu relativně jednoduchého měření, ale také jelikož pozitivně koreluje s produkcí potomstva (Younginger et al., 2017), autoři však upozorňují na nutnost porovnávat jen výsledné hodnoty jedinců stejného druhu a stáří patřící do stejné populace. Rozdíly v investici do biomasy u rostlin, rostoucích ve stejné nadmořské výšce a vegetační zóně, jsou výsledkem různých strategií u různých funkčních skupin rostlin. Sledování trendu v investici do biomasy podél výškového gradientu u jednotlivců může pomoct odhalit, jak bude daný jednotlivec reagovat na změny klimatu (Ma WeiLing et al., 2010).

1.3.4 Hustota a délka průduchů

Přítomnost průduchů je pro rostliny velmi důležitá, vznikla jako nutná adaptace při přechodu na souš, která umožnila rostlinám vyřešit problém s difúzním odporem, který vznikal při příjmu CO_2 nutného k procesu fotosyntézy, a zároveň při tom regulovat ztráty vody spojené s transpirací (Haworth et al. 2023). Průduchy jsou tedy otvory na povrchu listu, které jsou součástí pokožky, a které umožňují pronikání oxidu uhličitého ze vzduchu do substomatální dutiny a odtud pak do mezofylu, kde je využit k fotosyntéze (Haworth et al., 2023). Průduchy jsou z hlediska morfologie tvořeny otvorem, svěracími buňkami a v některých případech také podpůrnými buňkami (Carpenter, 2005). Významnou funkcí průduchů je regulace fotosyntézy, tím mají tedy průduchy vliv také na jiné funkční vlastnosti jako jsou tvorba biomasy a výška rostliny. Hustota a velikost průduchů určují, jaká je maximální difuzní vodivost CO_2 listu do míst, kde dochází

k asimilaci (Franks, 2009). Průduchy u rostlin jsou natolik propojeny s CO_2 (což vyplývá z jejich podstaty), že přirozeně docházelo po miliony let ke koevoluci znaků spojených s průduchy (hustota a velikost) a koloběhu C na Zemi (Frank, 2009).

Haworth et al. (2023) uvádějí, že velikost genomu má pozitivní vliv na velikost stomat, ale naopak negativní vliv na hustotu průduchů. Zdá se, že hustota a délka průduchů mají obecně inverzní vztah, tedy že při vyšší velikosti mají rostliny zároveň nižší hustotu průduchů a naopak, což podle Haworth et al. (2023) může být buď jednoduše z důvodu, že velkých průduchů se na jeden list nevejde tolik jako malých průduchů. Jiným důvodem ale podle autorů může být i rozdílná selekce na oba tyto znaky, která souvisí se zvyšující se koncentrací CO_2 (vedoucí ke snížení hustoty průduchů) v atmosféře.

1.4 Vliv abiotických podmínek na funkční vlastnosti rostlin

Abiotické podmínky prostředí si můžeme představit jako filtr – jednotlivé klíčové faktory filtrují druhy na lokalitě podle toho, jakou odpověď faktor vyvolá. Změny těchto abiotických podmínek (např. koncentrace CO_2 v atmosféře) pak mohou ukázat, o jak silný faktor se jedná (Lavorel & Garnier, 2002). Stejní autoři považují za faktory prostředí, které obecně určují složení rostlinného společenstva, zdroje a disturbance. Ve své studii pak podrobněji rozebírají konkrétně živiny v půdě, které jsou spojeny s NPP a vliv požárů, které zase souvisejí s hořlavostí.

1.4.1 Podmínky prostředí ovlivňující vybrané funkční vlastnosti

Abiotický faktor, který může ovlivňovat SLA je roční přísun srážek a průměrná roční teplota (Gong a Gao, 2019). Výsledky této studie říkají, že míra variability SLA na úrovni jednotlivců je lépe vysvětlena hodnotou pH a podílem uhlíku a dusíku (to však nejspíš nebude obecně platné), na úrovni všech měřených druhů pak ale autoři zjistili silnější korelaci s přísunem srážek. Dalším faktorem, který může ovlivňovat hodnotu SLA u některých druhů je teplota spojená s vlhkostí vzduchu, v případě *Arachis hypogaea* stoupá SLA se stoupající teplotou a vlhkostí (Kumar et al., 2012).

Některé abiotické podmínky ovlivňující výšku rostliny zkoumali ve své studii na globální škále Moles et al. (2009). Autoři zde prokázali, že výška rostlin výrazně stoupá směrem k rovníku, zkoumali zde vliv podmínek prostředí (především klimatické vlivy), ale prokázali zde jen vztah k úhrnu srážek v nejdeštivějším měsíci (Moles et al., 2009). Autoři předpokládají, že v tropech jsou rostliny vyšší důsledkem kombinace faktorů jako jsou teplota, srážky a produktivita prostředí. Výška rostliny samozřejmě úzce souvisí s hmotností biomasy, můžeme tedy očekávat, že faktory ovlivňující tyto znaky budou mít na oba znaky podobný efekt.

Podle některých studií zabývajících se vlivem abiotických faktorů na tvorbu nadzemní biomasy, hraje hlavní roli teplota. Studie Dieleman et al. (2012) ukázala, že zvýšená teplota vede ke zvýšení hmotnosti biomasy nadzemní části rostliny (ne však ke zvýšení biomasy v podzemní části), autoři však podotýkají, že by tento jev mohl být zapříčiněn tím, že vyšší teplota zlepšuje dostupnost dusíku a ten podporuje tvorbu nadzemní biomasy, a zároveň není pro rostlinu nutné investovat do podzemní biomasy. Ve stejné studii uvádějí, že na zvýšení hmotnosti biomasy má společně s teplotou vliv také

vyšší koncentrace CO_2, avšak v tomto případě se spíše zvýší produkce podzemní biomasy. Jako další faktor, u kterého byl prokázán vliv na hmotnost biomasy je sucho, výsledky Wang & Wang (2023) říkají, že sucho snižuje biomasu. Na základě těchto studií můžeme usoudit, že hmotnost biomasy rostlin je obecně dána stresem a disturbancemi a rostlina investuje do biomasy až když není ničím limitovaná.

Průduchy jsou přímo spojené s vodním režimem rostlin a výměnou plynů v rostlině (O_2 a CO_2), z čehož vyplývá, že změny koncentrace CO_2 budou mít přímý efekt na vlastnosti průduchů. Jak bylo zmíněno dříve, zvyšující se koncentrace CO_2 v atmosféře vede ke zvýšení velikosti průduchů, a naopak ke snížení jejich hustoty (Haworth et al., 2023), autoři však upozorňují na možný problém s limitací v této adaptaci, která pak může mít vliv i na vlastnosti jako je produkce biomasy, což by mohlo představovat problém zejména v zemědělské produkci. Hustotu i velikost průduchů dále ovlivňují například teplota, dostupnost světla a vody či živiny v půdě (Hill et al., 2014).

2. HYPOTÉZY A CÍLE

Tato práce se zabývá variabilitou vybraných funkčních vlastností bylin v temperátním lese na Děvíně na Pálavě a také vlivem několika abiotických podmínek prostředí na tyto funkční vlastnosti.

Hypotézy:

1) Hypotéza 1: Jednotlivé druhy se mezi sebou liší v hodnotách funkčních vlastností.
2) Hypotéza 2: Jednotlivé plochy na lokalitě se mezi sebou liší v hodnotách funkčních vlastností.
3) Hypotéza 3: Abiotické podmínky prostředí mají vliv na hodnoty funkčních vlastností.

Cílem této bakalářské práce je:

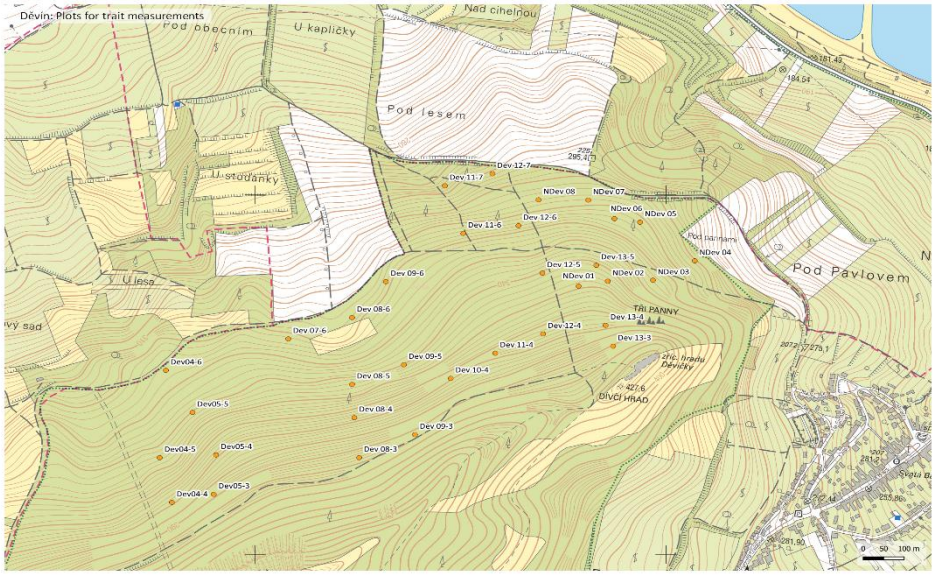
1) Teoreticky se seznámit s tématem funkční diverzity a s ní spojenou problematikou funkčních vlastností rostlin skrze odbornou literaturu.
2) Provézt analýzu variability na úrovni druhů a na úrovni ploch a provézt analýzu korelace funkčních vlastností s abiotickými podmínkami – chemismem půdy (pH a poměru C:N), dostupností světla (otevřenost nadrostu) a vlivem topografie (PPFD).
3) Výsledky jednotlivých analýz zasadit do kontextu jiných podobně zaměřených prací a zamyslet se nad vysvětlením výsledných hodnot, případně navrhnout alternativní postup.

3. METODIKA

V této části práce popíšu postup sběru dat a způsob vyhodnocení dat. Práce byla vykonávaná jako součást projektu a některá data byla převzata, nikoli pořízena primárně pro tuto bakalářskou práci. Funkční vlastnosti na úrovni jedinců vybraných bylinných druhů lesního podrostu byly měřeny na trvalých plochách založených v temperátním lese na Děvíně. Vzorky z terénu pak byly odebírány v období od června do srpna roku 2022. Měřené funkční vlastnosti byly specifická listová plocha (dále jen SLA), výška rostliny, hmotnost biomasy, hustota průduchů a délka průduchů na listech. Funkční vlastnosti a jejich variabilita byly porovnávány jak mezi druhy, tak mezi jednotlivými plochami na lokalitě. Nakonec byl zkoumán vztah funkčních vlastností k vybraným podmínkám prostředí, těmito podmínkami byly kyselost půdy, poměr C:N v půdě, zápoj nadrostu a množství dopadlé sluneční energie.

3.1 Lokalita a zkoumané druhy rostlin

Data o druzích a data o prostředí byla sbírána na 29 trvalých plochách o rozloze 15 x 15 metrů nacházejících se v temperátním lese na kopci Děvín, který je součástí Pavlovských vrchů. Plochy zde slouží k výzkumu Botanického ústavu AV ČR.



Obr. 1 Plochy, na kterých byla sbírána data o druzích a podmínkách prostředí. Jedná se celkem o 29 trvalých ploch na Děvíně na Pálavě. Podkladová mapa je Základní mapa ČR 1:10 000.

Před vlastním sběrem dat byly stanoveny druhy lesních bylin, které se pro účel této práce sbíraly. Na základě údajů získaných z pravidelných vegetačních snímků prováděných na všech trvalých plochách, byly vybrány druhy v závislosti na míře jejich zastoupení na ploše. Vybrány byly nejdominantnější druhy vyskytující se na většině ploch.

Seznam 22 vybraných druhů:

- *Asarum europaeum* (kopytník evropský)
- *Bromus benekenii* (sveřep Benekenův)

- *Campanula rapunculoides* (zvonek řepkovitý)
- *Carex muricata* (ostřice měkkoostenná)
- *Convallaria majalis* (konvalinka vonná)
- *Dactylis polygama* (srha mnohomanželná)
- *Fragaria vesca* (jahodník obecný)
- *Galeobdolon montanum* (pitulník horský)
- *Galium odoratum* (svízel vonný)
- *Geum urbanum* (kuklík městský)
- *Glechoma hederacea* agg. (popenec obecný)
- *Hepatica nobilis* (jaterník podléška)
- *Impatiens parviflora* (netýkavka malokvětá)
- *Lamium maculatum* (hluchavka skvrnitá)
- *Lathyrus vernus* (hrachor jarní)
- *Melica uniflora* (strdivka jednokvětá)
- *Polygonatum multiflorum* (kokořík mnohokvětý)
- *Poa nemoralis* (lipnice hajní)
- *Pulmonaria officinalis* (plicník lékařský)
- *Viola mirabilis* (violka divotvárná)
- *Viola odorata* (violka vonná)
- *Viola reichenbachiana* (violka lesní)

3.2 Měření vybraných funkčních vlastností

3.2.1 Sběr rostlinného materiálu

Vybrané funkční vlastnosti – SLA, hmotnost biomasy, výška rostliny a hustota průduchů – byly měřeny na rostlinách systematicky sesbíraných na všech 29 plochách. Na každé ploše jsme posbírali deset jedinců každého přítomného druhu ze seznamu (sbíraly se tedy jen druhy, které byly na ploše zastoupeny více než deseti jedinci). Tyto rostliny byly sbírány náhodně po celé ploše a to tak, že byla odebrána jen nadzemní část rostliny, včetně přízemních listů v růžici, šlahounů, oddenků i odumřelých částí rostliny. Všech deset jedinců z jednoho druhu jsme poté vložili do igelitových pytlů označených číslem plochy. U druhů náchylných na vysychání (např. *Impatiens parviflora*) jsme do pytle přidali i vlhký filtrační papír. Pytle jsme poté uložili do přenosného chladícího boxu, aby byla zachovaná čerstvost, a takto převezli do laboratoře, kde se pytle uložily do lednice. Pro každou plochu jsme vyhotovili papírové pytlíky s identifikačními štítky, na které jsme uvedli druh rostliny, datum zpracování a číslo plochy.

3.2.2 Měření funkčních vlastností

Výsledky každého měření jsme zaznamenali do tabulky, tímto každá rostlina z jednoho druhu získala své číslo (1 až 10), toto číslo se následně připsalo na identifikační štítek. Měření výšky rostliny, plochy listu, hmotnosti čerstvé biomasy a tvorba otiskových preparátů proběhlo do jednoho, maximálně dvou dnů od sběru vzorků. Hmotnost sušiny se

měřila po vysušení rostlin a proběhla do měsíce od sběru vzorků, vyhodnocení otiskových preparátů pak proběhlo do jednoho roku od sběru.

- Výška rostliny

Pro každou rostlinu odebranou z každé plochy jsme naměřili výšku pomocí metru, výška byla měřena od báze rostliny po nejvyšší bod rostliny, listy jsme museli narovnat, abychom mohli měření standardizovat. Výšku jsme měřili v jednotkách m.

- SLA

Po změření výšky rostliny jsme odebrali jeden list (listy odebírány přibližně ze stejného místa na lodyze, u druhů tvořících přízemní růžici listů odebírán list náhodně) a uložili jej zvlášť do papírového pytlíku s odpovídajícím identifikačním štítkem pro měření plochy tohoto listu. U druhů s malou listovou plochou (*Poa nemoralis, Melica uniflora* a *Carex muricata*) jsme z každého jedince odebrali tři listy pro měření plochy. List odebraný v předchozím bodu postupu jsme vložili do stolního skeneru spolu s referenčním čtvercem o velikosti 9 x 9 cm a označením čísla jedince ze kterého list pochází. Pomocí softwaru (ImageJ) jsme poté ze skenu spočítali plochu listu. Hodnotu jsme zapsali v jednotkách cm^2. Pro výpočet SLA jsme pak vydělili hodnotu LA a hmotnost vysušeného listu použitého pro měření LA, hodnoty SLA jsou v jednotkách $cm^2 \cdot g^{-1}$.

- Hmotnost biomasy

Papírové pytlíky s rostlinami a pytlíky s listy jsme po provedení všech měření vložili do sušárny, kde jsme veškerou biomasu nechali vysušit při teplotě 45 °C po dobu 2 dnů. Před vážením suché biomasy jsme z rostlin odebrali plodenství, popř. květenství a zaznamenali, kteří jedinci plody či květy nesly. Vysušené rostliny jsme následně zvážili na laboratorní váze a hodnotu zapsali v jednotkách g s přesností na čtyři desetinná místa. Zvlášť jsme pak zvážili i listy, které byly použity pro počítání plochy listu. Celkovou hmotnost suché biomasy jsme vypočítali tak, že jsme sečetli váhu vysušené nadzemní části rostliny s váhou odděleného vysušeného listu příslušného jedince.

- Hustota a délka průduchů

K získání dat o průduších bylo potřeba nejprve vyhotovit otiskové preparáty. Otiskové preparáty jsme neodebrali ze všech jedinců na všech plochách, ale pouze z jedinců na plochách, které se mezi sebou liší světelnými podmínkami – pro tento účel byly uměle vytvořeny skupinky ploch s podobnými světelnými podmínkami (otevřeností nadrostu). Tyto skupinky byly vytvořeny za účelem redukce množství dat tak, aby však data reprezentovaly celé škálu hodnot abiotických podmínek. Preparáty jsme pak vyhotovili z rostlin jen na jedné z ploch spadající do určité skupinky. Náhodně jsme vybrali pět jedinců z každého druhu na vybrané ploše a připravili podložní sklíčka, které jsme příslušně označili (druh, datum, číslo plochy a číslo jedince).

Z rostliny jsme odebrali náhodný list k vyhotovení preparátu. U druhů s hypostomatálními listy jsme na spodní (abaxiální) stranu listu nanesli tenkou vrstvu průhledného laku na nehty, kouskem izolepy pak tuto vrstvu opatrně strhli a izolepu nalepili na příslušné podložní sklíčko. U druhů s amfistomatálními listy jsme stejný postup provedli z obou stran (abaxiální a adaxiální) listu, a na podložní sklíčko jsme pak nalepili otisk průduchů z obou stran a označili abaxiální a adaxiální stranu listu. Pro standardizaci postupu jsme otisky odebrali vždy z přibližně stejné části listové čepele (zhruba ze středu

čepele). Preparáty jsme neodebrali z druhů *Poa nemoralis, Melica uniflora* a *Carex muricata*, jelikož na rostlinách po odebrání listů na měření plochy ve většině případů nezůstal žádný čerstvý list, preparáty jsme rovněž neodebrali z *Impatiens parviflora,* jelikož byly listy příliš tenké.

Jednotlivé vyhotovené preparáty jsme nakonec uložili do krabiček pro následnou analýzu průduchů. Listy, ze kterých byly otisky odebrány jsme vložili zpět do papírového pytlíku na vysušení z důvodu vážení celkové biomasy rostliny. Pro analýzu průduchů jsme nejprve vytvořili snímky otiskových preparátů pomocí mikroskopu při zvětšení 200x a 400x a následně použili program ImageJ 1.53t pro spočítání hustoty průduchů a délky průduchů. Hustota průduchů byla vypočítána v programu ze snímků z mikroskopu při zvětšení 200x jako počet průduchů na náhodně zvoleném čtverci o velikosti 750 x 750 μm, výsledná hodnota je uváděna jako absolutní počet průduchů na tomto čtverci. Délka průduchů je pak spočítána v programu ImageJ ze snímků z mikroskopu pořízených při zvětšení 400x, přičemž byla změřena délka jednoho až pěti průduchů (měřena byla délka svěracích buněk), výsledná délka průduchů je podle nastavení v ImageJ v jednotkách pixelů, pro analýzy použité v této práci tato jednotka postačila, proto jsem jednotky dále nepřeváděla.

3.2.3 Modifikace dat

U výšky rostliny, SLA a hmotnosti biomasy jsem před výpočtem korelace s proměnnými prostředími modifikovala výběr dat tak, aby výsledný datový soubor obsahoval jen druhy, které se společně nacházely minimálně na sedmi plochách. Důvodem bylo, aby datový soubor obsahoval druhy rostoucí nejlépe na všech plochách, a byly tak všechny vystavené stejné škále podmínek prostředí. Takto vzniklý datový soubor obsahoval celkem jedenáct druhů nacházející se na celkem čtrnácti plochách, vybrané druhy byly: *Asarum europaeum, Bromus benekenii, Campanula rapunculoides, Convallaria majalis, Dactylis polygama, Fragaria vesca, Galium odoratum, Geum urbanum, Hepatica nobilis, Melica uniflora* a *Viola reichenbachiana*. U délky a hustoty průduchů jsem před výpočtem korelace s proměnnými prostředími výběr dále nemodifikovala, jelikož byl původní datový soubor měřen ze zúženého výběru ploch (viz podkapitola 3.2.2 Měření funkčních vlastností) a další filtrování dat by vedlo k příliš malému vzorku. Následné analýzy jsem tedy provedla na všech naměřených druzích na všech měřených plochách. Některé druhy měřených rostlin měly průduchy nacházející se, kromě abaxiální strany listu, také na adaxiální straně listu, a tak jsou všechny analýzy provedeny pro obě strany listu zvlášť.

Jelikož původní hodnoty výšky rostlin a hmotnosti biomasy neměly normální rozložení, tak jsem pro účel této analýzy výsledků hodnoty zlogaritmovala.

3.3 Podmínky prostředí

Z trvalých ploch na Děvíně jsou dostupné údaje o půdních vlastnostech, dále se zde měří prostřednictvím různých metod dostupnost světla a údaje o topografii.

3.3.1 Chemismus půdy

Z každé výzkumné plochy o velikosti 15x15 m byl odebrán směsný vzorek z horizontu A. Představuje organominerální horizont, vrstvu půdy po odstranění opadu do hloubky přibližně 5 cm. Směsný půdní vzorek je složen z pěti dílčích vzorků odebraných na předem daných místech rozmístěných na ploše. Vzorky byly vysušeny při pokojové teplotě v laboratoři, přesáty na jemnozem (frakce <2 mm) a homogenizovány v třecí misce. Tím byla půda připravena k další analýze.

Půdní acidita byla vyjádřena jako pH ve vodě. Připravený vzorek jemnozemě byl v objemovém poměru 1:5 zalit 50 ml destilované vody a po zhruba minutovém protřepání na třepačce ponechán asi 1 hodinu usadit. Půdní acidita byla měřena skleněnou elektrodou. Uhlík byl vyjádřen jako celkový obsah organického uhlíku (TOC). 100 miligramů jemně rozetřeného vzorku půdy bylo spalováno v přístroji Primacs firmy Skalar: https://www.skalar.com/cs/analyzatory/primacs. Dusík byl měřen jako celkový dusík (N_{tot}) ve výluhu vzorku půdy kolorimetrickou metodou. Použit byl kontinuální průtokový analyzátor San++ firmy Skalar: https://www.skalar.com/cs/analyzatory/san-kontinualni-prtokov-analyzator. Všechny chemické půdní analýzy byly provedeny vyškolenými laboranty podle předepsaných metodik v analytické laboratoři Botanického ústavu AV ČR v Brně.

3.3.2 Sluneční energie

Na každé výzkumné ploše byla stanovena dostupnost sluneční energie, a to dvěma způsoby. První vyjadřuje celkovou dostupnost světla jako funkci hustoty dřevinného nadrostu, druhá pracuje s přísunem fotosynteticky aktivního záření. Analýzy byly provedeny pracovníky BÚ AV ČR v programu WinSCANOPY od firmy Regent Instruments: https://regentinstruments.com/assets/winscanopy_about.html.

Otevřenost nadrostu (canopy openness) byla analyzována z hemisférických fotografií pořízených na pěti místech výzkumné plochy, použity byly vždy průměrné hodnoty za plochu. Parametr vyjadřuje procentický podíl pixelů v místech nezacloněné oblohy na celkové ploše snímku. Použity byly výřezy 60° ve svislé ose snímku. Proměnná je přesnějším a objektivnějším vyjádřením obvyklých vizuálních odhadů pokryvnosti pater. Tok fotosynteticky aktivního záření (photosynthetic photon flux density) byl analyzován pomocí měřených informací o sklonu a orientaci svahu a výšce horizontu měřené v osmi směrech od středu plochy. Tato proměnná je ovlivněna konfigurací terénu, nikoli zápojem dřevinného nadrostu.

3.4 Analýza výsledků, použitá statistika

K prohlížení dat byl použit program Microsoft Excel pro Office 365 MSO, pro vytvoření grafů a statistické vyhodnocení výsledků byl použit program RStudio verze 2022.12.0.

3.4.1. Variabilita funkčních vlastností

Pro analýzu variability funkčních vlastností jsem použila grafické znázornění a statistický test. Jako grafické znázornění jsem zvolila funkci boxplot z knihovny „ggplot2“ programu RStudio zobrazující rozsah dat u jednotlivých druhů a jednotlivých ploch. Jako statistický test jsem použila hierarchickou ANOVA, kterou jsem zvolila jako statistický test, jelikož

data a design studie pasovaly na charakteristiky tohoto typu ANOVA popsané v knize Biostatistika (Šmilauer & Lepš, 2016).

3.4.2. Vztah funkčních vlastností k podmínkám prostředí

Ke zjištění přítomnosti vztahu mezi jednotlivými naměřenými funkčními vlastnostmi a proměnnými prostředí jsem použila funkci linárního modelu (lm) v programu RStudio, kterou jsem následně vložila jako přímku do bodového grafu pomocí funkce scatterplot a abline v RStudiu. Dále jsem také pro účely statistického testování hypotézy v RStudiu spočítala Pearsonův korelační koeficient pro jednotlivé funkční vlastnosti a jednotlivé podmínky prostředí. Výsledky Pearsonova korelačního testu a bodového grafu s regresní přímkou jsem pak vypočítala z mediánu hodnot funkční vlastnosti jednotlivců daného druhu na dané ploše.

4. VÝSLEDKY

4.1 Variabilita funkčních vlastností

K analýze variability funkčních vlastností jsem použila kompletní data ze všech měřených ploch a měřených druhů rostlin. Variabilitu jsem analyzovala nejprve na úrovni druhů, poté na úrovni ploch. Pro každou funkční vlastnost jsem pro tuto analýzu zvolila grafickou vizualizaci variability formou krabicových grafů. Ke statickému vyhodnocení jsem pak použila hierarchickou analýzu variance (ANOVA), u které jsem vytvořila dva modely: Model 1 testuje jaký je vliv druhu na variabilitu dané funkční vlastnosti, kde je pevný faktor druh a jedinec a plocha jsou faktory náhradními.
Model 2 testuje jaký je vliv plochy na variabilitu dané funkční vlastnosti, kde pevným faktorem je plocha a náhodnými faktory jsou jedinec a druh.

Výsledky všech statistických testů obsahujících všechny parametry daného testu jsou uvedeny v jedné souborné tabulce (Tabulka 1), dílčí výsledky společně s grafy k jednotlivým funkčním vlastnostem jsou pak uvedeny v následujících podkapitolách.

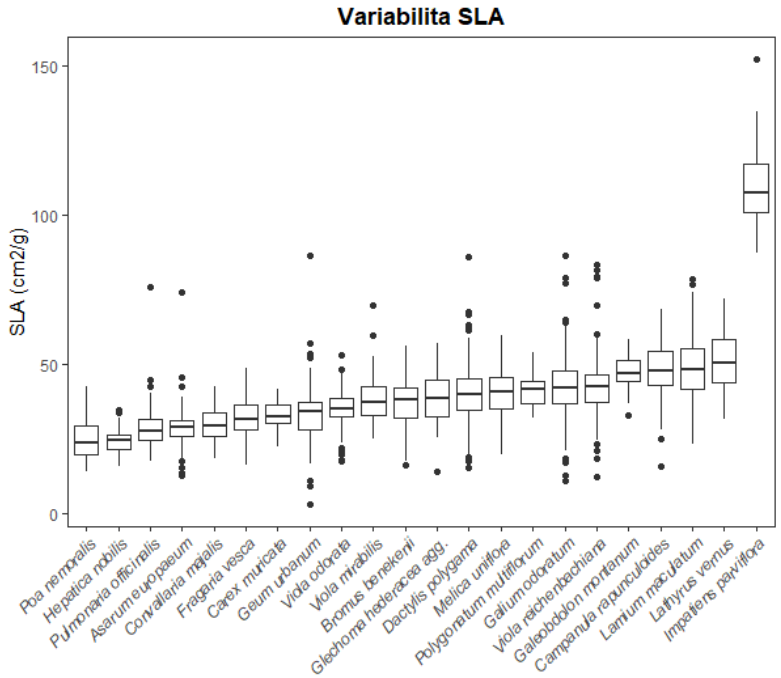
Tabulka 1 Výsledky statistického testování pomocí hierarchické ANOVA. Pr(>F) vyjadřuje signifikanci testu hierarchické ANOVy, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (p <0.05).

hierarchická ANOVA								
vlastnost	model	Chyba	úroveň	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SLA	MODEL 1	Chyba: Jedinec	Druh	1	33.16	33.16	-	-
		Chyba: Uvnitř	Druh	21	336691	16033	227.3	**<0.001**
			Reziduály	2590	182698	71	-	-
	MODEL 2	Chyba: Jedinec	Plocha	1	33.16	33.16	-	-
		Chyba: Uvnitř	Plocha	28	133369	4763	31.87	**<0.001**
			Reziduály	2583	386021	149	-	-
výška	MODEL 1	Chyba: Jedinec	Druh	1	0.06469	0.06469	-	-
		Chyba: Uvnitř	Druh	21	76.7	3.652	474.1	**<0.001**
			Reziduály	2592	19.97	0.008	-	-
	MODEL 2	Chyba: Jedinec	Plocha	1	0.06469	0.06469	-	-
		Chyba: Uvnitř	Plocha	28	5.55	0.19836	5.628	**<0.001**
			Reziduály	2585	91.11	0.03525	-	-
biomasa	MODEL 1	Chyba: Jedinec	Druh	1	697914	697914	-	-
		Chyba: Uvnitř	Druh	21	141461256	6736250	109.2	**<0.001**
			Reziduály	2590	159728543	61671	-	-
	MODEL 2	Chyba: Jedinec	Plocha	1	697914	697914	-	-
		Chyba: Uvnitř	Plocha	28	43152933	1541176	15.43	**<0.001**
			Reziduály	2583	258036866	99898	-	-
délka průduchů	MODEL 1	Chyba: Jedinec	Druh	10	363681	36368	-	-
		Chyba: Uvnitř	Druh	18	4576500	254250	78.51	**<0.001**
			Reziduály	613	1985092	3238	-	-
	MODEL 2	Chyba: Jedinec	Plocha	10	363681	36368	-	-
		Chyba: Uvnitř	Plocha	17	1375766	80927	9.582	**<0.001**
			Reziduály	614	5185825	8446	-	-
		Chyba: Jedinec	Druh	10	80120	8012	-	-

hustota průduchů	MODEL 1	Chyba: Uvnitř	Druh	19	1288587	67820	22.44	**<0.001**
			Reziduály	586	1770917	3022	-	-
	MODEL 2	Chyba: Jedinec	Plocha	10	80120	8012	-	-
		Chyba: Uvnitř	Plocha	17	217478	12793	2.647	**<0.001**
			Reziduály	588	2842027	4833	-	-

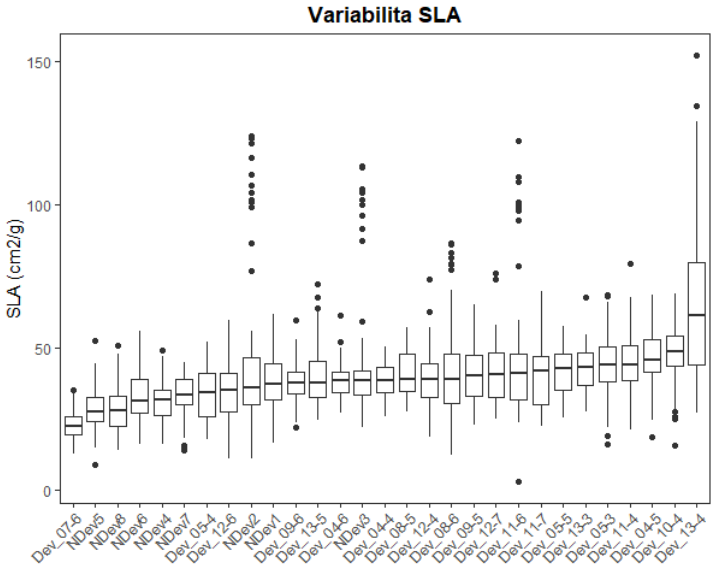
4.1.1 SLA

V Modelu 1 byl zkoumán efekt faktoru „druh“ na závislou proměnnou „SLA“, výsledky ukazují, že tento faktor vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, F = 227,3; p <0,001). Významná je variabilita SLA mezi jednotlivými druhy, variabilita uvnitř jednotlivých druhů je také signifikantní. Variabilita mezi druhy je graficky znázorněna na Obr. 2.



Obr. 2 Variabilita SLA u druhů. Na svislé ose jsou hodnoty SLA, na vodorovné ose jsou druhy seřazeny podle stoupající střední hodnoty SLA. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

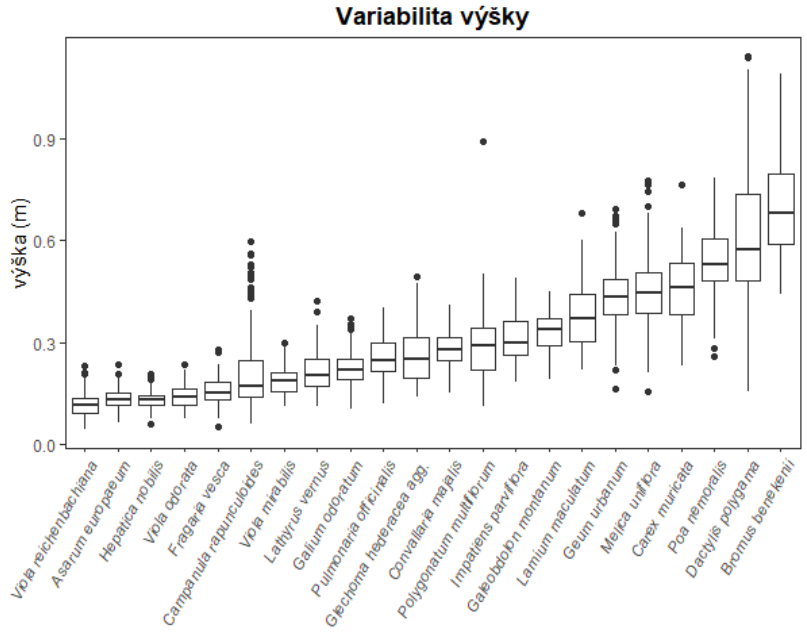
V Modelu 2 byl zkoumán efekt faktoru „plocha“ na závislou proměnnou „SLA“, výsledky ukazují, že tento faktor také vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, F = 227,3; p <0,001). Významná je variabilita SLA mezi jednotlivými plochami, variabilita uvnitř jednotlivých ploch je také signifikantní. Variabilita mezi plochami je graficky znázorněna na Obr. 3.



Obr. 3 Variabilita SLA na plochách. Na svislé ose jsou hodnoty SLA, na vodorovné ose jsou plochy seřazeny podle stoupající střední hodnoty SLA. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

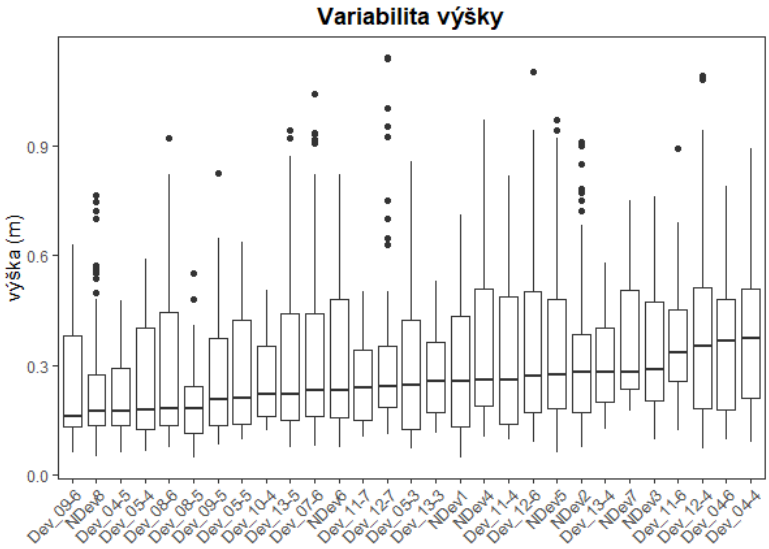
4.1.2 Výška rostliny

V Modelu 1 byl zkoumán efekt faktoru „druh“ na závislou proměnnou „výška rostliny“, výsledky ukazují, že tento faktor vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, F = 474,1; p <0,001). Významná je variabilita mezi jednotlivými druhy, variabilita uvnitř jednotlivých druhů je také signifikantní. Variabilita výšky rostlin mezi druhy je graficky znázorněna na Obr. 4.



Obr. 4 Variabilita výšky rostlin u druhů. Na svislé ose jsou hodnoty výšky rostliny, na vodorovné ose jsou druhy seřazeny podle stoupající střední hodnoty výšky. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

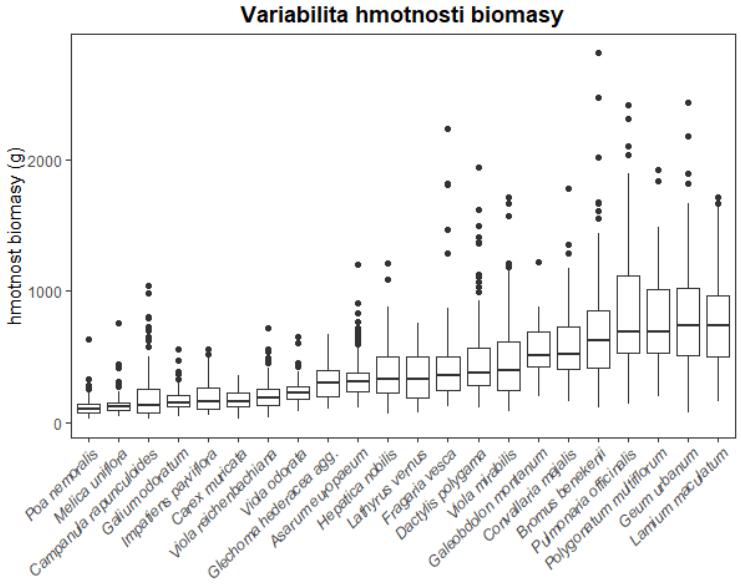
V Modelu 2 byl zkoumán efekt faktoru „plocha“ na závislou proměnnou „výška rostliny“, výsledky ukazují, že tento faktor také vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, F = 5,628; p <0,001). Významná je variabilita mezi jednotlivými plochami, variabilita uvnitř jednotlivých ploch je také signifikantní. Variabilita ve výškách rostliny mezi plochami je graficky znázorněna na Obr. 5.



Obr. 5 Variabilita výšky rostlin na plochách. Na svislé ose jsou hodnoty výšky rostlin, na vodorovné ose jsou plochy seřazeny podle stoupající střední hodnoty výšky. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

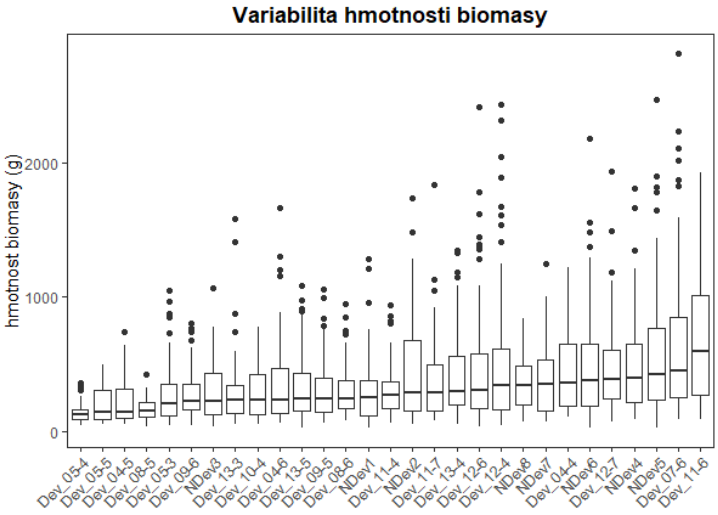
4.1.2 Hmotnost biomasy

V Modelu 1 byl zkoumán efekt faktoru „druh“ na závislou proměnnou „hmotnost biomasy“, výsledky ukazují, že tento faktor vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, F = 109,2; p <0,001). Významná je variabilita hmotnosti biomasy mezi jednotlivými druhy, variabilita uvnitř jednotlivých druhů je také signifikantní. Variabilita mezi druhy je graficky znázorněna na Obr. 6.



Obr. 6 Variabilita hmotnosti biomasy rostlin u druhů. Na svislé ose jsou hodnoty hmotnosti biomasy rostliny, na vodorovné ose jsou druhy seřazeny podle stoupající střední hodnoty hmotnosti biomasy. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

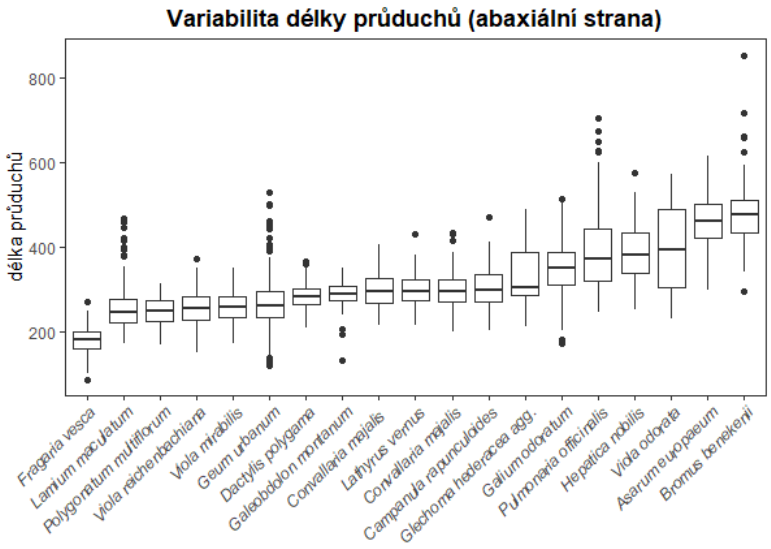
V Modelu 2 byl zkoumán efekt faktoru „plocha“ na závislou proměnnou „hmotnost biomasy“, výsledky ukazují, že tento faktor vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, $F = 15{,}43$; $p < 0{,}001$). Významná je variabilita hmotnosti biomasy mezi jednotlivými plochami, variabilita uvnitř jednotlivých ploch je také signifikantní. Variabilita mezi plochami je graficky znázorněna na Obr. 7.



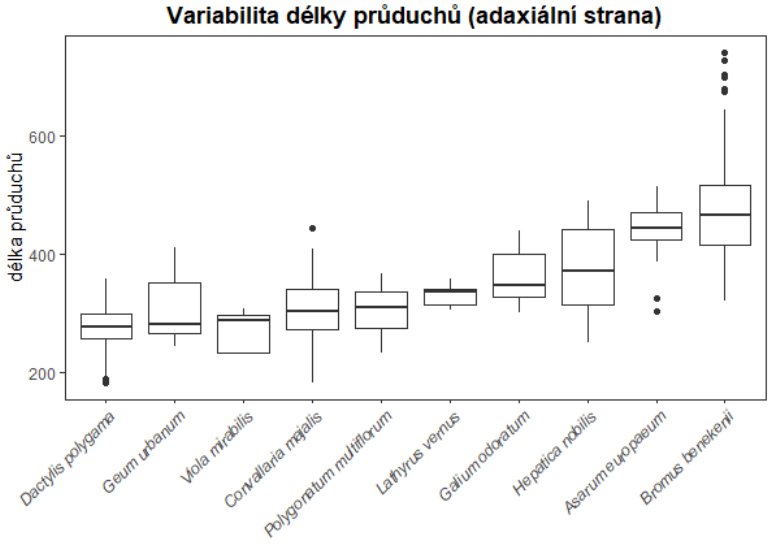
Obr. 7 Variabilita hmotnosti biomasy rostlin na plochách. Na svislé ose jsou hodnoty hmotnosti biomasy rostliny, na vodorovné ose jsou plochy seřazeny podle stoupající střední hodnoty hmotnosti biomasy. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

4.1.3 Délka a hustota průduchů

Pro statistickou analýzu variability dat o stomatech jsem zde nerozlišovala abaxiální a adaxiální stranu listu z důvodu malého počtu pozorování (zvláště u průduchů na adaxiální straně) a hierarchická ANOVA je tedy provedena pro všechna stomata dohromady. U grafického znázornění je pak rozlišení na abaxiání a adaxiální stranu listu ponecháno.
V Modelu 1 byl zkoumán efekt faktoru „druh" na závislou proměnnou „délka průduchů", výsledky ukazují, že tento faktor vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, F = 78,51; p <0,001). Významná je variabilita mezi jednotlivými druhy, variabilita uvnitř jednotlivých druhů je také signifikantní. Variabilita v délkách průduchů mezi druhy je graficky znázorněna na Obr. 8 a Obr. 9.

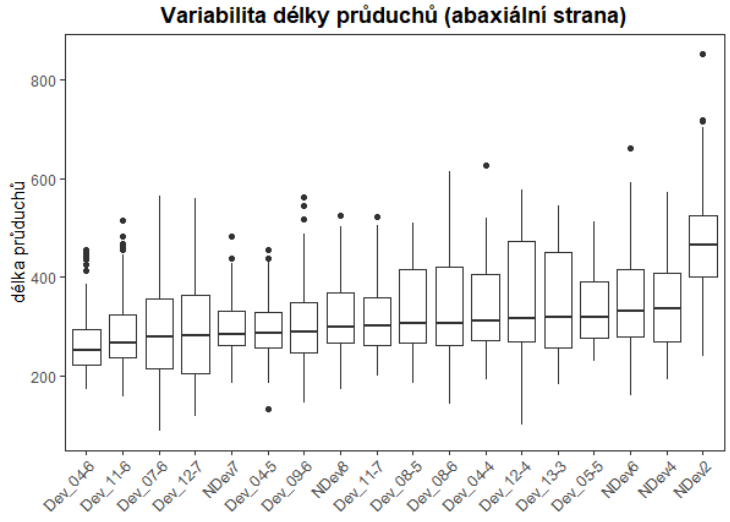


Obr. 8 Variabilita délky průduchů na abaxiální straně listu u druhů. Na svislé ose jsou hodnoty délky průduchů, na vodorovné ose jsou druhy seřazeny podle stoupající střední hodnoty délky průduchů. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

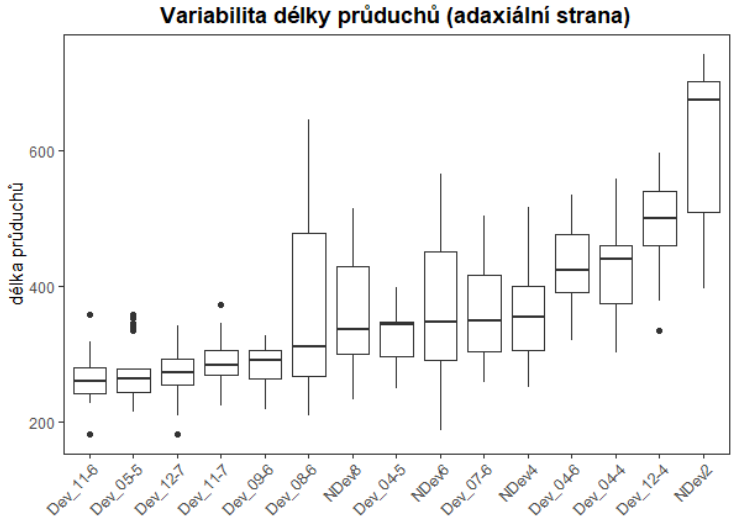


Obr. 9 Variabilita délky průduchů na adaxiální straně listu u druhů. Na svislé ose jsou hodnoty délky průduchů, na vodorovné ose jsou druhy seřazeny podle stoupající střední hodnoty délky průduchů. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

V Modelu 2 byl zkoumán efekt faktoru „plocha“ na závislou proměnnou „délka průduchů“, výsledky ukazují, že tento faktor vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, F = 9,582; p <0,001). Významná je variabilita mezi jednotlivými plochami, variabilita uvnitř jednotlivých ploch je také signifikantní. Variabilita v délkách průduchů mezi plochami je graficky znázorněna na Obr. 10 a Obr. 11.

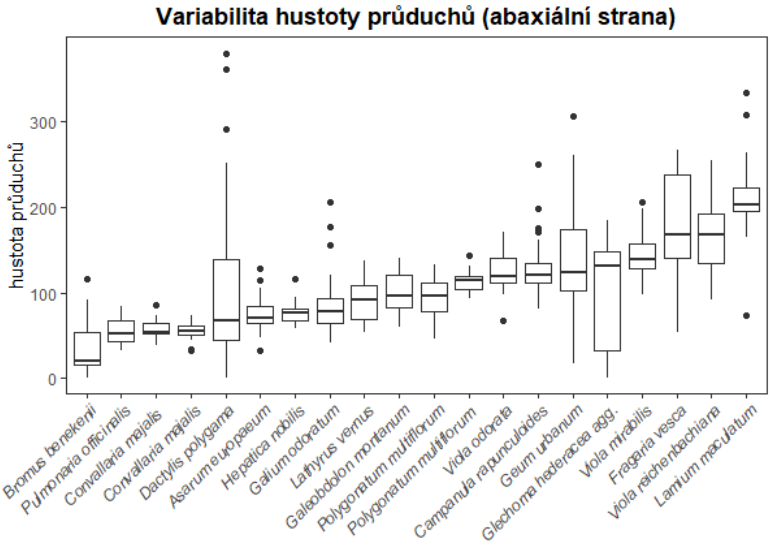


Obr. 10 Variabilita délky průduchů na abaxiální straně listu na plochách. Na svislé ose jsou hodnoty délky průduchů, na vodorovné ose jsou plochy seřazeny podle stoupající střední hodnoty délky průduchů. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

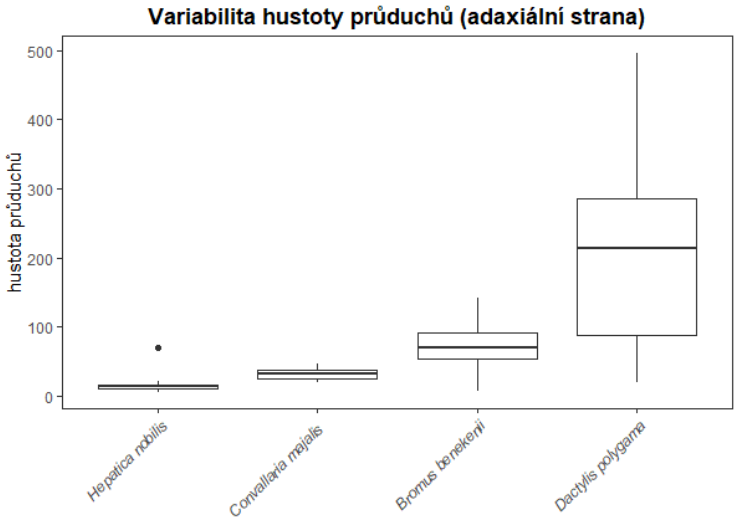


Obr. 11 Variabilita délky průduchů na adaxiální straně listu na plochách. Na svislé ose jsou hodnoty délky průduchů, na vodorovné ose jsou plochy seřazeny podle stoupající střední hodnoty délky průduchů. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

V Modelu 1 byl zkoumán efekt faktoru „druh“ na závislou proměnnou „hustota průduchů“, výsledky ukazují, že tento faktor vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, F = 22,44; p <0,001). Významná je variabilita v hustotě průduchů mezi jednotlivými druhy, variabilita uvnitř jednotlivých druhů je také signifikantní. Variabilita mezi druhy je graficky znázorněna na Obr. 12 a Obr. 13.

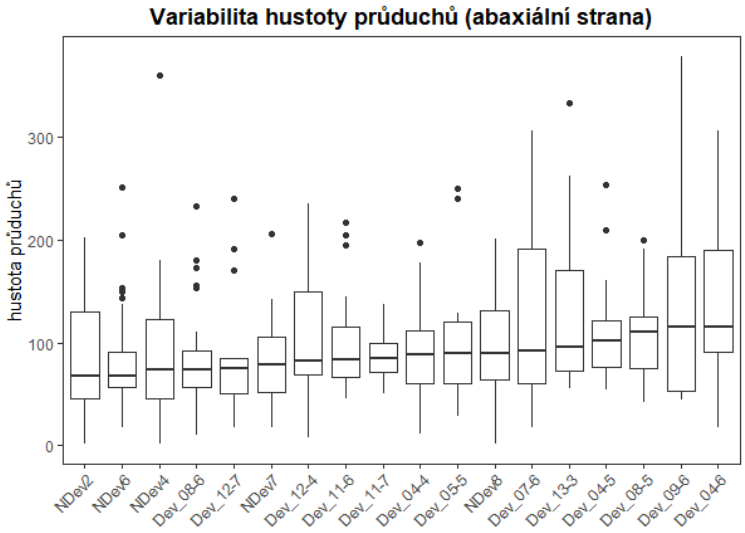


Obr. 12 Variabilita hustoty průduchů na abaxiální straně listu u druhů. Na svislé ose jsou hodnoty hustoty průduchů, na vodorovné ose jsou druhy seřazeny podle stoupající střední hodnoty hustoty průduchů. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

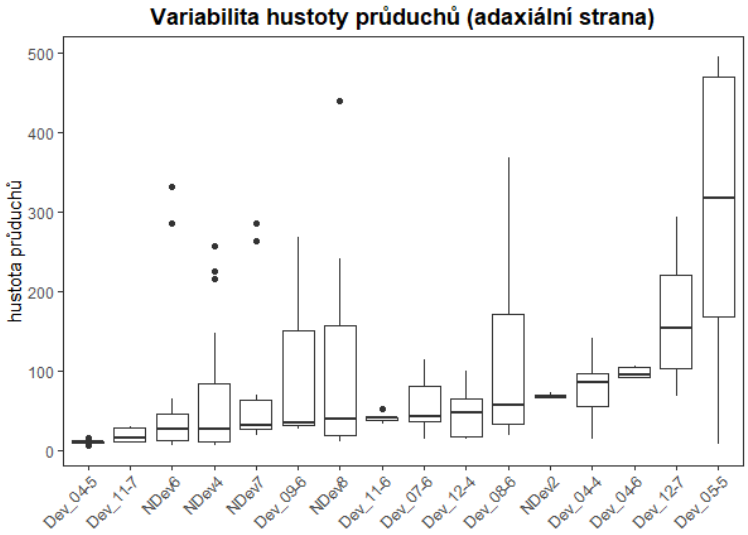


Obr. 13 Variabilita hustoty průduchů na adaxiální straně listu u druhů. Na svislé ose jsou hodnoty hustoty průduchů, na vodorovné ose jsou druhy seřazeny podle stoupající střední hodnoty hustoty průduchů. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

V Modelu 2 byl zkoumán efekt faktoru „plocha“ na závislou proměnnou „hustota průduchů“, výsledky ukazují, že tento faktor vykazuje signifikantní efekt (Tabulka 1, $F = 2{,}647$; $p < 0{,}001$). Významná je variabilita v hustotě průduchů mezi jednotlivými druhy, variabilita uvnitř jednotlivých druhů je také signifikantní. Variabilita mezi druhy je graficky znázorněna na Obr. 14 a Obr. 15.



Obr. 14 Variabilita hustoty průduchů na abaxiální straně listu na plochách. Na svislé ose jsou hodnoty hustoty průduchů, na vodorovné ose jsou plochy seřazeny podle stoupající střední hodnoty hustoty průduchů. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.



Obr. 15 Variabilita hustoty průduchů na adaxiální straně listu na plochách. Na svislé ose jsou hodnoty hustoty průduchů, na vodorovné ose jsou plochy seřazeny podle stoupající střední hodnoty hustoty průduchů. Zobrazeno pomocí krabicových grafů, černá vodorovné čára v grafu reprezentuje medián (střední hodnota), hranice krabice zobrazují mezikvartilové rozpětí, odstupující svislé čáry zobrazují rozsah celé datové sady vyjma odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako černé body.

4.2 Vztah funkčních vlastností k prostředí

Ke zjištění vztahu mezi jednotlivými funkčními vlastnostmi a parametry prostředí jsem použila výpočet Pearsonova korelačního testu. Výpočet jsem provedla pro každou měřenou funkční vlastnost ve vztahu ke každému měřený parametr prostředí, a to jak pro všechny druhy rostlin dohromady, tak také pro jednotlivé druhy zvlášť. Výsledky jsem vložila do tabulek vytvořených zvlášť pro jednotlivé funkční vlastnosti. Kromě korelačního testu jsem graficky vyjádřila vztah mezi proměnnými pomocí bodového grafu, do kterého jsem vložila regresní přímku vyplývající z rovnice lineárního modelu. Konkrétní výsledky pro jednotlivé funkční vlastnosti se nacházejí v následujících podkapitolách, v podkapitolách jsou rovněž popsány případné modifikace dat. U všech funkčních vlastností jsou pak modifikovány z důvodu nevhodného rozdělení hodnot následující hodnoty prostředí – otevřenost nadrostu (logaritmováno).

Pro lepší čitelnost celého textu jsou výsledné tabulky vztahů funkčních s proměnnými prostředí uvedeny jen ve zkrácené verzi, kompletní tabulky se pak nachází v příloze. Zkrácená verze tabulky obsahuje výsledek Pearsonova korelačního testu pro každou proměnou prostředí vždy pro všechny druhy rostlin dohromady, a dále pak jen pro ty druhy, u kterých byl signifikantní výsledek pozitivní či negativní korelace.

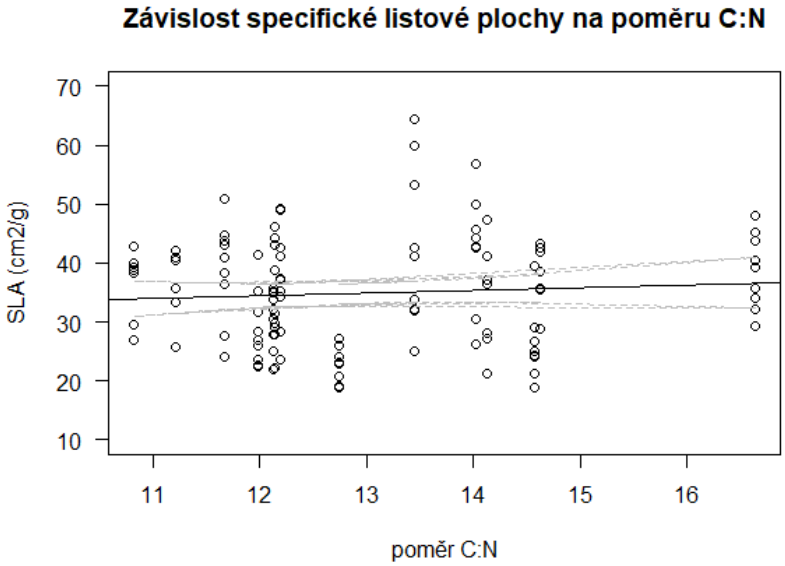
4.2.1 SLA

Tabulka 2 Vztah mezi SLA a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem (kompletní tabulka viz Tab.: 1 v příloze). P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

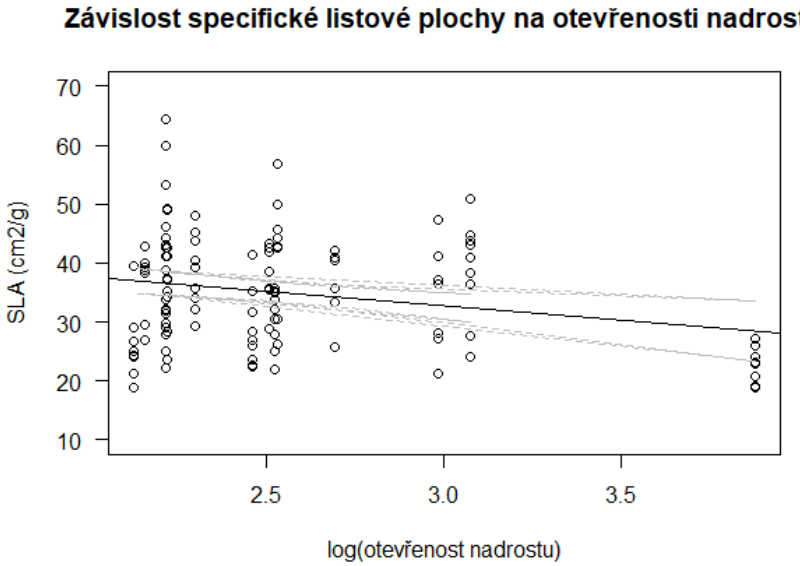
vztah mezi SLA a parametry prostředí					
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	5.4989	117	**2.276E-07**	0.453174
	Asarum europaeum	2.4532	12	**0.03041**	0.577933
	Bromus benekenii	2.9503	9	**0.01621**	0.701177
	Geum urbanum	2.6682	10	**0.02356**	0.644878
	Dactylis polygama	4.1336	9	**0.002546**	0.809319
	Hepatica nobilis	4.6672	6	**0.003441**	0.88546
	Campanula rapunculoides	3.2723	6	**0.01698**	0.800558
	Viola reichenbachiana	3.4315	6	**0.01394**	0.813914
poměr C:N v půdě	**všechny**	0.85476	117	0.3944	0.078777
otevřenost nadrostu	**všechny**	-2.7127	117	**0.007681**	-0.24326
	Galium odoratum	-2.7097	12	**0.01897**	-0.61612
	Asarum europaeum	-2.5843	12	**0.02391**	-0.59795
osvícenost plochy	**všechny**	-0.37358	117	0.7094	-0.03452

Vztah SLA a kyselosti půdy je pozitivní se stoupajícím sklonem regresní přímky (Obr. 16). Personův korelační koeficient (Tabulka 2) je u všech druhů velmi výrazně signifikantní s kladnou hodnotou korelace 0.45, velmi signifikantní jsou také dílčí výsledky u druhů *Dactylis polygama* (korelace = 0.81,) a *Hepatica nobilis* (korelace = 0.89). Mezi SLA a poměrem C:N v půdě není prokazatelný vztah, a to jak v bodovém grafu, kde není sklon přímky téměř žádný (Obr. 17), tak ani při výpočtu korelačního koeficientu, kdy se celkově ani u žádného druhu nijak neprokázal žádný signifikantní výsledek. SLA má negativní korelaci (korelace = -0.24) k otevřenosti nadrostu s výraznou signifikancí, signifikantní výsledky jsou také u druhů *Galium ododratum* (korelace = -0.62) a *Asarum europaeum* (korelace = -0.60), negativní vztah pak ukazuje také klesající sklon regresní přímky (Obr. 18). Mezi SLA a osvícenosti plochy se neprokázal signifikantní výsledek korelace (korelace = -0.04) a sklon regresní přímky je téměř nulový (Obr. 19).

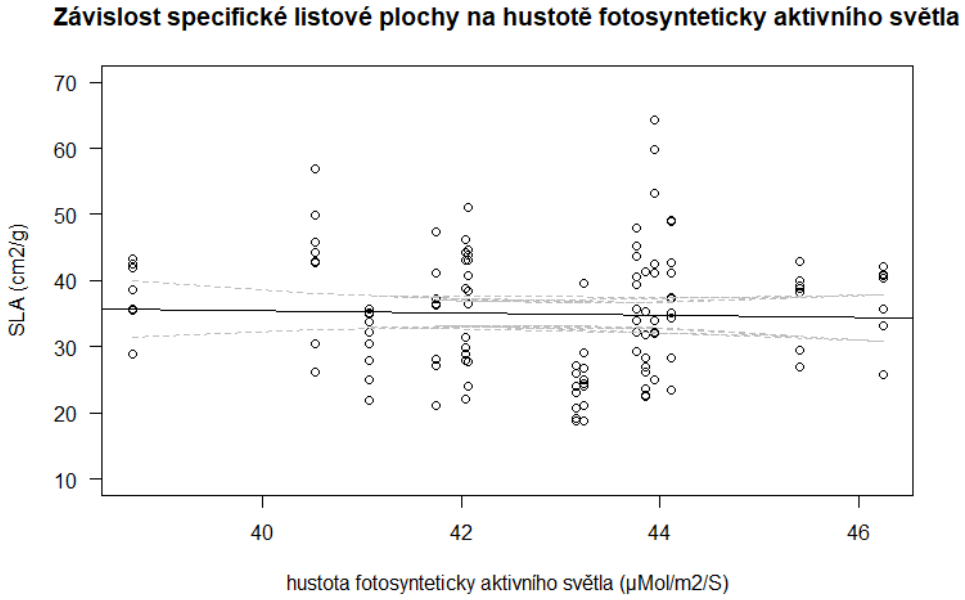
Obr. 16 Závislost SLA na kyselosti půdy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 17 Závislost SLA na poměru C:N v půdě. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 18 Závislost SLA na otevřenosti nadrostu. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



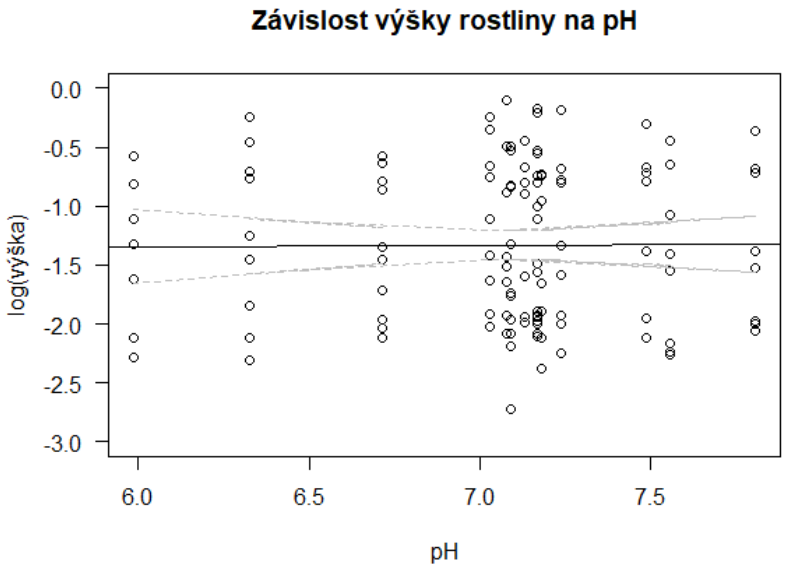
Obr. 19 Závislost SLA na osvícenosti plochy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.

4.2.2. Výška rostliny

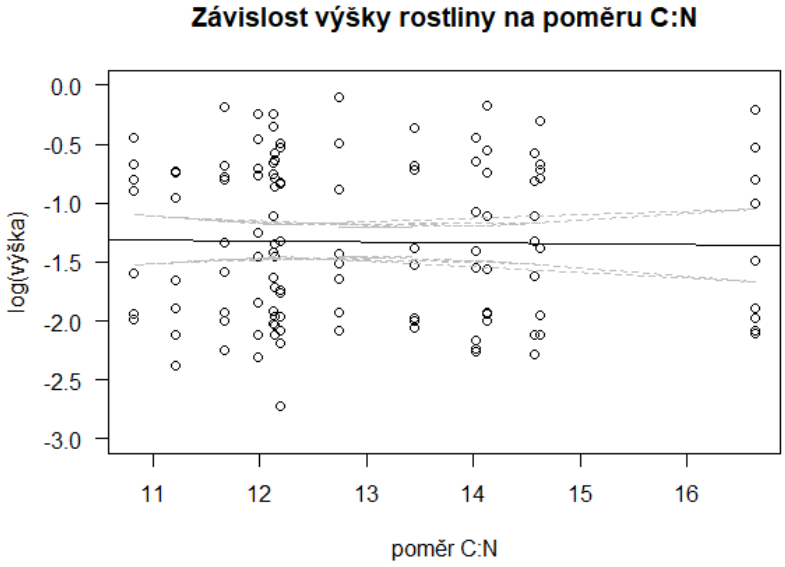
Tabulka 3 Vztah mezi výškou rostliny a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem (kompletní tabulka viz Tab.: 2 v příloze P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

vztah mezi výškou rostlin a parametry prostředí					
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	0.081318	117	0.9353	0.007518
	Campanula rapunculoides	2.4511	6	**0.04971**	0.707345
poměr C:N v půdě	**všechny**	-0.22505	117	0.8223	-0.0208
otevřenost nadrostu	**všechny**	0.62169	117	0.5354	0.057381
	Bromus benekenii	3.4644	9	**0.007112**	0.755953
	Fragaria vesca	2.4726	9	**0.03542**	0.63602
osvícenost plochy	**všechny**	-0.8907	117	0.3749	-0.08207
	Galium odoratum	-3.3135	12	**0.006184**	-0.69122

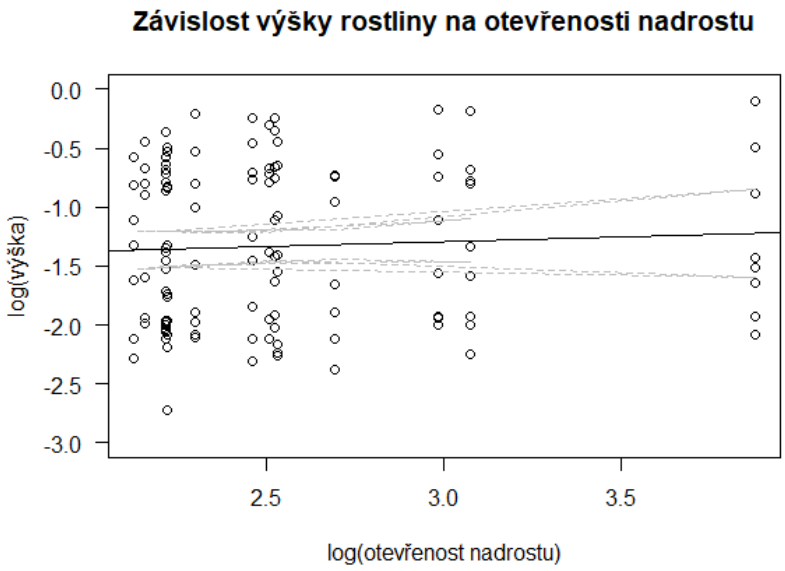
Vztah výšky rostliny a kyselosti půdy je pro všechny druhy dohromady nesignifikantní (Tabulka 3, korelace = 0.01) signifikantní korelace vychází však pro druh *Campanula rapunculoides* (korelace = 0.70), absenci vztahu mezi těmito proměnnými dokazuje také téměř nulový sklon regresní přímky (Obr. 20). Taktéž se neprokázal vztah mezi výškou rostliny a poměrem C:N podle korelačního koeficientu všech druhů (korelace = - 0.02), ani jednotlivých druhů, regresní přímka proměnných má minimální sklon (Obr. 21). Mezi výškou rostliny a otevřeností nadrostu je výrazně signifikantní korelace u druhu *Bromus benekenii* (korelace = 0.76) a signifikantní je u *Fragaria vesca* (korelace = 0.64), celkově u všech druhů korelace signifikantní není (korelace = 0.06), regresní přímka má minimální pozitivní sklon (Obr. 22). Výrazně záporná korelace mezi výškou rostliny a osvícenosti plochy je u druhu *Galium odoratum* (korelace = -0.69), u všech druhů dohromady je výsledek korelačního testu nesignifikantní (korelace = -0.08) a sklon regresní přímky je zanedbatelný (Obr. 23).



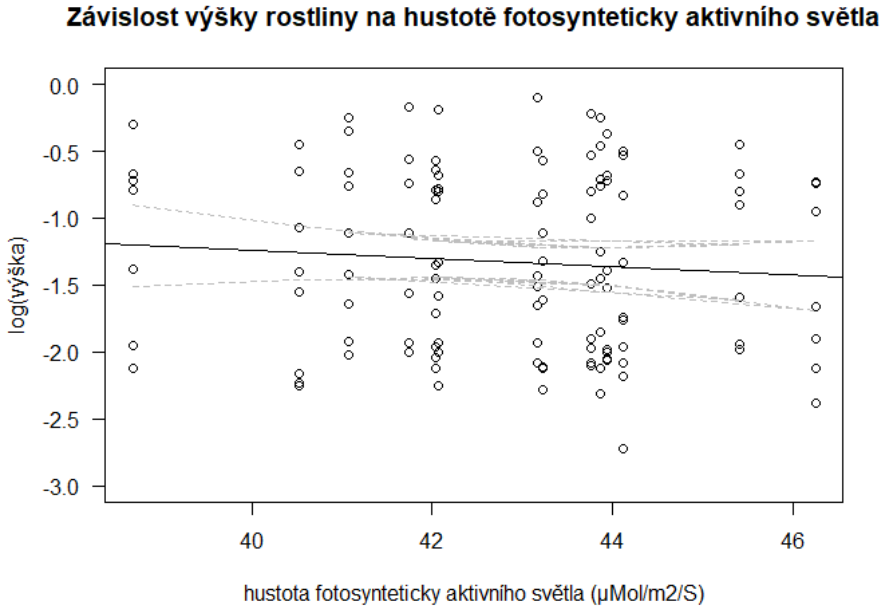
Obr. 20 Závislost výšky rostliny na kyselosti půdy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 21 Závislost výšky rostliny na poměru C:N v půdě. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 22 Závislost výšky rostliny na otevřenosti nadrostu. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



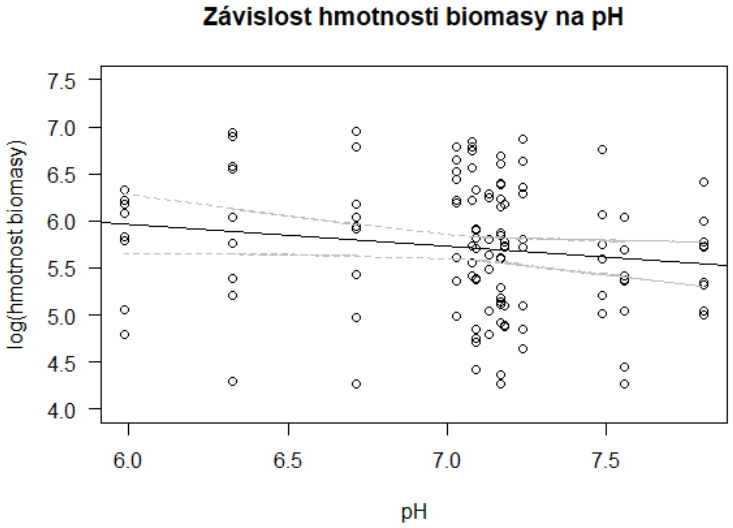
Obr. 23 Závislost výšky rostliny na osvícenosti plochy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.

4.2.3. Hmotnost biomasy

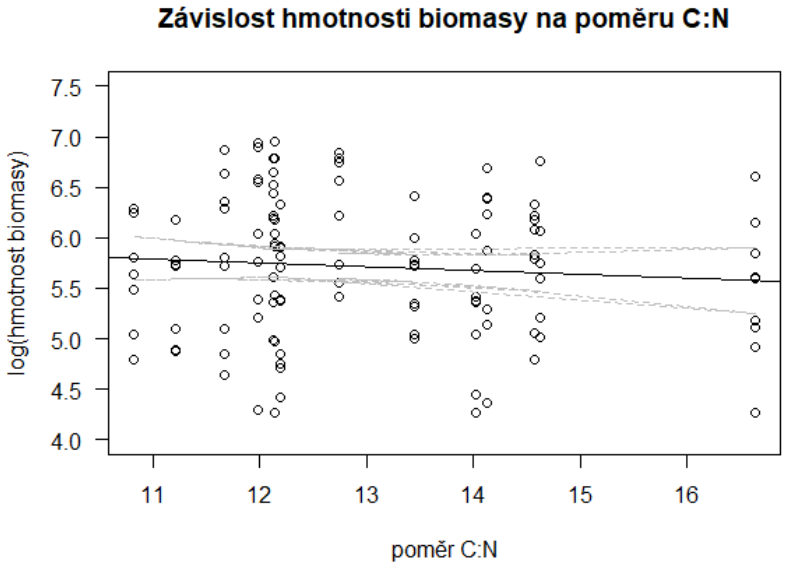
Tabulka 4 Vztah mezi hmotností biomasy a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem (kompletní tabulka viz Tab.: 3 v příloze). P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

vztah mezi hmotností biomasy a parametry prostředí					
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	-1.7052	117	0.09082	-0.15572
	Bromus benekenii	-2.3222	9	**0.04532**	-0.61211
poměr C:N v půdě	**všechny**	-0.93555	117	0.3514	-0.08617
otevřenost nadrostu	**všechny**	2.2282	117	**0.02778**	0.201759
	Fragaria vesca	2.6514	9	**0.02641**	0.662235
osvícenost plochy	**všechny**	-0.93637	117	0.351	-0.08624

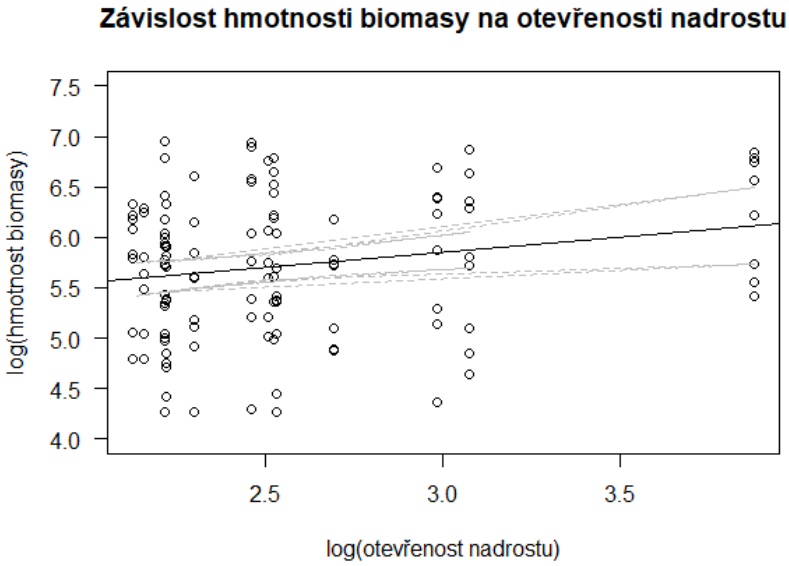
Mezi hmotností biomasy a kyselostí půdy není dostatečně signifikantní výsledek korelačního testu a korelace je nízká (Tabulka 4, korelace = -0.16), jen u druhu *Bromus benekenii* je signifikantní záporná korelace (korelace = -0.61), regresní přímka má mírně klesající sklon (Obr. 24). Nesignifikantní je rovněž korelace mezi hmotností biomasy a poměrem C:N v půdě u všech druhů (korelace = -0.09), kde regresní přímka je bez výrazného sklonu (Obr. 25). Signifikantní pozitivní korelace je mezi hmotností biomasy a otevřeností nadrostu u všech druhů celkem (korelace = 0.20), konkrétně pak také u *Fragaria vesca* (korelace = 0.66) a regresní přímka mezi těmito proměnnými je mírně stoupající (Obr. 26). Mezi hmotností biomasy a osvícenosti plochy není signifikantní korelace (korelace = -0.09) a regresní přímka je v tomto případě beze sklonu (Obr. 27).



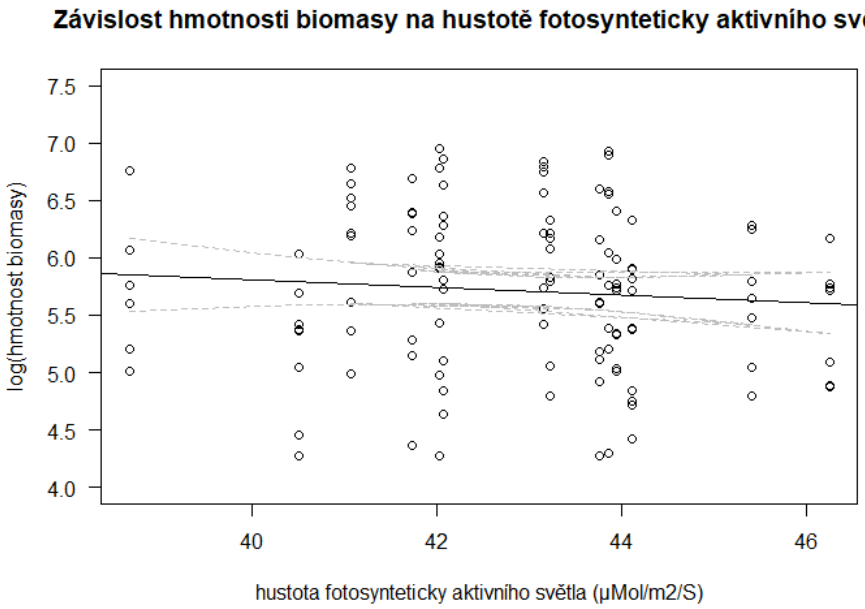
Obr. 24 Závislost hmotnosti biomasy na kyselosti půdy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 25 Závislost hmotnosti biomasy na poměru C:N v půdě. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 26 Závislost hmotnosti biomasy na otevřenosti nadrostu. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 27 Závislost hmotnosti biomasy na osvícenosti plochy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.

4.2.4. Délka a hustota průduchů

Tabulka 5 Vztah mezi délkou průduchů a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem (kompletní tabulka viz Tab.: 4 v příloze). P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

vztah mezi délkou průduchů a parametry prostředí

parametr prostředí	druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	**abaxiální**	-0.42467	500	0.6713	-0.018988
		adaxiální	0.94975	124	0.3441	0.0849819
	Bromus benekenii	abaxiální	-2.1387	36	**0.03931**	-0.335763
		adaxiální	-1.2163	34	0.2322	-0.204203
	Hepatica nobilis	abaxiální	-3.3816	28	**0.002142**	-0.538492
		adaxiální	-2.8187	18	**0.01137**	-0.553384
	Lamium maculatum	abaxiální	-2.1352	21	**0.04468**	-0.422347
		adaxiální			-	
	Lathyrus vernus	abaxiální	-2.8943	7	**0.02318**	-0.738082
		adaxiální			-	
	Viola odorata	abaxiální	4.6597	6	**0.003468**	0.8851528
		adaxiální			-	
parametr prostředí	druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor

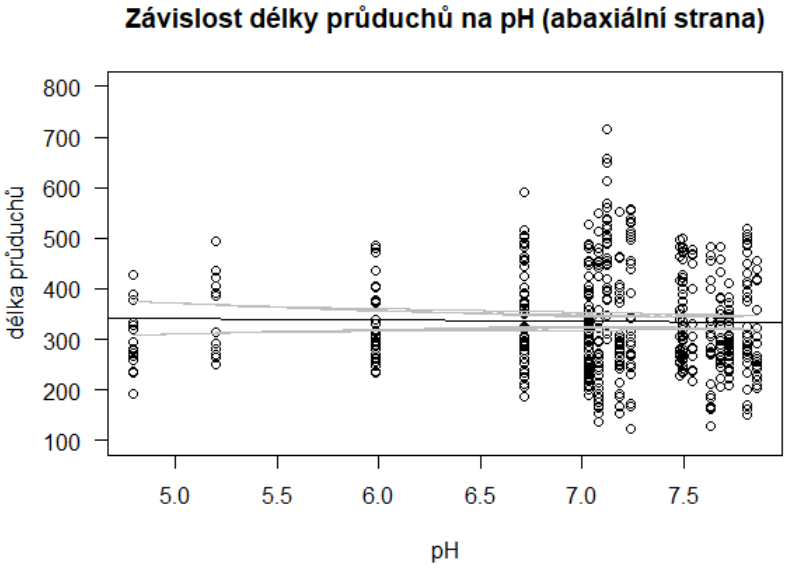
	všechny	**abaxiální**	-4.0706	500	**5.45E-05**	-0.179098
		adaxiální	-2.4882	124	**0.01416**	-0.218072
	Bromus benekenii	abaxiální	-4.2313	36	**0.0001527**	-0.576323
		adaxiální	-3.7752	34	**0.0006137**	-0.543475
poměr C:N v půdě	*Geum urbanum*	abaxiální	-2.5817	41	**0.0135**	-0.373942
		adaxiální			-	
	Lamium maculatum	abaxiální	-4.3431	21	**0.000286**	-0.687888
		adaxiální			-	
	Lathyrus vernus	abaxiální	2.8943	7	**0.02318**	0.7380823
		adaxiální			-	

parametr prostředí	druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
	všechny	**abaxiální**	-2	500	**0.04604**	-0.089089
		adaxiální	-0.22717	124	0.8207	-0.020396
	Galium odoratum	abaxiální	-2.4959	67	**0.01503**	-0.291666
otevřenost nadrostu		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Lathyrus vernus	abaxiální	-2.8943	7	**0.02318**	-0.738082
		adaxiální			-	
	Viola odorata	abaxiální	4.6597	6	**0.003468**	0.8851528
		adaxiální			-	

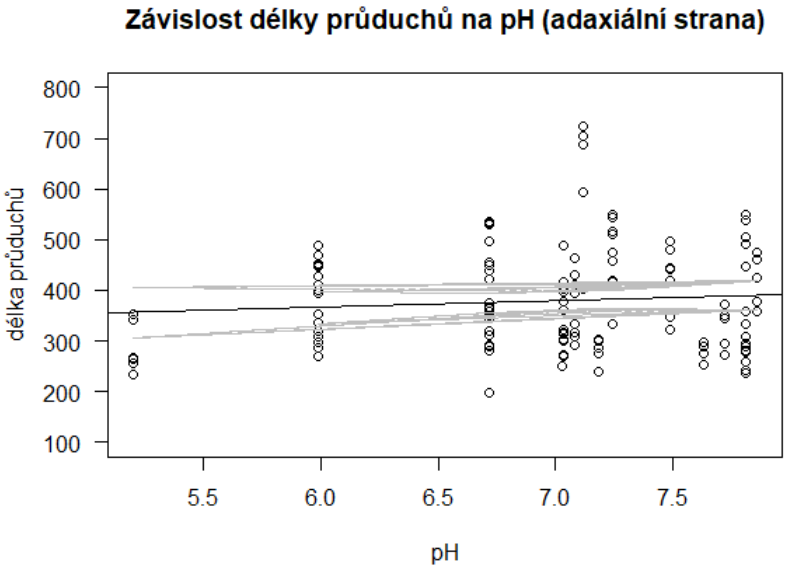
parametr prostředí	druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
	všechny	**abaxiální**	-0.3091	500	0.7574	-0.013822
		adaxiální	-0.97171	124	0.3331	-0.086932
	Hepatica nobilis	abaxiální	0.61488	28	0.5436	0.1154256
		adaxiální	2.9129	18	**0.009283**	0.5660138
osvícenost plochy	*Lathyrus vernus*	abaxiální	2.8943	7	**0.02318**	0.7380823
		adaxiální			-	
	Pulmonaria officinalis	abaxiální	5.9029	10	**0.0001505**	0.8814785
		adaxiální			-	
	Viola odorata	abaxiální	4.6597	6	**0.003468**	0.8851528
		adaxiální			-	

U délky průduchů není signifikantní vztah s kyselostí půdy ani na abaxiální straně listu (Tabulka 5, korelace = -0.02), ani na adaxiální straně listu (korelace = 0.09), což ukazuje také nulový sklon regresních přímek na obou grafech (Obr. 28 a Obr. 29). Signifikantní je však negativní korelační koeficient na abaxiální straně listu u druhu *Bromus benekenii* (korelace = -0.34), dále je u *Hepatica nobilis* výrazně signifikantní negativní korelace na abaxiální straně listu (korelace = -0.54) a signifikantní na adaxiální straně listu (korelace = -0.55), u druhu *Lamium macultum* je signifikantní výsledek na abaxiální straně listu (korelace = -0.42), *Lathyrus vernus* má signifikantní korelaci na abaxiální straně (korelace = -0.74) a *Viola odorta* má výrazně signifikantní pozitivní korelaci na abaxiální straně listu (korelace = 0.89). Mezi délkou průduchů a poměrem C:N v půdě je velmi výrazně signifikantní výsledek Pearsonova korelačního testu u všech druhů na abaxiální straně listu (korelace = -0.18) a signifikantní výsledek na adaxiální (korelace = -0.22) s klesající regresní přímkou v obou případech (Obr. 30 a Obr. 31), u jednotlivých druhů

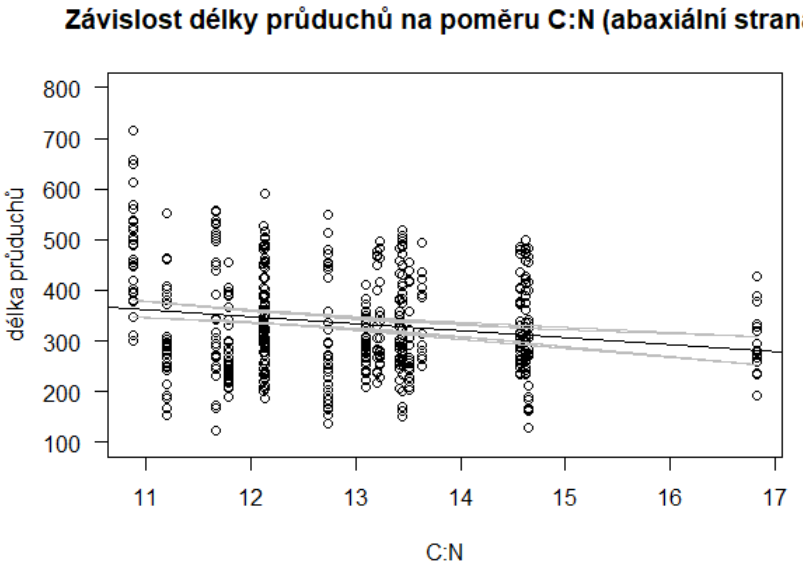
je pak velmi výrazně signifikantní korelace u *Bromus benekenii* na abaxiální straně (korelace = -0.58) i na abaxiální straně (korelace = -0.54) listu, signifikantní korelace je na abaxiální straně listu u *Geum urbanum* (korelace = -0.37), velmi výrazně signifikantní je u *Lamium maculatum* na abaxiální straně listu (korelace = -0.69) a u *Lathyrus vernus* je signifikantní korelace rovněž na abaxiální straně listu (korelace = 0.74). K otevřenosti nadrostu má celkově délka průduchů jen na abaxiální straně listu signifikantní korelaci (korelace = -0.09) s mírně klesající regresní přímkou (Obr. 32), na adaxiální straně listu má reg. přímka sklon jen minimální (Obr. 33) a korelace je nesignifikantní (korelace = -0.02), signifikantní korelace je pak na abaxiální straně listu u *Galium odoratum* (korelace = -0.29) a u *Lathyrus vernus* (korelace = -0.74), u druhu *Viola odorata* je výrazně signifikantní výsledek na abaxiální straně listu (0.88). Mezi délkou průduchů a osvícenosti ploch není signifikantní korelace ani na abaxiální straně listu (korelace = -0.01), ani na adaxiální straně (korelace = -0.09), v obou případech je zároveň minimální sklon regresní přímky (Obr. 34 a Obr. 35), výrazně signifikantní výsledek je na adaxiáln straně listu u *Hepatica nobilis* (korelace = 0.57), signifikantní je na abaxiální straně u *Lathyrus vernus* (korelace = 0.74), velmi výrazně signifikantní je na abaxiální straně u *Pulmonaria officinalis* (korelace = 0.88) a výrazně signifikantní pak je na abaxiální straně u *Viola odorata* (korelace = 0.89).



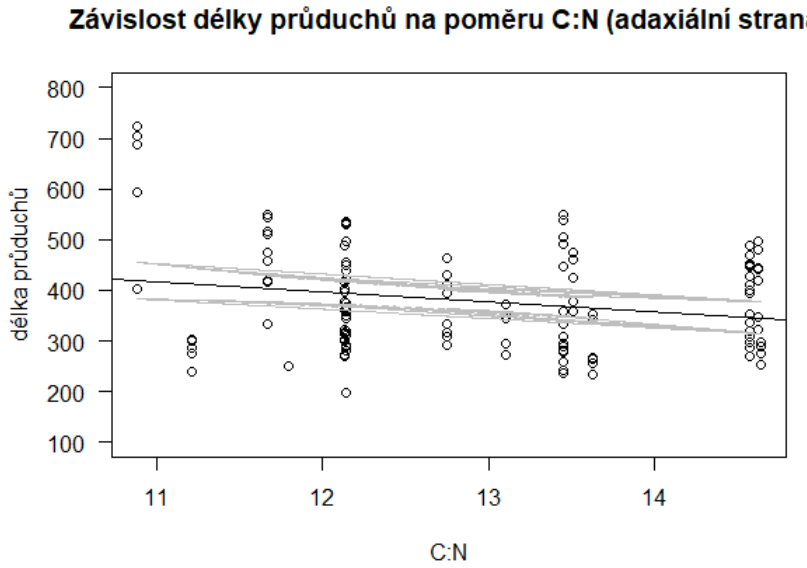
Obr. 28 Závislost délky průduchů abaxiální strany listů na kyselosti půdy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



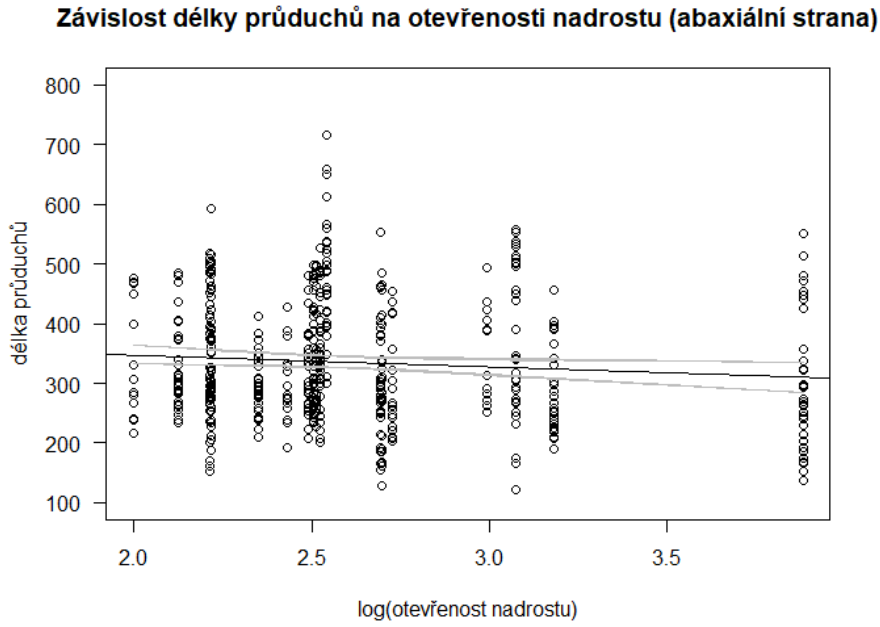
Obr. 29 Závislost délky průduchů adaxiální strany listů na kyselosti půdy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



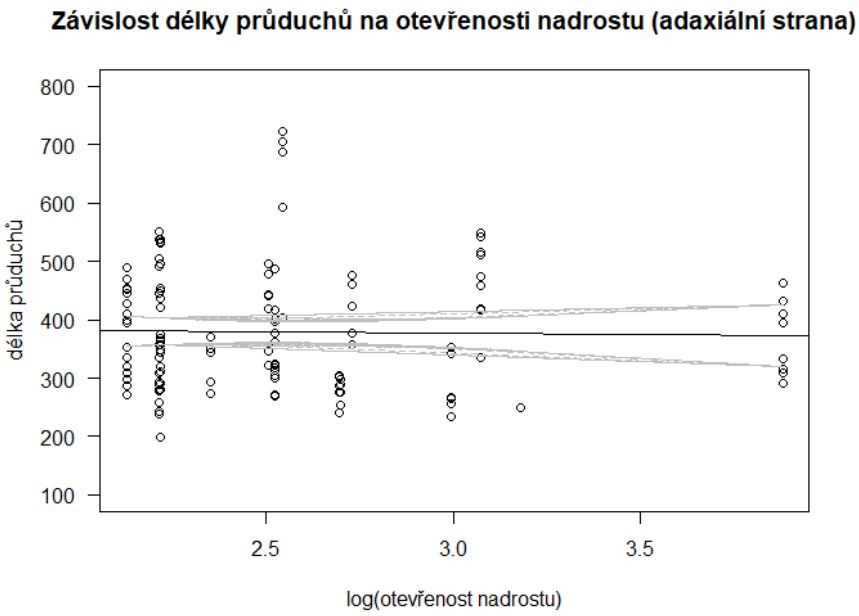
Obr. 30 Závislost délky průduchů abaxiální strany listů na poměru C:N v půdě. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



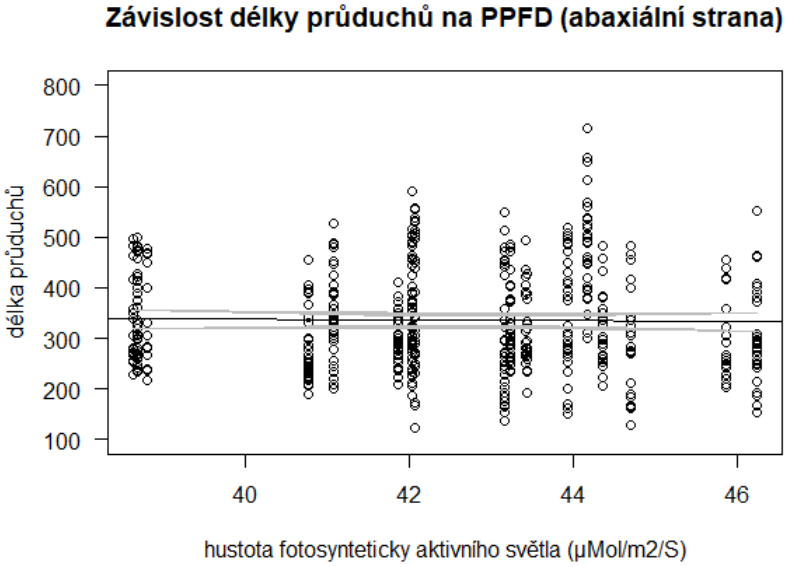
Obr. 31 Závislost délky průduchů adaxiální strany listů na poměru C:N v půdě. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



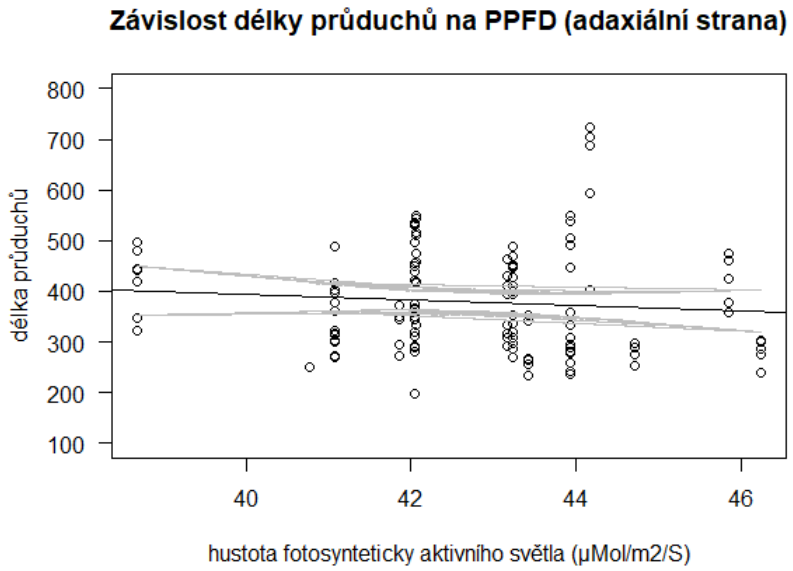
Obr. 32 Závislost délky průduchů abaxiální strany listů na otevřenosti nadrostu. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 33 Závislost délky průduchů adaxiální strany listů na otevřenosti nadrostu. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 34 Závislost délky průduchů abaxiální strany listů na osvícenosti plochy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 35 Závislost délky průduchů adaxiální strany listů na osvícenosti plochy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.

Tabulka 6 Vztah mezi délkou průduchů a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem (kompletní tabulka viz Tab.: 5 v příloze). P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

vztah mezi hustotou průduchů a parametry prostředí

parametr prostředí	Druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	**abaxiální**	0.73884	458	0.4604	0.0345031
		adaxiální	-3.7073	123	**0.0003154**	-0.31703
	Bromus benekenii	abaxiální	-0.16117	31	0.873	-0.028934
		adaxiální	2.9492	32	**0.005911**	0.4622975
	Galeobdolon montanum	abaxiální	4.2603	7	**0.003745**	0.8495142
		adaxiální			-	
	Hepatica nobilis	abaxiální	2.8776	28	**0.007586**	0.4777443
		adaxiální	-2.1941	27	**0.03701**	-0.388995
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	3.4719	7	**0.01038**	0.795381
		adaxiální			-	
parametr prostředí	Druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
poměr C:N v půdě	**všechny**	**abaxiální**	0.028933	548	0.9769	0.001352
		adaxiální	2.9953	123	**0.003316**	0.2607381
	Convallaria majalis	abaxiální	0.98719	26	0.3327	0.1900736
		adaxiální	-2.6229	22	**0.01554**	-0.488077
	Dactylis polygama	abaxiální	-2.279	36	**0.0287**	-0.355077

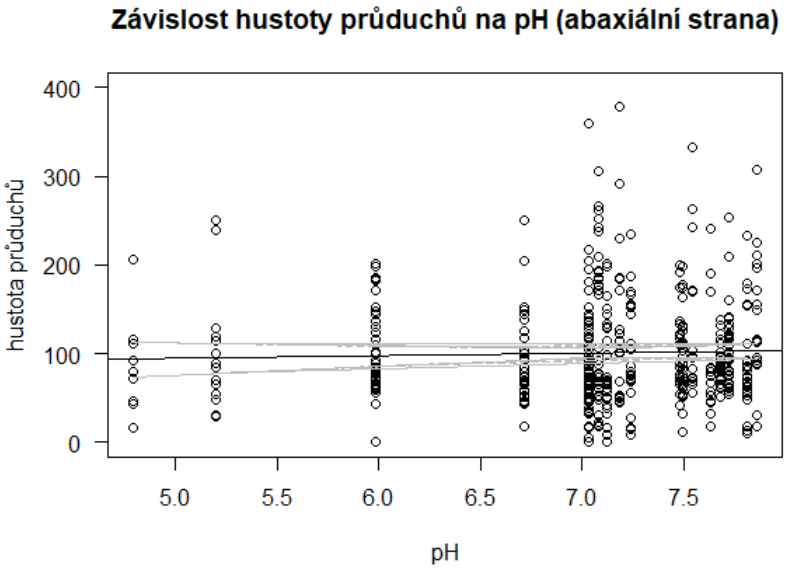
		adaxiální	0.007879	34	0.9938	0.0013512
	Galeobdolon montanum	abaxiální	-4.2603	7	**0.003745**	-0.849514
		adaxiální			-	
	Galium odoratum	abaxiální	2.4382	66	**0.01746**	0.2874551
		adaxiální			-	
	Lamium maculatum	abaxiální	2.3723	16	**0.03055**	0.5101132
		adaxiální			-	
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	3.4719	7	**0.01038**	0.795381
		adaxiální			-	

parametr prostředí	Druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
	všechny	**abaxiální**	2.4979	458	**0.01284**	0.1159325
		adaxiální	-0.24061	123	0.8103	-0.02169
	Convallaria majalis	abaxiální	0.31138	26	0.758	0.060953
		adaxiální	2.1225	22	**0.04529**	0.4122647
	Galeobdolon montanum	abaxiální	-4.2603	7	**0.003745**	-0.849514
		adaxiální			-	
otevřenost nadrostu	*Geum urbanum*	abaxiální	3.4673	30	**0.001611**	0.5348739
		adaxiální			-	
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	-3.4719	7	**0.01038**	-0.795381
		adaxiální			-	
	Viola mirabilis	abaxiální	-2.5506	14	**0.02309**	-0.563261
		adaxiální			-	
	Viola reichenbachiana	abaxiální	2.4863	31	**0.0185**	0.4077515
		adaxiální			-	

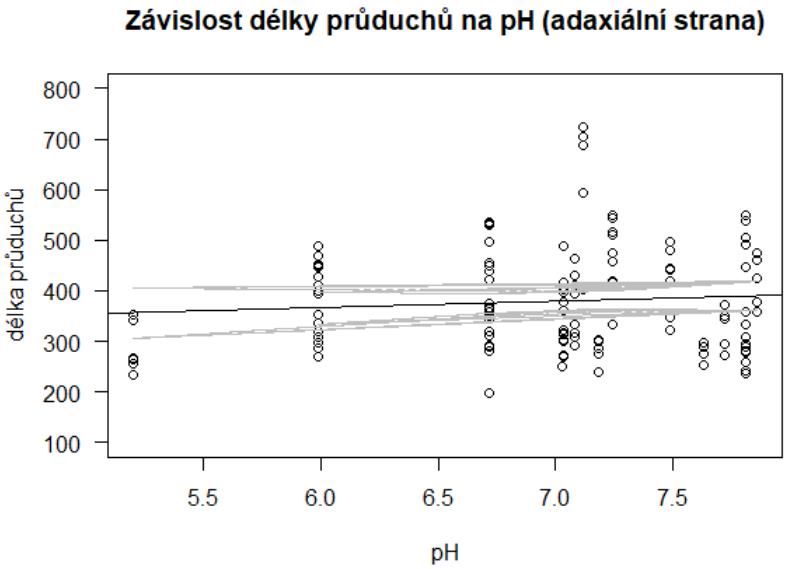
parametr prostředí	Druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
	všechny	**abaxiální**	0.95323	458	0.341	0.0444975
		adaxiální	1.9698	123	0.0511	0.174877
	Convallaria majalis	abaxiální	1.2729	26	0.2143	0.2422038
		adaxiální	-2.241	22	**0.03545**	-0.431099
osvícenost plochy	*Galeobdolon montanum*	abaxiální	4.2603	7	**0.003745**	0.8495142
		adaxiální			-	
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	3.4719	7	**0.01038**	0.795381
		adaxiální			-	
	Pulmonaria officinalis	abaxiální	-3.1574	10	**0.0102**	-0.706563
		adaxiální			-	

Hustota průduchů má s kyselostí půdy na abaxiální straně listu celkově nesignifikantní korelaci (Tabulka 6, korelace = 0.04), na adaxiální straně je korelace velmi výrazně signifikantní (korelace = -0.32), čemuž odpovídají také sklony regresních přímek v obou případech (Obr. 36 a Obr. 37), dílčí výsledky u jednotlivých druhů jsou pak výrazně signifikantní u *Bromus benekenii* na adaxiální straně listu (korelace = 0.46), na abaxiální straně listu u *Galeobdolon montanum* (korelace = 0.85) a na abaxiální straně listu u *Hepatica nobilis* (korelace = 0.48), signifikantní výsledek je pak i na adaxiální straně listu u *H. nobilis* (korelace = -0.39) a na abaxiální straně listu u *Polygonatum multiflorum*

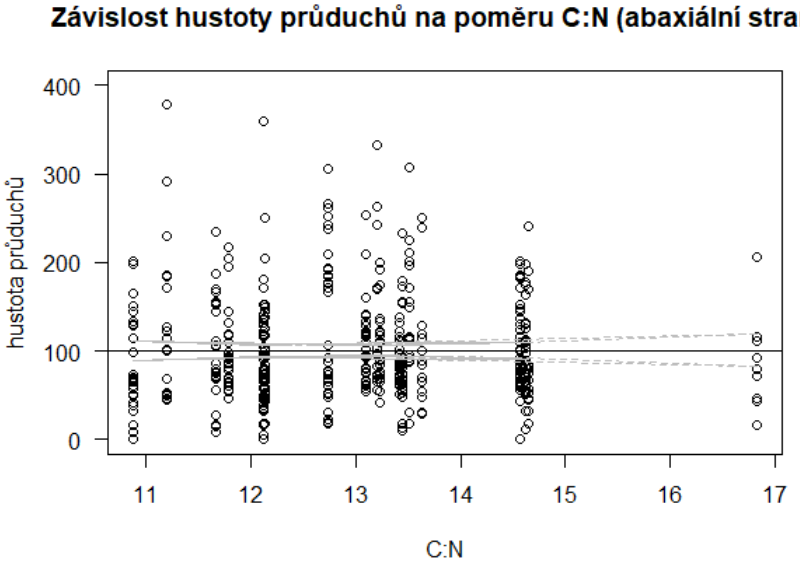
(korelace = 0.80). Mezi hustotou průduchů a poměrem C:N v půdě je výsledek Pearsonova korelačního koeficientu v případě abaxiální strany listu nesignifikantní (korelace = 0.001) s regresní přímkou o nulovém sklonu (Obr. 38) a v případě adaxiální strany listu je výrazně signifikantní (korelace = 0.26) se stoupající regresní přímkou (Obr. 39), pro jednotlivé druhy je pak korelace signifikantní na adaxiální straně listu u *Convallaria majalis* (korelace = -0.49) a na abaxiální straně listu u *Dactylis polygama* (korelace = -0.36), u druhu *Galeobdolon montanum* je na abaxiální straně listu korelace výrazně signifikantní (-0.85), na abaxiální straně listu je signifikantní korelace u druhů *Galium odoratum* (korelace = 0.29), *Lamium maculatum* (korelace = 0.51) a *Polygonatum multiflorum* (korelace = 0.80). U korelace mezi hustotou průduchů a otevřeností nadrostu je signifikantní výsledek na abaxiální straně listu (korelace = 0.16) s mírně stoupající regresní přímkou (Obr. 40) a nesignifikantní korelace na adaxiální straně (korelace = -0.02) s regresní přímkou beze sklonu (Obr. 41), signifikantní korelace je na adaxiální straně listu u druhu *Convallaria majalis* (korelace = 0.41), výrazně signifikantní korelace je na abaxiální straně listu u *Galeobdolon montanum* (korelace = -0.85) a *Geum urbanum* (korelace = 0.54), dále je signifikantní výsledek korel. koeficientu na abaxiální straně listů u druhů *Polygonatum multiflorum* (korelace = -0.80), *Viola mirabilis* (korelace = -0.56) a u *Viola reichenbachiana* (korelace = 0.41). Mezi hustotou průduchů a osvícenosti plochy je pak nesignifikantní korelace celkově na abaxiální (korelace = 0.05) i adaxiální straně listu (korelace = 0.18), rovněž regresní přímky nevykazují významný sklon (Obr. 42 a Obr. 43), u druhu *Convallaria majalis* je signifikantní korelace (korelace = -0.43) na adaxiální straně listu, výrazně signifikantní je výsledek na abaxiální straně listu u *Galeobdolon montanum* (korelace = 0.85) a signifikantní korelace na abaxiální straně listu je u druhů *Polygonatum multiflorum* (korelace = 0.80) a u *Pulmonaria officinalis* (korelace = -0.71).



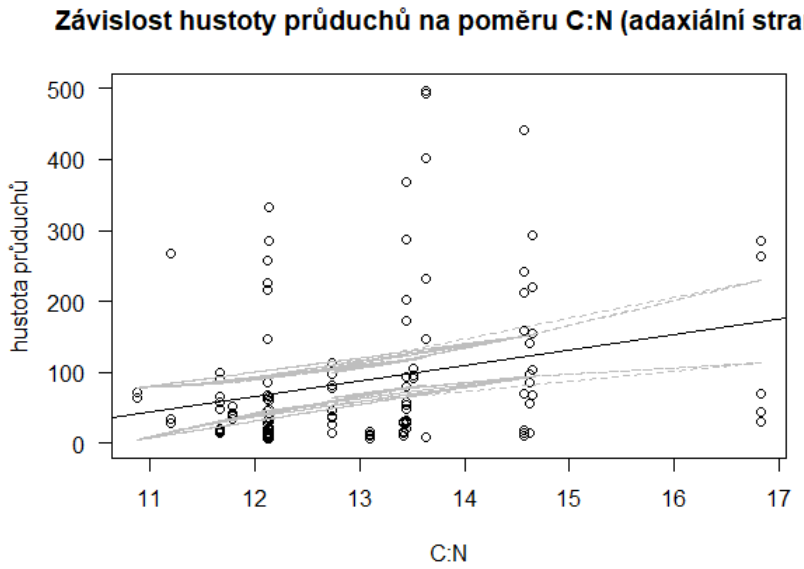
Obr. 36 Závislost hustoty průduchů abaxiální strany listů na kyselosti půdy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



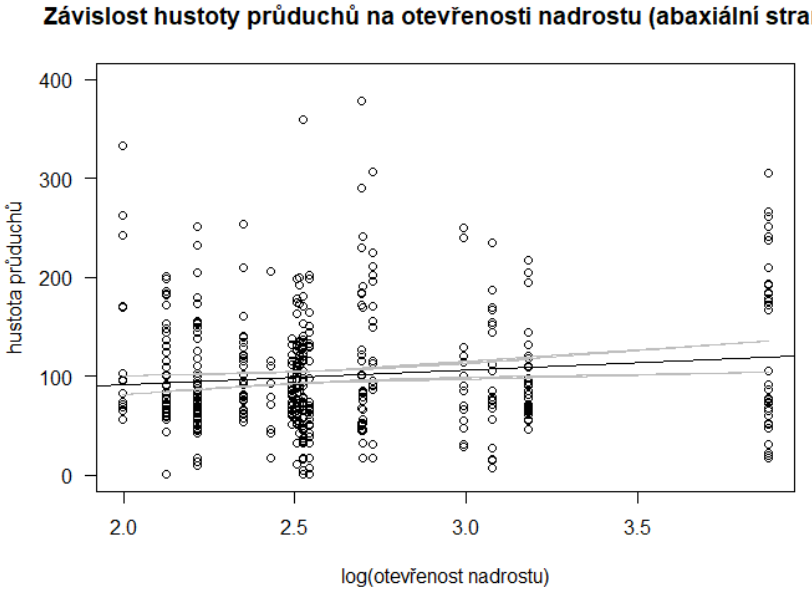
Obr. 37 Závislost hustoty průduchů adaxiální strany listů na kyselosti půdy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



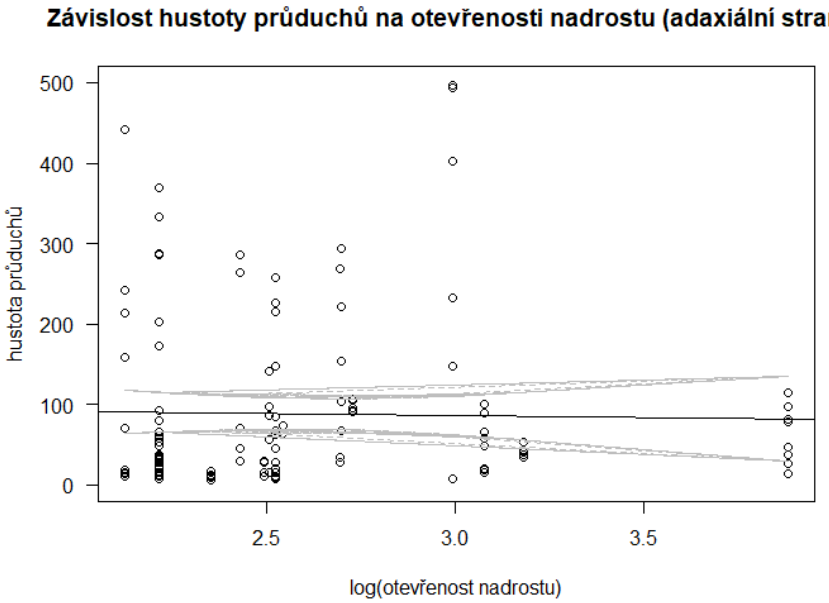
Obr. 38 Závislost hustoty průduchů abaxiální strany listů na poměru C:N v půdě. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



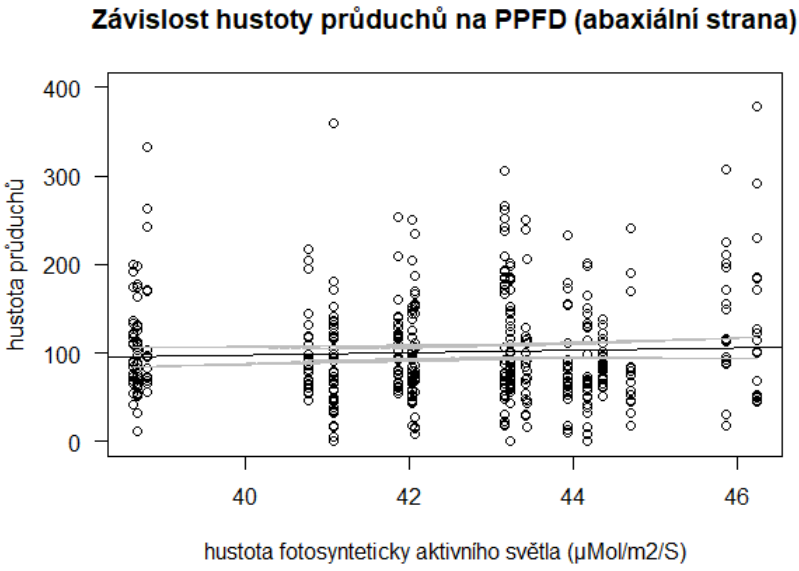
Obr. 39 Závislost hustoty průduchů adaxiální strany listů na poměru C:N v půdě. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



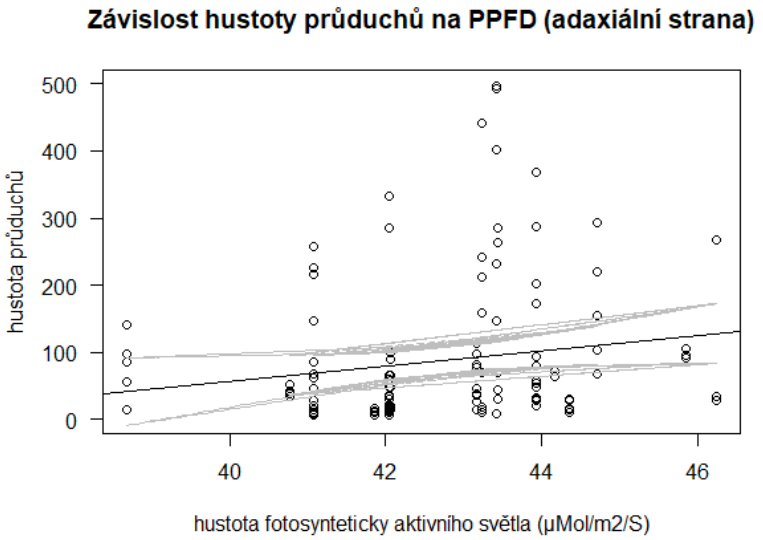
Obr. 40 Závislost hustoty průduchů abaxiální strany listů na otevřenosti nadrostu. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 41 Závislost hustoty průduchů adaxiální strany listů na otevřenosti nadrostu. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 42 Závislost hustoty průduchů abaxiální strany listů na osvícenosti plochy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.



Obr. 43 Závislost hustoty průduchů adaxiální strany listů na osvícenosti plochy. Vyjádřeno bodovým grafem, jednotlivé body reprezentují hodnoty mediánu všech jednotlivců pro jednotlivé druhy. Černá plná čára reprezentuje regresní přímku, šedé přerušované čáry reprezentují horní a spodní hranici 95% konfidenčního intervalu regresní přímky.

5. DISKUZE

5.1 Variabilita funkčních vlastností

V této práci jsem se zabývala otázkou, zda existuje variabilita ve funkčních vlastnostech vybraných bylinných druhů v lesním podrostu na Děvíně. Variabilitu jsem se následně rozhodla porovnávat na dvou úrovních, jelikož bylo možné data hierarchicky uspořádat dvěma způsoby, a umožnit tak použít jako náhodný efekt druh rostliny v jednom modelu a testovat variabilitu na úrovni ploch (vnitrodruhová variabilita). V druhém modelu jsem použila jako náhodný efekt dílčí plochy na lokalitě a testovala tak variabilitu na úrovni druhů (mezidruhová variabilita).

5.1.1. Mezidruhová variabilita

Jako první jsem testovala, jestli se liší druhy mezi sebou ve vybraných funkčních vlastnostech. Výsledky pro všechny funkční vlastnosti potvrzují hypotézu, že je mezi druhy variabilita, a to velmi signifikantně, kdy výsledky hierarchické ANOVA u všech druhů měly p-hodnotu <0,001. V rámci jednotlivých funkčních vlastností můžeme pak pomocí jednoduchých boxplotů porovnat, které druhy jsou více variabilní (mají větší mezikvartilové rozpětí), a které druhy jsou na opačných koncích naměřeného spektra každé vlastnosti. Že se druhy mezi sebou liší není příliš překvapivé, jelikož se jedná o srovnání taxonů, které prošly jinou evolucí a mají tedy i rozlišnou genetickou výbavu. Druhy se mezi sebou liší v některých funkčních vlastnostech vlivem podmínek prostředí – například ve studii Long et al. (2011) zabývající se vlivem dostupnosti světla na SLA se ukázalo, že druhy rostoucí níže v lesním podrostu mají vyšší SLA než druhy rostoucí výše v podrostu, stejně tak druhy obývající teplejší stanoviště mají vyšší SLA než druhy na teplejších stanovištích. Mezidruhová variabilita je tedy dána rozdílnými životními strategiemi rostlin. Podle teorie „limitujících podobností“ by se mezi sebou měly ve fyziologických a morfologických znacích více lišit ty druhy, které obsazují odlišné niky ve společném prostředí limitovaném zdroji (Long et al. 2011).

5.1.2 Vnitrodruhová variabilita

Dále jsem testovala, jestli mezi plochami existuje vnitrodruhová variabilita. Zde mají taky výsledky u všech funkčních vlastnosti p-hodnotu <0,001, což dokazuje, že zde opravdu vnitrodruhová variabilita je. Prohlédnutím jednotlivých boxplotů můžeme vidět které plochy leží na jakých koncích spektra hodnot, a které plochy jsou nejvíce variabilní. Variabilita mezi plochami je tedy ukazatelem toho, že se mezi sebou liší jedinci stejného druhu a že tyto rozdíly mohou být způsobeny jedině abiotickými faktory. Výsledky této analýzy jsou pak možná o něco zajímavější, jelikož zde můžeme pozorovat vliv abiotických faktorů na adaptace jednotlivých rostlin, a ne reakce celých druhů.

Jak zmiňuje více autorů (Long et al. 2011, Lavorel & Garnier 2002) abiotické faktory fungují jako určité síto, které filtruje ty rostliny, které jsou na ně nejlépe přizpůsobeny (což pak lze vztáhnout na jedince ale i na celé druhy). Studie zkoumající variabilitu určitého znaku téměř vždy vysvětlují tuto variabilitu pomocí některého abiotického faktoru. Například ve studii Long et al. (2011) pozorují vnitrodruhovou

variabilitu v SLA na třech různých lokalitách a vysvětlují ji pomocí rozdílné dostupnosti světla a rozdílné teploty na těchto lokalitách, zde pro srovnání použili jednocestnou ANOVA a dále několik srovnávacích testů. Gong & Gao (2019) zase vysvětlují variabilitu SLA rozdíly v půdních vlastnostech (pH a poměr C:N) napříč zeměpisnou šířkou pomocí několika analýz, mezi které patří mj. vícerozměrná analýza kombinovaných účinků a vícerozměrná analýza. Jung et al. (2010) ve své studii kvantifikují výšku rostliny pomocí variačního koeficientu a vysvětlují ji rozdílnými omezeními, které představují záplavy podél gradientu zaplavování. Jiný přístup zvolili Zhang et al. (2021), kteří zkoumali variabilitu výšky rostlin pomocí metody rozdělení variance a následných korelačních testů, pomocí kterých výslednou variabilitou zase vysvětlují změny v čisté primární produkci. Weiner (1986) se pak ve své práci zabývá hmotností biomasy (jako jednou ze složek velikosti rostlin) a její variabilitou u druhu *Ipomoea tricolor*, variabilitu měří také pomocí variačního koeficientu a pomocí Kruskal-Wallis testu dokazují, že má na tuto variabilitu vliv kompetice – to přináší další pohled na příčinu variability, tedy že je způsobena taky biotickými faktory. Ejieji & Adeniran (2010) zase zkoumají rozdíly v hmotnosti biomasy vlivem hnojiv, kde porovnávají tři typy ošetření ploch a na nich pak zvlášť vliv vody, hnojení a kombinaci vody s hnojením – výsledky ukázaly, že na variabilitu hmotnosti biomasy (hmotnost sušiny) měla vliv jen voda, ale hnojiva ani kombinace vody a hnojiv ne. Variabilitu hustoty a délky průduchů studovali například Nejad & Meeteren (2005), kteří variabilitu (statisticky ověřenou pomocí ANOVA) vysvětlují odlišnou vlhkostí vzduchu za použití nelineární regrese. Zase trochu jiný přístup k variabilitě si můžeme demonstrovat na studii od Tanaka et al. (2010), kteří srovnávali variabilitu u hustoty a délky průduchů skrze rozpětí hodnot v jednotlivých letech společně s jednocestnou ANOVA a následně variabilitu vysvětlují pomocí korelace hustoty a délky navzájem a pomocí jejich korelace s dalšími znaky spojenými s průduchy (skrze korelační koeficient) jako je například potenciální vodivost průduchů.

Zhang et al. (2021) podotýkají, že vnitrodruhová i mezidruhová variabilita se mohou nacházet v rámci jednoho společenstva i mezi více společenstvy. Variabilita uvnitř druhů i mezi druhy je, jak bylo několikrát prokázáno, mj. vysvětlována abiotickými faktory, a proto si můžeme vnitrodruhovou variabilitu, která se potvrdila i v této práci vysvětlit v následující kapitole.

5.2 Vliv abiotických faktorů na funkčním vlastnosti rostlin

Jak vyplývá z předchozí kapitoly, abiotické faktory prostředí mají nepochybně na variabilitu funkčních vlastností vliv, a má tedy velký potenciál porozumět, jak tyto vztahy fungují. Ke zjištění vztahu mezi vybranými funkčními vlastnostmi a podmínkami prostředí jsem zvolila grafické zobrazení s použitím bodových grafů proložených regresní přímkou a 95% konfidenčním intervalem, aby se dalo jednoduše vyhodnotit, zda je mezi proměnnými vztah či nikoliv. Pak jsem vypočítala Pearsonův korelační koeficient, abych ověřila, jak signifikantní vztah mezi proměnnými je. Bohužel u délky a hustoty průduchů tyto analýzy nemusejí být stoprocentně spolehlivé, jelikož byla poměrně značně redukovaná velikost vzorku při vyřazování rozmazaných snímků listů, zejména je potřeba

brát s rezervou výsledky analýzy průduchů z horní (adaxiální) strany listu, jelikož ty se ještě navíc vyskytovaly jen u velmi nízkého počtu druhů.

5.2.1 SLA

V této práci výsledky ukázaly, které proměnné mají na SLA vliv a které naopak SLA zjevně neovlivňují. Jako první jsem zjišťovala, zda existuje vztah mezi SLA a kyselostí půdy – podle korelačního testu i regresní přímky je poměrně jasné, že je zde poměrně silná pozitivní korelace s pH, tedy že se zvyšující se hodnotou pH (snižující se kyselostí) stoupá SLA. Tento výsledek je v rozporu s výsledky Gong & Gao (2019), kteří sice prokázali silnou korelaci, avšak s opačným vlivem. Výsledky studie Soti et al. (2015) zase říkají, že SLA se zvyšuje do hodnoty pH 6,5 ale pak zase klesá. To, že SLA klesá se stoupající pH je výsledkem také studie Maire et al. (2015). Je tedy zajímavé, že výsledky v této práci ukazují opačný efekt, než je uváděno v literatuře. Důvodem může být, že hodnoty pH mají poměrně malý rozsah hodnot a tyto hodnoty navíc odpovídají neutrálním (a tedy v tomto ohledu příznivým) podmínkám, rostliny se tedy nemusejí projevit žádnou výraznou adaptací SLA na extrémní hodnoty pH. Mohlo by to ale, taky být dáno tím, že tato studie zkoumá variabilitu SLA jen na jedné lokalitě a v rámci této lokality je vztah SLA a pH pozitivní (takto pak můžeme pohlížet i na všechny následující analýzy). Jako další faktor spojený s vlastnostmi půdy zkoumaný v této práci byl poměr uhlíku a dusíku v půdě. Zde výsledky neukázaly vztah žádný. Již zmiňovaná studie Gong & Gao (2019) naopak prokázala silnou negativní korelaci (stejně jako s pH půdy). Stejný výsledek předkládají také Ordoñez et al. (2009). To, že se výsledky v mé studii rozcházejí s výsledky ostatních prací může být opět ze stejných důvodů jako v předchozím případě. Na Děvíně jsou z pohledu poměru C:N v půdě příznivé podmínky a rostliny nemusejí mít potřebu SLA adaptovat na extrémní hodnoty, rovněž zde platí, že se na výsledky musíme dívat jako na lokální jev.

Dále jsem zkoumala vztah SLA k otevřenosti nadrostu, tedy faktor spojený s množstvím dostupného světla. Zde vyšla jen slabá negativní korelace SLA a otevřenosti nadrostu jen s mírným sklonem. Výsledky souhlasí například s výsledky studie Legner et al. (2013), kde však byla negativní korelace SLA a otevřenosti nadrostu silnější, a to u všech zde měřených druhů zvlášť. K podobným výsledkům došli také Carlucci et al. (2014), kde také dokazují negativní korelaci otevřenosti nadrostu a SLA. Tyto výsledky potvrzují to, co uvádí Larcher (2001), a tedy že rostliny adaptované na malé množství světla mají tenké listy o velké ploše, a tedy vysoké SLA. Bohužel jsou výsledky v mé práci ovlivněny jednou plochou, která se výrazně liší od ostatních (i po logaritmizaci hodnot), není zde plynulý přechod mezi plochami a výsledky tím pádem nejsou zcela spolehlivé. Jako poslední jsem zkoumala vliv faktoru, který je také spojen s množstvím světla na ploše, tedy konkrétně vliv osvícenosti plochy (vyjádřeno veličinou PPFD). Z výsledků této práce vychází, že zde žádný vztah mezi PPFD a SLA není. Výsledky studie Fan et al. (2013) ukazují, že je mezi SLA a mírou osvícenosti plochy negativní vztah. Tardieau et al. (2002) ve své práci pak docházejí ke stejným výsledkům. V případě mých výsledků zase nastává stejný problém s malým rozsahem hodnot PPFD (pro porovnání Fan et al. (2002) ve své studii zkoumají rozsah hodnot od 50 do 550 $mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$). Je možné, že vliv PPFD bude obecně nízký v lesním prostředí.

5.2.2 Výška rostliny

Podle výsledků této studie se zdá, že výška není příliš ovlivněná vlastnostmi půdy – ani mezi výškou rostliny a kyselostí půdy, ani mezi výškou a poměrem C:N v půdě se neprojevil žádný vztah. Jiné studie zabývající se vztahem mezi výškou rostlin a kyselostí půdy se často soustředí na jeden druh s negativním efektem na ekosystém (invazní nebo nepůvodní druhy, plevele), například Zollinger & Kells (1991) se zabývali druhem *Sonchus arvensis* a jejich výsledky ukazují, že na výšku těchto rostlin také kyselost půdy neměla vliv. Zhao et al. (2014) se zabývají limitujících efektem, který kyselost půdy má (tedy že je výška omezená při příliš vysokých i příliš nízkých hodnotách) a vysvětlují tento jev prostřednictvím přítomnosti určitých prvků v půdě s kyselostí spojených (hlavně hliník). Studií zabývajících se poměrem C:N na výšku rostlin obecně je bohužel ještě méně a výsledky mé studie tak nejsou s čím porovnávat, důvodem by pak mohl být jiný faktor prostředí, který vliv C:N překrývá.

Očekávaný vztah mezi výškou rostliny a otevřeností se v mé práci taky příliš signifikantně neprojevil (kromě výjimek silného vztahu u *Bromus benekenii*). Možné vysvětlení by zde mohlo být, že byly v této práci měřeny druhy adaptované na růst v tmavších podmínkách lesního podrostu. V literatuře se nachází pro variabilitu ve výškách rostlin vysvětlení prostřednictvím jiných faktorů jako je kompetice, teplota nebo vlhkost a je tedy možné, že konkrétně vztah otevřenosti nadrostu k výšce rostlin (dospělých jedinců bylin) není zatím příliš hojně zkoumán. Existují také studie, kde zkoumají vliv otevřenosti nadrostu na semenáčky a jejich růst, avšak výška rostliny zde je v jiném kontextu (slouží k odhadu růstu), tyto výsledky bohužel tedy také nelze srovnat s těmi v této práci. Dalším faktorem souvisejícím s dostupností světla je PPFD, které v této práci také nemělo vliv na výšku rostlin (vyjma druhu *Galium odoratum*). Zde už lze srovnat výsledky například se studií Ke et al. (2023), které ukazují stejný výsledek, tedy že množství PPDF nemá na výšku rostlin vliv. Méthy et al. (1990) zase zaznamenali snížení výšky rostliny se snížením PPFD (tedy pozitivní korelaci) ale jen při nízkých hodnotách PPFD. Na Děvíně jsou zaznamenané poměrně nízké hodnoty PPFD, tak by se zde takovýto vztah také mohl očekávat, ale výsledky to nenaznačují (to by však výsledky pro *Galium odoratum* byly v rozporu).

5.2.3 Hmotnost biomasy

Vliv abiotických faktorů na hmotnost biomasy se v této práci neprojevil téměř nikde, jen v případě otevřenosti nadrostu se ukázala slabá pozitivní korelace a u druhu *Bromus benekenii* je slabá negativní korelace s kyselostí půdy. Není příliš překvapivé, že se tyto výsledky příliš neliší od výsledků u výšky rostlin, jelikož spolu tyto dvě vlastnosti poměrně úzce souvisejí, avšak hmotnost biomasy s dostupností světla souvisí o něco více, což výsledky v této práci také naznačují.

S vlastnostmi půdy hmotnost biomasy v případě této studie nejspíše nesouvisejí (kromě vlivu pH na *Bromus benekenii*), což opět není tak překvapivé vzhledem k úzkému rozsahu pH a poměru C:N spadajícího do škatulky „příznivé podmínky“. Tento výsledek odpovídá výsledkům studie Xu et al. (2020), kde také nebyl prokázán výrazný vliv pH na hmotnost biomasy až na výjimky u dvou druhů, tato studie je však provedená

na dřevinách, takže nemusí být srovnatelná s touto. Weaver & Hamill (1985) zkoumali, jak se mění hmotnost biomasy s pH u tří druhů plevelů, kde výsledky ukázaly, že u některých druhů se biomasa snížila při nízkém pH a u některých druhů se zase snížila u vyšších hodnot pH. Co se týče poměru C:N v půdě, tak van der Sloot et al. (2022) porovnávali vliv na hmotnost biomasy při hodnotách C:N 20 a výše, kde došlo ke snížení hmotnosti biomasy, a při hodnotách kolem 10, kde došlo k opačnému efektu. Toto by odpovídalo očekávání, jelikož nižší hodnoty C:N vlastně znamenají větší podíl dusíku, který je hlavním růstovým faktorem.

Vliv otevřenosti nadrostu v této práci byl jako jediný prokázán, i když jen poměrně slabě. Dává smysl, že množství světla ovlivňuje, stejně jako u výšky rostliny, hmotnost biomasy, obě tyto vlastnosti totiž souvisejí s kompeticí o světlo. Bohužel je zde opět problém najít srovnatelné studie, jelikož, jak se zdá, tak je otevřenost nadrostu studována především ve vztahu k růstu semenáčků. Avšak jako dostupnost světla slouží také osvícenost plochy (PPFD), která by měla mít stejný efekt jako otevřenost nadrostu (což se však ve výsledcích této práce kupodivu neukázalo, toto však může být i dáno malým rozsahem hodnot PPFD), a ke které existuje více dostupné literatury. Pro srovnání si tedy můžeme vzít studii Ke et al. (2023), kteří přicházejí s výsledky ukazující, že mezi hmotností biomasy a množstvím PPFD je pozitivní korelace. Pozitivní korelaci mezi hmotností biomasy a množstvím PPFD potvrzují také výsledky Fanourakis et al. (2019) nebo Jin et al. (2023), kteří tento vztah zkoumají na kulturních plodinách, konkrétně na *Lactuca sativa*. Jak je vidět, v posledních letech se studie často zabývají faktory ovlivňujícími vlastnosti spojenými s produkcí, a to hlavně u zemědělských plodin. Tyto výsledky ale musíme při srovnávání s těmi v této studii brát s rezervou, jelikož se jedná o studie u druhů, které nerostou v lesním prostředí.

5.2.4 Délka a hustota průduchů

U délky i hustoty průduchů jsem zkoumala průduchy ze spodní (abaxiální) i horní (adaxiální) strany listu. Jelikož druhů, u kterých se průduchy nacházely i na adaxiální straně listů, bylo málo a spoustu měření bylo také vyřazeno, tak zde nebudu výsledky kvůli velmi slabé průkaznosti interpretovat a výsledné grafy a hodnoty v tabulkách slouží spíše pro představu, přestože výsledky měření McAusland et al. (2016) ukazují, že se hustota i délka průduchů na obou stranách listu výrazně liší. Vzorek není ani příliš reprezentativní u abaxiální strany listů, avšak zde už snad lze výsledky (aspoň s rezervou) brát jako prokazatelné. Navíc tam, kde vyšla prokazatelná korelace s některým s abiotických faktorů u abaxiální strany listu, vyšla podobně prokazatelná korelace také u adaxiální strany listu (což ale platí méně u hustoty), takže je možné výsledky interpretovat do jisté míry podobně.

Délku průduchů podle výsledků v této práci ovlivňovalo poměrně výrazně poměr C:N v půdě, méně výrazně pak také otevřenost nadrostu. Zbývající faktory pak na délku průduchů neměly příliš vliv. Co se týče studií zabývajících se vlivem kyselosti půdy na délku stomat, tak se jich nevyskytuje mnoho. Jedna z nich od Guo et al. (2023) říká, že na velikost průduchů (a tedy i na jejich délku) vykazuje pozitivní korelaci s kyselostí půdy. Z důvodu několikrát zmíněných výše, ale není příliš překvapivé, že se v případě mé studie žádný vztah neprokázal. Zajímavé je, že se v této práci prokázala dost silná negativní korelace s poměrem C:N, mohlo by to naznačovat, že vyšší podíl dusíku v půdě podporuje

velikost průduchů. Jelikož není příliš mnoho literatury zabývající se přímo poměrem C:N a jeho vlivem na průduchy, můžeme výsledky nepřímo srovnat alespoň s výsledky studií zabývajících se množstvím N v půdě. Například Zhu et al. 2020 sledovali změny v délce průduchů po přidání N do půdy a došli k tomu, že se po přidání N do půdy zvýšila délka průduchů, což tedy můžeme volně interpretovat jako negativní korelaci C:N s délkou průduchů. U délky průduchů se prokázala slabá negativní korelace ve vztahu k otevřenosti nadrostu, opět je zde problém s dostupností literatury na toto téma. Jediná studie, která se dá do jisté míry srovnat je studie od Eensalu et al. (2008), kde se ale ukázala pozitivní korelace s délkou průduchů. Tato studie je však prováděna na listech stromů, které jsou různě umístěné v nadrostu a nemusí být relevantní v kontextu mé práce. Množství světla v podobě množství PPFD a jeho vliv na průduchy zkoumali Fanourakis et al. (2019), kteří dokazují pozitivní korelaci PPFD s velikostí průduchů u druhu *Rosa hybrida*, a dále taky O'Carrigan et al. (2014), kde z výsledků vyplývá, že jde o slabě negativní korelace. Výsledky v mé práci pak pro všechny druhy dohromady nedokazují signifikantní vztah (výraznou odchylkou je tady ale *Pulmonaria officinalis* se silně pozitivní korelací).

Hustotu průduchů podle výsledků v této práci ovlivňovala jen otevřenost nadrostu, a to ještě poměrně slabě, u výsledků pro hustotu je však poměrně nekonzistentní výsledek pro všechny druhy dohromady s výsledky pro některé druhy. Teoreticky by měly být výsledky pro hustotu průduchů opačné k těm pro délku průduchů, například již zmíněná studie Guo et al. (2023) říká, že kyselost půdy a hustota průduchů vykazují negativní korelaci oproti korelaci s délkou průduchů, avšak výsledky to příliš nenaznačují, v některých případech to pak neplatí vůbec (silná negativní korelace C:N a hustoty průduchů u *Galeobdolon montanum*). Podle výsledků Zhu et al. (2020) to ale možná tak překvapivé není, jelikož zde byla výsledná korelace hustoty průduchů s množstvím N v půdě také pozitivní (a tedy negativní korelace s C:N). Stejně tak studie Eensalu et al. (2008) vykazuje, stejně jako u délky průduchů, pozitivní korelaci s otevřeností nadrostu také u hustoty průduchů, což zároveň odpovídá výsledkům v této práci. Co se týče vztahu hustoty průduchů a PPFD, tak výsledky Fanourakis et al. (2019) ukázaly, že mezi těmito veličinami není významný vtah. O'Carrigan et al. (2014) ve své studii zase dokazují, že při vysokých hodnotách PPFD je negativní korelace mezi hustotou průduchů a PPFD, avšak zmiňují možný efekt zmenšení plochy listu při vyšším množství světla. Výsledky v mé práci pak pro všechny druhy dohromady nedokazují signifikantní vztah (výraznou odchylkou je tady ale *Galeobdolon montanum* se silně pozitivní korelací).

6. ZÁVĚR

V této práci provedené v temperátním lese na Děvíně na Pálavě jsem se pokusila měřením pěti funkčních vlastností – specifická listová plocha (SLA), výška rostliny, hmotnost biomasy rostliny, délka a hustot průduchů – vybraných 22 bylin na 29 plochách ověřit tři hypotézy. První hypotézou bylo, že se druhy mezi sebou ve funkčních vlastnostech liší; druhou hypotézou bylo, že se v hodnotách funkčních vlastností mezi sebou liší jednotlivé plochy na lokalitě; třetí hypotézou pak bylo, že abiotické podmínky prostředí mají vliv na hodnoty funkčních vlastností.

První hypotéza se potvrdila – mezidruhová variabilita byla skutečně ve všech vlastnostech velmi signifikantní, avšak bylo by vhodné tuto analýzu provést na vyšším počtu druhů. Potvrdil se tímto všeobecně uznávaný fakt, že se druhy mezi sebou v průměrech liší. Kromě toho, že se mezi sebou liší vlivem rozdílné evoluce vedoucí k rozdílům v genetické výbavě, se také liší vlivem rozdílných adaptací na biotické (např. konkurence) i abiotické podmínky prostředí, což podporuje řada studií.

Druhá hypotéza se také potvrdila, z výsledných hodnot lze říct, že se mezi sebou významně liší v průměrných hodnotách všech znaků jednotlivé plochy, což je důkazem vnitrodruhové variability. Vnitrodruhová variabilita má možná větší potenciál objektivně ukázat, jak jsou jednotlivé rostliny adaptovány na podmínky prostředí a podporuje význam tvorby funkčních skupin a typů rostlin. Vnitrodruhová variabilita je hojně studovaná a je vysvětlovaná mnohými proměnnými prostředími, ale také biotickými interakcemi (zejména konkurencí). I v tomto případě by ale bylo vhodnější analýzy provádět na větším vzorku a více dbát na randomizaci při sběru rostlin.

Třetí hypotézu můžeme taky považovat za potvrzenou, i když v tomto případě hypotéza nebyla podpořena ve všech případech. Funkční vlastnosti jsem vztahovala ke čtyřem abiotickým faktorům prostředí, dvěma vlastnostem půdy (kyselost půdy, a poměr uhlíku a dusíku) a dvěma vlastnostem spojeným s množstvím světla (otevřenost půdy a hustota fotosynteticky aktivního světla). Výsledky ukázaly celkově nejsilnější vztah mezi SLA a pH půdy, což je překvapivý výsledek, který je opačný těm uváděným v literatuře. Na další funkční vlastnosti neměla kyselost půdy významný vliv. Půda pak měla prostřednictvím poměru C:N vliv jen na délku průduchů (tento vztah byl druhý nejsilnější ze všech v této práci). Množství dostupného světla pak mělo přes otevřenost nadrostu vliv na hodnoty všech funkčních vlastností, avšak překvapivě ne na výšku rostlin. Nakonec PPFD překvapivě nemělo vliv na žádnou z funkčních vlastností, přestože by měly jeho změny mít podobný efekt jako změny otevřenosti nadrostu. Výsledky v mé práci se poměrně hodně liší od výsledků jiných studií – příčiny vidím jednak v ještě poměrně malém množství měřených druhů a jedinců, tak ve velmi úzkém rozsahu téměř všech hodnot, na druhou stranu však úzký rozsah hodnot odpovídá stabilním podmínkám temperátního lesa mírného klimatického pásma. Konkrétně hodnoty pH a C:N odpovídají celkovému průměru, a tedy příznivým podmínkám, proto zde nejspíše není vyžadovaná velká plasticita reakce na změny těchto faktorů v podobě změn ve funkčních vlastnostech. Naopak množství světla je v lesním prostředí výrazně nižší, než je průměr a rostliny by měly být na stín adaptovány. Nejspíše z tohoto důvodu je pak pozorovatelný vliv otevřenosti nadrostu, který je ale potenciálně zkreslený jednou výrazně odlišnou plochou.

Hodnoty PPDF se zase nacházejí na poměrně malé škále, což by mohl být důvod absence výraznější korelace.

Tato práce je jen velmi stručným přehledem variability funkčních vlastností rostlin v prostředí temperátního lesa a jejich reakce na několik málo abiotických faktorů, která používá jen velmi prosté analýzy jako jsou jednoduché krabicové a bodové grafy, regresní přímky, korelační koeficient hierarchickou ANOVA. Takto komplexní téma vyžaduje hlubší prozkoumání na větší škále druhů, jedinců i abiotických faktorů současně s důkladnější analýzou rušivých proměnných a kovariátů.

7. POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

Cadotte, M. W. (2017). Functional traits explain ecosystem function through opposing mechanisms. *Ecology Letters*, *20*(8), 989–996. https://doi.org/10.1111/ele.12796

Carlucci, M. B., Debastiani, V. J., Pillar, V. D., & Duarte, L. D. (2015). Between-and within-species trait variability and the assembly of sapling communities in forest patches. *Journal of Vegetation Science*, *26*(1), 21–31. https://doi.org/10.1111/jvs.12223

Carpenter, K. J. (2005). Stomatal architecture and evolution in basal angiosperms. *American Journal of Botany*, *92*(10), 1595–1615. https://doi.org/10.3732/ajb.92.10.1595

Cornelissen, J. H., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D., Van Der Heijden, M. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian journal of Botany*, *51*(4), 335–380. DOI:10.1071/BT02124

Dieleman, W. I., Vicca, S., Dijkstra, F. A., Hagedorn, F., Hovenden, M. J., Larsen, K. S., Dukes, J. S. (2012). Simple additive effects are rare: a quantitative review of plant biomass and soil process responses to combined manipulations of CO2 and temperature. *Global change biology*, *18*(9), 2681–2693. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02745.x

Díaz, S., & Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in ecology & evolution*, *16*(11), 646–655. https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02283-2

Díaz, S., Kattge, J., Cornelissen, J. H., Wright, I. J., Lavorel, S., Dray, S., Colin Prentice, I. (2016). The global spectrum of plant form and function. *Nature*, *529*(7585), 167–171. https://doi.org/10.1038/nature16489

Eensalu, E., Kupper, P., Sellin, A., Rahi, M., Sõber, A., & Kull, O. (2008). Do stomata operate at the same relative opening range along a canopy profile of Betula pendula? *Functional Plant Biology*, *35*(2), 103–110. https://doi.org/10.1071/FP07258

Ejieji, C., & Adeniran, K. (2010). Effects of Water and Fertilizer Stress on the Yield, Fresh and Dry Matter Production of Grain Amaranth ('Amaranthus cruentus'). *Australian Journal of Agricultural Engineering*, *1*(1), 18–23. https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.632981648226333

Enquist, B. J., Norberg, J., Bonser, S. P., Violle, C., Webb, C. T., Henderson, A., . . . Savage, V. M. (2015). Scaling from traits to ecosystems: developing a general trait driver theory via integrating trait-based and metabolic scaling theories. In *Advances in ecological research, 52,* 249–318. https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2015.02.001

Falster, D. S., & Westoby, M. (2003). Plant height and evolutionary games. *Trends in ecology & evolution, 18*(7), 337–343. https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00061-2

Fan, X.-X., Xu, Z.-G., Liu, X.-Y., Tang, C.-M., Wang, L.-W., & Han, X.-l. (2013). Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia horticulturae, 153,* 50–55. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.017

Fanourakis, D., Hyldgaard, B., Giday, H., Aulik, I., Bouranis, D., Körner, O., & Ottosen, C.-O. (2019). Stomatal anatomy and closing ability is affected by supplementary light intensity in rose (Rosa hybrida L.). *Horticultural Science, 46*(2), 81–89. https://doi.org/10.17221/144/2017-HORTSCI

Franks, P. J., & Beerling, D. J. (2009). Maximum leaf conductance driven by CO2 effects on stomatal size and density over geologic time. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(25), 10343–10347. https://doi.org/10.1073/pnas.0904209106

Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004). *Biodiversity: An Introduction, Second Edition*. John Wiley & Sons.

Gong, H., & Gao, J. (2019). Soil and climatic drivers of plant SLA (specific leaf area). *Global ecology and conservation, 20,* e00696. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00696

Guo, W., Cherubini, P., Zhang, J., Li, M.-H., & Qi, L. (2023). Leaf stomatal traits rather than anatomical traits regulate gross primary productivity of moso bamboo (Phyllostachys edulis) stands. *Frontiers in Plant Science, 14,* 1117564. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1117564

Haworth, M., Marino, G., Materassi, A., Raschi, A., Scutt, C. P., & Centritto, M. (2023). The functional significance of the stomatal size to density relationship: Interaction with atmospheric [CO2] and role in plant physiological behaviour. *Science of The Total Environment, 863,* 160908. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160908

Hill, K. E., Guerin, G. R., Hill, R. S., & Watling, J. R. (2015). Temperature influences stomatal density and maximum potential water loss through stomata of Dodonaea viscosa subsp. angustissima along a latitude gradient in southern

Australia. *Australian Journal of Botany*, *62*(8), 657–665. https://doi.org/10.1071/BT14204

Hodgson, J., Wilson, P., Hunt, R., Grime, J., & Thompson, K. (1999). Allocating CSR plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos*, 282–294. https://doi.org/10.2307/3546494

Jin, W., Ji, Y., Larsen, D. H., Huang, Y., Heuvelink, E., & Marcelis, L. F. (2023). Gradually increasing light intensity during the growth period increases dry weight production compared to constant or gradually decreasing light intensity in lettuce. *Scientia Horticulturae*, *311*, 111807. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111807

Jung, V., Violle, C., Mondy, C., Hoffmann, L., & Muller, S. (2010). Intraspecific variability and trait-based community assembly. *Journal of ecology*, *98*(5), 1134–1140. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01687.x

Ke, X., Yoshida, H., Hikosaka, S., & Goto, E. (2023). Photosynthetic photon flux density affects fruit biomass radiation-use efficiency of dwarf tomatoes under LED light at the reproductive growth stage. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1076423. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1076423

Kimball, B., Kobayashi, K., & Bindi, M. (2002). Responses of agricultural crops to free-air CO2 enrichment. *Advances in agronomy*, *77*, 293–368. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(02)77017-X

Kumar, U., Singh, P., & Boote, K. (2012). Effect of climate change factors on processes of crop growth and development and yield of groundnut (Arachis hypogaea L.). *Advances in Agronomy*, *116*, 41–69. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394277-7.00002-6

Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer Science & Business Media.

Lavorel, S., & Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional ecology*, *16*(5), 545–556. https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x

Legner, N., Fleck, S., & Leuschner, C. (2013). Low light acclimation in five temperate broad-leaved tree species of different successional status: the significance of a shade canopy. *Annals of Forest Science*, *70*(6), 557–570. https://doi.org/10.1007/s13595-013-0298-4

Lepš, J., & Šmilauer, P. (2016). *Biostatistika*. Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Long, W., Zang, R., Schamp, B. S., & Ding, Y. (2011). Within-and among-species variation in specific leaf area drive community assembly in a tropical cloud forest. *Oecologia*, *167*, 1103–1113. https://doi.org/10.1007/s00442-011-2050-9

Ma, W., Shi, P., Li, W., He, Y., Zhang, X., Shen, Z., & Chai, S. (2010). Changes in individual plant traits and biomass allocation in alpine meadow with elevation variation on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Science China Life Sciences*, *53*, 1142–1151. https://doi.org/10.1007/s11427-010-4054-9

Maire, V., Wright, I. J., Prentice, I. C., Batjes, N. H., Bhaskar, R., van Bodegom, P. M., . . . Ordonez, A. (2015). Global effects of soil and climate on leaf photosynthetic traits and rates. *Global Ecology and Biogeography*, *24*(6), 706–717. https://doi.org/10.1111/geb.12296

McAusland, L., Vialet-Chabrand, S., Davey, P., Baker, N. R., Brendel, O., & Lawson, T. (2016). Effects of kinetics of light-induced stomatal responses on photosynthesis and water-use efficiency. *New Phytologist*, *211*(4), 1209–1220. https://doi.org/10.1111/nph.14000

Moles, A. T., & Leishman, M. R. (2008). The seedling as part of a plant's life history strategy. *Seedling ecology and evolution*, 217–238. DOI: 10.1017/CBO9780511815133.012

Moles, A. T., Warton, D. I., Warman, L., Swenson, N. G., Laffan, S. W., Zanne, A. E., . . . Leishman, M. R. (2009). Global patterns in plant height. *Journal of ecology*, *97*(5), 923–932. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01526.x

Méthy, M., Alpert, P., & Roy, J. (1990). Effects of light quality and quantity on growth of the clonal plant Eichhornia crassipes. *Oecologia*, *84*(2), 265–271. https://doi.org/10.1007/BF00318283

Nejad, A. R., & Van Meeteren, U. (2005). Stomatal response characteristics of Tradescantia virginiana grown at high relative air humidity. *Physiologia Plantarum*, *125*(3), 324–332. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2005.00567.x

Niklas, K. J. (2007). Maximum plant height and the biophysical factors that limit it. *Tree physiology*, *27*(3), 433–440. https://doi.org/10.1093/treephys/27.3.433

Ordoñez, J. C., Van Bodegom, P. M., Witte, J. P. M., Wright, I. J., Reich, P. B., & Aerts, R. (2009). A global study of relationships between leaf traits, climate and soil measures of nutrient fertility. *Global Ecology and Biogeography*, *18*(2), 137–149. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2008.00441.x

O'Carrigan, A., Hinde, E., Lu, N., Xu, X.-Q., Duan, H., Huang, G., . . . Chen, Z.-H. (2014). Effects of light irradiance on stomatal regulation and growth of

tomato. *Environmental and Experimental Botany*, *98*, 65–73. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.10.007

Raunkiaer, C. The Life Forms of Plants and Statistical Plants Geography.(being the collected papers of C. Raunkiaer (1907). In: Oxford, Clarendon Press.-1934, 632.

Reich, P. B., Walters, M. B., & Ellsworth, D. S. (1997). From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *94*(25), 13730–13734. https://doi.org/10.1073/pnas.94.25.13730

Reich, P. B., Wright, I. J., Cavender-Bares, J., Craine, J., Oleksyn, J., Westoby, M., & Walters, M. (2003). The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *International Journal of Plant Sciences*, *164*(S3), 143–164. https://www.jstor.org/stable/10.1086/374368

Roberts, M., Long, S., Tieszen, L., & Beadle, C. (1985). Measurement of plant biomass and net primary production. In *Techniques in bioproductivity and photosynthesis*, 1–19. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-031999-5.50011-X

Solbrig, O. T. (1991). The origin and function of biodiversity. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, *33*(5), 16–38. https://doi.org/10.1080/00139157.1991.9931394

Soti, P. G., Jayachandran, K., Koptur, S., & Volin, J. C. (2015). Effect of soil pH on growth, nutrient uptake, and mycorrhizal colonization in exotic invasive Lygodium microphyllum. *Plant Ecology*, *216*, 989–998. https://doi.org/10.1007/s11258-015-0484-6

Sánchez, J., Curt, M. D., Robert, N., & Fernández, J. (2019). Biomass resources. In *The role of bioenergy in the bioeconomy*, 25–111. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813056-8.00002-9

Tanaka, Y., Fujii, K., & Shiraiwa, T. (2010). Variability of leaf morphology and stomatal conductance in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] cultivars. *Crop Science*, *50*(6), 2525–2532. https://doi.org/10.2135/cropsci2010.02.0058

Tardieu, F., Granier, C., & Muller, B. (1999). Modelling leaf expansion in a fluctuating environment: are changes in specific leaf area a consequence of changes in expansion rate? *New Phytologist*, *143*(1), 33 – 43. https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00433.x

Tilman, D. (2001). Functional diversity. *Encyclopedia of biodiversity*, *3*(1), 109–120. https://doi.org/10.1006/rwbd.1999.0154

van der Sloot, M., Kleijn, D., De Deyn, G. B., & Limpens, J. (2022). Carbon to nitrogen ratio and quantity of organic amendment interactively affect crop growth and soil mineral N retention. *Crop and Environment*, *1*(3), 161–167. https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.08.001

Wang, Z., & Wang, C. (2023). Individual and interactive responses of woody plants' biomass and leaf traits to drought and shade. *Global Ecology and Biogeography*, *32*(1), 35–48. https://doi.org/10.1111/geb.13615

Weaver, S. E., & Hamill, A. S. (1985). Effects of soil pH on competitive ability and leaf nutrient content of corn (Zea mays L.) and three weed species. *Weed Science, 33*(4), 447-451. doi:10.1017/S0043174500082631

Weiner, J. (1986). How competition for light and nutrients affects size variability in Ipomoea tricolor populations. *Ecology*, *67*(5), 1425–1427. https://doi.org/10.2307/1938699

Xu, F., Vaziriyeganeh, M., & Zwiazek, J. J. (2020). Effects of pH and mineral nutrition on growth and physiological responses of trembling aspen (Populus tremuloides), jack pine (Pinus banksiana), and white spruce (Picea glauca) seedlings in sand culture. *Plants*, *9*(6), 682. https://doi.org/10.3390/plants9060682

Younginger, B. S., Sirová, D., Cruzan, M. B., & Ballhorn, D. J. (2017). Is biomass a reliable estimate of plant fitness? *Applications in plant sciences*, *5*(2), 1600094. https://doi.org/10.3732/apps.1600094

Zhang, L., Liu, X., Zhou, S., & Shipley, B. (2022). Explaining variation in productivity requires intraspecific variability in plant height among communities. *Journal of Plant Ecology*, *15*(2), 310–319. https://doi.org/10.1093/jpe/rtab096

Zhao, X. Q., Chen, R. F., Shen, R. F. (2014). Coadaptation of Plants to Multiple Stresses in Acidic Soils. *Soil Science, 179*(10-11), 503–513, DOI: 10.1097/SS.0000000000000086

Zhu, D., Wu, Q., & Wang, N. (2011). Industrial enzymes. *Comprehensive biotechnology*, 3–13. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00182-3

Zhu, K., Wang, A., Wu, J. et al. (2020). Effects of nitrogen additions on mesophyll and stomatal conductance in Manchurian ash and Mongolian oak. *Sci Rep, 10*, 10038. https://doi.org/10.1038/s41598-020-66886-x

Zollinger, R., & Kells, J. (1991). Effect of Soil pH, Soil Water, Light Intensity, and Temperature on Perennial Sowthistle (Sonchus arvensis L.). *Weed Science, 39*(3), 376–384. DOI:10.1017/S0043174500073094

8. PŘÍLOHY

Seznam příloh:

1. Tabulka 1: SLA
2. Tabulka 2: Výška rostliny
3. Tabulka 3: Hmotnost biomasy
4. Tabulka 4: Délka průduchů
5. Tabulka 5: Hustota průduchů

Tabulka 1: SLA

Tab.: 1 Vztah mezi SLA a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem. P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

vztah mezi SLA a parametry prostředí					
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	5.4989	117	**2.276E-07**	0.453174
	Galium odoratum	1.962	12	0.07338	0.492815
	Asarum europaeum	2.4532	12	**0.03041**	0.577933
	Melica uniflora	1.5243	12	0.1533	0.40277
	Bromus benekenii	2.9503	9	**0.01621**	0.701177
	Geum urbanum	2.6682	10	**0.02356**	0.644878
	Fragaria vesca	1.6784	9	0.1276	0.488258
	Convallaria majalis	0.85565	6	0.425	0.329775
	Dactylis polygama	4.1336	9	**0.002546**	0.809319
	Hepatica nobilis	4.6672	6	**0.003441**	0.88546
	Campanula rapunculoides	3.2723	6	**0.01698**	0.800558
	Viola reichenbachiana	3.4315	6	**0.01394**	0.813914
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
poměr C:N v půdě	**všechny**	0.85476	117	0.3944	0.078777
	Galium odoratum	0.56839	12	0.5803	0.161914
	Asarum europaeum	0.84983	12	0.4121	0.23826
	Melica uniflora	-0.04008	12	0.9687	-0.01157
	Bromus benekenii	0.54911	9	0.5963	0.180047
	Geum urbanum	-0.28649	10	0.7804	-0.09023
	Fragaria vesca	-1.0029	9	0.3421	-0.31707
	Convallaria majalis	0.45016	6	0.6684	0.180751
	Dactylis polygama	0.020471	9	0.9841	0.006824
	Hepatica nobilis	-0.6293	6	0.5523	-0.24883
	Campanula rapunculoides	0.60349	6	0.5683	0.239222
	Viola reichenbachiana	0.15703	6	0.8804	0.063976
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
otevřenost nadrostu	**všechny**	-2.7127	117	**0.007681**	-0.24326
	Galium odoratum	-2.7097	12	**0.01897**	-0.61612
	Asarum europaeum	-2.5843	12	**0.02391**	-0.59795
	Melica uniflora	-0.56947	12	0.5795	-0.16222
	Bromus benekenii	-1.6557	9	0.1322	-0.4832
	Geum urbanum	-1.1094	10	0.2932	-0.33105
	Fragaria vesca	-0.38309	9	0.7105	0.126667
	Convallaria majalis	-2.3902	6	0.05401	-0.6984
	Dactylis polygama	-0.06336	9	0.9509	-0.02111

	Hepatica nobilis	0.35637	6	0.7338	0.143973
	Campanula rapunculoides	0.56445	6	0.5929	0.224552
	Viola reichenbachiana	-2.3175	6	0.05965	-0.68727

parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
osvícenost plochy	**všechny**	-0.37358	117	0.7094	-0.03452
	Galium odoratum	0.67441	12	0.5213	0.191097
	Asarum europaeum	-0.93789	12	0.3668	-0.26134
	Melica uniflora	-0.66525	12	0.5185	-0.18859
	Bromus benekenii	-0.79686	9	0.446	-0.25672
	Geum urbanum	0.038437	10	0.9701	0.012154
	Fragaria vesca	0.44524	9	0.6667	0.146806
	Convallaria majalis	0.5656	6	0.5922	0.224985
	Dactylis polygama	0.28883	9	0.7793	0.095833
	Hepatica nobilis	-0.31089	6	0.7664	-0.12591
	Campanula rapunculoides	-0.54601	6	0.6048	-0.21757
	Viola reichenbachiana	0.02983	6	0.9772	0.012177

Tabulka 2: Výška rostliny

Tab.: 2 Vztah mezi výškou rostliny a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem. P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

vztah mezi výškou rostlin a parametry prostředí

parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	0.081318	117	0.9353	0.007518
	Galium odoratum	0.67911	12	0.51	0.19238
	Asarum europaeum	1.0006	12	0.3367	0.277515
	Melica uniflora	-0.1443	12	0.8877	-0.04162
	Bromus benekenii	0.88687	9	0.3982	0.283496
	Geum urbanum	1.4937	10	0.1661	0.427104
	Fragaria vesca	0.95248	9	0.3657	0.302609
	Convallaria majalis	-0.1537	6	0.8829	-0.06262
	Dactylis polygama	-0.87634	9	0.4036	-0.2804
	Hepatica nobilis	-0.1797	6	0.8633	-0.07316
	Campanula rapunculoides	2.4511	6	**0.04971**	0.707345
	Viola reichenbachiana	1.3568	6	0.2237	0.484552
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
poměr C:N v půdě	**všechny**	-0.22505	117	0.8223	-0.0208
	Galium odoratum	0.53445	12	0.6028	0.152478
	Asarum europaeum	-0.57309	12	0.5772	-0.16322
	Melica uniflora	-0.63195	12	0.5393	-0.17947
	Bromus benekenii	1.0889	9	0.3045	0.341192
	Geum urbanum	-1.2533	10	0.2386	-0.36844
	Fragaria vesca	-1.3797	9	0.201	-0.41782
	Convallaria majalis	0.10358	6	0.9209	0.042249
	Dactylis polygama	0.57912	9	0.5767	0.18954
	Hepatica nobilis	-0.85861	6	0.4235	-0.33079
	Campanula rapunculoides	0.091312	6	0.9302	0.037252
	Viola reichenbachiana	1.394	6	0.2127	0.494617
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
otevřenost nadrostu	**všechny**	0.62169	117	0.5354	0.057381
	Galium odoratum	0.8004	12	0.439	0.225125
	Asarum europaeum	1.4634	12	0.169	0.389156
	Melica uniflora	2.1066	12	0.05687	0.519589
	Bromus benekenii	3.4644	9	**0.007112**	0.755953
	Geum urbanum	1.1365	10	0.2823	0.338207
	Fragaria vesca	2.4726	9	**0.03542**	0.63602
	Convallaria majalis	-0.16902	6	0.8713	-0.06884
	Dactylis polygama	1.9378	9	0.08461	0.542584

	Hepatica nobilis	1.6119	6	0.1581	0.549713
	Campanula rapunculoides	1.1433	6	0.2965	0.422934
	Viola reichenbachiana	0.63205	6	0.5507	0.249849

parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
osvícenost plochy	**všechny**	-0.8907	117	0.3749	-0.08207
	Galium odoratum	-3.3135	12	**0.006184**	-0.69122
	Asarum europaeum	-0.78663	12	0.4468	-0.22144
	Melica uniflora	0.33023	12	0.7469	0.094899
	Bromus benekenii	-0.32388	9	0.7534	-0.10733
	Geum urbanum	-1.6756	10	0.1248	-0.4682
	Fragaria vesca	-1.7075	9	0.1219	-0.49466
	Convallaria majalis	-2.2696	6	0.0637	-0.67966
	Dactylis polygama	-1.7099	9	0.1215	-0.49517
	Hepatica nobilis	-0.36754	6	0.7258	-0.14839
	Campanula rapunculoides	-2.1858	6	0.07149	-0.6658
	Viola reichenbachiana	-0.75971	6	0.4762	-0.29623

Tabulka 3: Hmotnost biomasy

Tab.: 3 Vztah mezi hmotností biomasy a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem. P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

vztah mezi hmotností biomasy a parametry prostředí					
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	-1.7052	117	0.09082	-0.15572
	Galium odoratum	-0.22972	12	0.8222	-0.06617
	Asarum europaeum	-0.92519	12	0.3731	-0.25804
	Melica uniflora	-1.1442	12	0.2749	-0.31363
	Bromus benekenii	-2.3222	9	**0.04532**	-0.61211
	Geum urbanum	-0.35882	10	0.7272	-0.11275
	Fragaria vesca	-0.95776	9	0.3632	-0.30413
	Convallaria majalis	-0.269	6	0.7969	-0.10916
	Dactylis polygama	-1.6848	9	0.1263	-0.48968
	Hepatica nobilis	-1.1355	6	0.2995	-0.42057
	Campanula rapunculoides	1.9228	6	0.1029	0.617471
	Viola reichenbachiana	-0.06128	6	0.9531	-0.02501
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
poměr C:N v půdě	**všechny**	-0.93555	117	0.3514	-0.08617
	Galium odoratum	-0.28565	12	0.78	-0.08218
	Asarum europaeum	-0.8232	12	0.4265	-0.2312
	Melica uniflora	0.10922	12	0.9148	0.031515
	Bromus benekenii	-0.56244	9	0.5876	-0.18427
	Geum urbanum	-0.55814	10	0.589	-0.17381
	Fragaria vesca	-0.39642	9	0.701	-0.131
	Convallaria majalis	-0.36601	6	0.7269	-0.14778
	Dactylis polygama	0.25302	9	0.8059	0.084041
	Hepatica nobilis	-0.30582	6	0.7701	0.8418
	Campanula rapunculoides	-0.20847	6	0.2965	-0.0848
	Viola reichenbachiana	0.54717	6	0.604	0.218008
parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
otevřenost nadrostu	**všechny**	2.2282	117	**0.02778**	0.201759
	Galium odoratum	1.5068	12	0.1577	0.225125
	Asarum europaeum	1.7974	12	0.09746	0.460563
	Melica uniflora	2.0468	12	0.06323	0.508696
	Bromus benekenii	1.1177	9	0.2926	0.349132
	Geum urbanum	1.2564	10	0.2375	0.36924
	Fragaria vesca	2.6514	9	**0.02641**	0.662235
	Convallaria majalis	1.8975	6	0.1065	0.612393
	Dactylis polygama	1.8511	9	0.09718	0.525113

	Hepatica nobilis	1.3005	6	0.2412	0.468926
	Campanula rapunculoides	1.4663	6	0.1929	0.513615
	Viola reichenbachiana	0.81379	6	0.4469	0.315283

parametr prostředí	druh	Pearsonův korelační test			
		t	df	p-value	cor
osvícenost plochy	**všechny**	-0.93637	117	0.351	-0.08624
	Galium odoratum	-1.4955	12	0.1606	-0.39635
	Asarum europaeum	0.78572	12	0.4473	0.2212
	Melica uniflora	0.26514	12	0.7954	0.076315
	Bromus benekenii	0.52169	9	0.6145	0.171327
	Geum urbanum	-1.4836	10	0.1687	-0.42474
	Fragaria vesca	-1.9911	9	0.07766	-0.55298
	Convallaria majalis	-1.0481	6	0.335	-0.39338
	Dactylis polygama	-1.3713	9	0.2035	-0.41574
	Hepatica nobilis	-0.50089	6	0.6343	-0.20034
	Campanula rapunculoides	-2.2684	6	0.06381	-0.67947
	Viola reichenbachiana	-0.01055	6	0.9919	-0.00431

Tabulka 4: Délka průduchů

Tab.: 4 Vztah mezi délkou průduchů a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem. P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

vztah mezi délkou průduchů a parametry prostředí

parametr prostředí	druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	**abaxiální**	-0.42467	500	0.6713	-0.018988
		adaxiální	0.94975	124	0.3441	0.0849819
	Asarum europaeum	abaxiální	1.0753	66	0.2862	0.1312162
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Bromus benekenii	abaxiální	-2.1387	36	**0.03931**	-0.335763
		adaxiální	-1.2163	34	0.2322	-0.204203
	Campanula rapunculoides	abaxiální	-0.73173	22	0.4721	-0.15414
		adaxiální			-	
	Convallaria majalis	abaxiální	-1.205	23	0.2405	-0.243677
		adaxiální	-1.371	19	0.1864	-0.300035
	Dactylis polygama	abaxiální	0.6922	36	0.4932	0.1146072
		adaxiální	-0.16368	28	0.8712	-0.030919
	Galeobdolon montanum	abaxiální	-0.96237	7	0.3679	-0.341832
		adaxiální			-	
	Galium odoratum	abaxiální	-1.8672	67	0.06625	-0.222404
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Geum urbanum	abaxiální	-0.55548	41	0.5816	-0.086427
		adaxiální			-	
	Hepatica nobilis	abaxiální	-3.3816	28	**0.002142**	-0.538492
		adaxiální	-2.8187	18	**0.01137**	-0.553384
	Lamium maculatum	abaxiální	-2.1352	21	**0.04468**	-0.422347
		adaxiální			-	
	Lathyrus vernus	abaxiální	-2.8943	7	**0.02318**	-0.738082
		adaxiální			-	
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	0.22837	12	0.8232	0.0657832
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Pulmonaria officinalis	abaxiální	2.364	10	0.03968	0.5987489
		adaxiální			-	
	Viola mirabilis	abaxiální	-0.28458	17	0.7794	-0.068858
		adaxiální			-	
	Viola odorata	abaxiální	4.6597	6	**0.003468**	0.8851528
		adaxiální			-	
	Viola reichenbachiana	abaxiální	-1.1825	33	0.2455	-0.201613
		adaxiální			-	

parametr prostředí	druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
	všechny	**abaxiální**	-4.0706	500	**5.45E-05**	-0.179098

		adaxiální	-2.4882	124	**0.01416**	-0.218072
	Asarum europaeum	abaxiální	-1.0879	66	0.2806	-0.13273
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Bromus benekenii	abaxiální	-4.2313	36	**0.0001527**	-0.576323
		adaxiální	-3.7752	34	**0.0006137**	-0.543475
	Campanula rapunculoides	abaxiální	-0.69989	22	0.4913	-0.147583
		adaxiální			-	
	Convallaria majalis	abaxiální	-0.42079	23	0.6778	-0.087404
		adaxiální	-1.5825	19	0.13	-0.341265
	Dactylis polygama	abaxiální	-0.62134	36	0.5383	-0.103006
		adaxiální	-0.97238	28	0.3392	-0.180736
	Galeobdolon montanum	abaxiální	0.96237	7	0.3679	0.3418315
		adaxiální			-	
	Galium odoratum	abaxiální	-0.80561	67	0.4233	-0.097947
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
poměr C:N v půdě	*Geum urbanum*	abaxiální	-2.5817	41	**0.0135**	-0.373942
		adaxiální			-	
	Hepatica nobilis	abaxiální	0.028495	28	0.9775	0.0053849
		adaxiální	-0.20767	18	0.8378	-0.048889
	Lamium maculatum	abaxiální	-4.3431	21	**0.000286**	-0.687888
		adaxiální			-	
	Lathyrus vernus	abaxiální	2.8943	7	**0.02318**	0.7380823
		adaxiální			-	
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	-0.19491	12	0.8487	-0.056178
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Pulmonaria officinalis	abaxiální	-5.2572	10	0.0003696	-0.856919
		adaxiální			-	
	Viola mirabilis	abaxiální	0.24369	17	0.8104	0.0590017
		adaxiální			-	
	Viola odorata	abaxiální	-4.6597	6	0.003468	-0.885153
		adaxiální			-	
	Viola reichenbachiana	abaxiální	-1.056	33	0.2986	-0.180793
		adaxiální			-	

parametr prostředí	druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
otevřenost nadrostu	**všechny**	**abaxiální**	-2	500	**0.04604**	-0.089089
		adaxiální	-0.22717	124	0.8207	-0.020396
	Asarum europaeum	abaxiální	-1.8995	66	0.06187	-0.227674
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Bromus benekenii	abaxiální	0.007397	36	0.9941	0.0012328
		adaxiální	-1.4537	34	0.1552	-0.241907
	Campanula rapunculoides	abaxiální	1.4724	22	0.1551	0.2995106
		adaxiální			-	
	Convallaria majalis	abaxiální	-0.90144	23	0.3767	-0.184728
		adaxiální	-1.8272	19	0.08342	-0.386595
	Dactylis polygama	abaxiální	-0.24146	36	0.8106	-0.040211

		adaxiální	0.42545	28	0.6738	0.0801446
	Galeobdolon montanum	abaxiální	0.96237	7	0.3679	0.3418315
		adaxiální			-	
	Galium odoratum	abaxiální	-2.4959	67	**0.01503**	-0.291666
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Geum urbanum	abaxiální	-1.8403	41	0.07297	-0.276224
		adaxiální			-	
	Hepatica nobilis	abaxiální	1.0418	28	0.3064	0.1931736
		adaxiální	0.54382	18	0.5932	0.1271394
	Lamium maculatum	abaxiální	-0.93914	21	0.3583	-0.200764
		adaxiální			-	
	Lathyrus vernus	abaxiální	-2.8943	7	**0.02318**	-0.738082
		adaxiální			-	
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	0.07552	12	0.941	0.0217955
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Pulmonaria officinalis	abaxiální	-0.45018	10	0.6622	-0.140938
		adaxiální			-	
	Viola mirabilis	abaxiální	-1.7828	17	0.09249	-0.396876
		adaxiální			-	
	Viola odorata	abaxiální	4.6597	6	**0.003468**	0.8851528
		adaxiální			-	
	Viola reichenbachiana	abaxiální	-0.07039	33	0.9443	-0.012252
		adaxiální			-	

parametr prostředí	druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
osvícenost plochy	**všechny**	**abaxiální**	-0.3091	500	0.7574	-0.013822
		adaxiální	-0.97171	124	0.3331	-0.086932
	Asarum europaeum	abaxiální	-0.45576	66	0.6501	-0.056012
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Bromus benekenii	abaxiální	0.73163	36	0.4691	0.1210415
		adaxiální	0.70952	34	0.4828	0.1207908
	Campanula rapunculoides	abaxiální	0.27952	22	0.7825	0.0594873
		adaxiální			-	
	Convallaria majalis	abaxiální	-0.56801	23	0.5755	-0.117617
		adaxiální	-2.0105	19	0.05879	-0.418833
	Dactylis polygama	abaxiální	-1.8597	36	0.07112	-0.296048
		adaxiální	-0.71196	28	0.4824	-0.133347
	Galeobdolon montanum	abaxiální	-0.96237	7	0.3679	-0.341832
		adaxiální			-	
	Galium odoratum	abaxiální	0.15532	67	0.877	0.0189715
		adaxiální	NA	NA	NA	NA
	Geum urbanum	abaxiální	1.2961	41	0.2022	0.1983888
		adaxiální			-	
	Hepatica nobilis	abaxiální	0.61488	28	0.5436	0.1154256
		adaxiální	2.9129	18	**0.009283**	0.5660138
	Lamium maculatum	abaxiální	0.54885	21	0.5889	0.1189182

	adaxiální			-	
Lathyrus vernus	abaxiální	2.8943	7	**0.02318**	0.7380823
	adaxiální			-	
Polygonatum multiflorum	abaxiální	0.002341	12	0.9982	0.0006756
	adaxiální	NA	NA	NA	NA
Pulmonaria officinalis	abaxiální	5.9029	10	**0.0001505**	0.8814785
	adaxiální			-	
Viola mirabilis	abaxiální	0.74238	17	0.468	0.177203
	adaxiální			-	
Viola odorata	abaxiální	4.6597	6	**0.003468**	0.8851528
	adaxiální			-	
Viola reichenbachiana	abaxiální	-0.26158	33	0.7953	-0.045489
	adaxiální			-	

Tabulka 5: Hustota průduchů

Tab.: 5 Vztah mezi hustotou průduchů a parametry prostředí vyjádřené Pearsonovým korelačním koeficientem. P-value vyjadřuje signifikanci korelačního testu, tučně jsou pak zvýrazněny signifikantní hodnoty (<0,05). Korelace může nabývat hodnot od 0 (žádný vztah) do 1 (lineární vztah), kladné hodnoty značí pozitivní vztah mezi proměnnými, negativní hodnoty značí negativní vztah.

vztah mezi hustotou průduchů a parametry prostředí

parametr prostředí	Druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
pH půdy	**všechny**	**abaxiální**	0.73884	458	0.4604	0.0345031
		adaxiální	-3.7073	123	**0.0003154**	-0.31703
	Asarum europaeum	abaxiální	-1.5837	69	0.1178	-0.187282
		adaxiální			-	
	Bromus benekenii	abaxiální	-0.16117	31	0.873	-0.028934
		adaxiální	2.9492	32	**0.005911**	0.4622975
	Campanula rapunculoides	abaxiální	-1.065	21	0.299	-0.226367
		adaxiální			-	
	Convallaria majalis	abaxiální	1.5048	26	0.1444	0.2830412
		adaxiální	-2.2051	22	0.0382	-0.425449
	Dactylis polygama	abaxiální	1.6643	36	0.1047	0.2672881
		adaxiální	-1.0573	34	0.2978	-0.17841
	Galeobdolon montanum	abaxiální	4.2603	7	**0.003745**	0.8495142
		adaxiální			-	
	Galium odoratum	abaxiální	-1.3563	66	0.1796	-0.164672
		adaxiální			-	
	Geum urbanum	abaxiální	-1.167	30	0.2524	-0.208389
		adaxiální			-	
	Hepatica nobilis	abaxiální	2.8776	28	**0.007586**	0.4777443
		adaxiální	-2.1941	27	**0.03701**	-0.388995
	Lamium maculatum	abaxiální	1.6825	16	0.1119	0.3877287
		adaxiální			-	
	Lathyrus vernus	abaxiální	-1.4302	5	0.2121	-0.538815
		adaxiální			-	
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	3.4719	7	**0.01038**	0.795381
		adaxiální			-	
	Pulmonaria officinalis	abaxiální	-0.90095	10	0.3888	-0.274003
		adaxiální			-	
	Viola mirabilis	abaxiální	-1.6045	14	0.1309	-0.394103
		adaxiální			-	
	Viola odorata	abaxiální	1.2596	9	0.2395	0.3871234
		adaxiální			-	
	Viola reichenbachiana	abaxiální	-1.9699	31	0.05784	-0.333538
		adaxiální			-	

parametr prostředí	Druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
poměr C:N v půdě	**všechny**	**abaxiální**	0.028933	548	0.9769	0.001352
		adaxiální	2.9953	123	**0.003316**	0.2607381

	Asarum europaeum	abaxiální	0.81927	69	0.4155	0.0981523
		adaxiální			-	
	Bromus benekenii	abaxiální	1.1109	31	0.2752	0.1956674
		adaxiální	1.5092	32	0.1411	0.2577744
	Campanula rapunculoides	abaxiální	1.2334	21	0.231	0.2599089
		adaxiální			-	
	Convallaria majalis	abaxiální	0.98719	26	0.3327	0.1900736
		adaxiální	-2.6229	22	**0.01554**	-0.488077
	Dactylis polygama	abaxiální	-2.279	36	**0.0287**	-0.355077
		adaxiální	0.007879	34	0.9938	0.0013512
	Galeobdolon montanum	abaxiální	-4.2603	7	**0.003745**	-0.849514
		adaxiální			-	
	Galium odoratum	abaxiální	2.4382	66	**0.01746**	0.2874551
		adaxiální			-	
	Geum urbanum	abaxiální	0.59715	30	0.5549	0.1083815
		adaxiální			-	
	Hepatica nobilis	abaxiální	-0.75211	28	0.4583	-0.140722
		adaxiální	1.575	27	0.1269	0.2900705
	Lamium maculatum	abaxiální	2.3723	16	**0.03055**	0.5101132
		adaxiální			-	
	Lathyrus vernus	abaxiální	1.4302	5	0.2121	0.5388147
		adaxiální			-	
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	3.4719	7	**0.01038**	0.795381
		adaxiální			-	
	Pulmonaria officinalis	abaxiální	2.0898	10	0.06315	0.5513403
		adaxiální			-	
	Viola mirabilis	abaxiální	1.3098	14	0.2114	0.3303901
		adaxiální			-	
	Viola odorata	abaxiální	0.6454	9	0.5348	0.2103203
		adaxiální			-	
	Viola reichenbachiana	abaxiální	-1.5878	31	0.1225	-0.274242
		adaxiální			-	

parametr prostředí	Druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
otevřenost nadrostu	**všechny**	**abaxiální**	2.4979	458	**0.01284**	0.1159325
		adaxiální	-0.24061	123	0.8103	-0.02169
	Asarum europaeum	abaxiální	1.5453	69	0.1269	0.1828911
		adaxiální			-	
	Bromus benekenii	abaxiální	-1.2919	31	0.2059	-0.22603
		adaxiální	1.7221	32	0.09471	0.2912265
	Campanula rapunculoides	abaxiální	0.42157	21	0.6776	0.0916067
		adaxiální			-	
	Convallaria majalis	abaxiální	0.31138	26	0.758	0.060953
		adaxiální	2.1225	22	**0.04529**	0.4122647
	Dactylis polygama	abaxiální	0.25196	36	0.8025	0.0419572
		adaxiální	0.9123	34	0.368	0.1545777

	Galeobdolon montanum	abaxiální	-4.2603	7	0.003745	-0.849514
		adaxiální			-	
	Galium odoratum	abaxiální	0.50348	66	0.6163	0.061856
		adaxiální			-	
	Geum urbanum	abaxiální	3.4673	30	**0.001611**	0.5348739
		adaxiální			-	
	Hepatica nobilis	abaxiální	0.948	28	0.3512	0.176348
		adaxiální	-0.69978	27	0.49	-0.133469
	Lamium maculatum	abaxiální	-0.69724	16	0.4957	-0.17172
		adaxiální			-	
	Lathyrus vernus	abaxiální	-1.4302	5	0.2121	-0.538815
		adaxiální			-	
	Polygonatum multiflorum	abaxiální	-3.4719	7	0.01038	-0.795381
		adaxiální			-	
	Pulmonaria officinalis	abaxiální	1.0651	10	0.3119	0.3192069
		adaxiální			-	
	Viola mirabilis	abaxiální	-2.5506	14	**0.02309**	-0.563261
		adaxiální			-	
	Viola odorata	abaxiální	1.2519	9	0.2421	0.3851248
		adaxiální			-	
	Viola reichenbachiana	abaxiální	2.4863	31	**0.0185**	0.4077515
		adaxiální			-	

parametr prostředí	Druh	strana listu	Pearsonův korelační test			
			t	df	p-value	cor
	všechny	**abaxiální**	0.95323	458	0.341	0.0444975
		adaxiální	1.9698	123	0.0511	0.174877
	Asarum europaeum	abaxiální	1.1249	69	0.2645	0.1342018
		adaxiální			-	
	Bromus benekenii	abaxiální	-0.14981	31	0.8819	-0.026897
		adaxiální	0.85723	32	0.3977	0.1498271
	Campanula rapunculoides	abaxiální	0.33537	21	0.7407	0.0729887
		adaxiální			-	
	Convallaria majalis	abaxiální	1.2729	26	0.2143	0.2422038
		adaxiální	-2.241	22	**0.03545**	-0.431099
osvícenost plochy	*Dactylis polygama*	abaxiální	0.97022	36	0.3384	0.1596305
		adaxiální	-0.49814	34	0.6216	-0.08512
	Galeobdolon montanum	abaxiální	4.2603	7	**0.003745**	0.8495142
		adaxiální			-	
	Galium odoratum	abaxiální	0.25405	66	0.8002	0.0312566
		adaxiální			-	
	Geum urbanum	abaxiální	0.39871	30	0.6929	0.0726016
		adaxiální			-	
	Hepatica nobilis	abaxiální	0.4016	28	0.691	0.0756773
		adaxiální	0.99311	27	0.3295	0.1877265
	Lamium maculatum	abaxiální	-0.66701	16	0.5143	-0.164483
		adaxiální			-	

Lathyrus vernus	abaxiální	1.4302	5	0.2121	0.5388147
	adaxiální			-	
Polygonatum multiflorum	abaxiální	3.4719	7	0.01038	0.795381
	adaxiální			-	
Pulmonaria officinalis	abaxiální	-3.1574	10	**0.0102**	-0.706563
	adaxiální			-	
Viola mirabilis	abaxiální	1.2532	14	0.2307	0.3175927
	adaxiální			-	
Viola odorata	abaxiální	1.4655	9	0.1768	0.438927
	adaxiální			-	
Viola reichenbachiana	abaxiální	0.75649	31	0.4551	0.1346318
	adaxiální			-	