

Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Rozšíření a diverzita *Huperzia selago* agg. v Evropě

Diplomová práce

Bc. Joel Krejčí

Školitel: RNDr. Libor Ekrt, Ph. D.

České Budějovice 2020

KREJČÍ J. (2020): Rozšíření a diverzita *Huperzia selago* agg. v Evropě [Distribution and diversity of *Huperzia selago* agg. in Europe. Mgr. Thesis, in Czech.] – 63 p. + 25 p. Suppl., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotation

Genome size variation of the *Huperzia selago* group was studied. Six cytotypes with different altitudinal and latitudinal distribution were found. Morphometrical analyses revealed several characters that can be used to distinguish the cytotypes with higher or lower success rate. Morphological variation was even found within some cytotypes. The cytotypes cannot be matched with the taxa distinguished in Europe (*H. selago*, *H. appressa*, *H. continentalis* and *H. arctica*) as morphological characters used to identify these taxa in literature fail to identify the cytotypes.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 25. 4. 2020

.....
Joel Krejčí

Poděkování

Je mnoho lidí, kterým patří můj dík za úspěšné dokončení této diplomové práce, protože bez jejich pomoci a podpory by tohoto výsledku nebylo možné dosáhnout, nebo jen s mnohem většími obtížemi. Jmenovitě bych chtěl poděkovat těm, jejichž pomoc a nasazení pro mě byly nejdůležitější:

svému školiteli Liboru Ekrtovi za jeho obrovskou pomoc při všech aspektech tvorby této práce, od organizování sběru vzorků v místech, kam bych se sám nejspíše nedostal, až po nevyčerpatelnou trpělivost a ochotu poradit, kdykoli o to byl požádán;

Petrovi Kouteckému za jeho cenné připomínky a nezištnou pomoc při analýzách prováděných v pro mě tajemných a nepřístupných zákoutích programu R;

a především své rodině, z jejíž strany se mi dostávalo a stále dostává té největší podpory, která mi byla oporou už od začátku studia a která se mnou byla ochotná nést nesnáze vysokoškolského studia.

Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi pomáhali se sběry vzorků. Jsou to: L. Ekrť, O. Horných, P. Koutecký, M. Štech, J. Košnar, A. Čejková, K. Vejvodová, J. Dvořák, D. Půbal, J. Harčarik, F. Kolář, F. Rumsey, W. Testo, T. Hájek, P. Lamkowski, V. Brožová, M. Šmilauerová, E. Vicherová, A. Jelínek, S. Jessen, M. Krištof, Stensvold, R. Golding, M. Lučanová, L. Lehman, M. Konečná, A. Gilman, J. Prančl, M. Fialová, I. N. Pospelov, D. Rossmüllerová a V. Dolejšek.

Zvláštní poděkování náleží Honzovi Kučerovi, díky kterému se podařilo získat klíčové vzorky vranců ze Sibíře, což nemálo přispělo k interpretaci výsledků této práce a rozšíření poznatků o cytologii *H. selago* agg.

Tato práce byla podpořena projektem č. 19-17379S Grantové agentury České republiky.

Obsah

1	Úvod	1
2	Materiál a metody	3
2.1	Sběr dat.....	3
2.2	Průtoková cytometrie (FCM)	3
2.3	Software	5
2.4	Morfometrika.....	5
2.5	Porovnání cytotypů s taxony uváděnými v Evropě	13
3	Výsledky.....	14
3.1	Rozšíření cytotypů	14
3.2	Vazba cytotypů na nadmořskou výšku	19
3.2.1	Severní oblasti Evropy.....	19
3.2.2	Ostatní oblasti Evropy.....	20
3.3	Směsné populace cytotypů.....	21
3.4	Morfometrika.....	22
3.4.1	Vzájemné korelace mezi znaky	22
3.4.2	Analýza hlavních komponent (PCA).....	23
3.4.3	Lineární diskriminační analýza (LDA).....	25
3.4.4	Klasifikační diskriminační analýza.....	29
3.4.5	Významné determinační znaky	30
3.5	Podmínky prostředí.....	35
3.5.1	Porovnání výskytu cytotypů na stanovištích.....	35
3.5.2	Ovlivnění morfologických znaků stanovištěm.....	37
3.5.3	Ovlivnění morfologie nadmořskou výškou výskytu.....	38
3.6	Porovnání úhlu mikrofylů u živých a vysušených vzorků.....	40
3.7	Tvorba spor.....	40
3.8	Porovnání cytotypů s evropskými taxony	42
4	Diskuze	43
4.1	Cytologie	43

4.2	Odhad ploidie cytotypů	46
4.3	Vazba cytotypů na nadmořskou výšku	48
4.4	Porovnání mikrofylů u živých a vysušených rostlin.....	49
4.5	Tvorba spor.....	49
4.6	Porovnání s existujícími taxony	50
4.7	<i>Huperzia arctica</i>	56
5	Závěr.....	58
6	Literatura	60
	Přílohy	64

1 Úvod

Vranec (*Huperzia* Bernh.) je spolu s dalšími 17 rody řazen do čeledi *Lycopodiaceae* (PPGI 2016). Rod *Huperzia* je v rámci této čeledi jedinečný přítomností vegetativních rozmnožovacích pupenů (gem) a ornamentací výtrusů (Field et al. 2016). V kontinentální Evropě se tradičně rozlišují dva taxony: *H. selago* (L.) Bernh. ex. Schrank & Mart a *H. arctica* (Tolm.) Sipliv. (Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000, Blockeel 2006). Tyto dva taxony se mají lišit cytologicky, morfologicky i stanovištně. *Huperzia selago* se vyskytuje v celé Evropě nejčastěji na horách, a to jak nad tak pod horní hranicí lesa, na vřesovištích, v rašeliništích a v lesích. Somatický chromozomový počet je udáván jako $2n = 264-272$ (Dostál 1984, Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000, Blockeel 2006). Výskyt *H. arctica* je udáván převážně v tundře severní Evropy, dále v subalpínských polohách, ve vřesovištích a rašeliništích od Skotska, přes Skandinávii a Island po severní Rusko. Počet chromozomů je udáván jako $2n = 90$ (Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000, Blockeel 2006). Pro úplnost je ještě třeba dodat, že na Madeiře a Azorských ostrovech se vyskytuje endemit *H. suberecta* (Lowe) Tardieu (Prieto et al. 2008).

Do skupiny *H. selago* agg. se řadí taxony vyskytující se v temperátní až arktické zóně severní polokoule. Tato skupina je taxonomicky obtížná ať už z morfologického či cytologického hlediska (Manton 1950, Löve & Löve 1965, Wagner 1992). Vzhledem k absenci výrazných morfologických znaků na prýtu je problematické odlišit od sebe jednotlivé taxony. Řada uváděných morfologických znaků je v pracích mnohých autorů nepřesně až vágně definovaná. Rostliny navíc vykazují značnou morfologickou plasticitu, přičemž není zcela jasné, zda je tato variabilita zapříčiněna vlivem rozdílných podmínek prostředí na stanovišti, nebo je podmíněna geneticky (Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000, Aiken et al. 2007). Například rostliny na otevřených osluněných stanovištích jsou obvykle více do žluta zbarvené, s přitisklými mikrofyly a menšího vzrůstu, než rostliny ze stinných stanovišť (Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000). Obtížnost determinace navíc ještě zvyšuje skutečnost, že uváděné taxony jsou zřejmě schopné vzájemně se křížit a vytvářet potomstvo s abortovanými výtrusy a habitem prýtu intermediárním mezi rodičovskými taxony (Wagner & Beitel 1992, 1993). Vzniklí a zřejmě sterilní kříženci se mohou díky efektivnímu množení gemami rozšířit do značné vzdálenosti od rodičovských rostlin (Wagner & Beitel 1993). Zdá se, že někteří autoři mohli rozlišovat jednotlivé taxony především podle místa jejich výskytu (Kukkonen 2000,

Blockeel 2006, Elven et al. 2011), kdy výskyt *H. selago* je předpokládán spíše v temperátně boreálních oblastech a *H. arctica* v severní arktické oblasti.

Skupina *Huperzia selago* agg. byla a stále je předmětem morfologicko-taxonomického studia (Beitel & Mickel 1992, Wagner & Beitel 1992, 1993, Testo et al. 2016). V nedávné době byl popsán taxon *H. continentalis* Testo, A. Haines & A. V. Gilman (Testo et al. 2016), jehož výskyt je uváděn i z území Evropy (Špicberky). Dále někteří autoři v Evropě uvádějí taxon *H. appressa* (Desv.) Löve et Löve (Tolmačev 1960, Löve & Löve 1961, Elven et al. 2011, Zhang & Iwatsuki 2013). Tento taxon však není uznávaný všemi autory, protože někteří autoři jej považují za pouhý přechod mezi *H. selago* a *H. arctica* (Löve & Löve 1965, Fedorov & Bobrov 1999, Aiken et al. 2007) a některými autory je tento taxon synonymizován s *H. arctica* (Kukkonen 2000). Fedorov & Bobrov (1999) pracují s tímto taxonem jako s varietou *H. selago* a uvádějí, že tato a podobné variety jsou (v Rusku) jasně rozlišitelné pouze v severních oblastech (bezlesí), neboť v oblasti lesů se vyskytuje mnoho přechodných forem. Jsou dokonce zaznamenány případy, kdy na jedné lokalitě byl pozorován gradient znaků od typických rostlin *H. selago* až po typické rostliny *H. appressa* (Tolmačev 1960b, Löve & Löve 1965).

Ačkoli se v minulosti s taxony skupiny *H. selago* agg. zacházelo na různých taxonomických úrovních (formy, variety, poddruhy) a autoři nejsou dodnes jednotní v názoru na jejich taxonomický rank (Tolmačev 1960a, 1960b, Löve & Löve 1965, Dostál 1984, Fedorov & Bobrov 1999, Kukkonen 2000, Elven et al. 2011), převládá v současnosti spíše tendence hodnotit tyto taxony na druhové úrovni (Hoshizaki & Moran 2001, Zhang & Iwatsuki 2013, Gilman & Testo 2015, Testo et al. 2016, Fied et al. 2016).

Tato komplikovaná skupina v Evropě nepochybně vyžaduje souborný cytologicko-morfometrický výzkum, který by pomohl objasnit její vnitřní variabilitu. Takový výzkum však doposud nebyl proveden.

Tato diplomová práce si klade za úkol pokusit se odpovědět na následující otázky:

- 1) Jaká je variabilita ve velikosti genomu evropských rostlin *H. selago* agg.? Liší se nějak na gradientu nadmořské výšky a zeměpisné šířky?
- 2) Lze jednotlivé cytotypy morfologicky odlišit? Existuje morfologická variabilita i v rámci jednotlivých cytotypů?

3) Lze vztahovat jednotlivé cytotypy k obecně rozlišovaným taxonům v rámci *H. selago* agg. v Evropě?

2 Materiál a metody

2.1 Sběr dat

Celkem bylo získáno 1293 vzorků ze 198 lokalit z Evropy a z několika míst Sibíře (viz Příloha 1 a Obr. 10). Sběr vzorků byl směřován tak, aby oblasti sběru pokryly gradient zeměpisné šířky i nadmořské výšky od střední Evropy po nejsevernější oblasti Evropy. Větší část sběrů v severních oblastech Evropy byla cílená, kvůli potenciálu nalézt zde taxony/typy, které se nemusí vyskytovat v oblastech na úrovni střední Evropy. Sběr vzorků navazoval na sběry, které se podařilo uskutečnit v rámci mé bakalářské práce (Krejčí 2018). Celkově tyto sběry probíhaly v letech 2017 až 2019.

Kde to bylo možné, bylo z každé populace odebráno 5–10 prýtů, které byly následně označeny a uloženy do herbáře. Část prýtů byla vysušena v silikagelu a uložena pro molekulární a cytometrické analýzy. Velmi malé prýty byly uloženy do silikagelu celé a nebyla z nich pořizována herbářová položka. Malé části prýtů byly získány převážně z rostlin, které byly pro účely této práce poskytnuty jinými sběrateli (viz poděkování a Příloha 1). U populací, kde byly sběry prováděny námi, byly vzorky sbírány, pokud to bylo možné, ve vzdálenosti přibližně 0,5–1 metru od sebe a cíleně voleny tak, aby měly gemy i zralé výtrusnice. Mnohdy to ovšem možné nebylo, pokud byl sběr prováděn před začátkem vegetační sezony, nebo po jejím konci.

Herbářové položky jsou uloženy v herbáři katedry botaniky, Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (CBFS), vzorky vysušené v silikagelu byly uloženy v databance Fern and lycophyte genome databank (FerDa) na katedře botaniky Jihočeské univerzity (Ekrt et al., nepublikováno).

2.2 Průtoková cytometrie (FCM)

Pokud to bylo možné, byly vzorky analyzovány živé, v opačném případě pak vysušené v silikagelu. Bylo zjištěno, že pro *Huperzia selago* agg. zůstávají cytometrické analýzy konstantní ať už se jedná o živou, nebo v silikagelu vysušenou rostlinu (Krejčí 2018). Za

standard byla použita *Vicia faba* ($2C = 26,90$ pg, Doležel et al. 2007). K analýzám byl použit průtokový cytometr Partec PA II (Partec GmbH, Münster, Německo) využívající rtuťovou výbojku jako zdroj záření. Postup práce byl následovný: do středně velké plastové petriho misky bylo vloženo pět až šest větších, nebo odpovídající množství menších mikrofytlů spolu se standardem (asi v 1/3 množství oproti mikrofytlům *Huperzia*), bylo přidáno 400 μ l v ledu vychlazeného pufru Otto I (0,1M kyselina citronová, 0,5% Tween-20; Otto 1990), mikrofyly byly nadrceny pomocí žiletky a tato směs byla přefiltrována přes filtr Uhelon, velikost pórů 42 μ m, do nové zkumavky. Poté, co byla tato směs ponechána odstát asi 5 minut, bylo přidáno 800 μ l pufru Otto II (0,4M $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 2- merkaptoethanol o koncentraci 2 μ l/ml a DAPI [4',6-diamidino-2-phenylindol] o koncentraci 4 μ g/ml) a celek byl ponechán stát dalších asi 5 minut. Následně byl tento vzorek cytometricky změřen. Přístroj byl nastaven, aby zobrazil signál standardu na kanále 400 na 1024 kanálové škále a bylo nastaveno zaznamenání 3000 částic. Většinou byly dohromady analyzovány dvě rostliny (od každé obvykle tři mikrofyly). Pokud byl zaznamenán směsný signál více cytotypů, byla analýza opakována již s jednotlivými rostlinami. Tento postup byl aplikován, pokud bylo cílem zjistit relativní velikost genomu vzorků, tedy v naprosté většině případů. Pokud však bylo třeba zjistit absolutní velikost genomu (v pikogramech), byl k tomuto účelu použit přístroj Partec CyFlow SL používající jako zdroj záření zelený laser (532 nm) o výkonu 100 mW. Postup práce je stejný, jen barvivo DAPI je nahrazeno propidium jodidem (PI, 50 μ g/ml) a RNázou (50 μ g/ml). Oproti předchozímu postupu zde bylo každé měření opakováno třikrát a výsledek byl zprůměrován, aby se minimalizovala možnost vzniku chyby. Každá rostlina byla analyzována zvlášť a záznam byl nastaven na 5000 částic.

Původně používaný standard *Chlorophytum comosum* ($2C = 24,14$ pg, Hornych et al. 2019) musel být nahrazen standardem *Vicia faba*, neboť signál z prvního zmíněného standardu se kryl se signálem jednoho z později objevených vzácných cytotypů (XL), a to u obou typů přístrojů.

Práce byla prováděna zjednodušeným dvoukrokovým protokolem podle Doležel et al. (2007) a Koutecký et al. (2012).

2.3 Software

Data z analýz průtokovým cytometrem byla vyhodnocena v programech FloMax verze 2.60 (Partec GmbH, Münster, Německo) a FlowJo 10.6.2 (TreeStar, Inc., Oregon, USA), data z morfometrických analýz byla hodnocena v programech Statistica verze 13.2 (TIBCO software Inc., Palo Alto, USA), R: A Language and Environment for Statistical Computing 3.6.2 (R Core Team 2019) a R studio (RStudio, Inc., Boston, USA), skripty pro morfometrické analýzy v R byly použity podle práce Koutecký (2015), rozměry mikrofytlů a gem byly zpracovávány v programu QuickPHOTO CAMERA (Promicra s.r.o., Praha, Česká Republika), délka svěřacích buněk stomat a velikost spor byla analyzována v programu cellSens Standard (Olympus, Tokio, Japonsko). Mapy rozšíření cytotypů byly vytvořeny v programu ArcGis 10.2 (Esri, Redlands, Kalifornie, USA).

2.4 Morfometrika

Na rostlinách bylo měřeno 18 kvantitativních znaků, 3 poměry a 1 binární znak (Tab. 1). Měření byla prováděna na rostlinách vysušených lisováním. Nebylo vždy možné měřit na rostlinách všechny znaky, pokud některé znaky (gemy, spory) nebyly na rostlině přítomny.

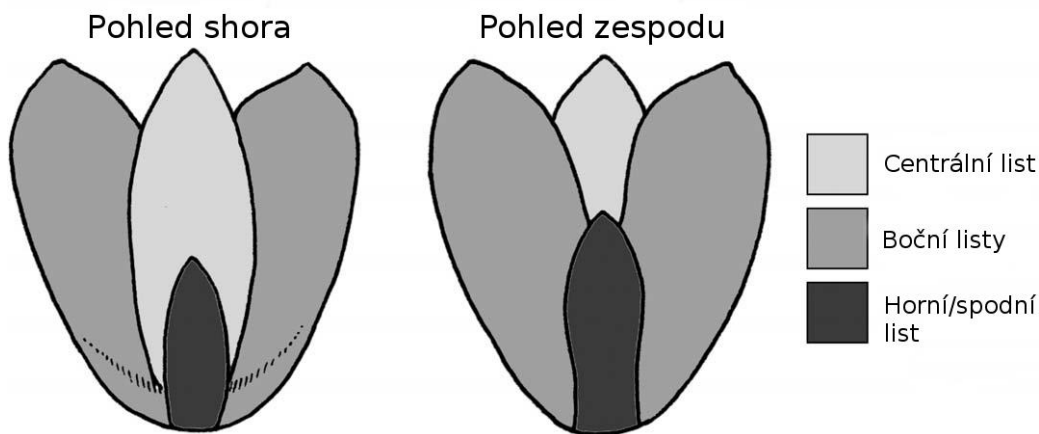
U běžnějších cytotypů (A, B) bylo měřeno 10 populací, u cytotypu XL 9 populací a u cytotypu XXL 5 populací. U každé z populací byly měřeny pokud možno tři rostliny. U vzácných cytotypů (XL, XXL), kde nebyly k dispozici tři rostliny, byla měřena i jen jediná. Naměřené znaky v rámci jednotlivých rostlin byly zprůměrovány. Měřené rostliny byly vybírány cíleně tak, aby zároveň měly gemy i zralé výtrusnice. Přehled rostlin použitých na morfologické analýzy je uveden v tabulce Příloha 1.

Tab. 1: Seznam studovaných morfologických znaků

zkratka znaku	popis	jednotky
DG	délka gem měřená od báze gemy po vrchol listů, měřeno 5 gem na rostlinu, hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	mm
SG	šířka gem v nejširším bodě, měřeno 5 gem na rostlinu, hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	mm

HLG	délka horního listu gemy, měřeno 5 gem na rostlinu, hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	mm
SLG	délka spodního listu gemy, měřeno 5 gem na rostlinu, hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	mm
DHM	délka horních mikrofylů (získaných z horní třetiny prýtu), hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	mm
DSM	délka spodních mikrofylů (získaných ze spodní třetiny prýtu), hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	mm
SHM	šířka horních mikrofylů v nejširším bodě, měřeny 3 mikrofyly na rostlinu, hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	mm
SSM	šířka spodních mikrofylů v nejširším bodě, měřeny 3 mikrofyly na rostlinu, hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	mm
DP	délka prýtu od vrcholu (bez gem) po bázi (bez kořínků)	cm
PP	průměr prýtu v horní polovině prýtu, nebo před prvním větvením	mm
UM	úhel mikrofylů vůči ose prýtu	° (stupně)
SP	velikost spor, měřeno 20 spor na rostlinu, hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	μm
DS	velikost diplospor, měřeno 10 diplospor na rostlinu, hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	μm
STO	délka stomat, tj. délka jedné svěrací buňky na průduch, měřeno 10 průduchů na rostlinu, hodnoty pro jednotlivé rostliny byly zprůměrovány	μm
SAI	míra abortace výtrusů, počet abortovaných spor na 500 spor (útvárů)	ks
GFCM	počet gemiforů na 1 cm délky prýtu, měřeno 1 cm pod vrcholem prýtu (průměr několika měření)	ks
GFR	počet gemiforů v růžicích (průměr několika růžic na rostlině)	ks
DOI	výskyt diplospor, počet diplospor na 500 spor (útvárů)	ks
SG/DG	poměr šířky gem ku délce	
HLG/DG	poměr délky horního listu gemy ku celkové délce gemy	
SLG/DG	poměr délky spodního listu gemy ku celkové délce gemy	
B	barva prýtu na škále 1 (žlutá) – 5 (tmavě zelená), viz Obr. 6	

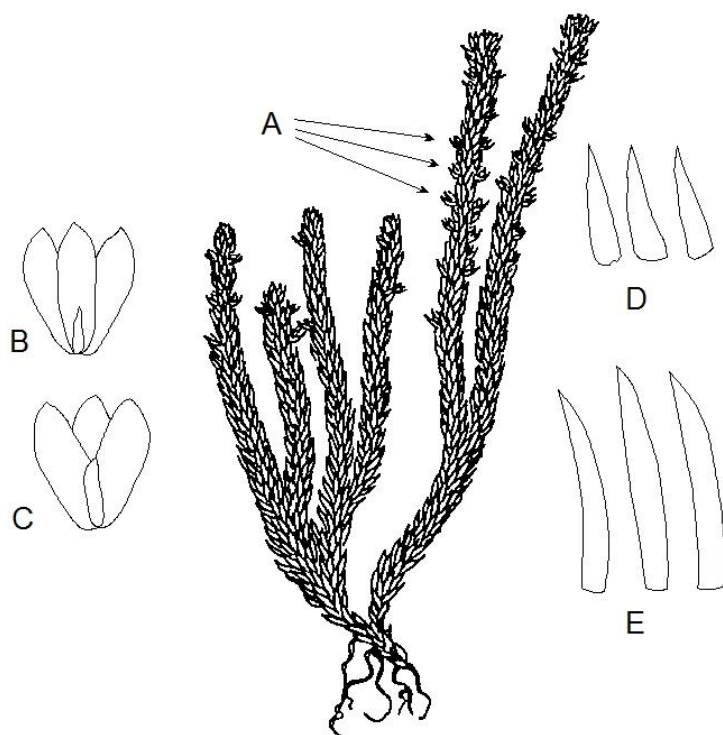
Rozměry gem (Obr. 2) a mikrofytlů byly měřeny na stereomikroskopu Olympus SZX7 (Olympus, Tokio, Japonsko) s kamerou Infinity 1 Lumenera (Lumenera Corporation, Ottawa, Ontario, Kanada) v programu QuickPHOTO CAMERA. Délka mikrofytlů byla stanovována zvlášť pro horní a zvlášť pro spodní třetinu prýtu (Obr. 3). Mikrofyty byly vybírány tak, aby reprezentovaly obvyklé velikosti mikrofytlů v dané oblasti na prýtu. Délka svěřacích buněk stomat a velikost spor byla měřena na mikroskopu Olympus CX31 s kamerou Olympus DP73 v programu cellSens Standard. Pro toto měření byl nejprve na mikrofyty ze spodní strany aplikován bezbarvý lak, který byl následně pomocí průhledné lepicí pásky přenesen na podložní sklo. Takto připravený preparát byl měřen při zvětšení 10×40 . Bylo měřeno 10 průduchů na rostlinu a z každého průduchu byla měřena jedna svěřací buňka, která byla měřena podélně. Pouze u cytotypu Ark bylo měřeno 40 průduchů, protože se od tohoto cytotypu jednalo o jediný vzorek (Tab. 2). Ostatní znaky u Ark cytotypu měřeny nebyly, protože byla k dispozici pouze malá část sterilního prýtu a nebylo možné relevantně ohodnotit další znaky.



Obr. 2: Schematizovaný nákres gemy *Huperzia* (podle Gilman & Testo 2015, upraveno)

Vzhledem k tomu, že morfometrika byla prováděna na herbářovaných rostlinách, bylo provedeno pilotní porovnání, zda se úhel mikrofytlů vůči ose prýtu (potenciálně náchylný na změnu velikosti při lisování) na vysušených rostlinách neodlišuje od úhlu mikrofytlů na

roślinách živých. Pro toto porovnání bylo vybráno 116 živých rostlin, na kterých byl měřen úhel mikrofytlů vůči ose prýtu. Tyto rostliny byly následně vylisovány a úhel byl změřen znovu.

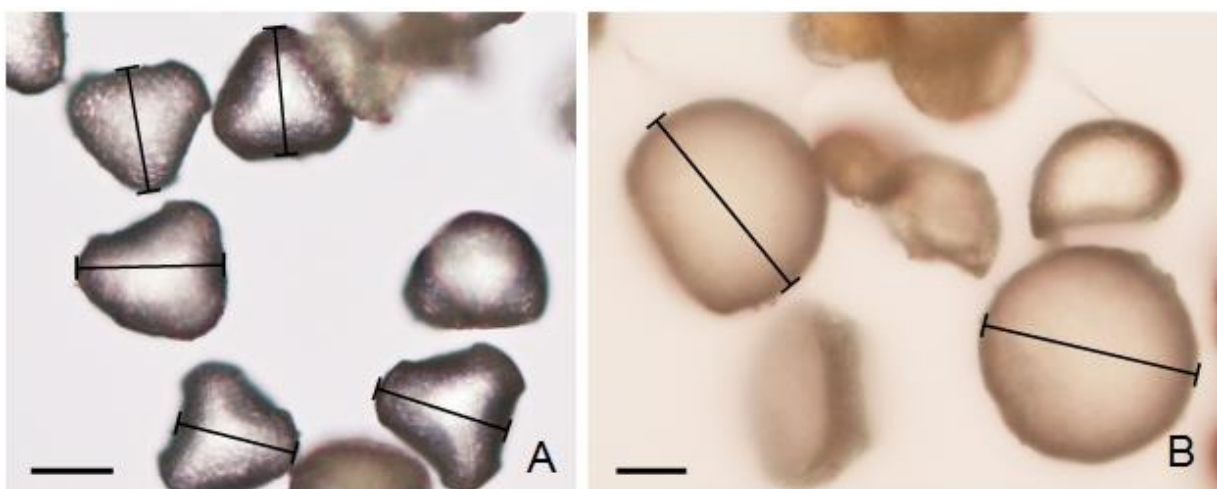


Obr. 3: Schematické vyobrazení prýtu *Huperzia*. A – gemifory v růžicích, B – gema shora, C – gema ze spodu, D – mikrofyly z horní třetiny prýtu, E – mikrofyly ze spodní třetiny prýtu (podle Kukkonen 2000, upraveno)

Spory byly měřeny z horního pohledu, tedy aby měřená úsečka šla od vrcholu přes střed spory do poloviny protější strany (Obr. 4). Pokud byla spora nějakým způsobem asymetrická, byl měřen nejdelší rozměr. Pokud to bylo možné, bylo u každé rostliny měřeno 20 výtrusů při zvětšení 10×40 . U všech rostlin, kde to bylo možné, byla rovněž zjišťována míra abortace spor (SAI, Hornych & Ekrt 2017). Mnohé rostliny ale netvořily jednotné spory, tedy klasické trikolpátní, ale směs spor různých tvarů (od abortovaných spor, přes útvary připomínající neoddělené tetrády až k velkým kulovitým útvarům, nejspíš diplosporám). Při zvětšení 10×10 bylo přibližně spočteno 1000 spor a z nich bylo určeno množství abortovaných. Protože však byl počet nalezených abortovaných spor lineárně závislý na počtu prohlédnutých spor a také proto, že bylo často velmi nesnadné získat dostatečný počet spor pro měření z výtrusnic, bylo později měřeno jen 500 spor.

S velkými kulatými útvary, které se vyskytují ve většině výtrusnic, je v této práci jednáno jako s diplosporami, jednak kvůli jejich velikosti a jednak kvůli literárním údajům zaznamenávající jejich výskyt u rostlin *H. selago* agg. (Beitel & Mickel 1992). Podíl diplospor

ve vzorku byl rovněž stanovován na 500 útvarů ve výtrusnici. Jejich velikost byla měřena při zvětšení 10×40 (Obr. 4). Porovnání útvarů vyskytujících se ve výtrusnicích ukazuje Obr. 40. V některých případech nebylo možné získat z výtrusnice dostatečné množství výtrusů, aby mohlo být stanoveno množství abortovaných spor (SAI) nebo množství diplospor (DOI), ačkoli bylo možno změřit velikost několika spor či diplospor. Někdy se ve vzorku vyskytovalo tak malé množství diplospor, že nebyly vůbec zpozorovány ve výsecích, ve kterých byl stanovován počet diplospor, takže byl tento počet stanoven jako roven nule.



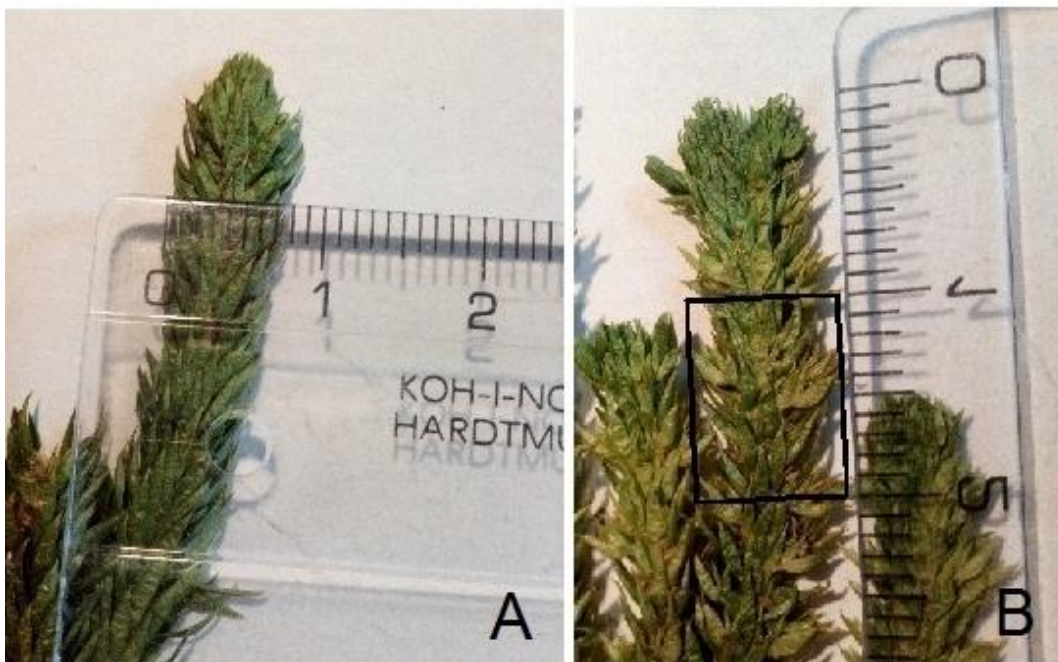
Obr. 4: Ukázka měření spor (A) a diplospor (B), měřítko = 20 μm

Tab. 2: Množství měřených průduchů u cytotypů Ark, A, B, XL a XXL

	Ark	A	B	XL	XXL
počet průduchů/cytotyp	40	300	300	240	80
počet zkoumaných rostlin	1	30	30	24	8

Délka prýtu a jeho průměr byl měřen pomocí pravítka, kdy za počátek měření délky byl vrchol lodyžky a za konec báze lodyžky bez kořínků. Průměr prýtu byl měřen v jeho horní třetině tak, aby vystihoval rozpětí většiny listů v daném místě (Obr. 5)

Při měření gemiforů (Obr. 5) byl vynechán jeden centimetr od vrcholu prýtu a na dalším centimetru byl stanoven počet zde nalezených gemiforů. Gemifory se často vyskytují v růžicích, proto bylo rovněž stanovováno, zda se na tomto úseku gemifory v růžicích vyskytují (počet gemiforů 2 a více), nebo nevyskytují (počet gemiforů v růžici ≤ 1).



Obr. 5: Ukázka stanovování průměru prýtu *Huperzia selago* agg. (A) a počtu gemiforů (B). Při měření počtu gemiforů bylo zvlášť stanoveno množství gemiforů v daném úseku (1 cm dlouhém, označen obdélníkem) a poté množství gemiforů v růžicích (tj. v horizontální řadě), pokud se v daném úseku růžice vyskytují

Úhel mikrofylů byl měřen vůči ose prýtu, a to v jeho horní polovině pomocí úhloměru (Obr. 7). Barva prýtu byla měřena na pětibodové škále, kdy hodnota 5 znamenala tmavě zelenou, zatímco hodnota 1 znamenala žlutou.



Obr. 6: Gradient barev rostlin *Huperzia selago* agg. Rostlina A odpovídá na barevné stupnici 1–5 hodnotě 1 (žlutá), rostlina E odpovídá hodnotě 5 (tmavě zelená); A: cytotyp A, Švédsko, Fjällfjällen; B: cytotyp B, Finsko, Pallas-Yllästunturin; C: cytotyp XL, Norsko, Stabbursdalen; D: cytotyp B, Švédsko, Kesasjärv; E: cytotyp B, Německo, Velký Javor

Měření úhlu, který svírají mikrofyly s osou prýtu a stanovováním počtu gemiforů na části prýtu mělo za cíl kvantifikovat znaky „přitisklé/odstálé mikrofyly“ a „gemifory po celé délce prýtu“ nebo „v jedné či dvou růžicích na vrcholu“, jak je udáváno v mnohých pracích (viz např. Beitel & Mickel 1992, Wagner & Beitel 1993, Gilman & Testo 2015, Testo et al. 2016). Morfometrické analýzy byly prováděny na herbářových položkách.



Obr. 7: Ukázka měření sklonu mikrofylů vůči ose prýtu. Osa prýtu v místě měření byla na úhloměru umístěna tak, aby skrze ni procházela přímka mezi 0° a 180°. Pomyslná osa měřeného mikrofyly byla protažena pomocí pravítka tak, aby protнула měřítko na úhloměru

Hodnocené znaky byly vybrány zčásti podle prací Tolmačev (1960a, 1960b), Krasnoborov (1988), Beitel & Mickel (1992), Wagner & Beitel (1993), Valentine & Moore (1993), Zhang & Kung (1998), Kukkonen (2000), Aiken et al. (2007), Zhang & Iwatsuki (2013), Gilman & Testo (2015), Testo et al. (2016), Hornych & Ekrt (2017) a Alsos et al. (2019). Znaky UM (úhel mikrofytlů vůči ose prýtu), GFCM (počet gemiforů na 1 cm délky prýtu), GFR (počet gemiforů v růžicích), STO (délka svěřacích buněk průduchů), DS (velikost diplospor) a DOI (výskyt diplospor) byly navrženy nezávisle na zmíněných publikacích, za účelem obsáhnutí širší škály znaků na rostlinách.

Základní statistické analýzy pro jednotlivé znaky (průměr, medián, směrodatná odchylka, minimum, maximum, kvartily a 5% a 95% kvantily) byly vypočítány pro každý cytotyp v programu R. Znaky délka prýtu (DP), průměr prýtu (PP), úhel mikrofytlů (UM), počet gemiforů na 1 cm délky prýtu (GFCM) a velikost diplospor (DS) byly logaritmicky transformovány, neboť se výrazně lišily od normálního rozdělení. Pro zjištění korelace mezi jednotlivými znaky byl použit Spearmanův korelační koeficient. Do vícerozměrných analýz byly použity 3 datasey: (I) se všemi měřenými znaky (kromě DS), (II) bez rozměrů průduchů (STO), diplospor (DS) a spor (SP) a (III) se všemi znaky, ale pouze pro cytotypy A, B a XL, aby bylo možno lépe odlišit vzniklé skupiny. Zmíněné tři znaky (STO, DS, SP) byly v datsetu II vynechány, protože se obecně předpokládá korelace mezi ploidní úrovní a zmíněnými znaky (Barrington et al. 1986, Marinho et al. 2014). V datsetu I musel být vynechán i znak velikost diplospor (DS), protože cytotyp XXL netvoří téměř žádné diplospory a kvůli prázdným hodnotám by tento cytotyp zůstal téměř celý nezahrnutý v mnohorozměrných analýzách.

Byla provedena analýza hlavních komponent (PCA) s cílem zjistit, zda existuje variabilita mezi cytotypy. Následně byl testován potenciál jednotlivých znaků odlišit předem stanovené skupiny (zde cytotypy), k čemuž byla použita lineární diskriminační analýza (LDA). Pro určení míry, jakou jsou jednotlivé cytotypy odlišené, byla použita klasifikační diskriminační analýza. Jako operativní taxonomické jednotky byly v případě PCA i diskriminačních analýz použiti jedinci.

2.5 Porovnání cytotypů s taxony uváděnými v Evropě

Cytotypy A, B, XL a XXL byly porovnány s taxony *H. selago*, *arctica*, *H. continentalis* a *H. appressa* za účelem zjistit, zda je možné cytotypy přiřadit ke zmíněným taxonům. Byla provedena oddělená porovnání na dvou skupinách morfologických znaků: 1) na gemách (DG, SG, HLG/DG, SLG/DG) a 2) na prýtu (DP, PP), mikrofytech (DHM, DSM, SHM, SSM, B) a výtrusech (SP). Znaky byly hodnoceny dle prací Tolmačev (1960b), Krasnoborov (1988), Beitel & Mickel (1992), Valentine & Moore (1993), Wagner & Beitel (1993), Kukkonen (2000), Zhang & Iwatsuki (2013), Gilman & Testo (2015) a Testo et al. (2016).

Tab. 3: Výčet znaků použitých pro určení rostlin do taxonů. Protože nebylo možné použít všechny znaky z jedné publikace, je u každého znaku uveden autor: 1: Tolmačev (1960b), 2: Krasnoborov (1988), 3: Beitel & Mickel (1992), 4: Valentine & Moore (1993), 5: Wagner & Beitel (1993), 6: Kukkonen (2000), 7: Zhang & Iwatsuki (2013), 8: Gilman & Testo (2015), 9: Testo et al. (2016); HLG/DG – poměr horního listu gemy ku délce gemy, SLG/DG – poměr spodního listu gemy ku délce gemy

znak	<i>H. selago</i>	<i>H. continentalis</i>	<i>H. appressa</i>	<i>H. arctica</i>
délka gem (mm)	(3,6) 4,0–4,4 (4,6) ⁸	3–3,5 ⁹	(2,7) 3,0–3,4 (3,7) ⁸	(2,1) 2,4–2,7 (3,0) ⁸
šířka gem (mm)	(3,0) 3,3–3,6 (3,8) ⁸	(2,6) 2,9–3,4 ⁹	(1,7) 2,0–2,3 (2,5) ⁸	(1,9) 2,1–2,3 (2,5) ⁸
HLG/DG, SLG/DG	0,45 a 0,6 ¹⁰		0,43–0,45 a 0,5 ¹⁰	0,5 a 0,6 ¹⁰
délka prýtu (cm)	10–30 ^{4,6}	8–15 (24) ⁹	3–10 ⁷	5–15 ⁶
průměr prýtu (mm)	6–12 ⁴	8–10 ⁹	Dole: 10, Nahoře: 4–6 ^{3,5}	5–6 ⁴
rozměry mikrofytlů (mm)	8 × 1,5 ²	Spodní: 5–7 (10) × 0,7–1,5; Horní: 2,5–5 × 0,7–1,5 ⁹	Spodní: (4,0) 4,5–5,5 (6,0) × 0,75 (1), Horní: (2,0) 2,5–3,0 (3,5) × 0,75 (1) ^{3,5}	Spodní: 4–5 × 1, Horní: 4 × 1,2 ²
barva mikrofytlů	tmavě zelená ⁶	žlutozelená až oranžovohnědá ⁹	zelená až žlutozelená ³	žlutozelená až žlutá ^{1,2}

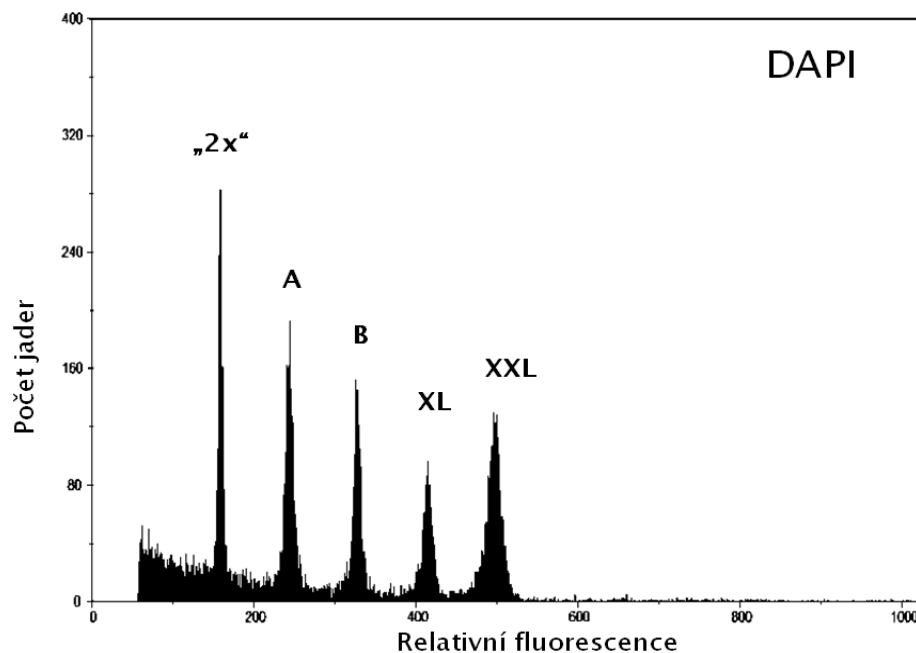
velikost spor (μm)	29–37 ⁵	33–40 ⁹	(29) 32,4 (35) ³	
---	--------------------	--------------------	-----------------------------	--

3 Výsledky

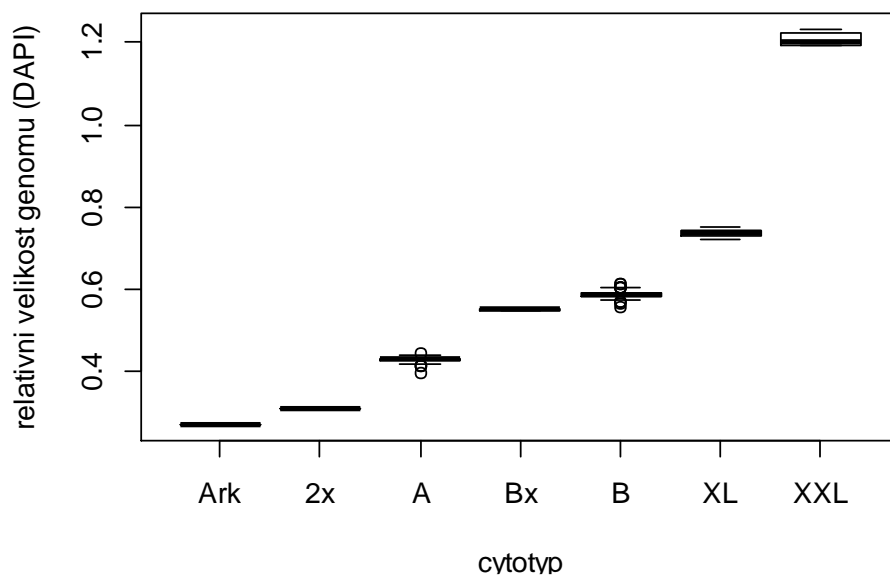
3.1 Rozšíření cytotypů

Pomocí průtokové cytometrie se mezi analyzovanými 1293 vzorky z Evropy a Sibiře podařilo odhalit celkem šest cytotypů (Obr. 9). Kvůli nevyjasněnému vztahu k ploidním úrovním byly tyto vzorky pracovními nazvány Ark, A, Bx, B, XL a XXL. Pro účely porovnání byly do některých analýz zapojeny i vzorky označované jako „2x“ získané z USA (*Huperzia lucidula*, *H. miyoshiana* a *H. appressa*, leg. W. Testo, Obr. 8). Tyto vzorky mají velmi podobnou velikost genomu jako cytotyp Ark (velikost genomu taxonu *H. appressa* je 9,03 pg, taxonu *H. lucidula* 10,57 pg, Krejčí 2018, cytotypu Ark 10,55 pg).

Cytotypy mají velmi malý rozsah velikosti genomu a jejich velikosti se nepřekrývají, kromě cytotypů Bx a B (Tab. 4 a Obr. 9). Největší variabilitu vykazuje cytotyp XXL měřený se standardem *Vicia faba* a cytotyp B měřený se standardem *Chlorophytum comosum* (směrodatná odchylka = 0,02).



Obr. 8: FCM histogram simultánní analýzy relativní fluorescence (barvení DAPI) čtyř hlavních zaznamenaných cytotypů vranců z okruhu *H. selago* agg a cytotypu „2x“. Cytotyp „2x“ (*Huperzia appressa*, USA, leg. W. Testo) představuje zřejmě diploidní typ s velikostí genomu 9,03 pg (Krejčí 2018)

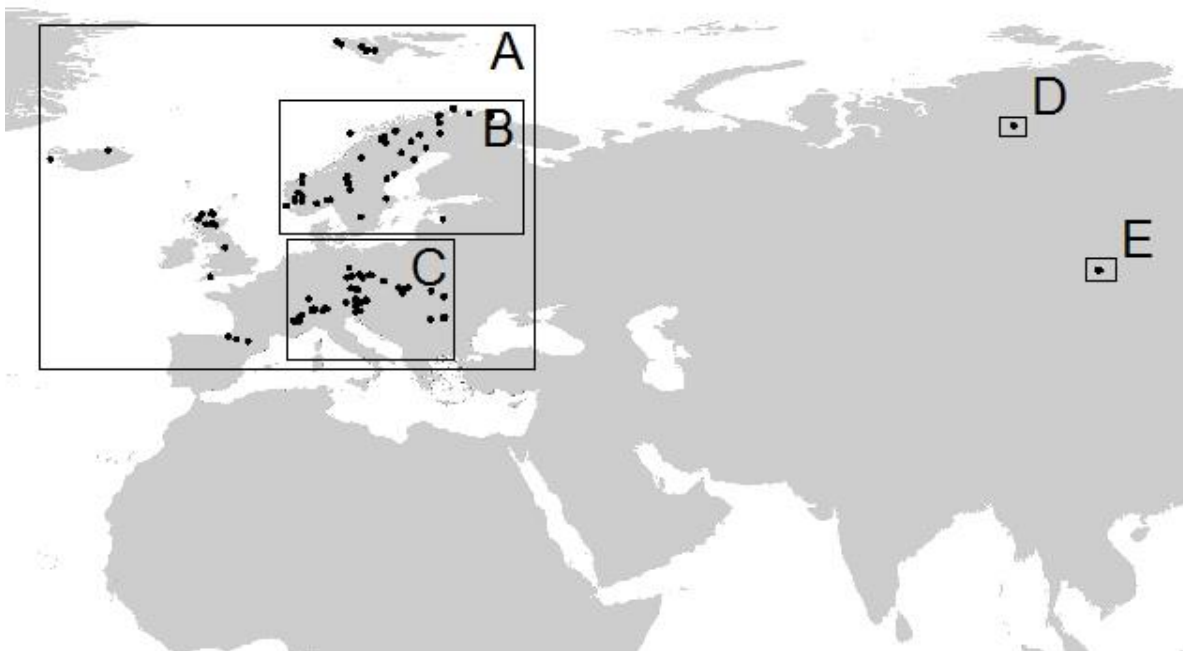


Obr. 9: Relativní velikost genomu všech zaznamenaných cytotypů (barvení DAPI). Cytotyp označovaný 2x je zřejmě diploidní taxon *H. miyoshiana* získaný z USA (leg. W. Testo)

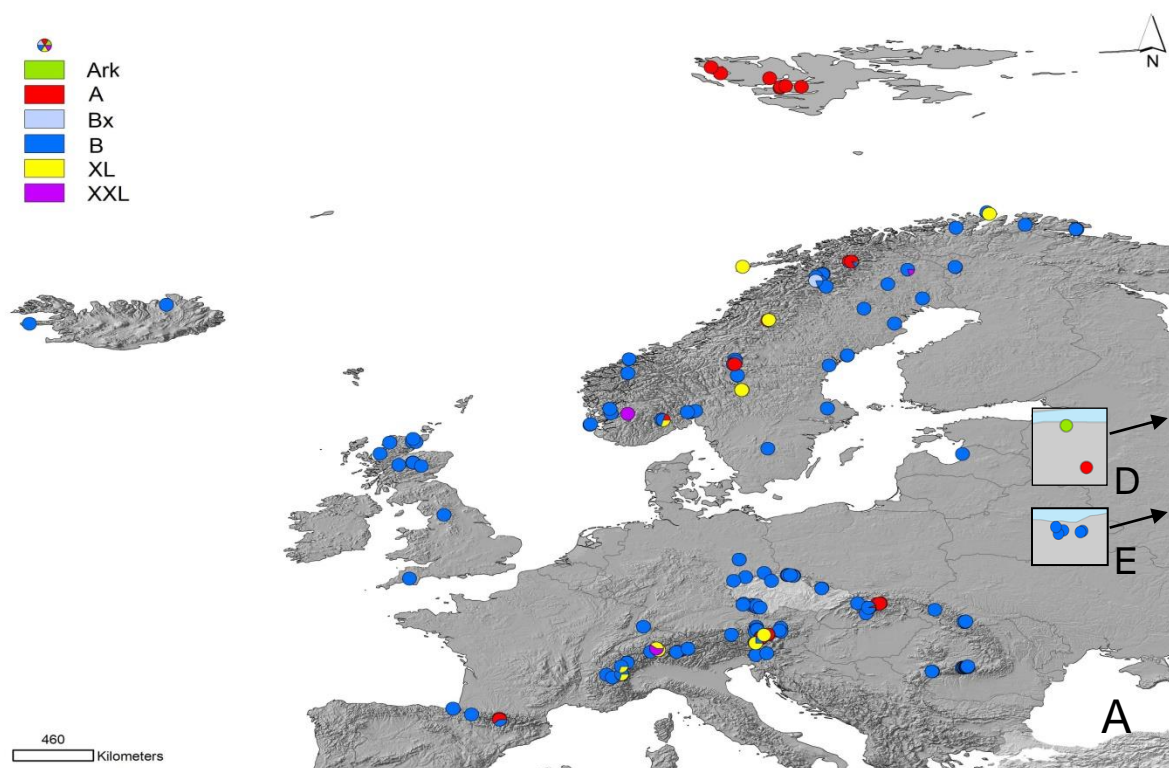
Tab. 4: Relativní velikost genomu cytotypů Arc, A, Bx, B, XL a XXL (barvení DAPI). Hodnoty získané se standardem *Chlorophytum comosum* a přepočítané na standard *Vicia faba*, jsou označeny hvězdičkou (*); (Ch) = *Chlorophytum comosum*, (V) = *Vicia faba*, vz/std = poměr vzorku a standardu, min = minimum, max = maximum, SD = směrodatná odchylka, N = počet měření

Cytotyp	průměr CV vzorku	průměr CV standardu	vz/std min	vz/std max	vz/std průměr (Ch)	vz/std průměr (V)	SD vz/std	N
A	2,04	1,52	0,54	0,61	0,59	0,43*	0,01	85
Bx	1,66	1,34	0,75	0,76	0,75	0,55*	0,00	3
B	1,70	1,48	0,58	0,83	0,81	0,59*	0,02	201
Arc	3,11	1,80	0,27	0,27		0,27	0,00	1
A	2,56	1,80	0,42	0,44		0,43	0,01	56
B	2,01	1,64	0,56	0,62		0,59	0,01	211
XL	1,35	1,29	0,72	0,90		0,75	0,01	23
XXL	1,32	1,39	1,19	1,24		1,21	0,02	7

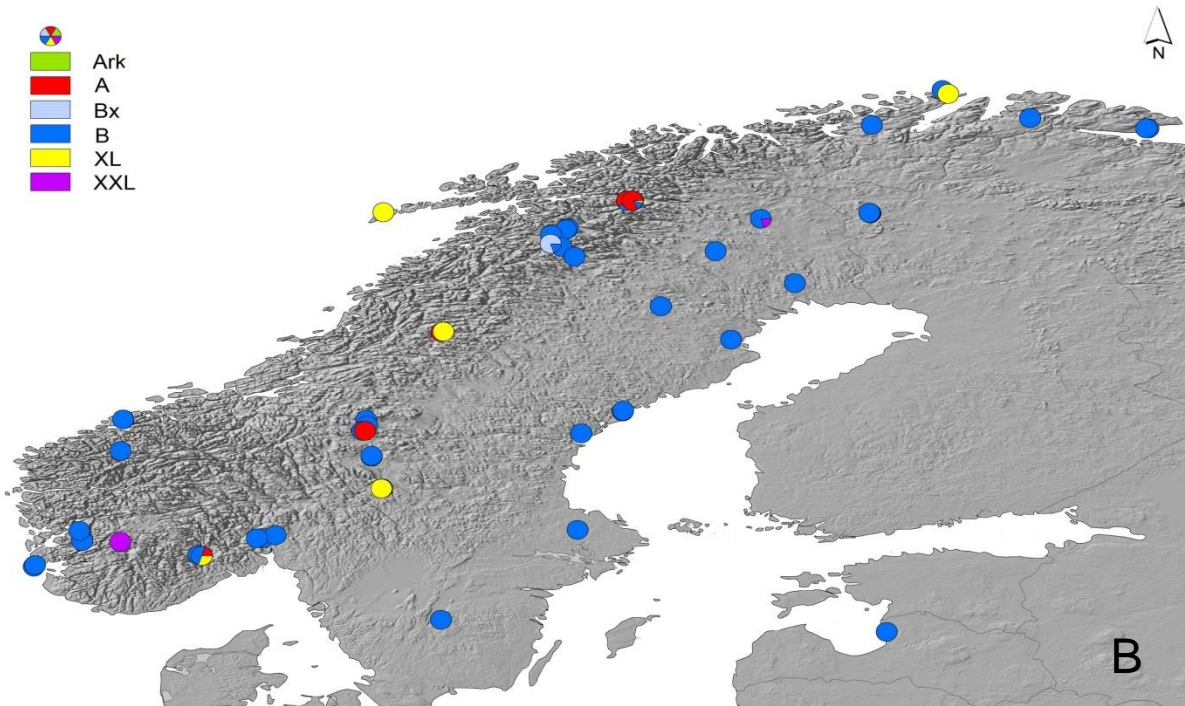
Nejvíce vzorků bylo získáno ze Švédska, Norska, Rakouska, České republiky a Slovenska. Vzorky byly dále získány z Islandu, Velké Británie, Špicberků (Norsko), Rumunska, Německa, Ukrajiny, Finska, Itálie, Lotyšska, Slovinska, Švédska, Švýcarska, Francie a Ruska (Obr. 10, 11, 12 a 13).



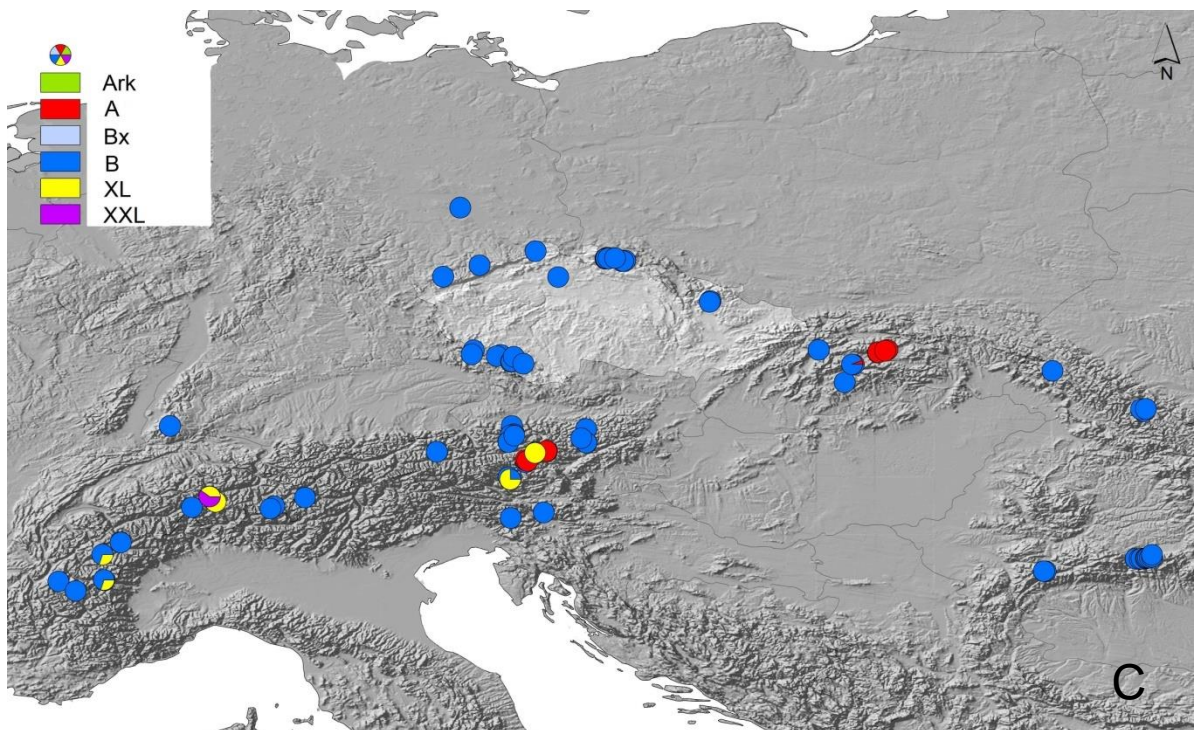
Obr. 10: Celková oblast sběru vzorků.



Obr. 11: Vyobrazení cytotypů v Evropě (výřez A na Obr. 10) a na Sibíři (výřezy D a E na Obr. 10)



Obr. 12: Detailní pohled na oblast Skandinávie se zobrazením cytotypů A, B, Bx, XL a XXL, výřez B na Obr. 10.



Obr. 13: Detailní pohled na oblast střední Evropy se zobrazením cytotypů A, B, XL a XXL, výřez C na Obr. 10.

Cytotyp Ark byl nalezen na jediné lokalitě na Anabarském platu (Sibiř, výřez D na Obr. 10), odkud byla získána jedna rostlina. Cytotyp A byl zaznamenán v Pyrenejích, v rakouských Alpách, slovenských Tatrách, jižní části Norska, na Špicberkách, jihozápadní až severní části Švédska a na Anabarském platu. Celkově bylo cytotypu A získáno 278 rostlin z 38 lokalit, což tvoří 15,4 % celkového počtu analyzovaných populací. Tento cytotyp je druhý nejpočetnější. Cytotypu Bx byly nalezeny 4 rostliny (0,5 % celkového sběru) na jedné lokalitě v severozápadním Švédsku. Jelikož tento cytotyp nebyl v dané oblasti nikde jinde opětovně nalezen, ač sběry v okolí této oblasti byly provedeny, a také kvůli jeho nepatrné odlišnosti od cytotypu B (o 6,52 % od průměru všech vzorků cytotypu B a o 6,56 % od rostliny cytotypu B ze směsné populace na dané lokalitě) je pravděpodobné, že se jedná jen o odchylku v rámci cytotypu B a nebudu se jím tedy v této práci dále zabývat. Cytotyp B bylo možno nalézt ve všech zkoumaných oblastech s výjimkou Špicberků a Anabarského plata. Vzorků tohoto cytotypu bylo získáno 929 ze 167 populací, nejvíce z České republiky, Švédska a alpských oblastí Francie a Rakouska. Výskyt v 84,3 % populacích celkového sběru tento cytotyp řadí na první místo v četnosti nálezů. Vzorky cytotypu XL byly nalezeny na 15 lokalitách (8,9 %) ve francouzských, švýcarských a rakouských Alpách, v Norsku a Švédsku v celkovém počtu 67 rostlin. Cytotyp XXL byl zaznamenán celkem v 6 populacích (3 %): jedné v jižním Norsku, jedné v severním Švédsku, dvou populacích ve Švýcarsku a jedné v Rakousku. Tohoto cytotypu bylo získáno 12 vzorků.

3.2 Vazba cytotypů na nadmořskou výšku

Rozložení cytotypů na gradientu nadmořské výšky není homogenní a vykazuje určitý trend, viz Obr. 14. Výsledky byly rozděleny na severní oblasti Evropy (Island a Skandinávie) a ostatní oblasti Evropy, neboť závislost výskytu jednotlivých cytotypů na nadmořské výšce je mezi těmito dvěma oblastmi rozdílná a nelze je proto slučovat do jedné analýzy. Vzorky z Ruska (cytotypy Ark, B) a Špicberků (cytotyp A) byly z této analýzy vyřazeny, protože podmínky v místě jejich výskytu jsou velmi odlišné od podmínek, ze kterých byly získány ostatní vzorky.

3.2.1 Severní oblasti Evropy

Cytotyp A byl nejnižše zaznamenán ve výšce 160 m n. m. (Norsko, Stahlheim). Tento cytotyp je rovněž znám z horských oblastí, kde se může vyskytovat až ve výšce 1300 m n. m. (Švédsko,

hora Ännfjället). Obvykle bylo možno tento typ nalézt v tundře, horské tundře na skalách a v kamenných sutích.

Cytotyp B bylo možno nalézt od 20 m n. m. (Norsko, Skallelv) až po 1210 m n. m. (Švédsko, Abisko). Nejčastěji se vyskytoval v tundře, sutích, vřesovištích, puklinách skal, na vrcholcích kopců a v lesích.

Cytotyp XL se vyskytoval v rozmezí 250 m n. m. (nejsevernější Norsko, Nordkapp) až 950 m n. m. (Švédsko, Abisko) na kamenitých stanovištích, skalních terasách, v oblastech na horní hranici lesa a vrcholových stanovištích s keříky.

Cytotyp XXL byl nalezen nejnižše ve výšce 330 m n. m. (Norsko, Vuottašjávri) a nejvýše v 1010 m n. m. (Norsko, Haukeli). Nejčastější stanoviště výskytu tohoto cytotypu tvořily narušované příkopy podél cest v lesní zóně, tundra a kamenité až balvanité substráty.

3.2.2 Ostatní oblasti Evropy

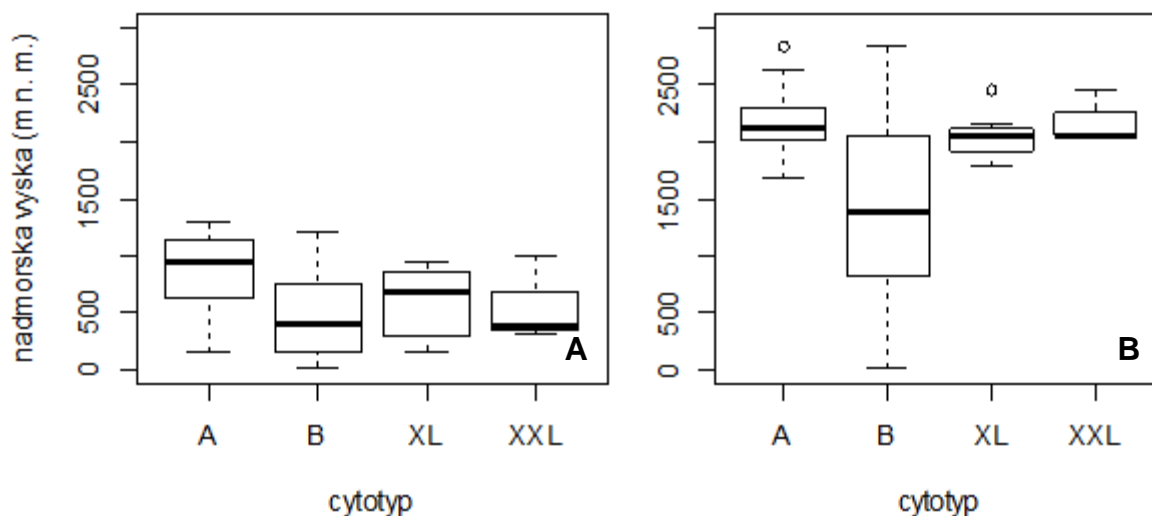
Obecně se rostliny vyskytovaly v ostatních částech Evropy ve vyšších polohách, než na severu.

Cytotyp A představuje v ostatních částech Evropy horský prvek, který se zde vyskytuje pouze nad horní hranicí lesa ve vysokých pohořích. Byl zde nalezen ve výškách od 1680 m n. m. (Slovensko, Vysoké Tatry) do 2830 m n. m. (Švýcarsko, hora Piz Glims). Tento typ zde bylo možno nalézt v subalpínských polohách v sutích, na skalách a klečovém pásnu.

Cytotyp B má v ostatních částech Evropy jednoznačně nejširší výškové rozmezí výskytu, neboť byl nalezen nejnižše ve výšce 15 m n. m. (Lotyšsko, Salacrīvas novads) a nejvýše ve 2830 m n. m. (Švýcarsko, hora Piz Glims). Oproti ostatním cytotypům je rozdíl ve výškovém rozpětí tohoto cytotypu opravdu značný. Vyskytuje se na mechových úpatích kopců, subalpínských trávnících, v bukových i smrkových lesích a v sutích nad horní hranicí lesa

Cytotyp XL byl objeven na celkem limitovaném výškovém rozmezí od 1790 m n. m. (Rakousko, Štýrsko, u jezera Plannersee) do 2450 m n. m. (Švýcarsko, Furkapass). Stanoviště, kde se tento cytotyp vyskytoval, tvořily travnaté kamenité svahy s klečí, subalpínské polohy nad horní hranicí lesa, balvanité sutě, skalní terasy či svahy s keříčky.

Cytotyp XXL byl na nejnižších bodech v ostatních částech Evropy nalezen ve výšce 2050 m n. m. (Švýcarsko, úpatí hory Calmut a Rakousko, úpatí hory Matehanshöhe) a na nejvyšším bodě ve výšce 2450 m n. m. (Švýcarsko, Furkapass). Bylo možno ho nalézt například na balvanitých svazích v subalpínských polohách nad horní hranicí lesa.

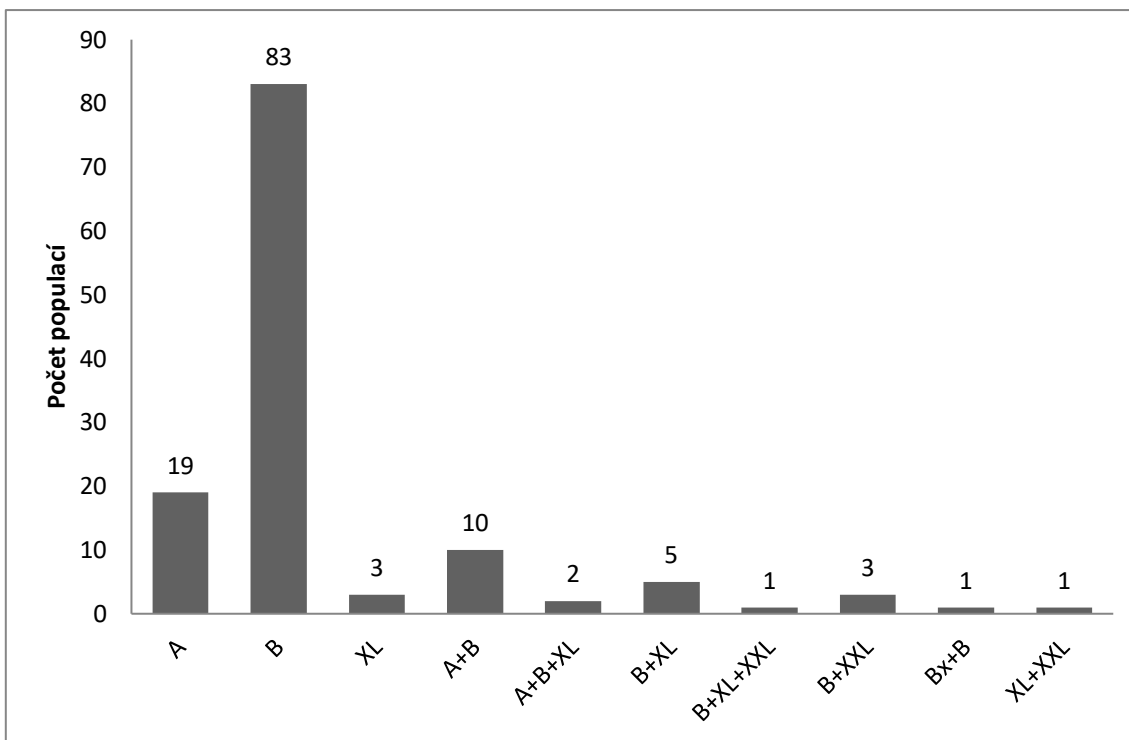


Obr. 14: Výškové rozložení nálezů v severních oblastech (A) a v ostatních oblastech Evropy (B), do této analýzy nebyly započítány vzorky z Ruska ani Špicberků

3.3 Směsné populace cytotypů

Analyzované rostliny *H. selago* agg. se vyskytovaly jak v populacích jednoho cytotypu (82 %, Island, Velká Británie, Špicberky, Česká republika, Rumunsko, Německo, Ukrajina, Finsko, Itálie, Lotyšsko, Slovinsko), tak ve směsných populacích několika cytotypů (18 %, Švédsko, Norsko, Slovensko, Švýcarsko, Rakousko, Francie, Rusko, Obr. 15). Jako populace byly brány lokality, kde bylo nalezeno alespoň 5 rostlin.

Nejčastější kombinací byla směsná populace cytotypů A a B (8 %). V několika případech se vyskytly i populace tří cytotypů zároveň (2 %). Ve směsných populacích docházelo ke kontaktu všech evropských cytotypů vyjma kombinace cytotypů A a XXL, které spolu nebyly objeveny v žádné populaci.



Obr. 15: Porovnání podílu vzorků nalezených v populacích jednoho typu a ve směsných populacích několika cytotypů. Počet populací jednotlivých kategorií je uveden nad příslušným grafickým zobrazením. Jako populace byly hodnoceny pouze lokality, kde bylo nalezeno 5 a více rostlin

3.4 Morfometrika

3.4.1 Vzájemné korelace mezi znaky

Pro zjištění korelace mezi jednotlivými znaky byl použit Spearmanův koeficient. Nebyly nalezeny žádné vysoce korelované znaky ($r > |0,95|$). Kompletní tabulka korelačních koeficientů všech hodnocených znaků je uvedena v Příloha 2. Pro vícerozměrné analýzy byly použity tři datasey, (I) obsahující všechny měřené znaky (kromě rozměrů diplospor), (II) bez rozměrů spor, diplospor a stomat (korelace SP a STO = 0,26, STO a DS = 0,17, SP a DS = 0,47) a (III) se všemi hodnocenými znaky avšak pouze pro cytotypy A, B a XL. Cytotyp Ark nebyl do mnohorozměrných analýz zahrnut, protože na tomto cytotypu nebylo možné naměřit většinu hodnocených znaků s výjimkou velikosti průduchů.

3.4.2 Analýza hlavních komponent (PCA)

Tato analýza se pokouší najít nejvariabilnější znaky v datasetu.

Analýza PCA, kde jako operativní taxonomické jednotky byli použiti jedinci, neodhalila znaky, které by jednoznačně odlišovaly jednotlivé cytotypy (Obr. 16, 17 a 18) a to ani v jednom z datasetů. Pouze cytotyp XXL se v datasetech I a II jeví jako odlišný od ostatních cytotypů. Variabilita uvnitř cytotypů je větší, než případné rozdíly mezi cytotypy.

Dataset I – všechny znaky kromě velikosti diplospor (Obr. 16)

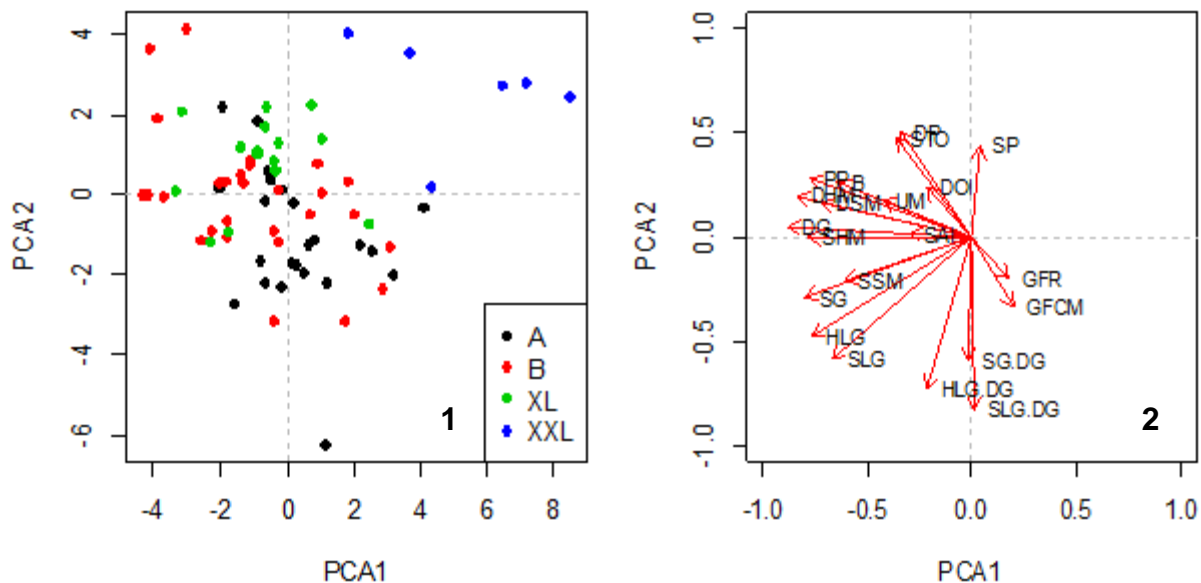
V datasetu I vysvětluje 1. osa 30,3 % variability a 2. osa 16,2 % variability. Pouze cytotyp XXL je výrazně odlišný od ostatních, a to hlavně úzkými mikrofyly (SHM, SSM), krátkým horním a spodním listem gemy (HLG, SLG) a jejich poměry ku délce gem (HLG/DG, SLG/DG), malou šířkou a délkou gem (SG, DG), menší abortací spor (SAI) a většími sporami (SP).

Dataset II – znaky kromě rozměrů průduchů, spor a diplospor (Obr. 17)

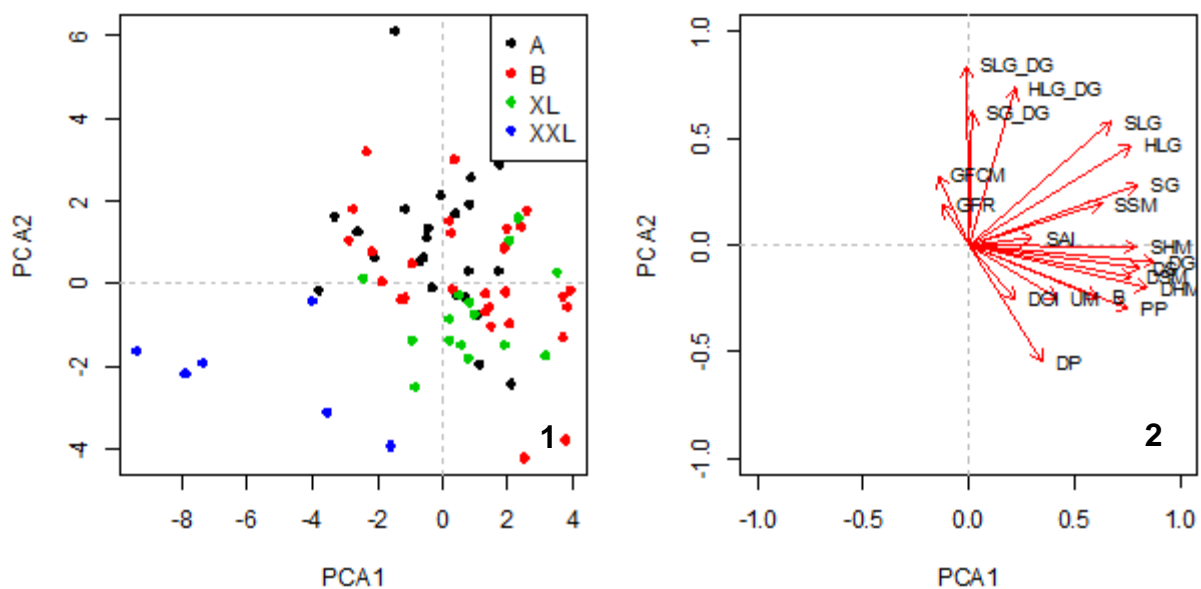
V datasetu II vysvětluje 1. osa 32,9 % variability a 2. osa 16,4 % variability. Situace je obdobná jako u datasetu I, protože jediný jasně odlišitelný cytotyp je XXL. Tento cytotyp se odlišoval všemi znaky zmíněnými v datasetu I, kromě velikosti spor (SP), která v tomto datasetu nefigurovala.

Dataset III – všechny znaky, pouze cytotypy A, B a XL (Obr. 18)

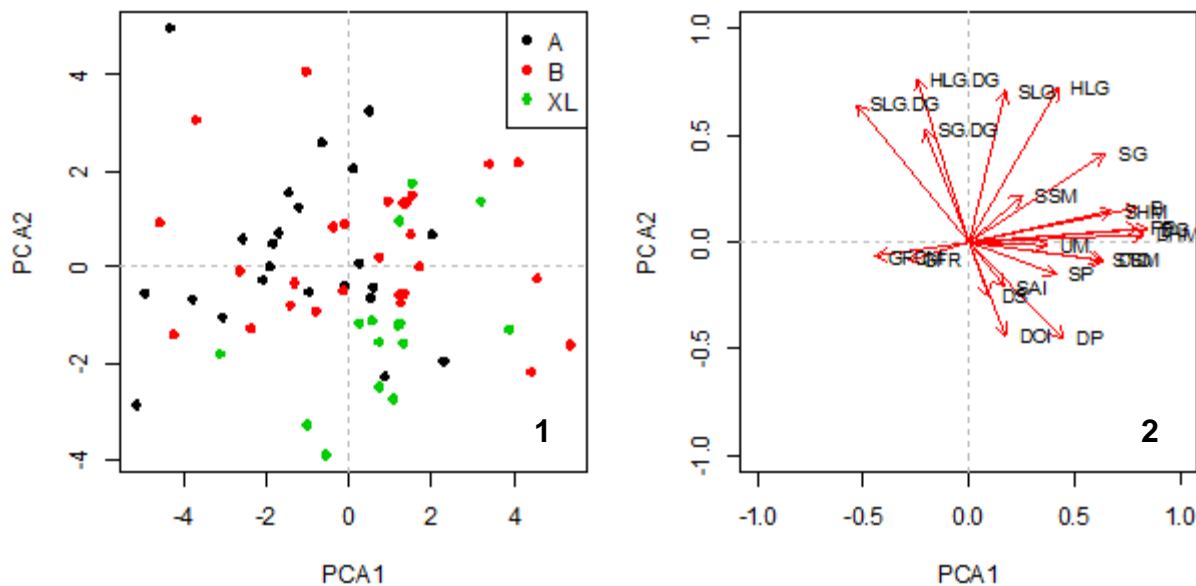
V datasetu III vysvětluje 1. osa 26,5 % variability a 2. osa 14,3 % variability. V tomto datasetu nebylo možno odlišit žádný z cytotypů.



Obr. 16: Dataset I pro všechny hodnocené znaky. PCA 34 populací cytotypů A, B, XL a XXL pro všechny hodnocené znaky (kromě DS). Na obrázcích 1 a 2 jsou zobrazeny 1. a 2. ordinační osa, které vysvětlují 30,3 % a 16,2 % variability.



Obr. 17: PCA 34 populací cytotypů A, B, XL a XXL pro dataset II (bez STO, SP a DS). Na obrázcích 1 a 2 jsou zobrazeny 1. a 2. ordinační osa, které vysvětlují 32,9 % a 16,4 % variability



Obr. 18: PCA 26 populací pro dataset III cytotypů A, B a XL. Obrázky 1 a 2 zobrazují 1. a 2. ordinační osu, které vysvětlují 26,5 % a 14,3 % variability.

3.4.3 Lineární diskriminační analýza (LDA)

Diskriminační analýza se pokouší nalézt znaky, které mají největší schopnost odlišit předem definované skupiny (zde cytotypy).

Tato analýza byla schopná částečně odlišit většinu cytotypů. Mezi všemi cytotypy je nejzřetelněji odlišen cytotyp XXL, lze ale rovněž pozorovat jasně patrné rozdíly mezi cytotypy A a XL. Cytotyp B je nejpřesvědčivěji odlišen v datasetu III.

Dataset I (Obr. 19)

V datasetu I vysvětluje 1. osa 43,1 % variability, 2. osa 29,8 % variability a 3. osa 27,1 %. Třetí osa ukazuje v tomto datasetu další znaky vhodné k rozlišení cytotypů, a proto je zde zobrazena (oproti ostatním dvěma datasetům, kde 3. osa nepřináší žádné další rozlišení cytotypů).

Cytotyp A se odlišuje díky vyššímu počtu gemiforů na cm délky (GFCM), vyššímu poměru horního a spodního listu gemy ku délce gemy (HLG/DG, SLG/DG), delšímu spodnímu listu gemy (SLG), menším průduchům (STO) a menšími sporami (SP).

Cytotyp B se odlišuje většími průduchy (STO), menšími sporami (SP), menšími počty gemiforů (GFCM, GFR) a menším výskytem diplospor (DOI).

Nejzřetelnější odlišení od ostatních cytotypů vykazuje cytotyp XXL. Znaky, které tento cytotyp odlišují, jsou větší spory (SP), kratší horní a spodní list gemy (HLG, SLG), užší a kratší gemy (SG, DG) a užší mikrofyly (SHM, SSM).

Dataset II (Obr. 20).

V tomto datasetu vysvětluje 1. osa 43,5 % variability a 2. osa 32,7 % variability.

Cytotyp XL je částečně odlišený kvůli vyššímu výskytu diplospor (DOI) a širším mikrofylům (SHM, SSM).

Cytotyp XXL je opět jasně odlišený a to díky kratšímu spodnímu a hornímu listu gem (SLG, HLG) a kratším a užším gemám (DG, SG).

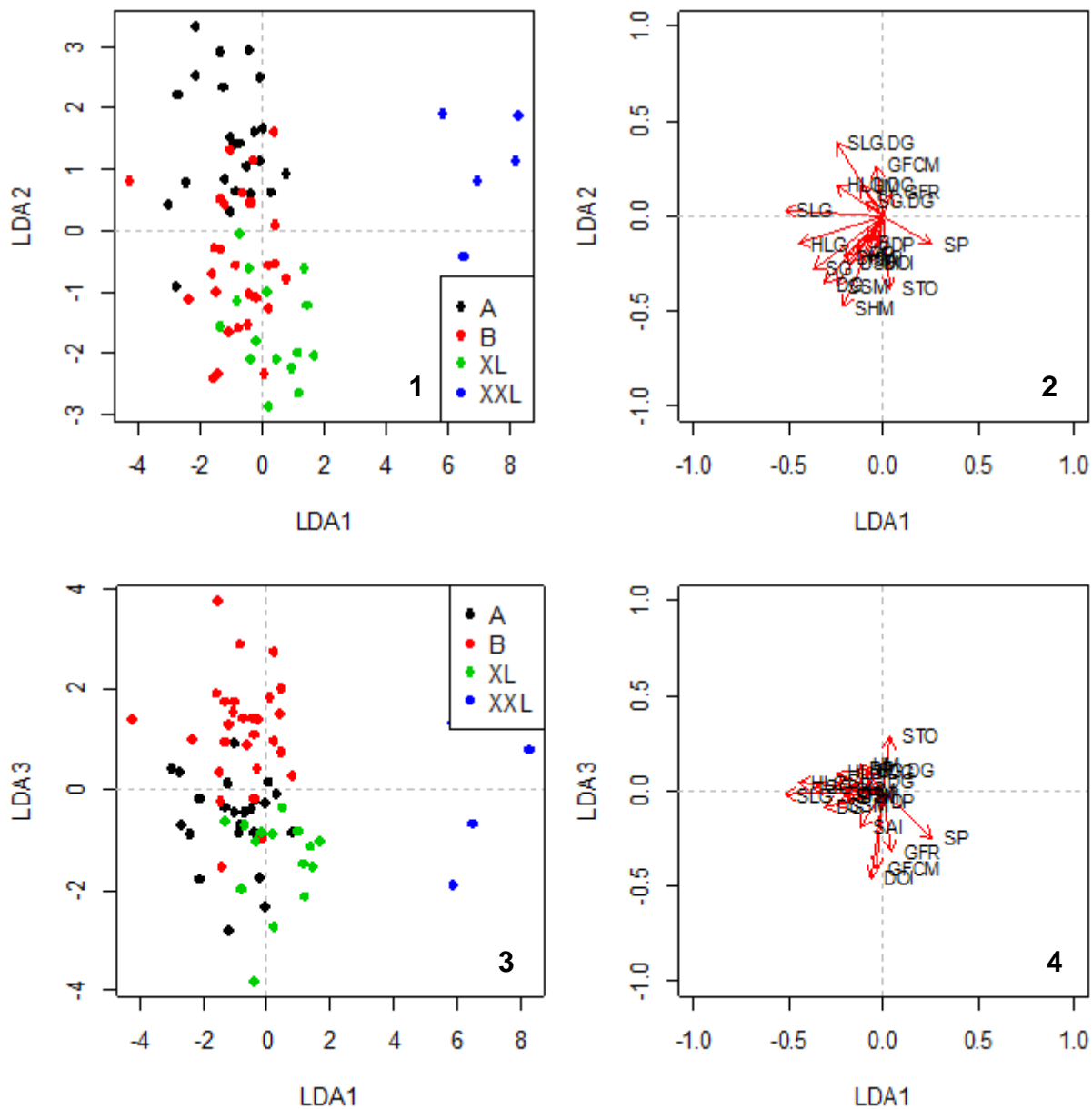
Dataset III (Obr. 21)

V datasetu III (ze kterého byl vyloučen cytotyp XXL), se podařilo cytotypy A, B a XL odlišit s vyšší úspěšností, než v předchozích analýzách, i když se většinou jednalo o drobné rozdíly. První osa vysvětluje 69,7 % variability a 2. osa 60,4 % variability.

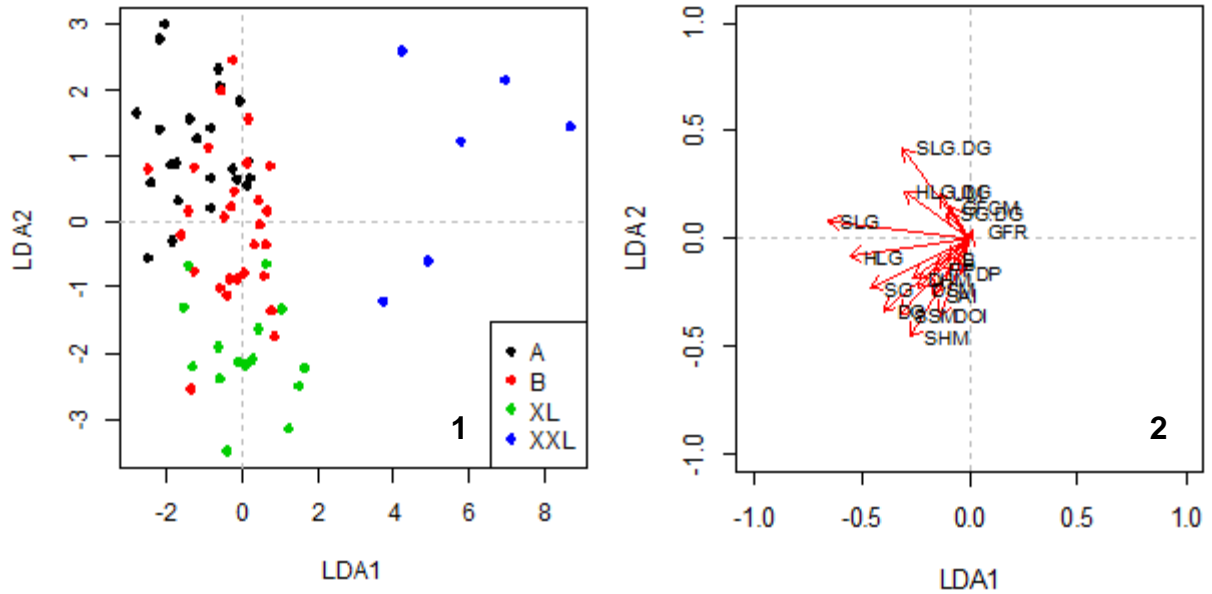
Cytotyp A se částečně liší větším poměrem horního a spodního listu gemy ku délce gemy (HLG/DG, SLG/DG), většími počty gemiforů (GFCM, GFR), menšími rozměry spodních mikrofylů (DSM, SSM), užšími horními mikrofyly (SHM) a menšími rozměry svěracích buněk průduchů (STO).

Cytotyp B se částečně liší většími průduchy (STO) a menšími počty gemiforů (GFCM, GFR).

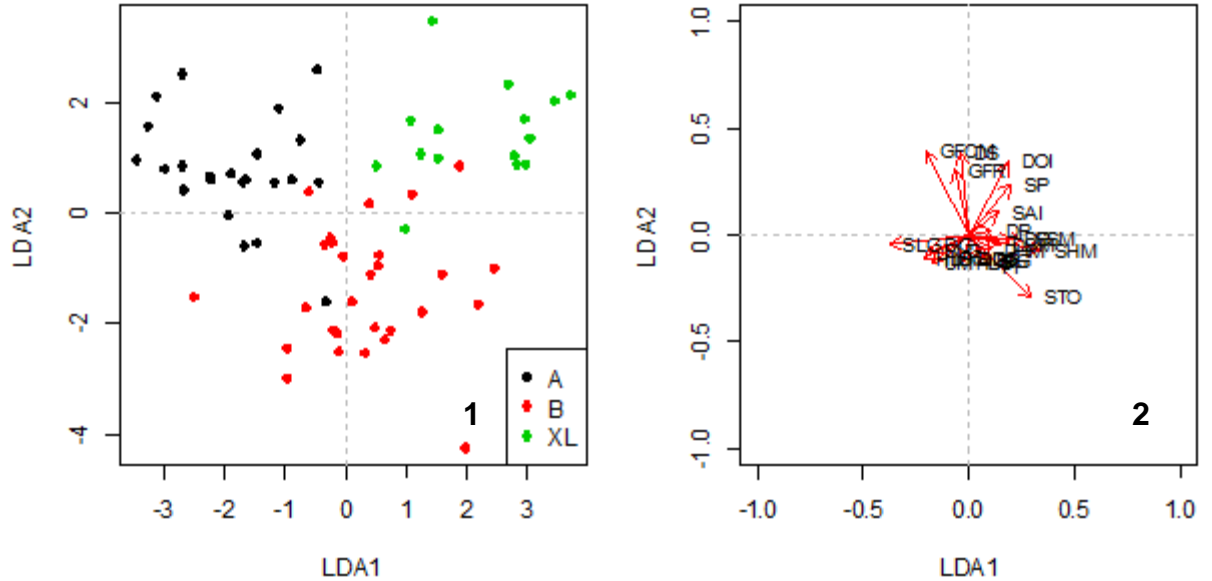
Cytotyp XL se liší hlavně většími sporami (SP), větším výskytem diplospor (DOI) a jejich většími rozměry (DS) a částečně i vyšší abortací spor (SAI).



Obr. 19: Lineární diskriminační analýza pro dataset I (všechny znaky kromě DS) cytotypů A, B, XL a XXL. Obrázky 1 a 2 zobrazují 1. a 2. ordinační osu, které vysvětlují 43,1 % a 29,8 % variability. Na obrázcích 3 a 4 jsou vyneseny 1. a 3. ordinační osa, které vysvětlují 43,1 % a 27,1 % variability



Obr. 20: Lineární diskriminační analýza pro dataset II cytotypů A, B, XL a XXL. Obrázky 1 a 2 zobrazují 1. a 2. ordinační osu, které vysvětlují 43,5 % a 32,7% variability



Obr. 21: Lineární diskriminační analýza pro dataset III cytotypů A, B a XL. Obrázky 1 a 2 zobrazují 1. a 2. ordinační osu, které vysvětlují 69,7 % a 60,4 % variability

3.4.4 Klasifikační diskriminační analýza

Klasifikační diskriminační analýza testuje, s jakou pravděpodobností dokáže analyzační nástroj správně přiřadit jedince do definované skupiny. Tato analýza byla použita pro stanovení míry, jakou jsou jednotlivé cytotypy odlišné. Tab. 5, Tab. 6 a Tab. 7 vyobrazují výsledky těchto analýz pro datasey I–III s procentuálním vyjádřením jakkoli (tedy i chybně) zařazených rostlin a z toho procentuální vyjádření rostlin zařazených správně. Tato analýza potvrdila, že cytotypy je možné ve většině případů správně odlišit.

Tab. 5: Výsledky klasifikační diskriminační analýzy pro dataset I; N = počet jedinců daného cytotypu na nichž byla provedena analýza

Cytotyp	A	B	XL	XXL	N	celkem určeno (%)	z toho správně určeno (%)
A	16	2	1	0	25	76,0	84,2
B	1	13	4	0	28	64,3	72,2
XL	1	3	9	0	17	76,5	69,2
XXL	1	0	2	3	6	100,0	50,0
Celkem	19	18	16	3	76	79,2	68,9

Tab. 6: Výsledky klasifikační diskriminační analýzy pro dataset II; N = počet jedinců daného cytotypu na nichž byla provedena analýza

Cytotyp	A	B	XL	XXL	N	celkem určeno (%)	z toho správně určeno (%)
A	17	4	2	0	23	100	73,9
B	4	19	5	0	28	100	67,9
XL	0	3	12	0	15	100	80,0
XXL	0	1	1	4	6	100	66,7
Celkem	21	27	20	4	72	100	72,2

Tab. 7: Výsledky klasifikační diskriminační analýzy pro dataset III; N = počet jedinců daného cytotypu na nichž byla provedena analýza

Cytotyp	A	B	XL	N	celkem určeno (%)	z toho správně určeno (%)
A	17	5	1	23	100	73,9
B	3	20	5	28	100	71,4
XL	2	1	12	15	100	80,0
Celkem	22	26	18	66	100	74,2

3.4.5 Významné determinační znaky

Vybrané základní statistiky všech měřených znaků ukazuje Tab. 8. Kompletní výsledky základních statistik (minimum, maximum, kvartily, 5% a 95% kvantil) jsou uvedeny v tabulce Příloha 3. U Obr. 22 – 35 značí písmena nad grafy výsledky Tukey testu, který byl použit k stanovení, zda se určitý znak u některého cytotypu liší od ostatních cytotypů. Cytotypy, které mají stejná písmena, se prokazatelně neliší. V této části jsou popisovány i znaky, pomocí kterých není možné odlišit žádný cytotyp (délka prýtu, barva) a to z toho důvodu, že je jako významné determinační znaky uvádějí některé literární zdroje (viz Tab. 14 a Diskuze, kap. 4.6). Znaky byly hodnoceny na 5% hladině významnosti.

Šířka mikrofylů

Cytotyp XXL se od ostatních cytotypů liší díky užším spodním mikrofylům ($F = 9,05$, $p < 0,001$, $df = 3$). Při porovnání šířky horních mikrofylů lze odlišit cytotypy A a XXL, které mají horní mikrofyly užší, od cytotypů B a XL, které je mají širší ($F = 13,29$, $p < 0,001$, $df = 3$, Obr. 22 a 23).

Výskyt diplospor

Pomocí tvorby většího množství diplospor lze odlišit cytotyp XL od cytotypů A, B a XXL (Obr. 24).

Délka horního a spodního listu gem

Při porovnání délky horního a spodního listu gem bylo možno odlišit cytotyp XXL, který vykazuje menší hodnoty obou těchto znaků, než ostatní cytotypy (HLG: $F = 27,17$, $p < 0,001$, $df = 3$, SLG: $F = 23,01$, $p < 0,001$, $df = 3$). Cytotypy A, B a XL se od sebe nelze odlišit (Obr. 26 a 27).

Šířka gem

Cytotyp XXL se liší od cytotypů A, B a XL užšími gemami ($F = 17,45$, $p < 0,001$, $df = 3$), zatímco cytotypy A, B a XL od sebe nelze odlišit (Obr. 28).

Délka gem

Stanovením délky gem je možné odlišit cytotyp XXL, který se od cytotypů A, B a XL liší kratšími gemami ($F = 14,59$, $p < 0,001$, $df = 3$), zatímco zbylé tři cytotypy nelze odlišit (Obr. 29).

Velikost spor

Porovnáním velikostí spor u cytotypů A, B, XL a XXL bylo zjištěno, že cytotypy A a B nelze od sebe odlišit a stejně tak cytotypy XL a XXL, že se ale liší velikost spor cytotypu B s cytotypy XL a XXL a rovněž cytotypu A s cytotypem XXL ($F = 8,88$, $p < 0,001$, $df = 3$). Největší spory vykazuje cytotyp XXL a nejmenší cytotyp B (Obr. 25).

Velikost svěracích buněk průduchů

Do této analýzy byl zahrnut kromě cytotypů A, B, XL a XXL i cytotyp Ark, protože pro tento cytotyp bylo stanovení velikosti průduchů jediné smysluplné měření (Obr. 30). Nejmenší průduchy byly nalezeny u cytoypu Ark a největší u cytotypu B. Všechny cytotypy lze odlišit podle velikosti průduchů s výjimkou cytotypů XL a XXL ($F = 49,58$, $p < 0,001$, $df = 4$).

Barva mikrofytlů

Barva mikrofytlů se mezi cytotypy prokazatelně neliší ($F = 1,40$, $p = 0,28$, $df = 3$, Obr. 31).

Délka prýtu

Délka prýtu se mezi cytotypy průkazně neliší ($F = 2,16$, $p = 0,098$, $df = 3$, Obr. 32).

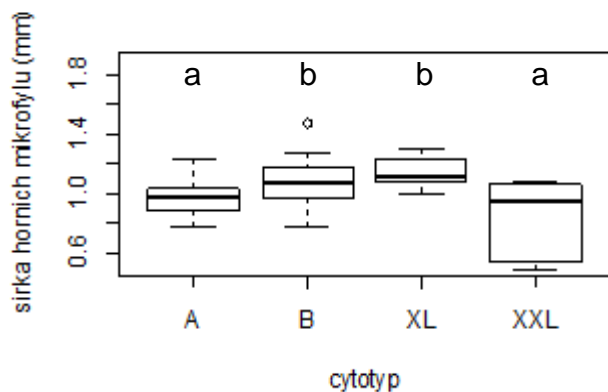
Počet gemiforů na 1 cm délky prýtu

Nejvyšší počet gemiforů na 1 cm délky vykazuje cytotyp A ($F = 6,89$, $p < 0,001$, $df = 3$), avšak na 5% hladině významnosti nelze tento cytotyp odlišit od cytotypu XXL. Rovněž cytotypy B a XL nelze odlišit (Obr. 34).

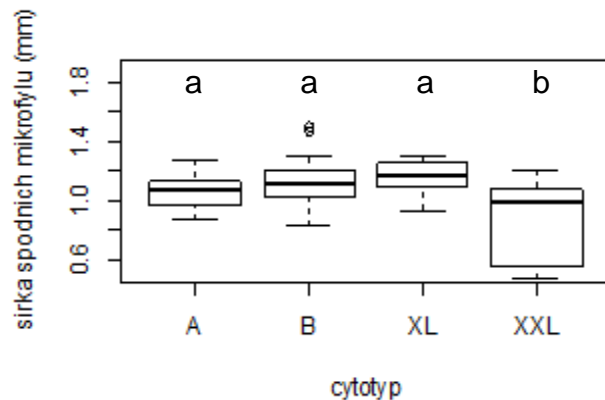
Velikost diplospor

Cytotyp XL tvoří největší diplospory, avšak na 5% hladině významnosti nelze pomocí tohoto znaku cytotyp XL odlišit od cytotypu XXL (Obr. 35).

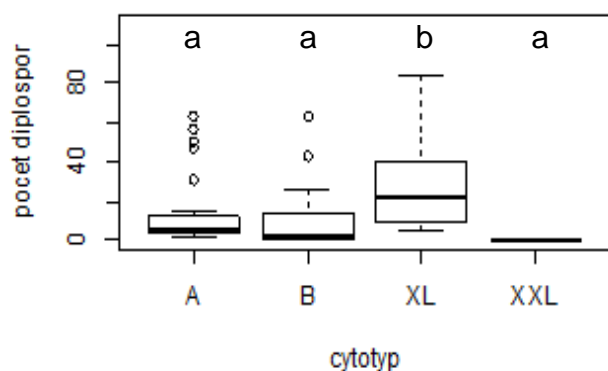
Jediný cytotyp, který lze v rámci všech cytotypů jasně odlišit, je cytotyp XXL, který je charakterizován užšími spodními mikrofyly, kratším horním i spodním listem gemy, kratšími a užšími gemami, menším průměrem prýtu a většími spory, než je tomu u cytotypů A, B a XL. Určité odlišení lze nalézt i u cytotypu XL, který je možné odlišit pomocí vyššího výskytu diplospor. V rámci cytotypů A, B a XL (dataset III) je možné od cytotypů B a XL odlišit cytotyp A, a to užšími horními mikrofyly, vyšším počtem gemiforů na centimetr délky prýtu a velikostí průduchů. Znaky udávané v literatuře pro rozlišení taxonů (délka prýtu, průměr prýtu, barva, rozměry mikrofytlů a rozměry gem) nejsou schopné odlišit většinu cytotypů, nebo vůbec nemají rozlišovací schopnost.



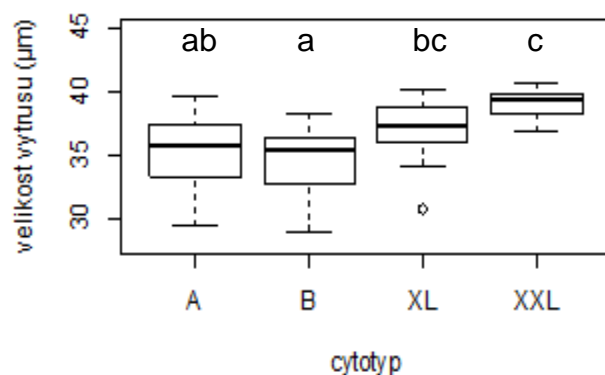
Obr. 22: Srovnání šířky horních mikrofylů (SHM) cytotypů A, B, XL a XXL



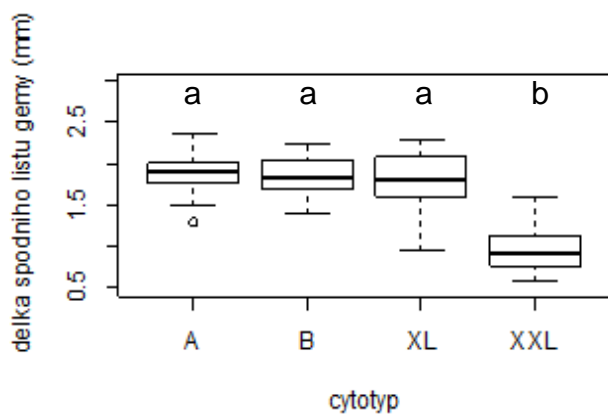
Obr. 23: Srovnání šířky spodních mikrofylů (SSM) pro cytotypy A, B, XL a XXL



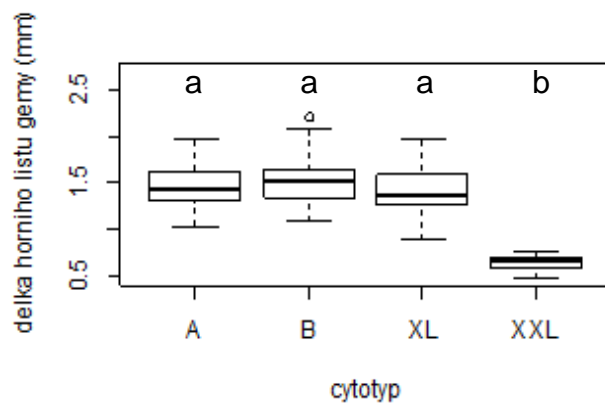
Obr. 24: Porovnání výskytu diplospor (DOI) cytotypů A, B, XL a XXL



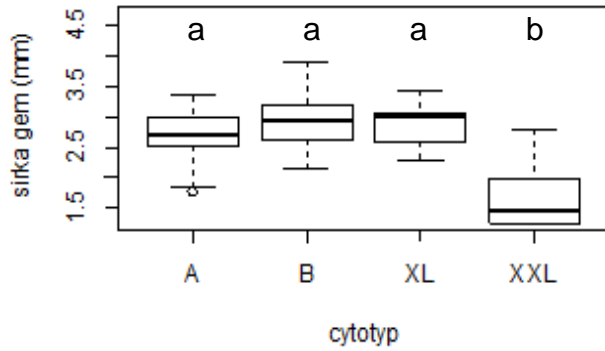
Obr. 25: Porovnání velikostí výtrusů (SP) u cytotypů A, B, XL a XXL



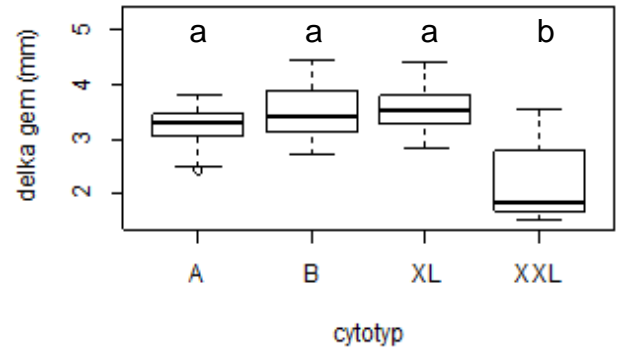
Obr. 26: Srovnání délky spodního listu gemy (SLG) cytotypů A, B, XL a XXL



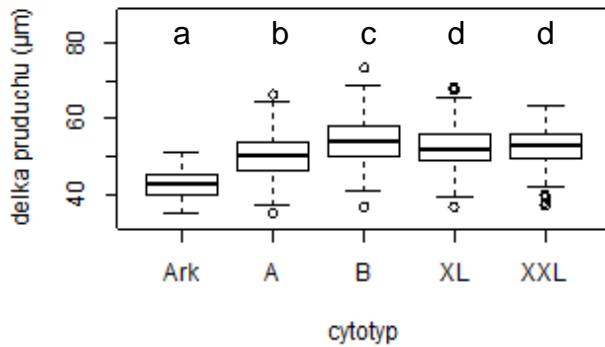
Obr. 27: Srovnání délky horního listu gemy (HLG) cytotypů A, B, XL a XXL



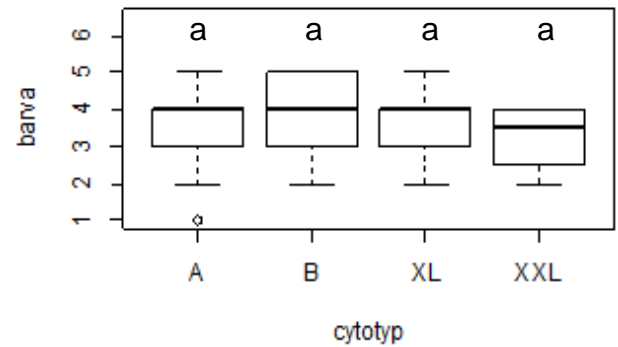
Obr. 28: Porovnání šířky gem (SG) cytotypů A, B, XL a XXL



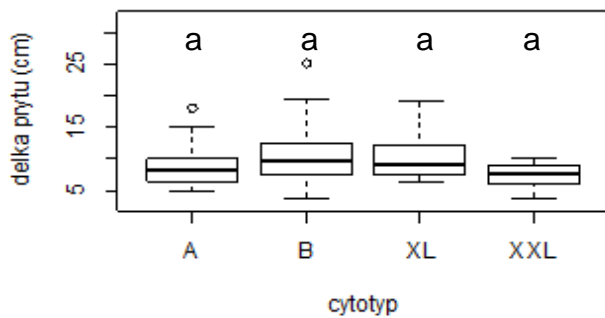
Obr. 29: Porovnání délky gem (DG) cytotypů A, B, XL a XXL



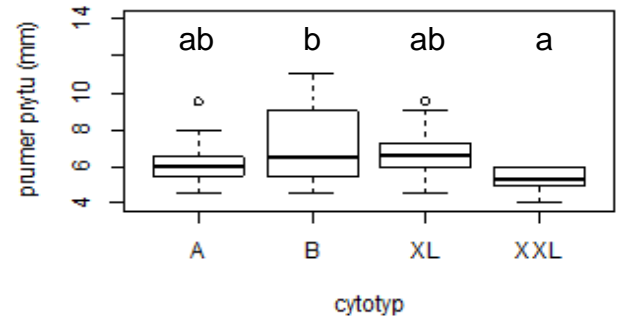
Obr. 30: Porovnání délek svěracích buněk průduchů (STO) cytotypů Ark, A, B, XL a XXL



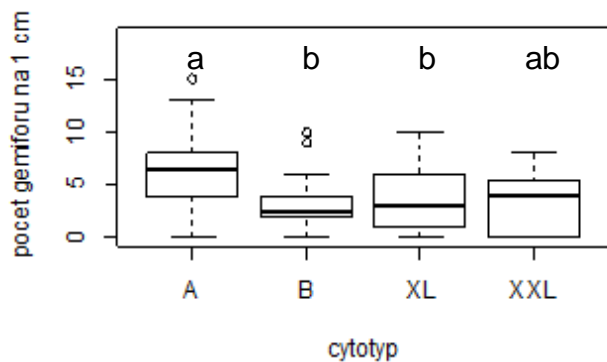
Obr. 31: Srovnání barvy mikrofylů (B) cytotypů A, B, XL a XXL



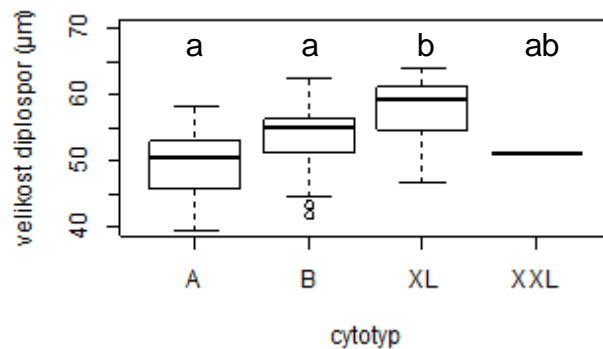
Obr. 32: Srovnání délky prýtu (DP) cytotypů A, B, XL a XXL



Obr. 33: Srovnání průměru prýtu (PP) cytotypů A, B, XL a XXL



Obr. 34: Srovnání počtu gemiforů na 1 cm (GFCM) délky prýtu cytotypů A, B, XL a XXL



Obr. 35: Srovnání velikosti diplospor (DS) cytotypů A, B, XL a XXL

Tab. 8: Výsledky vybraných měření základní statistiky; N – počet měřených vzorků, SD – směrodatná odchylka

znak	A			B			XL			XXL		
	N	průměr	SD	N	průměr	SD	N	průměr	SD	N	průměr	SD
DG	27	3,23	0,36	29	3,46	0,52	20	3,05	0,38	7	2,26	0,79
SG	27	2,71	0,41	29	2,92	0,41	20	2,65	0,33	7	1,71	0,61
HLG	27	1,47	0,22	29	1,52	0,27	20	1,42	0,24	7	0,65	0,1
SLG	27	1,9	0,23	29	1,87	0,22	20	1,81	0,34	7	0,98	0,37
SG/DG	27	0,85	0,12	29	0,85	0,08	20	0,81	0,07	7	0,77	0,18
HLG/DG	27	0,46	0,08	29	0,44	0,07	20	0,4	0,06	7	0,3	0,08
SLG/DG	27	0,6	0,1	29	0,55	0,08	20	0,5	0,08	7	0,44	0,08
DHM	30	4,36	0,9	30	4,47	0,75	24	4,81	1,06	8	3,45	1,32
SHM	30	0,96	0,11	30	1,06	0,15	24	1,14	0,1	8	0,83	0,27
DSM	30	5,73	0,95	30	6,08	0,96	24	6,09	0,8	8	4,25	1,7
SSM	30	1,05	0,11	30	1,12	0,16	24	1,16	0,11	8	0,86	0,29
DP	30	8,8	3,06	30	4,2	4,55	24	10,19	3,41	8	7,38	2,01
PP	30	6,28	0,99	30	7,22	1,92	24	6,8	1,2	8	5,25	0,7
UM	30	37,92	8,54	30	38,33	7,89	24	33,54	4,03	8	31,56	9,72
B	30	3,6	0,89	30	3,9	1,01	24	3,83	0,82	8	3,25	0,89
GFCM	30	6,5	3,74	30	3,1	2,5	24	3,67	3,07	8	3,38	3,07

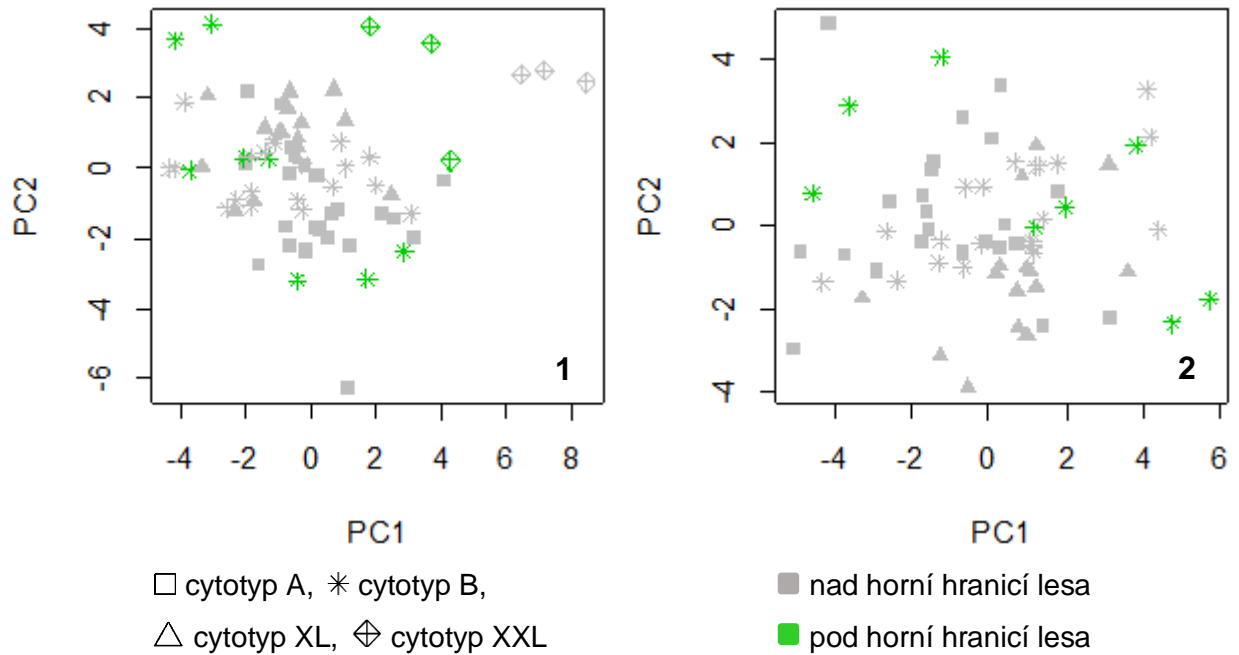
GFR	30	3,07	1,41	30	2,33	1,56	24	2,71	1,78	8	2,5	2,14
SP	28	35,22	2,7	30	34,62	2,44	21	37,01	2,15	7	39,01	1,29
STO	30	50,3	3,61	30	54,27	3,95	24	52,37	3,35	8	52,46	4,3

3.5 Podmínky prostředí

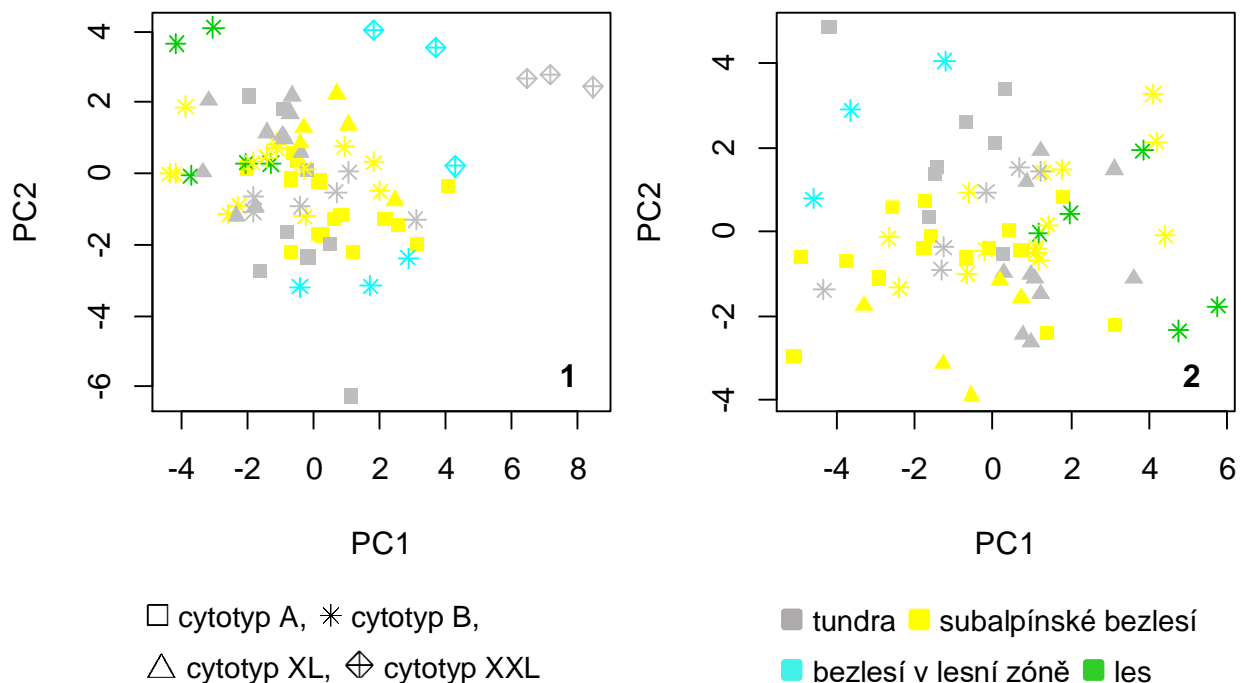
Data z PCA byla použita pro zjištění, na jakých stanovištích se cytotypy vyskytují a zda jsou morfologické znaky těmito stanovišti ovlivněny. Byly analyzovány datasety I (všechny znaky kromě rozměrů diplospor) a III (všechny znaky, bez cytotypu XXL). Pro stanovení, jestli mohou být morfologické znaky ovlivněné nadmořskou výškou, byla tato analýza rozdělena na severní a ostatní oblasti Evropy. K této analýze byla použita data z datasetu I.

3.5.1 Porovnání výskytu cytotypů na stanovištích

Bylo zjišťováno, na jakých stanovištích se cytotypy vyskytují. Nejdříve byly cytotypy rozřazeny podle toho, zda se vyskytovaly nad horní hranicí lesa, nebo opod ní (Obr. 36). Poté byly rostliny rozděleny podle stanoviště výskytu: 1 tundra, 2 subalpínské bezlesí, 3 bezlesí v lesním pásmu, 4 les a tato stanoviště byla pomocí barevného rozlišení zobrazena v analýze PCA (Obr. 37). Cytotypy A a XL byly nalezeny vždy pouze na nebo nad horní hranicí lesa v tundře nebo v subalpínském bezlesí. Cytotyp B byl nalezen pod i nad horní hranicí lesa a na všech typech stanovišť. Cytotyp XXL byl nalezen pod i nad horní hranicí lesa, a to v tundře a na lokalitách bezlesí v lesní zóně.



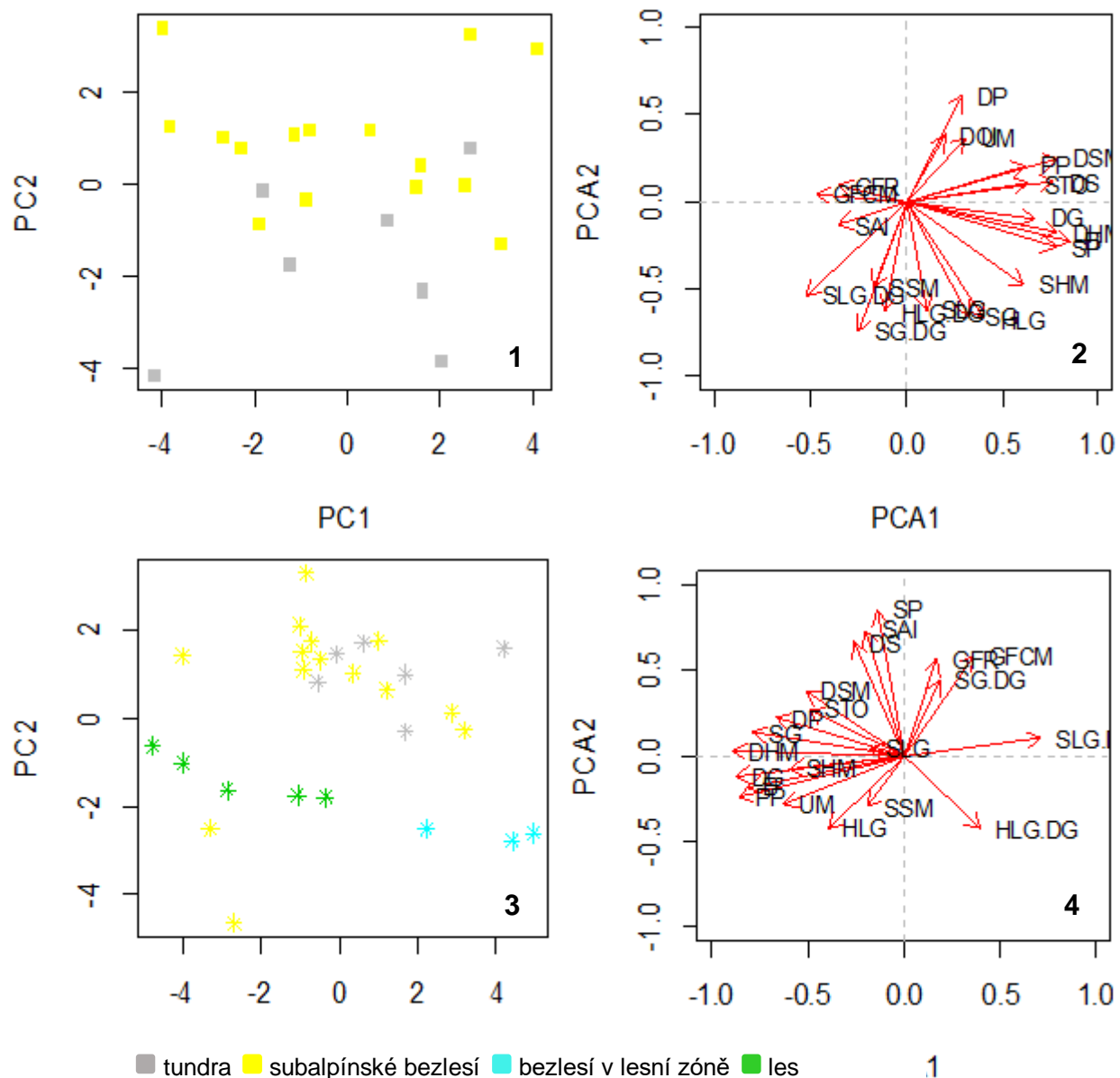
Obr. 36: PCA datasetu I (obrázek 1) datasetu III (obrázek 2) s označením stanoviště výskytu. Zobrazeny jsou 1. a 2. ordinační osa (v datasetu I vysvětlují 30,3 % a 16,2 % variability, v datasetu III vysvětlují 26,5 % a 14,3 % variability). Symboly: □ cytotyp A, * cytotyp B, △ cytotyp XL, ⊕ cytotyp XXL; barvy: šedá – nad horní hranicí lesa, zelená – pod horní hranicí lesa



Obr. 37: PCA datasetu I (obrázek 1) a datasetu III (obrázek 2) označením stanoviště výskytu. Zobrazena je 1. a 2. ordinační osa (v datasetu I vysvětlují 30,3 % a 16,2 % variability, v datasetu III vysvětlují 26,5 % a 14,3 % variability). Symboly: □ cytotyp A, * cytotyp B, △ cytotyp XL, ◇ cytotyp XXL; barvy: šedá – tundra, žlutá – subalpínské bezlesí, tyrkysová – bezlesí v lesní zóně, zelená – les

3.5.2 Ovlivnění morfologických znaků stanovištěm

Pro cytotypy s větším počtem pozorování (A, B), bylo zjišťováno, zda jsou morfologické znaky použité v analýzách ovlivněné stanovištěm. Byly provedeny samostatné analýzy PCA pro jednotlivé cytotypy. Každý bod reprezentující jedince byl obarven barvou na stupnici 1–4: 1 tundra, 2 subalpínské bezlesí, 3 bezlesí v lesním pásmu, 4 les (Obr. 38). Zároveň bylo zjišťováno, zda se některé znaky liší na různých stanovištích. Bylo zjištěno, že pro cytotyp A se znaky na různých stanovištích neliší (ANOVA, $F = 0,07$, $p = 0,8$). U cytotypu B bylo zjištěno, že znaky v lesních stanovištích jsou ovlivněné jinak, než znaky v subalpínském bezlesí a v bezlesí v lesní zóně (ANOVA, $df = 3$, $F = 8,14$, $p < 0,001$), avšak od znaků u rostlin vyskytujících se v tundře je nebylo možné odlišit (Tukey test, $p = 0,25$).

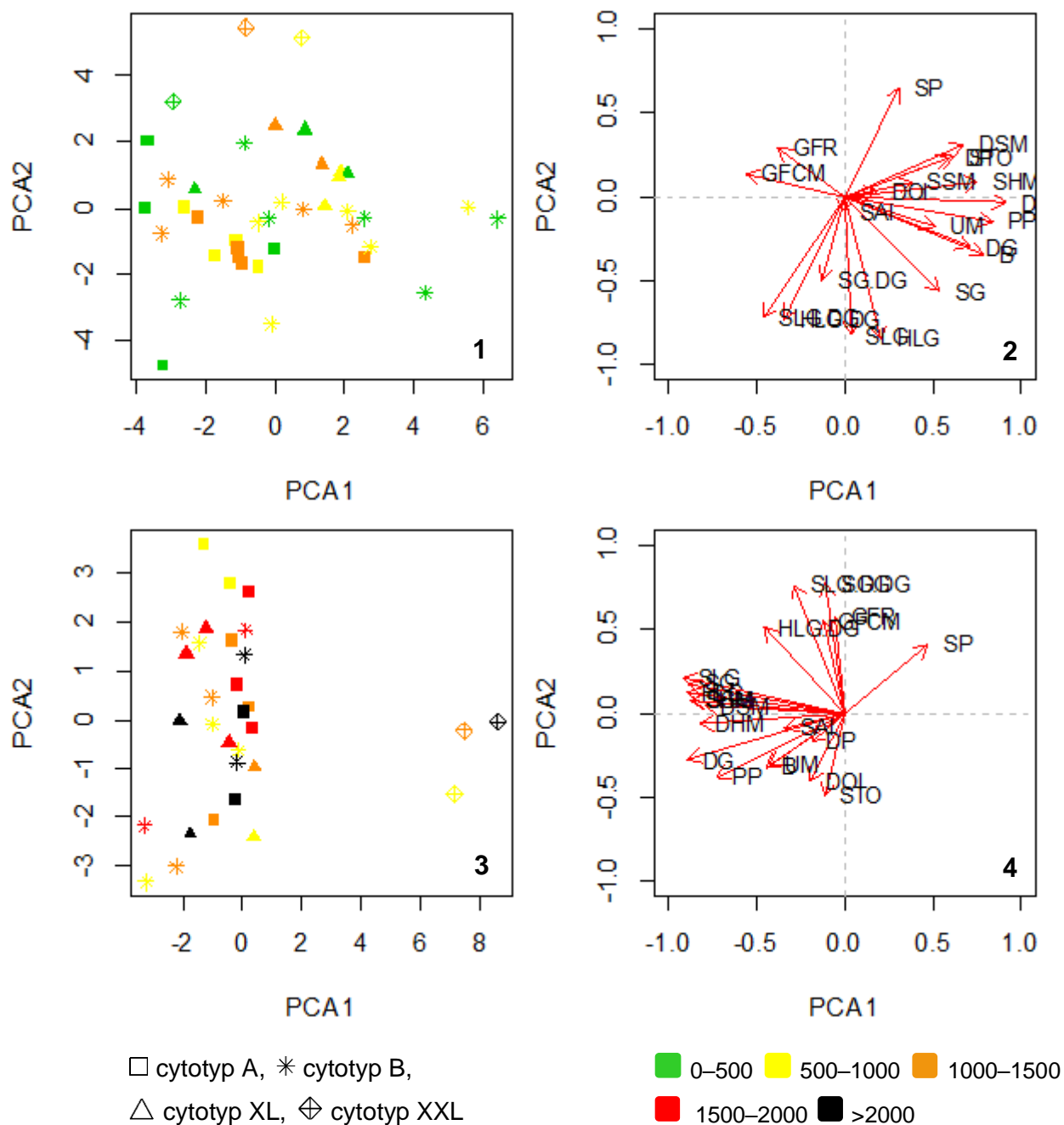


Obr. 38: Zjištění ovlivnění morfologických znaků stanovištěm. Na obrázcích 1 a 2 je zobrazena PCA cytotypu A, 1. a 2. ordinační osa (vysvětlují 28 % a 18,2 % variability), na obrázcích 3 a 4 je zobrazena PCA cytotypu B, 1. a 2. ordinační osa (vysvětlují 29,3 % a 18,4 % variability); barvy: šedá – tundra, žlutá – subalpínské bezlesí, tyrkysová – bezlesí v lesní zóně, zelená – les

3.5.3 Ovlivnění morfologie nadmořskou výškou výskytu

Ke zjištění, zda jsou morfologické znaky rostlin ovlivněny nadmořskou výškou, ve které se rostliny vyskytují, byla použita PCA. Nadmořská výška byla hodnocena na pětibodové škále (v m

n. m.): 1: 0–500, 2: 500–1000, 3: 1000–1500, 4: 1500–2000, 5: >2000. Takto zjednodušená byla nadmořská výška promítnuta pomocí barevné škály do analýzy PCA (Obr. 39). Data byla rozdělena na severní a ostatní oblasti Evropy. V datech ze severních oblastí vysvětluje 1. osa 29 % variability a 2. osa 19,1 % variability. V datech z ostatních oblastí vysvětluje 1. osa 36,7 % a 2. osa 15,1 % variability. Bylo zjištěno, že nadmořská výška výskytu nemá vliv na morfologii rostlin *H. selago* agg.



Obr. 39: PCA analýza cytotypů A, B, XL a XXL s rozlišením nadmořské výšky, zobrazeny jsou 1. a 2. ordinační osa. Obrázky 1 a 2 zobrazují nadmořskou výšku v severních oblastech Evropy (1. osa vysvětluje 29 % variability a 2. osa 19,1 % variability) a obrázky 3 a 4 zobrazují ostatní oblasti Evropy (1. osa vysvětluje 36,7 % variability a 2. osa 15,1 % variability). Symboly: □ cytotyp A, * cytotyp B, △ cytotyp XL, ⊕ cytotyp XXL; barevné rozlišení nadmořské výšky (v m n. m.): zelená 0–500, žlutá 500–1000, oranžová 1000–1500, červená 1500–2000, černá > 2000

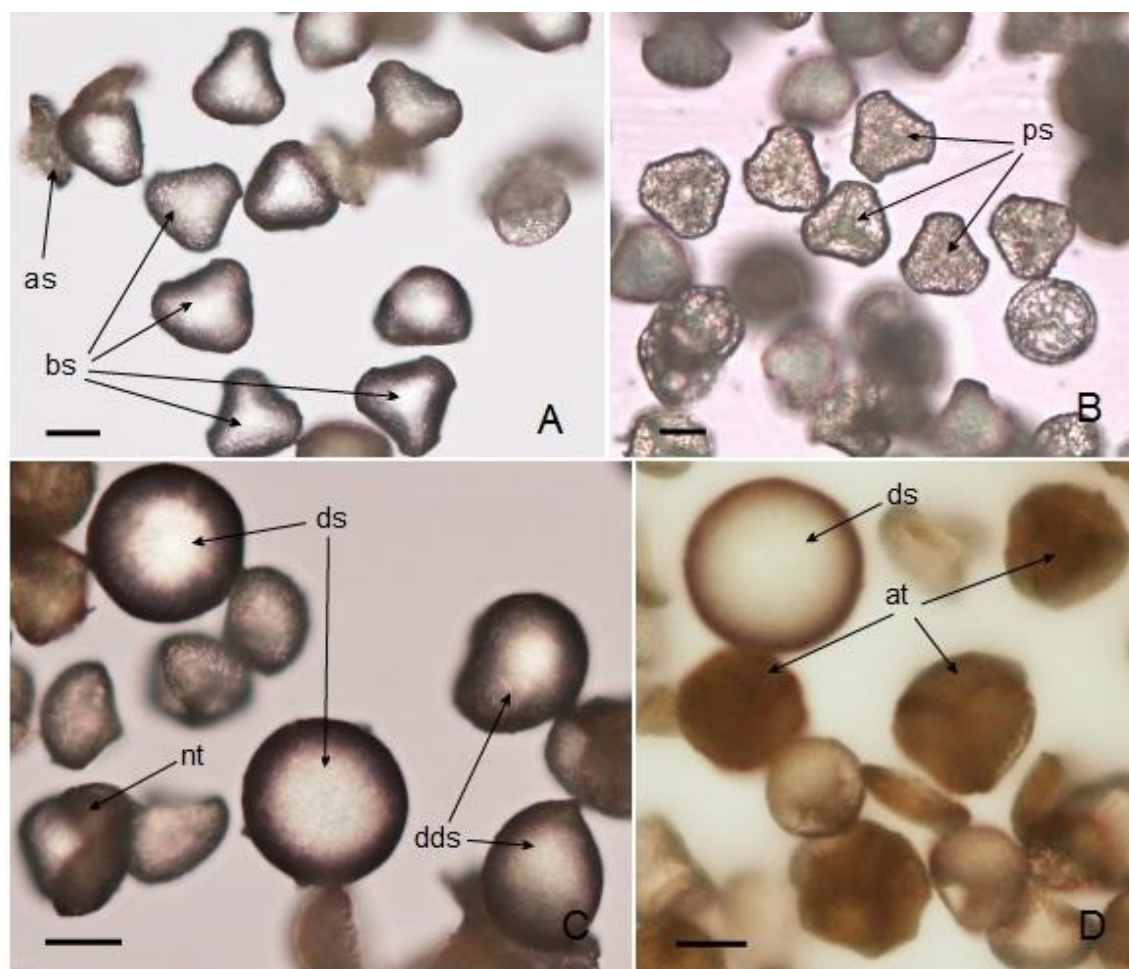
3.6 Porovnání úhlu mikrofylů u živých a vysušených vzorků

Při stanovení, zda se liší úhel mikrofylů vůči ose prýtu u živých a herbářovaných rostlin, bylo na vybraném vzorku rostlin zjištěno, že úhel je změněn sesycháním. Při sesychání se mikrofyly přitisknou k prýtu více, než jsou přitisklé mikrofyly u stejných rostlin v živém stavu ($N = 117$, $p < 0,001$, Průměr₁ = 38,5, Průměr₂ = 30,4, rozdíl = 8,1).

3.7 Tvorba spor

Většina hodnocených rostlin překvapivě netvořila pouze uniformní trikolpátní spory, ale směsi různých útvarů (viz Obr. 40). Celkem ze zkoumaných 93 rostlin pouze 22 (23,7 %) tvořilo z většiny normální spory a 71 (76,3 %) rostlin tvořilo směsi různých útvarů. Celkem 52 (55,9 %) rostlin tvořilo alespoň z části běžné spory, zbytek buď vůbec běžné spory netvořil, nebo jich bylo zanedbatelné množství (Tab. 9). Útvary, které se ve výtrusnicích vyskytují, jsou podobné u rostlin z odlišných populací. S největší pravděpodobností se jedná o směs abortovaných spor, diplospor, abortovaných neoddělených tetrad a rovněž určitého množství normálních spor. Dále se ve směsi vyskytovaly ještě trikolpátní spory, které byly oproti běžným, neprůsvitným, průhledné. Tyto spory velikostně odpovídaly běžným trikolpátním sporám, ačkoli byly často deformovanější. Protože mnohdy nebylo možné odlišit tyto spory od běžných, byly rovněž měřeny. U některých rostlin převládaly průhledné spory, u některých běžné spory a u některých rostlin nebyl ani jeden typ spor dominantní (například rostlina tvořila většinou abortované spory, nebo abortované tetrády spor). Srovnání množství rostlin, u kterých převládala tvorba jednoho z těchto typů spor nad tvorbou jiných útvarů, ukazuje Tab. 10.

Určení poměru abortovaných spor ve vzorku bylo mnohdy problematické nebo nemožné, pokud z výtrusnic na rostlině nebylo možné získat dostatečné množství spor. Rovněž byla zaznamenána korelace mezi tvorbou běžných spor a jednoduchostí získávání spor s výtrusnice. Pokud rostlina tvořila mnoho výtrusnic, které byly plné spor, byly ve výtrusnicích obvykle nalézány běžné uniformní spory. Pokud se výtrusnice jevily spíše splaskle, než kulatě, odpadávaly při dotyku a obsahovaly málo spor, obvykle se v nich nacházela směs spor.



Obr. 40: Porovnání útvarů nalézajících se ve výtrusnicích, obrázek A – běžné trikolpátní spory u cytotypu B (Norsko, Suolojávri), obrázek B – průhledné spory cytotypu B (Jeseníky, Břidličná), obrázek C – diplospory cytotypu A (Švédsko, Abisko), obrázek D – diplospora a abortované tetrády spor cytotypu A (Švédsko, Fjällfjällen); as = abortovaná spora, bs = běžné spory, ps = průhledné spory, ds = diplospory, dds = deformované diplospory, nt = nerozdělená

tetráda se dvěma abortovanými sporami a jednou zřejmě vyvinutou, at = abortované tetrády.
Zvětšení 10 × 40, měřítko = 20 μm

Tab. 9: Tvorba běžných spor u cytotypů A, B, XL a XXL. Porovnání počtu rostlin, u kterých byly nalezeny převážně běžné spory (>90 %) a rostlin, které tvořily alespoň z části běžné spory (>10 %). Rostliny, u kterých nebyl ani jeden z těchto typů spor dominantní (například se u dané rostliny vyskytovalo více abortovaných spor než čehokoli jiného), nebyly do tohoto porovnání zahrnuty. V závorkách je uvedeno množství rostlin v procentech, které tvořily daný typ spor, z celkového počtu zkoumaných rostlin

cytotyp	tvorba >90 % běžných spor	tvorba >10 % běžných spor
A	1 (1,1 %)	21 (22,6 %)
B	14 (15,1 %)	24 (25,8 %)
XL	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
XXL	7 (7,5 %)	7 (7,5 %)

Tab. 10: Srovnání množství rostlin jednotlivých cytotypů, u kterých se tvořily převážně běžné spory (>50 %) a u kterých převážně průhledné spory (>50 %)

dominantní typ spor	A	B	XL	XXL	celkem
běžné	10	10	0	5	25
průhledné	1	9	0	2	12

3.8 Porovnání cytotypů s evropskými taxony

Pro zjištění, jak se cytotypy vztahují k taxonům uváděným v Evropě, byly z literatury vybrány morfologické znaky na prýtu a gemách, podle kterých se jednotlivé taxony rozlišují (Tab. 3). Tyto znaky byly porovnány se znaky naměřenými na cytotypech A, B, XL a XXL a každá rostlina byla přiřazena k nejpravděpodobnějšímu taxonu. Toto přiřazení bylo provedeno dvakrát pomocí různých znaků, nejdříve pomocí znaků na gemách (DG, SG, HLG/DG, SLG/DG, viz Gilman & Testo 2015) a poté pomocí ostatních morfologických znaků (DP, PP, DHM, DSM, SHM, SSM, B, SP). Pomocí znaků na gemách bylo srovnáváno 83 rostlin a pomocí ostatních

znaků 92 rostlin. Výsledky tohoto porovnání jsou uvedeny v Tab. 11. Bylo zjištěno, že taxony *H. selago*, *H. arctica*, *H. continentalis* a *H. appressa* nelze jednoznačně vztáhnout k cytotypům A, B, XL a XXL, protože hodnoty znaků, které tyto taxony mají odlišovat, jdou napříč cytotypy. Pomocí znaků na gemách byly zkoumané rostliny nejčastěji přiřazeny k taxonu *H. continentalis* (39 rostlin), k *H. selago* bylo přiřazeno 22 rostlin, k *H. appressa* 17 rostlin a k *H. arctica* 16 rostlin. Pomocí ostatních znaků byly rostliny nejčastěji určeny jako *H. selago* (47 rostlin), jako *H. continentalis* bylo určeno 25 rostlin, jako *H. appressa* 22 rostlin a jako *H. arctica* 4 rostliny.

Při použití znaků na gemách nebylo možné přiřadit k žádnému z taxonů 5 rostlin cytotypu XXL a při použití ostatních znaků nebylo možné přiřadit 3 rostliny cytotypu XXL a 1 rostlinu cytotypu B, protože znaky na zkoumaných rostlinách měly příliš odlišné hodnoty od znaků udávaných v literatuře.

Tab. 11: Přiřazení taxonů *H. selago*, *H. appressa*, *H. continentalis* a *H. arctica* k cytotypům A, B, XL a XXL na základě znaků udávaných v literatuře. Některé rostliny byly se stejnou pravděpodobností přiřazeny k více taxonům, proto je pod každým taxonem uveden počet rostlin, u kterých nebylo zřejmé, k jakému taxonu je přiřadit (označeny „nejisté“); N – počet analyzovaných rostlin daného cytotypu

	určeno pomocí gem					určeno pomocí ostatních znaků				
	<i>H. selago</i>	<i>H. continentalis</i>	<i>H. appressa</i>	<i>H. arctica</i>	N	<i>H. selago</i>	<i>H. continentalis</i>	<i>H. appressa</i>	<i>H. arctica</i>	N
A	3	16	5	6	27	12	7	15	3	30
B	10	13	6	6	29	18	8	4	0	29
XL	9	9	3	2	20	15	8	1	1	24
XXL	0	1	3	2	7	2	2	2	0	5
nejisté	0	4	12	12		2	3	6	4	

4 Diskuze

4.1 Cytologie

Cytologie skupiny *H. selago* agg. je složitá a její zkoumání obtížné (Manton 1950, Löve & Löve 1965, Wagner 1992). Manton (1950) udává, že pro účely kultivace se sice s *H. selago* pracuje dobře, avšak při pokusech o cytologické zkoumání je třeba se vypořádat s mnohými obtížemi,

jako například s vysokým počtem chromozomů a velkou nepravidelností párování. Wagner (1992) k tomu dodává, že důvodem technických komplikací může být přítomnost olejových kapek a cytoplazmatických granulí, které znesnadňují počítání chromozomů. Chromozomy navíc mohou být různých velikostí (na rozdíl například od kapradin). Rovněž připouští, že určování chromozomových počtů je náročné nejen pro rod *Huperzia*, nýbrž pro celou čeleď *Lycopodiaceae*.

Navzdory výše zmíněným komplikacím, se počítání chromozomů *Huperzia selago* agg. věnovalo vícero autorů (viz Tab. 12). Manton (1950) udává pro *H. selago* z Británie a Švédska chromozomový počet $2n = >260$. K podobnému výsledku ($2n = 260-268$) dospělo i několik jiných autorů (Wagner 1992, Kukkonen 2000, Löve & Löve 1958, 1965), a to ze Skandinávie a USA. Sorsa (1963) oproti tomu uvádí chromozomový počet pro *H. selago* z Finska a Laponska $n = \text{ca } 45$ ($2n = \text{ca } 90$) a poznamenává, že není možné, aby počet chromozomů u těchto rostlin byl tak vysoký, jako předchozí zmiňovaná čísla. Tomuto tvrzení ohledně finských rostlin odpovídají i výsledky Kukkonen (2000). Tato autorka zdokumentovala dva různé počty: $2n = 90$ z Finska a $2n = \text{min. } 260$ ze Švédska. K podobným počtům dospěl i Krasnoborov (1988), který pro oblast vně Sibíře udává počty $2n = 90$ a 264. Naopak Löve & Löve (1965) se domnívají, že udávané počty chromozomů $2n = 88, 90$ jsou příliš nízké odhady. V tomto duchu dokonce negují svůj vlastní počet $2n = \text{ca } 68$ v práci z roku 1963 pro *H. appressa* s odůvodněním, že se nejspíše jednalo o směs rhizoidů *Huperzia* a *Lycopodium*, neboť tento počet nebyl potvrzen žádným z jejich pozdějších sběrů (Löve & Löve 1965). Počet $2n = \text{ca } 68$ ze západní Evropy však udávají i Hagerup & Petersson (1960). Somatický počet $2n = 68$ pro *Huperzia selago* agg. byl údajně zaznamenán pouze dvakrát (Hagerup & Petersson 1960, Löve & Löve 1963). Jelikož stejný počet chromozomů (tedy $2n = 68$) mají i plavuně *Lycopodium annotinum* a *L. clavatum* (Manton 1950), není vyloučené, že se opravdu jedná o záměnu vzorků při počítání chromozomů, nebo o chybu v determinaci. Nelze samozřejmě vyloučit, že skutečně existují rostliny *Huperzia* s takto nízkým počtem chromozomů, ale v tom případě by zřejmě byly extrémně vzácné.

Počet chromozomů $2n = \text{ca } 88, 90$ je zvláštní tím, že je menší, než údajný diploidní počet chromozomů *H. lucidula* z Ameriky ($2n = 134$, Beitel & Wagner 1982). Chromozomový počet $2n = \text{ca } 88, 90$ udává o něco méně autorů (Harmsen in Löve & Löve 1948, Sorsa 1963, Krasnoborov 1988, Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000, Blockeel 2006), než počty $2n = \text{ca } 260-272$ (Manton 1950, Löve & Löve 1958, 1965, Dostál 1984, Krasnoborov 1988,

Wagner 1992, Valentine & Moore 1993, Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000, Blockeel 2006). Ze zmíněných autorů chromozomových počtů $2n = \text{ca } 88, 90$ pouze dva udávají lokalizaci svých nálezů: Sorsa (1963) udává několik lokalit z Laponska: Pelkosenniemi, Pyhatunturi, Karigasniemi a Ailigas. Kukkonen (2000) jmenuje lokality nálezů rovněž z Laponska: Enontekiön Lappi, Inarin Lappi, Koillismaa a Sompion Lappi. Ze žádné z těchto lokalit zatím v rámci této práce nebyly získány vzorky, pouze několik z blízkosti oblasti Enontekiön (lokality 18-96, 18-98, 18-99, viz Příloha 1). Do budoucna je však nezbytné získat z těchto oblastí vzorky, aby bylo možné hlouběji pochopit složitou cytologickou strukturu *H. selago* agg.

Pro účely této práce bylo provedeno vícero pokusů o spočtení chromozomů cytotypů A, B, XL a XXL (M. Lučanová), avšak zatím bez jakýchkoli prezentovatelných výsledků.

Tab. 12: Literárně udávané chromozomové počty pro taxony *H. selago* agg.

Taxon	Počet chromozomů	Lokalizace	Literární zdroj	Poznámka
<i>H. arctica</i>	$2n = 90$	Severní Evropa	Blockeel 2006	-
<i>H. arctica</i>	$2n = 90$	Evropa	Valentine & Moore 1993	-
<i>H. selago</i>	$2n = \text{ca } 68$	Island	Löve & Löve 1961	později upřesněno na <i>H. appressa</i>
<i>H. selago</i>	$2n = \text{ca } 68$	Západní Evropa	Hagerup & Petersson 1960	-
<i>H. selago</i>	$2n = \text{ca } 88$	Grónsko	Harmsen in Löve & Löve 1948	nejspíš jde o <i>H. appressa</i> (Elven et al. 2011)
<i>H. selago</i>	$2n = \text{ca } 90$	Finsko	Sorsa 1963	nejspíš jde o <i>H. appressa</i> (Elven et al. 2011)
<i>H. selago</i>	$2n = \text{ca } 90$	Laponsko	Sorsa 1963	udáno jako $n = \text{ca } 45$
<i>H. selago</i>	$2n = 90$	vně Sibiře	Krasnoborov 1988	-
<i>H. selago</i>	$2n = \text{ca } 88, 90$	Finsko	Kukkonen 2000	-
<i>H. selago</i>	$2n = 268$? USA	Wagner 1992	udává, že se jedná o tetraploidní počet
<i>H. selago</i>	$2n = \text{nejméně } 260, 264$	Švédsko	Kukkonen 2000	-
<i>H. selago</i>	$2n = >260$	Velká Británie, Švédsko	Manton 1950	ca 113 párů a 37 univalentů
<i>H. selago</i>	$2n = 264$	Quebec (Kanada)	Löve & Löve 1958	-

<i>H. selago</i>	2n = 264	Evropa	Valentine & Moore 1993	-
<i>H. selago</i>	2n = 264	vně Sibiře	Krasnoborov 1988	-
<i>H. selago</i>	2n = 268	Severní Amerika	Wagner & Beitel 1993	-
<i>H. selago</i>	2n = ca 272	Evropa	Valentine & Moore 1993	-
<i>H. selago</i>	2n = 272	Mt. Washington, USA	Löve & Löve 1965	-
<i>H. selago</i>	2n = 272	Evropa	Dostál 1984	-

4.2 Odhad ploidie cytotypů

Polyplodizace je považována za významnou hybnou sílu ve vývoji eukaryotického genomu a diverzifikace rostlin (Soltis et al. 2009, Huang et al. 2020). Předpokládá se, že 66–97 % kaprad'orostů prodělalo minimálně třikrát proces paleopolyploidizace (Huang et al. 2020). Přímou pro *Lycopodiaceae* je tato událost zdokumentovaná dvakrát (Wang et al. 2017). V čeledi *Lycopodiaceae* se však některé taxony chovají, jako kdyby byly diploidní (Haufler & Soltis 1986, Soltis & Soltis 1988). Bylo zjištěno, že druhy z čeledi *Lycopodiaceae* s nejmenšími chromozomovými počty v rámci svých rodů (*Huperzia lucidula*, *H. miyoshiana*, *H. occidentalis*, *Lycopodium annotinum*, *L. clavatum*, *L. obscurum*, *Diphasiastrum complanatum* a *D. digitatum*) mají stejný počet izozymů, jako diploidní semenné rostliny, takže by mohly být funkčně považovány za diploidní (Haufler & Soltis 1986, Soltis & Soltis 1988). To, že se *Lycopodiaceae* jeví jako diploidní rostliny, může být způsobeno buď vyřazením činnosti většiny genů zmnožených polyploidizací („gene silencing“), nebo polyploidizací, která ústila v duplikaci, avšak nikoli v divergenci genů kódujících izozymy (Soltis & Soltis 1988).

V této práci nebyly cytotypy standardně označeny příslušnou ploidní úrovní, protože nejsou známy chromozomové počty náležející jednotlivým cytotypům. Bez této znalosti není možné toto přiřazení jednoznačně provést. Na základě různých indicií je však možné pokusit se ploidní úroveň cytotypů alespoň zhruba odhadnout. Relativní velikosti genomu cytotypů, zaznamenaných v této práci, totiž tvoří přibližné násobky. Cytotyp XXL má přibližně dvakrát větší relativní velikost genomu, než cytotyp B a cytotyp B má přibližně dvojnásobnou relativní velikost genomu, vůči cytotypu Ark. Cytotyp XL má přibližně 1,5× větší velikost genomu, než cytotyp A a cytotyp A má přibližně 1,5× větší velikost genomu, než cytotyp Ark (Tab. 13).

Cytotyp Ark (rostlina z Anabarského plata, Sibiř) má velmi podobnou velikost genomu (10,55 pg), jako údajně diploidní taxon *H. lucidula* ze Severní Ameriky (10,57 pg, Krejčí 2018; 11,27 pg, Bainard et al. 2011) s uváděným somatickým počtem chromozomů $2n = 134$ (Beitel & Wagner 1982, Wagner & Beitel 1993). Z toho lze do jisté míry vyvozovat, že by cytotyp Ark mohl být stejně ploidie jako *H. lucidula*, tedy rovněž diploidní. Pokud by byly vzaty v úvahu v této práci zaznamenané násobky relativní velikosti genomu, které cytotypy Ark, A, B, XL a XXL tvoří, mohl by odhad ploidní úrovně vypadat následovně: cytotyp Ark 2x, cytotyp A 3x, cytotyp B 4x, cytotyp XL 5x a cytotyp XXL 8x. Takovémuto rozložení napovídá i tvorba spor, kdy cytotypy B a XXL tvoří mezi cytotypy studovanými v této práci nejlépe vyvinuté spory a cytotypy A a XL naopak nejhůře vyvinuté (s velkým podílem abortovaných či deformovaných spor). Toto zjištění koresponduje s tím, že pokud se jedná o ploidie s lichou ploidní sádkou (3x, 5x), může zde ve vyšší míře docházet k nesprávnému spárování chromozomů a vzniku univalentů (Manton 1950)

Přiřazení chromozomových počtů udávaných v literatuře k cytotypům studovaným v této práci je ovšem problematické, protože nejsou známy přesné chromozomové počty jednotlivých cytotypů, ale jen nepřímé náznaky. Na teoretické rovině by však toto přiřazení mohlo být provedeno následovně: pokud by počet chromozomů cytotypu Ark byl $2n = 134$ a cytotypu B $2n = \text{ca } 268$, pak by počet chromozomů cytotypu A mohl být přibližně $2n = 201$, cytotypu XL přibližně 335 a cytotypu XXL přibližně $2n = 536$. V rodu *Huperzia* jsou podobné chromozomové počty známy: *Huperzia serrata* $2n = 204$ (Takamiya 1984), *H. verticillata* $2n = 330\text{--}340$ (Mehra & Verma 1967), *H. serrata* $2n = 528$ (Ghatak 1965).

Podle pilotního a dosud velmi orientačního počítání chromozomů z rostlin použitých v této práci (M. Lučanová, in verb.) vychází počet chromozomů cytotypu B přibližně jako $2n = 254$, což je velmi blízko literárním údajům (viz Tab. 12), a počet chromozomů cytotypu A jako výrazně větší než $2n = 134$ (tedy předpokládaný chromozomový počet cytotypu Ark) a zároveň menší, než počet chromozomů cytotypu B. Přesnější počty chromozomů nebylo dosud možné zjistit a bylo by vhodné toto téma dořešit v případné navazující práci.

Tab. 13: Vzájemné poměry relativní velikosti genomu získané průtokovým cytometrem (barvení DAPI) mezi cytotypy Ark, A, B, XL a XXL. Poměry jsou zobrazené jako relativní velikost genomu cytotypů ve sloupci ku relativní velikosti genomu cytotypů v prvním řádku. Sloupec „ploidie“ zobrazuje hypotetickou ploidiu jednotlivých cytotypů, kdy základem je $2n = 2x = 134$ pro cytotyp Ark (viz výše)

cytotyp	Ark	A	B	XL	XXL	„ploidie“
Ark	1	0,63	0,46	0,36	0,22	2x
A	1,59	1	0,73	0,57	0,36	3x
B	2,19	1,37	1	0,79	0,49	4x
XL	2,78	1,74	1,27	1	0,62	5x
XXL	4,48	2,81	2,05	1,61	1	8x

4.3 Vazba cytotypů na nadmořskou výšku

Taxony skupiny *Huperzia selago* agg. se vyskytují v různých nadmořských výškách. *Huperzia selago* je v Kanadě udáván ve výškách 10–1000 m n. m. (Aiken et al. 2007), v Alpách až do 3080 (Dostál 1984), v Asii 1900–2300 m n. m. (Zhang & Kung 1998, Zhang & Iwatsuki 2013) a v Severní Americe, Evropě a Asii 0–700 (1600) m n. m. (Wagner & Beitel 1993). Taxon *H. appressa* je udáván v Americe z vyšších poloh Apalačského pohoří (Beitel & Mickel 1992) a v Asii od 2300 do 5000 m n. m. (Zhang & Kung 1998, Zhang & Iwatsuki 2013). Výskyt *H. arctica* je udáván ze Skandinávie od pobřeží až po 1940 m n. m. (Kukkonen 2000) a *H. continentalis* se má na většině území vyskytovat ve výškách 1200–2400 m n. m., jen na severu níže (Testo et al. 2016).

Rozpětí nadmořských výšek výskytu *H. selago* je podobné, jako u cytotypu B (15–2830 m n. m. u cytotypu B, 10–3080 m n. m. u *H. selago*, Aiken et al. 2007, Dostál 1984), jak v severních, tak v ostatních oblastech Evropy. O něco menší rozmezí výskytu má v severních oblastech cytotyp A (159–1300 m n. m.), ale výškové rozmezí ostatních cytotypů je spíše úzké. Zároveň žádný cytotyp nedosahuje výškového maxima udávaného pro *H. appressa* v Asii (Zhang & Kung 1998, Zhang & Iwatsuki 2013), což ale v Evropě stejně není možné, neboť pohoří v Asii dosahují větších výšek. V severních oblastech Evropy nebyl žádný z cytotypů nalezen v takové maximální výšce, jakou udává Kukkonen (1940 m n. m., Kukkonen 2000).

4.4 Porovnání mikrofylů u živých a vysušených rostlin

Určování taxonů *Huperzia selago* agg. je založeno na řadě znaků, které mohou být morfologicky variabilní (Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000, Aiken et al. 2007). Jedním z těchto znaků je i stanovení, zda jsou mikrofyly přitisklé, nebo odstálé (Tolmačev 1960a, 1960b, Beitel & Mickel 1992, Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000, Testo et al. 2016). Přitisklost mikrofylů byla v této práci hodnocena jako úhel mikrofylů vůči ose prýtu. Mikrofyly u *H. selago* mají být odstálé až do pravého úhlu (Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000, Zhang & Iwatsuki 2013), zatímco *H. continentalis*, *H. appressa* a *H. arctica* mají mít mikrofyly přitisklé po celé délce prýtu, nebo pouze v horní části a dole odstálé (Tolmačev 1960b, Beitel & Mickel 1992, Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000, Zhang & Iwatsuki 2013, Testo et al. 2016).

Na vzorku 117 rostlin bylo zjištěno, že sklon mikrofylů je odlišný na živých a vysušených rostlinách, tedy že se vysušením mikrofyly více přitisknou k ose prýtu. I přes tuto změnu způsobenou sesycháním je však možné porovnávat sklon mikrofylů u cytotypů stanovených v této práci a taxonů popisovaných v literatuře, protože na celkovém trendu přitisklosti, nebo odstálosti mikrofylů se tato změna neprojeví.

4.5 Tvorba spor

Ne všechny taxony *H. selago* agg. mají tvořit spory stejnou měrou. U taxonu *H. selago* je udáváno, že se spory obvykle tvoří (Tolmačev 1960a, Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000) a stejně tak i u *H. appressa* (Beitel & Mickel 1992) a *H. continentalis* (Testo et al. 2016), kdežto u *H. arctica* se spory údajně tvoří méně často, nebo vůbec (Tolmačev 1960a, 1960b, Valentine & Moore 1993). Rovněž se mají tvořit kříženci s abortovanými spory (Wagner & Beitel 1993), fragmenty spor a neoddělenými mateřskými buňkami spor (Beitel & Mickel 1992). V této práci tedy bylo zjišťováno, jako měrou tvoří jednotlivé cytotypy běžné trikolpátní spory nebo jiné útvary.

Kromě běžných trikolpátních spor byly u většiny rostlin ve výtrusnicích zaznamenány různé další útvary. Obvykle se jednalo o fragmenty spor či jinak abortované spory, ale kromě toho byl zaznamenán výskyt diplospor, abortovaných neoddělených sporových tetrad a průhledných spor s texturou odlišnou od běžných spor a mírně odlišným tvarem. Na těchto posledně zmíněných sporách bylo rovněž zvláštní, že ležely v jiné rovině ostrosti, než běžné spory a zároveň v naprosté většině případů ležely na dorzální nebo ventrální straně (nikoli na

boční straně). Rovněž nebylo možné otočit tyto spory na bok klepáním do podložního skla, na kterém ležely. Z toho se dá usoudit, že jsou ploché, avšak jejich vznik či životaschopnost zůstávají nejasné. Je možné (a pravděpodobné), že jsou nějakým způsobem abortované, ač velikostně odpovídaly běžným sporám. Často však byly tvarově deformovanější. U některých rostlin se běžné spory téměř vůbec nevyskytovaly (celkem u 24,7 % všech rostlin) a u rostlin, kde se vyskytovaly, bylo často těžké odlišit od sebe oba tyto typy spor. Proto byla stanovována délka průhledných spor, stejně jako běžných. V potenciální navazující práci by bylo vhodné pokusit se zjistit, zda jsou tyto spory abortované, například barvením, nebo zkoumáním klíčivosti (Galan & Prada 2010). Rovněž diplospory tvoří všechny cytotypy popisované v této práci stejnou měrou. Nejvíce diplospor tvoří cytotyp XL a nejméně cytotyp XXL u něhož byl tvorba diplospor zaznamenána u jediné rostliny (Rakousko, Gurktaler Alpen). Z toho důvodu nemohly být rozměry diplospor zahrnuty do všech morfometrických analýz (PCA, LDA), ale pouze do analýz v datasetu (III), ve kterém byl vynechán cytotyp XXL.

Beitel & Mickel (1992) se zmiňují o mezidruhových hybridech, kteří tvoří abortované spory, fragmenty spor a nerozdělené mateřské buňky spor. Rovněž je udáváno, že tyto hybridy jsou sterilní a množí se gemami. Protože zatím není jasné, jakou měrou tvoří rostliny zkoumané v této práci životaschopné spory, nelze rozhodnout, zda se může jednat o hybridy, jak je popisují Beitel & Mickel (1992). Je však pravděpodobné, že běžné, nedeformované spory jsou životaschopné.

Tvorba běžných i průhledných spor souvisí s příslušnými cytotypy (viz Tab. 9). Nejvyšší tvorba běžných spor byla zaznamenána u cytotypů B a XXL, naopak nejnižší u cytotypu XL. V případě tohoto cytotypu dokonce nebyly zaznamenány žádné rostliny, které by tvořily běžné spory v množství větším, než 10 %. Z cytotypu A tvořila uniformní běžné spory 1 rostlina a 22 rostlin tvořilo alespoň z části běžné spory (>10 %). Na základě této skutečnosti je pravděpodobné, že cytotypy A a XL mají sníženou schopnost tvorby běžných spor, a tudíž není vyloučen jejich hybridní původ. Omezená tvorba běžných výtrusů může souviset s případnou lichou ploidní úrovní (viz kap. 4.2).

4.6 Porovnání s existujícími taxony

Pro zjištění, zda je možné přiřadit cytotypy zaznamenané v této práci k taxonům rozlišovaným v Evropě, byly použity znaky udávané v pracích Tolmačev (1960b), Krasnoborov (1988), Beitel

& Mickel (1992), Valentine & Moore (1993), Wagner & Beitel (1993), Zhang & kung (1998), Kukkonen (2000), Aiken et al. 2007, Zhang & Iwatsuki (2013), Gilman & Testo (2015), Testo et al. (2016) a Alsos et al. (2019). Provést toto porovnání nebylo snadné, neboť hodnoty morfologických znaků používaných k odlišení taxonů jsou v pracích různých autorů pro stejné taxony velmi odlišné (viz Tab. 14), nebo se naopak silně překrývají pro taxony různé. Často je popisována jen část znaků, takže je těžké mezi jednotlivými publikacemi porovnávat. Z těchto důvodů byly pro tradičně rozlišované evropské taxony, které uznává naprostá většina autorů (*H. selago*, *H. arctica*, viz Úvod, kap. 1) použity znaky udávané v evropských pracích (Tolmačev 1960b, Krasnoborov 1988, Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000), aby bylo hodnocení co nejobjektivnější.

Bylo provedeno dvojí porovnání cytotypů s taxony, první podle rozměrů gem, protože na těchto vegetativních útvarech je založena určovací metoda taxonů (Gilman & Testo 2015) a druhé porovnání podle ostatních znaků (rozměry prýtu, mikrofytlů a spor a barva mikrofytlů). Na základě tohoto porovnání bylo zjištěno, že cytotypy nelze vztáhnout ke konkrétním taxonům, protože morfologické znaky, které taxony v literatuře odlišují, nefungují pro odlišení cytotypů a jednotlivé taxony jsou tak řazeny k různým cytotypům. I jednotlivé cytotypy jsou od sebe obtížně odlišitelné. Analýza hlavních komponent (PCA) a lineární diskriminační analýza (LDA) odhalily jen málo znaků, pomocí kterých je možné od sebe jednotlivé cytotypy morfologicky odlišit. Pro hlubší vhled do problematiky vztahu taxonů *H. selago* agg. k cytotypům zmiňovaným v této práci by bylo do budoucna vhodné provést molekulární analýzy.

Rozměry gem

Nejkratší gemy ve skupině *H. selago* agg. tvoří *H. arctica* (2,1–3 mm, Gilman & Testo 2015, Tab. 14) a nejužší *H. appressa* (1,7–2,5 [3,5], Gilman & Testo 2015). Nejdelší a zároveň nejširší gemy tvoří *H. selago* (3,6–4,6 × 3,0–3,8 mm, Gilman & Testo 2015). Z cytotypů zkoumaných v této práci tvoří nejdelší a nejširší gemy cytotyp B (2,7–4,5 × 2,2–3,9 mm) a naopak nejkratší a nejužší cytotyp XXL (1,5–3,6 × 1,2–2,8 mm). Ačkoli je horní hranice velikosti gem nápadně podobná u taxonu *H. selago* a cytotypu B, cytotyp B je ve velikosti gem mnohem variabilnější a spodní hranice velikosti jeho gem je mnohem menší, než u *H. selago*. Podobně je tomu i u cytotypu XXL, jehož největší zjištěné rozměry gem přibližně odpovídají *H. appressa*, ačkoli nejmenší rozměry jsou mnohem nižší, než je tomu u *H. appressa* i u *H. arctica*. Na herbářových položkách, ze kterých byla prováděna morfometrická měření, mohla být lisováním ovlivněna

šířka gem. Gemy mohly být lisováním poněkud širší, než by tomu bylo u gem čerstvých. Někdy také byl jeden z bočních listů přehnutý. V takovém případě byla gema měřena do poloviny šířky a tato hodnota byla zdvojnásobena. Šířka gem je však jediný znak, který na gemách mohl být ovlivněn lisováním.

Délka prýtu

Nejdější a zároveň nejširší prýt, jak se shoduje většina autorů, má *H. selago*, a to přibližně 10–30 cm na délku a asi 6–16 mm na šířku (Tolmačev 1960b, Krasnoborov 1988, Valentine & Moore 1993, Wagner & Beitel 1993, Zhang & Kung 1998, Kukkonen 2000, Zhang & Iwatsuki 2013). Nejkratší prýt je udáván u *H. appressa* a *H. arctica* (*H. appressa*: ca 3–10 cm, Beitel & Mickel 1992, Wagner & Beitel 1993, Zhang & Iwatsuki 2013; *H. arctica*: 5–10 cm, Tolmačev 1960b, Krasnoborov 1988, Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000) a nejužší u *H. arctica* (ca 3–6 mm, Tolmačev 1960b, Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000). Z cytotypů dominuje v maximálních zjištěných rozměrech prýtu cytotyp B (délka 4–25 cm, průměr 4,5–11 mm), hned po něm cytotyp XL (délka 6,5–19 cm, průměr 4,5–9,5 mm) a poté cytotyp A (délka 5–18 cm, průměr 4,5–9,5 mm). Nejmenší rozměry prýtu vykazuje cytotyp XXL (délka 4–10 cm, průměr 4–6 mm). Ačkoli maximální hodnoty délky prýtu cytotypů A, B a XL odpovídají udávaným délkám prýtu *H. selago*, minimální délky všech cytotypů odpovídají taxonům *H. appressa* a *H. arctica*.

Rozměry mikrofylů

Nejdější a zároveň nejširší mikrofyly jsou udávány pro *H. selago* ([3,5] 5–12 × 1,4–1,8 mm, Krasnoborov 1988, Wagner & Beitel 1993, Zhang & Kung 1998, Kukkonen 2000, Zhang & Iwatsuki 2013), které mají být, proti ostatním taxonům *H. selago* agg., stejně velké na horní i spodní části stonku. Nejmenší mikrofyly jsou udávány pro *H. appressa* (spodní 4–6 × 0,75–1,3 mm, horní 2–3,5 × 0,75–1,3 mm; Beitel & Mickel 1992, Wagner & Beitel 1993, Zhang & Kung 1998, Zhang & Iwatsuki 2013) a *H. arctica* (spodní 3,5–5,5 × 0,8–1,2 mm, horní 2–2,5 × 0,75–1,2 mm; Tolmačev 1960b, Krasnoborov 1988, Alsos et al. 2019). U cytotypů A, B a XL jsou rozměry mikrofylů celkem vyrovnané – cytotyp A: spodní 4–7,4 × 0,9–1,3 mm, horní 2,8–6,6 × 0,8–1,2, cytotyp B: spodní 3,9–7,9 × 0,8–1,5 mm, horní 3–5,9 × 0,8–1,5 mm, cytotyp XL: spodní 4,7–7,3 × 0,9–1,3 mm, horní 3,5–7,1 × 1–1,3 mm. Nejmenší mikrofyly má cytotyp XXL, jejichž rozměry na spodní části prýtu jsou 2,5–6,3 × 0,5–1,2 mm a na horní části prýtu 1,8–4,9 × 0,5–1,1 mm. Nejmenší měřené mikrofyly cytotypu XXL dosahují ještě nižších rozměrů,

než je tomu u taxonů *H. appressa* a *H. arctica*, ačkoli jinak jsou rozměry mikrofytlů tohoto cytotypu a zmíněných taxonů podobné.

Přesto, že přítomnost dimorfních mikrofytlů na stonku je jedním z důležitých rozlišovacích znaků u *H. continentalis* (Testo et al. 2016) a *H. appressa* (Beitel & Mickel 1992, Zhang & Iwatsuki 2013), je rozdílná velikost mikrofytlů na horní a spodní části stonku patrná u všech cytotypů zkoumaných v této práci. Obvykle nejméně je tento trend patrný u rostlin z lesních nebo zastíněných stanovišť a více zřetelný u rostlin ze stanovišť s vysokým slunečním ozářením.

Připojení mikrofytlů k prýtu

Přesné úhly připojení mikrofytlů nejsou zmiňovány v žádné práci. Obvykle se však uvádí, že *H. selago* má po celém prýtu výrazně odstálé mikrofyly, zatímco *H. appressa*, *H. continentalis* a *H. arctica* mají ve spodní části prýtu mikrofyly odstálé a v horní části přitisklé (Tolmačev 1960b, Beitel & Mickel 1992, Valentine & Moore 1993, Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000, Zhang & Iwatsuki 2013, Testo et al. 2016). U cytotypů A, B, XL a XXL jsou úhly připojení mikrofytlů k prýtu variabilní. Největší variabilita a zároveň nejvyšší hodnoty úhlů (nejvíce odstálé mikrofyly) byly zjištěny u cytotypu A.

Barva mikrofytlů

Rostliny *Huperzia selago* jsou popisovány jako tmavě zelené, občas jako žlutozelené (Valentine & Moore 1993, Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000, Testo et al. 2016). Rostliny *Huperzia appressa* mají mít zelenou až žlutozelenou barvu (Beitel & Mickel 1992) a *H. arctica* má mít žlutozelenou až žlutou barvu (Tolmačev 1960b, Krasnoborov 1988, Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000). Barevně nejodlišněji se má jevit *H. continentalis*, která má být žlutozelená až oranžovohnědá (Testo et al. 2016). Mezi cytotypy A, B, XL a XXL oranžovohnědá barva zaznamenána nebyla a nebyl ani nalezen žádný výrazný barevný trend, protože rostliny byly většinou světle zelené až žlutozelené.

Velikost výtrusů

Velikost výtrusů je znakem, který obvykle u kapradin i krytosemenných rostlin koreluje s velikostí genomu, tj. ploidií (Barrington 1986, Marinho et al. 2014). Velikosti spor se u *H. selago*, *H. appressa* a *H. continentalis* do značné míry překrývají. Největší výtrusy se vyskytují u *H. continentalis* (33–40 μm , Testo et al. 2016) a nejmenší u *H. selago* (29–37 μm , Wagner & Beitel 1993) a *H. appressa* (29–35 μm , Beitel & Mickel 1992). Velikost výtrusů

u *H. arctica* se nepodařilo dohledat. Z cytotypů zjištěných v rámci této práce má nejmenší spory cytotyp B (29,1–38,2 μm) a největší cytotyp XXL (36,9–40,7 μm). Celkové minimální a maximální hodnoty velikosti spor u cytotypů A, B, XL a XXL nejsou výrazně odlišné od velikosti u taxonů *H. selago*, *H. appressa* a *H. continentalis*. Největší podobnost mezi cytotypem a taxonem vykazuje cytotyp B a *H. selago*.

Tab. 14: Výčet literárně udávaných znaků použitých pro určení rostlin do taxonů a jejich porovnání s cytotypy A, B, XL a XXL. Protože nebylo možné použít všechny znaky z jedné publikace, je u každého znaku uveden autor: 1: Tolmačev (1960b), 2: Krasnoborov (1988), 3: Beitel & Mickel (1992), 4: Valentine & Moore (1993), 5: Wagner & Beitel (1993), 6: Zhang & Kung 1998, 7: Kukkonen (2000), 8: Aiken et al. 2007, 9: Zhang & Iwatsuki (2013), 10: Gilman & Testo (2015), 11: Testo et al. (2016), 12: Alsos et al. (2019); DG – délka gem, SG – šířka gem, HLG/DG – poměr horního listu gemy ku délce gemy, SLG/DG – poměr spodního listu gemy ku délce gemy, DP – délka prýtu, PP – průměr prýtu, DM – délka mikrofylů, SM – šířka mikrofylů, UM – úhel mikrofylů, B – barva, SP – velikost spor; S – spodní, H – horní, z. – zelená, žl. – žlutá, žz. – žlutozelená; barva určená číslem znamená: 1 žlutá, 2 žlutozelená, 3 světle zelená, 4 zelená, 5 tmavě zelená

znak	<i>H. selago</i>	<i>H. continentalis</i>	<i>H. appressa</i>	<i>H. arctica</i>	cytotyp A	cytotyp B	cytotyp XL	cytotyp XXL
DG (mm)	(3,6) 4,0–4,4 (4,6) ¹⁰	3–3,5 ¹¹	(2,7) 3,0–3,4 (3,7) ¹⁰ , 3,0– 4,0 ^{3,5}	(2,1) 2,4– 2,7 (3,0) ¹⁰ , 2 ²	(2,4) 3–3,5 (3,8)	(2,7) 3,1– 3,9 (4,5)	(2,9) 3,3– 3,8 (4,4)	(1,5) 1,7– 2,8 (3,6)
SG (mm)	(3,0) 3,3–3,6 (3,8) ¹⁰	(2,6) 2,9– 3,4 ¹¹	(1,7) 2,0–2,3 (2,5) ¹⁰ , 2,5– 3,5 ^{3,5}	(1,9) 2,1– 2,3 (2,5) ¹⁰	(1,8) 2,5–3 (3,4)	(2,2) 2,6– 3,2 (3,9)	(2,2) 2,6– 3,1 (3,4)	(1,2) 1,3–2 (2,8)
HLG/DG; SLG/DG	0,45; 0,6 ¹⁰		0,43–0,45; 0,5 ¹⁰	0,5; 0,6 ¹⁰	0,4–0,5 (0,7); 0,5– 0,6 (1)	(0,3) 0,4– 0,5 (0,6); (0,4) 0,5– 0,6 (0,7)	0,3–0,4 (0,5); (0,3) 0,5–0,6 (0,7)	0,2–0,4; 0,4–0,5 (0,6)
DP (cm)	do 30 ² , 8–12 ⁵ , (1) 2–12 (15) ⁸ , <25 ⁶ , 10– 30 ^{4,7} , 16–25 ⁹	8–15 (24) ¹¹	3–10 ⁹ , 6–10 ^{3,5}	<11 ² , 5– 15 ⁷ , 4–9 (11) ¹ , 5– 10 ⁴	(5) 6,6–10 (18)	(4) 7,6– 12,3 (25)	(6,5) 7,5– 12,1 (19)	(4) 6,3–8,8 (10)
PP (mm)	6–12 ⁴ , 15 ⁷ , 11–16 ⁹	8–10 ¹¹	4–10 ^{3,5}	3–5 ¹ , 5–6 ⁴ , 5 ⁷	(4,5) 5,6–6,5 (9,5)	(4,5) 5,6–9 (11)	(4,5) 6–7,1 (9,5)	(4) 5–6 (6)

DM (mm)	8 ² , 3,5–7,5 ⁵ , 8 ⁶ , 5–12 ⁷ , 7–10 ⁹	S: 5–7 (10), H: 2,5–5 ¹¹	S: (4,0) 4,5– 5,5 (6,0), H: (2,0) 2,5–3,0 (3,5) ^{3,5} , 2–5 (6) ⁶ , 2–5 ⁹	S: 4–5, H: 4 ² ; S: 4–5, H: 2–2,5 ¹ , 3,5–5,5 ¹²	S: (4) 4,9– 6,5 (7,4), H: (2,8) 3,7– 5,1 (6,6)	S: (3,9) 5,4–6,6 (7,9), H: (3) 4,1–5 (5,9)	S: (4,7) 5,6–6,9 (7,3), H: (3,5) 4,1– 5,2 (7,1)	S: (2,5) 2,8–6,2 (6,3), H: (1,8) 2,2– 4,7 (4,9)
SM (mm)	1,5 ² , 1,5–1,8 ⁶ , 1,4–1,8 ⁹	S: 0,7–1,5, H: 0,7–1,5 ¹¹	S: 0,75 (1), H: 0,75 (1) ^{3,5} , 1 ⁶ , 0,8–1,3 ⁹	S: 1, H: 1,2 ² ; S: 1, H: 0,75 ¹ , 0,8–1,2 ¹²	S: (0,9) 1– 1,1 (1,3), H: (0,8) 0,9–1,1 (1,2)	S: (0,8) 1– 1,2 (1,5), H: (0,8) 1– 1,2 (1,5)	S: (0,9) 1– 1,2 (1,3), H: (1) 1,1– 1,2 (1,3)	S: (0,5) 1,6–1 (1,2), H: 0,5–1,1
UM	přítisklé (slunce) až odstálé (stín) ⁵ , odstálé až 90 ° ⁹	odstálé až přítisklé ¹¹	S: odstálé, H: přítisklé ³ ; odstálé až pravý úhel ⁹	S: odstálé, H: přítisklé ¹ ; přítisklé ^{4,7}	(25) 33–43 (68) °	(30) 33–43 (55) °	(28) 30–36 (40) °	(25) 28–31 (55) °
B	z. až žž. ⁵ , tmavě z. ⁷ , z. ^{4,11}	žž. až oranžovo- hnědá ¹¹	z. až žž. ³	žž. až žl. ^{1,2} , žž. ^{4,7}	(1) 3–4 (5)	(2) 3–5 (5)	(2) 3–4 (5)	(2) 2,8–4 (4)
SP (μm)	29–37 ⁵	33–40 ¹¹	(29) 32,4 (35) ³		(29,5) 33,4– 37,4 (39,6)	(29,1) 32,8–36,4 (38,2)	(30,4) 36,1–38,7 (40,1)	(36,9) 38,3–39,8 (40,7)

Doposud jediným způsobem, jak určit konkrétní rostlinu do příslušného taxonu, jsou morfologické znaky (viz Tab. 14; Tolmačev 1960, Krasnoborov 1988, Valentine & Moore 1993, Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000, Blockeel 2006, Elven et al. 2011, Gilman & Testo 2015, Testo et al. 2016). Díky značné morfologické variabilitě skupiny *H. selago* agg. však morfologie nemusí být vždy spolehlivý znak pro určení rostliny. Rostliny vyskytující se ve stínu jsou morfologicky odlišné od rostlin na stanovištích s vysokým slunečním ozářením (Wagner & Beitel 1993, Kukkonen 2000, Aiken et al. 2007). Dostál (1984) je dokonce toho názoru, že v Evropě neexistují různé taxony, ale pouze ekologické varianty *H. selago*. Tolmačev (1960a, 1960b) popisuje množství forem, které se vyskytují v arktických i mírnějších oblastech Ruska. Tyto formy jsou často nestabilní a jejich morfologie je odvislá od stanoviště, ve kterém se vyskytují. Je tedy možné, že znaky používané k odlišení jednotlivých evropských taxonů nejsou spolehlivé, protože se mohou měnit (a mění) vlivem ekologických faktorů. Tato práce je vůbec první, která bere v potaz cytotypy *H. selago* agg. v Evropě a proměnlivost v literatuře udávaných morfologických znaků, často vágně definovaných.

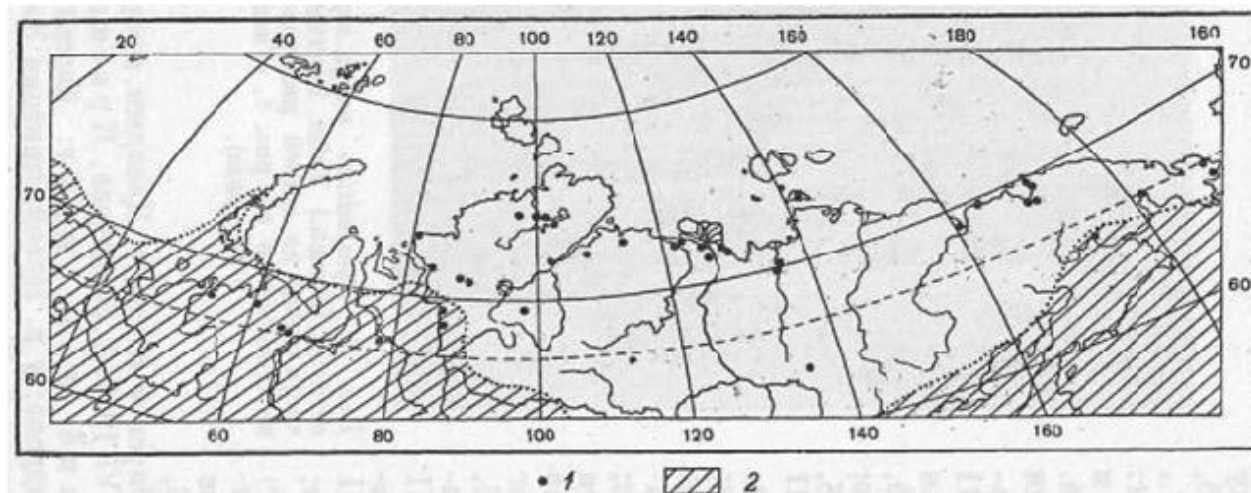
4.7 Huperzia arctica

V nejsevernějších oblastech Arktidy je udáván výskyt taxonu *H. arctica* (Tolmačev 1960b). Typová položka byla popsána z Kolymské oblasti Jakutska u řeky Kolymy v obci Pochodsk (69°7'48.513"N, 161°3'10.980"E, leg. I. Šuliga 9. 7. 1905, typová položka je uložena v herbáři Botanického Institutu V. L. Komarova v Petrohradě). Tento taxon se vyznačuje malým vzrůstem, žlutavou barvou, přitisklými mikrofyly, množstvím gem a sníženou tvorbou sporangií a spor (Tolmačev 1960a, 1960b). Zdá se, že pro mnoho autorů se tento taxon stal univerzálním taxonem severních oblastí, takže je z těchto oblastí udáván téměř výhradně taxon *H. arctica* (Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000, Blockeel 2006, Alsos et al. 2019). Je však pravděpodobné, že došlo k odchýlení se od původního konceptu celkem úzce vymezeného taxonu a jeho následné generalizaci i pro oblasti, kde se zřejmě vůbec nevyskytuje. Tento taxon byl vymezen pouze na nejsevernější arktické oblasti (Obr. 41) a je udávána i jeho morfologická odlišnost od ostatních rostlin ze skupiny *H. selago* agg.: převážně žlutozelená až žlutá barva, menší mikrofyly a menší vzrůst (Tolmačev 1960b). Taxon *H. arctica* převzatý pozdějšími evropskými autory je uváděn od severního Ruska až po Skandinávii a Skotsko (Valentine & Moore 1993, Kukkonen 2000, Blockeel 2006 a Elven et al. 2011). Není vyloučeno, že mnozí autoři mohli považovat za *H. arctica* pouze morfotypy *H. selago* ze stanovišť se silným slunečním ozářením. Například Kukkonen (2000) udává, že rostliny na exponovaných stanovištích (v oblastech Skandinávie, Islandu a Špicberků) jsou morfologicky neodlišitelné od rostlin v alpínských polohách. Protože se však obecně předpokládá, že jsou geneticky odlišné od zelených a nížinných, jsou v práci této autorky považovány za *H. arctica*. Je pravděpodobné, že obdobný přístup mohl být aplikován i u jiných autorů.

Této hypotéze přispívá i nález cytotypu Ark na Anabarském platu na Sibiři. Nedaleko lokality, kde byl tento cytotyp nalezen, byly získány ještě tři další rostliny, u kterých se ukázalo, že náleží cytotypu A. Všechny tyto rostliny byly sběratelem určeny jako *H. arctica* (Obr. 42). To znamená, že se v těchto končinách vyskytují přinejmenším dva cytotypy. Není jisté, zda může být některý z cytotypů Ark a A vztažen k taxonu *H. arctica*, jak ho popsal Tolmačev (1960b) a pokud ano, který. Tolmačev však udává výskyt *H. arctica* jen v severních oblastech Arktidy a cytotyp A se podle cytogeografického studia v této práci vyskytuje na široké geografické škále. Na základě morfologické podobnosti rostliny cytotypu Ark s typovým materiálem *H. arctica* (Obr. 42), která je zároveň odlišná od cytotypů A, B, XL a XXL (rostlina cytotypu Ark má více k prýtu přitisklé

mikrofyly s dovnitř stočenými špičkami), nelze zahrnout hypotézu, že cytotyp Ark může korespondovat s taxonem *H. arctica* podle původního popisu Tolmačevem (Tolmačev 1960b). Jedná se pochopitelně pouze o část prýtu, takže žádné jisté morfometrické závěry nemohou být vyvozovány. V budoucnu by bylo vhodné revidovat typovou položku *H. arctica* a provést sběry vzorků v typové lokalitě a okolí.

Při cytometrickém měření bylo zjištěno, že velikost genomu cytotypu Ark je velmi blízká velikosti genomu *H. lucidula* (*H. lucidula* 10,57 pg, Krejčí 2018; 11,27 pg, Bainard et al. 2011, cytotyp Ark = 10,55 pg). *Huperzia lucidula* je považována americkými autory za diploidní taxon se somatickým počtem chromozomů $2n = 2x = 134$ (Wagner 1992, Bainard et al. 2011). Pokud je *H. lucidula* opravdu diploidní, pak vzhledem k nápadné podobnosti velikosti genomu tohoto taxonu s cytotypem Ark je pravděpodobné, že cytotyp Ark by mohl být rovněž diploidní.



Obr. 41: Rozšíření *H. arctica* podle Tolmačev (1960b). Plné body reprezentují výskyt *H. arctica*, šrafování ukazuje severní hranici výskytu *H. selago*



Obr. 42: Prýty cytotypu A získané z Anabarského plata (Sibiř, Rusko, A), část jediného prýtu cytotypu Ark (B) a část typové položky *H. arctica* (C)

5 Závěr

Pomocí průtokové cytometrie byla stanovena relativní velikost genomu 1293 vzorků ze 198 lokalit. Bylo nalezeno 6 cytotypů, které byly pracovníě nazvány Ark, A, Bx, B, XL a XXL.

Cytotypy nevykazují žádný výrazný trend závislosti výskytu na zeměpisné šířce. Cytotyp Ark byl nalezen na jediném místě na Anabarském platu (Sibiř); cytotyp A byl nalezen v Pyrenejích, v rakouských Alpách, slovenských Tatrách, Norsku, ve Švédsku, na Špicberkách a na Anabarském platu; cytotyp B byl nalezen v celém zkoumaném území kromě Špicberků a Anabarského plata, a to nejčastěji ze všech cytotypů; cytotypu Bx byly nalezeny pouze 4 rostliny na jedné lokalitě v severozápadním Švédsku; cytotyp XL bylo možno nalézt ve francouzských, švýcarských a rakouských Alpách, v Norsku a ve Švédsku; cytotyp XXL byl nalezen v Norsku, ve Švédsku, ve Švýcarsku a v Rakousku.

Výskyt cytotypů se liší v závislosti na nadmořské výšce. V severní Evropě byl cytotyp A nalézán v rozmezí 160 až 1300 m n. m., v ostatních částech Evropy bylo možno tento cytotyp nalézt ve výškách 1680–2830 m n. m. Cytotyp B byl v severní Evropě nalezen nejnižší ve výšce 20 m n. m. a nejvyšší ve výšce 1210 m n. m., v ostatních částech Evropy se vyskytuje od

15 m n. m. po 2830 m n. m. Cytotyp XL byl v severní Evropě nalezen ve výškách 250–950 m n. m. a v ostatních částech Evropy ve výškách 1790–2450 m n. m. Cytotyp XXL byl v severních částech Evropy nalezen nejnižší ve výšce 330 m n. m. a nejvýše v 1010 m n. m., v ostatních částech Evropy byl zaznamenán ve výškách 2050–2450 m n. m.

Analyzované rostliny *H. selago* agg. tvořily především populace jednoho cytotypu (82 %), méně často populace více cytotypů (18 %). Nejčastější směsná populace byla tvořena cytotypy A a B (8 % celkového sběru).

Pomocí morfometrických analýz (analýza hlavních komponent, lineární diskriminační analýza) čtyř hlavních cytotypů (A, B, XL a XXL) bylo zjištěno, že cytotypy se liší v některých morfologických znacích. Analýza hlavních komponent (PCA) odlišila od ostatních cytotypů pouze cytotyp XXL, a to pomocí rozměrů mikrofylů a gem, mírou abortace spor a jejich velikostí. Lineární diskriminační analýza (LDA) ukázala, že nejlépe odlišitelný od ostatních cytotypů je cytotyp XXL, zatímco cytotypy A, B a XL se od sebe liší pouze slabě. Lepšího odlišení cytotypů A, B a XL je dosaženo, když je z analýz vyřazen cytotyp XXL. Na základě hodnocených morfologických znaků byl vytvořen dichotomický klíč, který umožňuje alespoň orientačně (s určitou mírou pravděpodobnosti) zařadit rostliny do cytotypů:

1a délka horního listu gemy: (0,5–) 0,6–0,7 (–0,8) mm, délka spodního listu gemy (0,6–) 0,8–1,1 (–1,6) mm, délka gem: (1,5–) 1,7–2,8 (–3,6) mm, šířka gem: (1,2–) 1,3–2 (–1,8) mm, šířka spodních mikrofylů: (0,5–) 0,6–1 (–1,2) mm.....**cytotyp XXL**

b délka horního listu gemy: (0,9–) 1,3–1,7 (–2,2) mm, délka spodního listu gemy (0,9–) 1,6–2,1 (–2,4) mm, délka gem: (2,4–) 3–3,9 (–4,5) mm, šířka gem: (1,8–) 2,5–3,2 (–3,9) mm, šířka spodních mikrofylů: (0,8–) 1–1,2 (–1,5) mm**2**

2a Počet diplospor na 500 útvarů ve sporangiu: (5–) 10–41 (–84), velikost diplospor: (46,7–) 54,9–61,2 (–64) μm , velikost výtrusů: (30,8–) 36,1–38,7 (–40,1) μm **cytotyp XL**

b Počet diplospor na 500 útvarů ve sporangiu: (0–) 0–14 (–63), velikost diplospor: (39,4–) 45,9–56,2 (–62,2) μm , velikost výtrusů: (29,1–) 32,8–37,4 (–39,6) μm**3**

3a počet gemiforů na 1 cm délky prýtu: (0–) 2–4 (–10), délka svěracích buněk průduchů: (48,1–) 50,5–57,7 (–61) μm , velikost diplospor: (41,9–) 51,4–56,2 (–62,2) μm**cytotyp B**

b počet gemiforů na 1 cm délky prýtu: (0–) 4–8 (–15), délka svěřacích buněk průduchů: (44,4–) 47,6–52,9 (–57,4) μm , velikost diplospor: (39,4–) 45,9–53 (–58,2) μm**cytotyp A**

Některé cytotypy se odlišují stanovištními preferencemi. Cytotypy A a XL byly nalezeny vždy pouze nad horní hranicí lesa v tundře nebo v subalpínském bezlesí, cytotyp B byl nalezen pod i nad horní hranicí lesa v tundře, subalpínském bezlesí, bezlesí v lesní zóně a v lese a cytotyp XXL byl nalezen pod i nad horní hranicí lesa v tundře a na lokalitách bezlesí v lesní zóně.

Bylo zjištěno, že morfologické znaky u cytotypu B na stanovištích v lese a v tundře jsou ovlivněné jinak, než na stanovištích bezlesí v lesní zóně a v subalpínském bezlesí. Pro cytotyp A nebyla zaznamenána průkazná odlišnost znaků na různých stanovištích. Rovněž bylo zjištěno, že morfologické znaky cytotypů A, B, XL a XXL nejsou ovlivněny nadmořskou výškou.

Morfologické znaky používané k rozlišování taxonů udávaných na území Evropy (*H. selago*, *H. appressa*, *H. continentalis* a *H. arctica*) není možné použít pro rozlišování jednotlivých cytotypů. Nelze tedy ani přiřadit jednotlivé cytotypy k těmto taxonům, protože znaky, které mají tyto taxony odlišovat, mají hodnoty obdobné u různých cytotypů. Pro spolehlivé stanovení vztahu studovaných cytotypů k literárně rozlišovaným taxonům je v budoucnu nezbytné použít molekulárně-taxonomické metody.

6 Literatura

- Aiken S. G., Dallwitz M. J., Consaul L. L., McJannet C. L., Boles R. L., Argus G. W., Gillett J. M., Scott P. J., Elven R., LeBlanc M. C., Gillespie L. J., Brysting A. K., Solstad H. & Harris J. G. (2007): Flora of the Canadian arctic archipelago. – NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa.
- Alsos G. I., Arnesen G. & Elven R. (2019): The Flora of Svalbard, dostupné na <https://svalbardflora.no/>. (accessed 27. 1. 2020)
- Bainard J. D., Henry T. A., Bainard L. D. & Newmaster S. G. (2011): DNA content variation in monilophytes and lycophytes: large genomes that are not endopolyploid. – Chromosome Research 19: 763–775.
- Barrington D. S., Paris C. A. & Ranker T. A. (1986): Systematic inferences from spore and stomate size in the ferns. – American Fern Journal 76: 149–159.

- Beitel J. M. & Wagner F. S. (1982): The chromosomes of *Lycopodium lucidulum*. – American Fern Journal 72: 33–35.
- Blockeel T. L. (2006): The liverworts, mosses and ferns of Europe. – Harley Books, Colchester.
- Doležel J., Greilhuber J. & Suda J. (2007): Estimation of nuclear DNA content in plants using flow cytometry. – Nature Protocols 2: 2233–2244.
- Dostál J. (1984): *Huperzia*. – In: Kramer K. U., Gustav Hegi, Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band I, Teil I, Verlag Paul Parey, Hamburg.
- Elven R., Murray D. F., Razzhivin V. Y. & Yurtsev B. A. (2011): Annotated checklist of the panarctic flora (PAF), Vascular plants, dostupné na <http://nhm2.uio.no/paf/>. (accessed 27. 1. 2020)
- Field A. R., Testo W., Bostock P. D., Holtum J. A. M. & Waycott M. (2016): Molecular phylogenetics and the morphology of the *Lycopodiaceae* subfamily *Huperzioidae* supports three genera: *Huperzia*, *Phlegmariurus* and *Phylloglossum*. – Molecular Phylogenetics and Evolution 94: 635–657.
- Galan G. J. M & Prada C. (2010): Pteridophyte spores viability. – In Fernández H., Kumar A. & Revilla M. A. (2010): Working with ferns: Issues and applications, pp. 193–205. – Springer, New York
- Ghatak J. (1965): Some evidences of cytological evolution in *Lycopodium* L. s. l. – Nucleus 8: 45–58. [*non vidi*]
- Gilman A. V. & Testo W. L. (2015): Use of gemma characters to identify North American *Huperzia* (*Lycopodiaceae*). – American Fern Journal 105: 145–161.
- Hagerup O. & Petersson V. (1960): A Botanical atlas: Mosses, ferns, conifers, horsetails, lycopods, phylogeny, Svazek 2. – Ejnar Munksgaard, Kobenhavn. [*non vidi*]
- Haufler C. & Soltis D. (1986): Genetic evidence suggests that homosporous ferns with high chromosome numbers are diploid. – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 83: 4389–4393.
- Hornych O. & Ekrt L. (2017): Spore abortion index (SAI) as a perspective tool of evaluation of spore fitness in ferns: An insight into sexual and apomictic species. – Plant Systematics and Evolution 303: 497–507.

- Hornych O., Ekrt L., Riedel F., Koutecký P. & Košnar J. (2019): Asymmetric hybridization in the Central European populations of the *Dryopteris carthusiana* group. – *American Journal of Botany* 106: 1477–1486.
- Hoshizaki B. J. & Moran R. C. (2001): *Fern grower's manual*. – Timber Press, Inc., Portland.
- Huang C.-H., Qi X., Chen D., Qi J. & Ma H. (2020): Recurrent genome duplication events likely contributed to both the ancient and recent rise of ferns. – *Journal of Integrative Plant Biology* 62: 433–455.
- Koutecký P. (2015): MorphoTools: a set of R functions for morphometric analysis. – *Plant Systematics and Evolution* 301: 1115–1121.
- Koutecký P., Štěpánek J. & Baďurová T. (2012): Differentiation between diploid and tetraploid *Centaurea phrygia*: mating barriers, morphology and geographic distribution. – *Preslia* 84: 1–32.
- Krasnoborov I. M. [ed.] (1988): *Flora Sibirae, Lycopodiaceae – Hydrocharitaceae*. – Divisio Sibirica, Novosibirsk.
- Krejčí J. (2018): Cytotypová variabilita *Huperzia selago* agg. ve střední Evropě (Bakalářská práce). – Přírodovědecká fakulta Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích, 49 pp.
- Kukkonen I. (2000): *Lycopodiaceae*. – In: Jonsell B. [ed.], *Flora Nordica*, volume 1, *Lycopodiaceae to Polygonaceae*, p. 1–13. – The Bergius Foundation, Stockholm.
- Löve Á. & Löve D. (1948): *Chromosome numbers of northern plant species*. – Ingólfssprent, Reykjavík.
- Löve Á. & Löve D. (1958): *Cytotaxonomy and classification of Lycopods*. – *Nucleus* 1: 1–10.
- Löve Á. & Löve D. (1961): *Chromosome numbers of central and northwest European plant species*. – *Opera Botanica*, vol. 5. – Almqvist & Wiksell, Stockholm.
- Löve Á. & Löve D. (1965): *Taxonomic remarks on some American alpine plants*. – *Series in Biology* 31. – University of Colorado press, Colorado.
- Marinho R. C., Mendes-Rodrigues C., Bonetti A. M. & Oliveira P. E. (2014): Pollen and stomata morphometrics and polyploidy in *Eriotheca (Malvaceae – Bombacoideae)*. – *Plant Biology Journal* 16: 508–511.
- Mehra P. N. & Verma S. C. (1957): *Cytology of Lycopodium*. – *Current Science* 26: 55–56. [*non vidi*]

- PPG I. (2016): A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. – *Journal of Systematics and Evolution* 54: 563–603.
- Prieto J. A. F., Aguiar C., Dias E., Casado M. A. F & Homet J. (2008): The genus *Huperzia* (*Lycopodiaceae*) in the Azores and Madeira. – *Botanical Journal of the Linnean Society* 158: 522–533.
- Soltis D. E., Albert V. A., Leebens-Mack J., Bell C. D., Paterson A. H., Zheng C., Sankoff D., de Pamphilis C. W., Wall P. K. & Soltis P. S. (2009): Polyploidy and angiosperm diversification. – *American Journal of Botany* 96: 336–348.
- Sorsa V. (1963): Chromosome studies on Finnish Pteridophyta III. – *Hereditas* 49: 337–344.
- Takamiya M. & Kurita S. (1983): Cytotaxonomic studies on Japanese species of the genus *Lycopodium* sensu lato. – *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* 34: 66–79.
- Takamiya M. (1984): A triploid cytotype of *Lycopodium serratum*, Pteridophyte. – *Chromosome Information Service* 37: 25–26. [*non vidi*]
- Testo W., Haines A. & Gilman A. V. (2016): *Huperzia continentalis* (*Lycopodiaceae*), a new species of gemmiferous firmoss separated from *Huperzia haleakalae*. – *Systematic Botany* 41: 894–901.
- Tolmačev, I. A (1960a): Flora Arctica – Fasc. 1: *Polypodiaceae* – *Butomaceae*. – Akademia nauk SSSR, Leningrad.
- Tolmačev, I. A (1960b): Arctic forms of *Lycopodium selago* L. s. l. – Botaničeskij Institut V. L. Komarova, Akademia nauk SSSR, Leningrad.
- Valentine D. H. & Moore D. M. (1993): *Huperzia*. – In: Tutin T. G., Burges N. A., Chater A. O., Edmondson J. R., Heywood V. H., Moore D. M., Valentine D. H., Walters S. M. & Webb D. A. [eds]. – *Flora Europaea*, Vol. 1, 2nd Ed. – Cambridge University Press, Cambridge.
- Wagner W. H. & Wagner F. S. (1980): Polyploidy in pteridophytes, pp. 199–214. – In W. H. Lewis [ed.]: *Polyploidy: Biological Relevance*. – Plenum, New York.
- Wagner W. H., Jr. & Beitel J. M. – In: *Flora of North America* editorial comitee [eds] (1993): *Lycopodiaceae* Mirbel. Club-moss family. – *Flora of North America: North of Mexico* 2: 18–37.
- Wang J., Yu J., Sun P., Li C., Song X., Lei T., Li Y., Yuan J., Sun S., Ding H., Duan X., Shen S., Shen Y., Li J., Meng F., Xie Y., Wang J., Hou Y., Zhang J. F., Zhang X. & Wang X.

- (2017): Overlooked polyploidies in lycophytes generalize their roles during the evolution of vascular plants. – bioRxiv n. pag.
- Whittier P. (1998): Germination of spores of the *Lycopodiaceae* in axenic culture. – American Fern Journal 88: 106–113.
- Wilkström N. & Kenrick P. (1997): Phylogeny of *Lycopodiaceae* (Lycopsida) and the relationships of *Phylloglossum drummondii* Kunze based on rbcL sequences. – International Journal of Plant Sciences 158: 862–871.
- Zhang L. B. & Iwatsuki K. (2013): *Lycopodiaceae* – In: Wu. Z., Raven H. P., Hong D. & Missouri Botanical Garden. – Flora of China 2–3: 13–34, Science Press, Beijing.
- Zhang L. B & Kung H. S. (1998): A taxonomic study of *Huperzia* Bernh. (s. s.) sect. *Huperzia* in China. – Acta Phytotaxonomica Sinica 36: 521–529.

Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1: Seznam vzorků a lokalit.

Příloha 2: Korelační tabulka hodnocených znaků.

Příloha 3: Výsledky základních statistik měřených znaků u cytotypů A, B, XL a XXL.

Příloha 1

Seznam lokalit, odkud byly získány vzorky. Lokality, ze kterých byly brány rostliny na morfometrické analýzy, jsou označeny hvězdičkou (*) za pořadovým číslem. Herbářové položky jsou uloženy v herbáři katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (CBFS), vzorky vysušené v silikagelu jsou uloženy v databance Fern and lycophyte genome databank (FerDa) na katedře botaniky Jihočeské univerzity (Ekrt et al., nepublikováno). Sloupec označený FerDa: db # odkazuje na lokalizaci vzorku v databance FerDa.

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
1	19-77	148	Česká republika	Zbytiny, Skříněřov: rašelinný smrkový les podél Zlatého potoka ca 650 m SZ od železniční stanice v obci Skříněřov	L. Ekrt	2019-10-03	1	870	B	48°57'4.1"N 14°0'42.4"E	
2	Apatika		Česká republika	Kokořínsko, Mšeno, pískovcová rokle Apatyka, ca 2,6 km ZSZ od náměstí v obci	L. Ekrt	2019-08-26	2	290	B	50°26'59.467"N 14°36'2.39"E	
3	CZ-Boub		Česká republika	Šumava, Boubín, ca 610 m SZ od Boubínské rozhledny, ca 3 km VSV od obecního úřadu v obci Kubova Huť	O. Horných	2017-10-06	4	1295	B	48°59'40.490"N, 13°48'39.244"E	
4	CZ-Har, HPot		Česká republika	Harrachov, kraj Liberecký, ca 1,12 km VSV od kostela sv. Alžběty v Harrachově, nebo ca 1,5 km J od Bílého vrchu	A. Čejková	2010-09-05	10	770	B	50°47'2.352"N, 15°26'4.911"E	
5	CZ-Har, Kam		Česká republika	Harrachov, kraj Liberecký, ca 1,66 km VSV od kostela sv. Alžběty v Harrachově, nebo ca 1,5 km JZ od vrchu Jakšín	A. Čejková	2017-09-05	8	860	B	50°47'11.535"N 15°26'29.538"E	
6	CZ-Har, NJCes		Česká republika	Harrachov, kraj Liberecký, ca 1,57 km JJZ od kostela sv. Alžběty v Harrachově, ca 540 m SSV od vrchu Nad Mýtem, mezi cestou a potokem	A. Čejková	2017-08-15	5	695	B	50°46'8.529"N 15°24'31.325"E	
7	CZ-Har, PJCes	23	Česká republika	Harrachov, kraj Liberecký, ca 1,52 km J od kostela sv. Alžběty v Harrachově	A. Čejková	2017-08-15	7	740	B	50°46'4.161"N 15°25'1.886"E	
8	CZ-Har, Sstruha		Česká republika	Harrachov, kraj Liberecký, ca 500 m VJV od Plaveckého bazénu v obci Ryžoviště	A. Čejková	2017-08-10	7	795	B	50.7586206°N 15.4529885°E	
9	CZ-Jes- Bridl	28	Česká republika	Hrubý Jeseník; Vernířovice, ca 4,1 km V od kostela v obci Vernířovice; horní hrana sutí nad souvislou hranicí lesa ve vrcholové části Břidličné (1358), S od vrcholu, ruly (s vložkami křemene, kyselé),	P. Koutecký	2017-08-29	5	1350	B	50°02'03"N, 17°11'13"E	
10	CZ-Jes- PecL	27	Česká republika	Hrubý Jeseník; Vernířovice, ca 3,6 km VJV od kostela v obci Vernířovice; sutě v pásmu horských smrčín na Z svahu hory Pecný (1330), asi 0,4-0,5 km JZ od vrcholu, ruly (s vložkami křemene, kyselé)	P. Koutecký	2017-08-29	5	1250	B	50°01'10"N, 17°10'38"E	
11	CZ-JizDul	6	Česká republika	Janov, mezi Jeleními prameny a U Orlí skály, ca 110 m JV od vrcholu Nad Mýtem, vedle cesty, ca 1,9 km JZ od městského úřadu v obci Harrachov, okres Semily	A. Čejková	2017-07-17	2	730	B	50°45'55.121"N, 15°24'16.596"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
12	CZ-Jkam	25	Česká republika	Šumava, Horní Vltavice, Jóhnuv kámen, ca 960 m ZJZ od Boubínské rozhledny, na Srním vrchu, ca 2,4 km VSV od obecního úřadu v obci Kubova Huť, Prachatice	D. Půbal	2017-07-28	1	1295	B	48° 59' 23.282"N, 13° 48' 16.329"E	
13	CZ- Jkam+Bo ub	26	Česká republika	Šumava, Boubín, ca 530 m JJZ od Srního vrchu, v sousedství pramenů Kaplického potoka, ca 2,01 km VSV od obecního úřadu v obci Kubova Huť, Prachatice	D. Půbal	2017-07-28	1	1165	B	48° 59' 7.109"N, 13° 48' 8.064"E	
14	CZ- KrkH1		Česká republika	Královeshradecký kraj, Pec pod Sněžkou, Malá Studniční jáma, ca 840 m VJV od vrchu Studniční hora (1554), nebo ca 3,4 km SSZ od kaple Panny Marie v obci Pec pod Sněžkou; suť mezi klečovými poli	J. Kučera	2017-08-29	3	1265	B	50°43'34.097"N, 15°43'4.429"E	
15	CZ- KrkH2		Česká republika	Královeshradecký kraj, Pec pod Sněžkou, ca 1,34 km V od vrchu Studniční hora (1554), nebo ca 3,44 km SSZ od kaple Panny Marie v obci Pec pod Sněžkou, v úpatí Studniční hory; suť pod Čertovou roklí	J. Kučera	2017-08-31	2	1000	B	50°43'40.789"N, 15°43'29.957"E	
16	CZ- KrkH3		Česká republika	Královeshradecký kraj, Pec pod Sněžkou, ca 1,33 km V od vrchu Studniční hory (1554), nebo ca 3,36 km SSZ od kaple Panny Marie v obci Pec pod Sněžkou, v úpatí Studniční hory, suť pod Čertovou zahrádkou	J. Kučera	2017-09-06	4	995	B	50°43'38.14"N, 15°43'29.759"E	
17	CZ-MarV		Česká republika	Okres Prachatice, obec Svatá maří-Brdo, ca 340 m JV od domu čp. 19, PP Mařský vrch, nebo ca 20 m pod rozhlednou (907)	M. Konečná	2017	1	895	B	49°4'23.009"N, 13°50'51.481"E	
18	CZ-Mum	24	Česká republika	Krkonoše, Harrachov: údolí říčky Mumlava ca 300 m V od Mumlavského vodopádu, ca 1,9 km V od kostela v obci	A. Čejková	2017-06-22	2	800	B	50°46'14.237"N, 15°27'28.857"E	
19	CZ-Sibir		Česká republika	Okres Prachatice, Stachy, na lesní cestě ca 1040 m JJV od kapličky v obci Studenec (patří pod obec Nicov)	L. Ekrt, J. Krejčí	2017-05-23	3	970	B	49°6'15.772"N, 13°37'31.563"E	
	CZ-Sum, BStrz	17	Česká republika	Šumava, Železná ruda, okres Klatovy, ca 3,1 km JJV od kapličky ve městě Hamry	D. Půbal	2017	1	1075	B	49°11'15.568"N, 13°9'57.946"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
21	CZ- VcelpBo ub		Česká republika	Včelná pod Boubínem, lesní průsek ve smrkovém lese, ca 1,7 km JJZ od Muzea žehliček ve Včelné pod Boubínem	L. Ekrt, J. Krejčí	2017-05-23	10	930	B	49°0'35.930"N, 13°50'53.395"E	
22	CZ-Zhu		Česká republika	Šumava, Horská Kvilda, bývalá obec Zhůří: ca 1 km JV od vrcholu Huťská hora (1187) a ca 2,8 km SSV od centra obce H. Kvilda.	L. Ekrt, J. Krejčí	2017-05-23	8	1150	B	49°5'0.190"N, 13°33'38.854"E	
23	Krk-LH		Česká republika	Krkonoše, Špindlerův Mlýn: Luční hora (1555) ca 5 km V od kostela v obci	J. Harčarik	2017	10	1550	B	50°43'39.215"N, 15°40'55.057"E	
24	Krk-Sne		Česká republika	Krkonoše, Sněžka (1603), ca 4,2 km S od kostela v obci Pec pod Sněžkou	J. Harčarik	2017	11	1600	B	50°44'8.536"N, 15°44'23.615"E	
25	krk- StudH		Česká republika	Krkonoše, Studniční hora (1554), ca 3,8 km SSZ od kostela v obci Pec pod Sněžkou	J. Harčarik	2017	10	1555	B	50°43'36.932"N, 15°42'22.014"E	
26	Krk-VysK	18	Česká republika	Krkonoše, Vysoké kolo (1509), ca 10,4 km V od kaple v obci Nový svět u Harrachova	J. Harčarik	2017	10	1500	B	50°46'34.645"N, 15°34'2.052"E	
27	18-96	67	Finsko	Finsko, oblast Northern Finland, Pallas-Yllästunturin - dole, ca 80,6 km S od kostela v obci Kolari	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-10	8	455	B	68°2'53.200"N, 24°3'21.800"E	
28*	18-98	68	Finsko	Finsko, oblast Northern Finland, Pallas-Yllästunturin - vprostřed, ca 81,3 km S od kostela v obci Kolari; subalpínské bezlesí na svahu kopce	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-10	5	620	B	68°3'16.600"N, 24°2'41.900"E	
29	18-99	69	Finsko	Finsko, oblast Northern Finland, Pallas-Yllästunturin - nahoře, ca 81,6 km S od kostela v obci Kolari; subalpínské bezlesí na svahu kopce	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-10	10	705	B	68°3'30.800"N, 24°2'11.100"E	
30	19-43	112	Francie	Pyreneje, skalnatý svah při Z okraji vrcholu Pic de Sacroux, na hranici Francie-Španělsko, ca 12,6 km SSV od kostela v obci Benás ve Španělsku	L. Ekrt	2019-07-02	10	2640	A	42°42'19.5"N 0°35'47.8"E	
31	19-45	113	Francie	Pyreneje, skalky na SSV exponovaném svahu pod hřebenem na SV svahu hory Tuca de la Glera, ca 8,7 km Z od kostela v obci Saint-Mamet	L. Ekrt, M. Štech, P. Koutecký	2019-07-02	7	1930	B	42°42'18.8"N 0°36'44"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
32	19-58	137	Francie	Alpy, Les GrandesRousses, Vaujany, ca 4,8 km SV od kostela v obci Vaujany; silikátový hřebínek mezi bazickými horami	L. Ekrt, J. Krejčí, K. VeJVodová	2019-09-11	2	2130	B	45°11'26.6"N 6°6'43.7"E	
33	19-60	138	Francie	Alpy, Massif des Écrins, ca 6 km VJV od středu obce Villar d'Arene	L. Ekrt, J. Krejčí, K. VeJVodová	2019-09-11	16	2260	B	45°1'32.6"N 6°24'25.1"E	
34*	19-63	139	Francie	Alpy, Massif du Mt. Cenis, ca 8,6 km V od správního úřadu v obci Bramans; skalky a skalní terásy nad cestou	L. Ekrt, J. Krejčí, K. VeJVodová	2019-09-12	10	2160	B+XL	45°12'54.7"N 6°53'8.1"E	B: 1+2,4- 6,8+9; XL:3,7,10
35	19-65	140	Francie	Alpy, Massif du Mt. Cenis, ca 7 km Z od středu obce Moncenisio	L. Ekrt, J. Krejčí, K. VeJVodová	2019-09-12	10	2430	B	45°12'25.1"N 6°53'36.5"E	
36	19-66	141	Francie	Alpy, Bourg-Saint-Maurice, S od vrchu LeRocNoir, ca 5,9 km SV od kostela v obci Séez; SZ silikátový svah s brusnicemi, jalovcem	L. Ekrt, J. Krejčí, K. VeJVodová	2019-09-13	10	2070	B+XL	45°39'15.1"N 6°51'38.8"E	B: 1+2,4- 10; XL:3
37	Isl-Vich; live	97	Island	Valavatn, ca 6,9 km VJV od kostela v obci Ólafsvík	Vícherová, E.	2018	1	130	B	64°52'35.79"N, 23°34'29.3"W	
38	Island	118	Island	Vatnajökull national park, Reykjahlíd: na turistické cestě podél řeky, ca 38 km SV od centra obce Reykjahlíd	A. Čejková, M. Fialová	2019-08-26	6	145	B	65°56'42.06"N 16°31'43.86"W	
39	19-68	143	Itálie	Alpy při hranici se Švýcarskem, Z okraj vrcholové části kopci MontMort, ca 4,7 km S od muzea v obci Saint-Rhémy-et-Bosses	L. Ekrt, J. Krejčí, K. VeJVodová	2019-09-13	10	2755	B	45°51'48.4"N 7°10'16.2"E	
40	Riga	35	Lotyšsko	Lotyšsko, region Salacivias novads, svah nad potokem jižně od samoty Ciruji; ca 5 km SV od obce Kumrags	M. Štech	2018-08-23	1	15	B	57°34'2.820"N, 24°25'31.008"E	
41	D-Schw	16	Německo	Schwarzwald, Feldberg-Ort: skála u turistické cesty ca 500 m SV od vrcholu hory Feldberg (1493), ca 2,9 km SZ od kostela v centru obce	L. Ekrt, O. Horných	2017-06-26	8	1320	B	47°52'39.400"N, 8°0'31.000"E	
42	DE- AuWil	160	Německo	Sasko, Eibenstock, vrchol hory Auersberg (1019), ca 1,3 km SV od středu obce Wildenthal	L. Lehmann	2019-10-02	2	1020	B	50°27'22.109"N, 12°38'49.259"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
43	DE- HirSch	159	Německo	Sasko-Anthalsko, svah u Labe pod Hirschmühle, ca 1,9 km JV od kostela v obci Prettin	L. Lehmann	2019-10-16	5	195	B	51°38'47.717"N, 12°56'13.958"E	
44	DE-Schm	39	Německo	Sasko, ca 1,1 km ZSZ od centra obce Schmilka, pískovce s mechem u Labe	L. Lehmann	2018-10-24	1	225	B	50°53'47,2"N, 14°13'04,9"E	
45	Ger- Anspr		Německo	Německo, Sasko, okres Erzgebirge, Zöblitz, 1 km SZ od restaurace Godene Sonne v obci Ansprung	S. Jessen	2017	1	685	B	50°39'13.600"N, 13°15'59.450"E	
46*	VJavor	133	Německo	Bayern, ca 4,7 km Z od obecního úřadu v obci Bayerich Eisenstein, vrcholová partie Gr. Arber (1456)	K. Vejvodová, M. Štech, P. Koutecký	2019-09-05	9	1355	B	49°6'54.633"N 13°8'1.767"E	
47	15-385	301	Norsko	Souoství Lofoty, Fredvang: podél turistické cesty ca 2,3 km SZ od obce Fredvang	L. Ekrt	2015-08-27	1	165	XL	68°4'26.000"N, 13°6'47.000"E	
48	15-407	326	Norsko	Moer, podél cesty na jeskyni Trollkirke, ca 5,8 km SSV od centra obce	L. Ekrt	2015-09-03	1	490	B	62°53'19.200"N, 7°15'55.800"E	
49*	18-101	70	Norsko	Norsko, Vuottašjávri, ca 73,4 Km JJV od kostela Northern Lights Cathedral v obci Alta; písčito-štěrkovitý příkop při okraji silnice u malého parkoviště	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-11	11	330	B+XXL	69°21'44.400"N, 24°2'16.700"E	XXL: 1; B: 2-11
50*	18-103	71	Norsko	Norsko, Skallelv, ca 23,5 km SV od kostela v obci Vadso; keříčkovitá tundra	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-12	11	20	B	70°10'20.700"N, 30°18'14.300"E	
51	18-104	72	Norsko	Norsko, Skallelv, ca 22 km SV od kostela v obci Vadso; keříčkovitá tundra na balvaništích	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	12.9.2018	5	45	B	70°10'23.200"N, 30°15'29.000"E	
52	18-106	73	Norsko	Norsko, Suolójávri, ca 8,5 km Z od středu obce Fellesjorda; subalpínská poloha na	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-12	10	330	B	70°25'55.100"N, 27°38'55.100"E	
53*	18-107	74	Norsko	Norsko, Suolójávri, ca 8,5 km Z od středu obce Fellesjorda; subalpínská poloha na svahu kopce	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-12	11	370	B	70°25'45.600"N, 27°38'53.500"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
54	18-108	75	Norsko	Norsko, Nordkapp, ca 5,3 km ZSZ od kostela v obci Skarsvag; polygonální půdy za parkovištěm; tundra s polygonálními půdami	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-13	10	230	B	71°7'45.000"N, 25°40'53.600"E	
55*	18-109	76	Norsko	Norsko, Nordkapp; tundra u silnice ca 3,7 km JZ od středu obce Kamoyvar	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-13	6	250	XL	71°2'7.200"N, 25°48'17.600"E	
56	18-110	77	Norsko	Severní Norsko, ca 45 km SV od kostela Northern Lights Cathedral v obci Alta; příkop u silnice při okraji vrchoviště s keříky	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-14	1	250	B	70°15'22.020"N, 24°5'36.460"E	
57*	18-111	78	Norsko	Severní Norsko, ca 32,7 km SV od kostela Northern Lights Cathedral v obci Alta; subalpínská poloha na úpatí kamenitého kopce	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-14	9	350	B+XL	70°10'42.400"N, 23°51'31.800"E	B: 9, XL: 1-8
58	BaUr	150	Norsko	Baerum, ca 6,5 km ZSZ od železniční stanice Sadnvika v obci, sklály v rokli u řeky Urdselva	F. Kolář	2019-10-13	1	230	B	59°55'8.063"N 10°25'15.239"E	
59	Folg	156	Norsko	Folgefonna, ca 15,1 km ZSZ od obecního úřadu v obci Odda, balvany pod jezerem Bondhusvannet	F. Kolář	2019-10-03	9	120	B	60°5'58.338"N 6°16'53.905"E	
60	Geiranger		Norsko	Geiranger; tundra v okolí obce	D. Rossmüllerová	2017-08-06	1	50	B	62°5'57.836"N, 7°12'21.235"E	
61	Gleksefjell	147	Norsko	Gleksefjell, ca 1,4 km VJV od kostela v obci Jonnbu u Lifjell	F. Kolář	2019-09-14	10	625	A+B+XL	59°28'19.513"N 9°1'57.698"E	A: 6,9; B: 2-5,10; XL: 1,7,8
62	Haukeli	151	Norsko	Haukeli, Vinje, ca 51 km VSV od středu obce Sauda, tundra poblíž Haukeliseter	F. Kolář	2019-09-30	1	1010	XXL	59°49'23.527"N 7°12'0.23"E	
63	Hort	167	Norsko	Sylling, ca 1,6 km SZ od kaple v obci Sylling, Hortekollen hill, náhorní plošina, otevřená mýtiny ve smrkovém lese	F. Kolář	2019-10-27	2	470	B	59°54'41.383"N, 10°16'3.305"E	
64	Jonnsbu	146	Norsko	Jonbu, ca 3,4 km SV od kostela v obci Jonnbu u Lifjell	F. Kolář	2019-09-14	2	965	B	59°29'44.16"N 8°57'52.592"E	
65	Karm	153	Norsko	Karmoy island, ca 6,2 km S od pošty v obci Skudeneshavn; kamenité vřesoviště	F. Kolář	2019-10-01	12	45	B	59°12'22.871"N 5°15'27.374"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
66	Lang	155	Norsko	Langfoss, Etne, ca 16,8 km JZ od kaple v obci Skare, Odda, borový les s kameny podél cesty k vodopádu v Langfossen	F. Kolář	2019-09-30	9	215	B	59°50'42.994"N 6°20'48.07"E	
67	N-Bjo	46	Norsko	Špicberky, Bjorndalen; ca 7,8 km ZJZ od muzea Svalbard museum v obci Longyearbyen	T. Hájek	2018	4	55	A	78°12'05.3"N, 15°19'29.1"E	
68	N-Gru	45	Norsko	Špicberky, ca 2,5 km JZ od Grumantbyen, nebo ca 15 km JZ od muzea Svalbard Museum v obci Longyearbyen	T. Hájek	2018	1	5	A	78°09'50.8"N, 15°03'44.3"E	
69	N-Sva1	7	Norsko	Špicberky, Dventdalen, ca 13,4 km JV od Longyearbyen	J. Dvořák	2017-07-31	8	75	A	78°09'54.0"N, 16°08'00.6"E	
70	N-Sva3	8	Norsko	Špicberky, Collesdallen, ca 11,7 km JZ od vrcholu Nordenskiöld Fjellet, nebo ca 18,7 km JZ od čerpací stanice Svalbard Auto v obci Longyearbyen	J. Harčarik	2017	9	10	A	78°6'28.8"N, 15°2'34"E	
71	N-Sva4	9	Norsko	Grumantbyen, ca 6,9 km ZJZ od vrcholu Nordenskiöld Fjellet, nebo ca 13 km ZJZ od pumpy Svalbard Auto v obci Longyearbyen	A. Čejková	2017-08-03	7	100	A	78°10'14.5"N, 15°7'30"E	
72	Nor-Troll		Norsko	Obec Fraena, cesta na Trollkirke na hřebeni, ca 1080 m JJV od vrcholu Troltindam (887), nebo 6,51 km SV od motelu Bamsekroa v obci Elnesvagen	L. Ekrt	2015	1	350	B	62°53'7.585"N, 7°16'12.495"E	
73	OsloTr	152	Norsko	Oslo, ca 7,4 km od rozhledny u obce Solemskogen v Oslu, kamenitá suť nad silnicí Tryvannstua - Midstuen v zóně jehličnatého lesa	F. Kolář	2019-10-12	6	385	B	59°59'15.885"N 10°41'21.008"E	
74	SorSal	154	Norsko	Karmoy island, ca 4,5 km JJZ od kostela ve středu obce Kopervik, kamenité vřesoviště	F. Kolář	2019-10-02	7	95	B	59°14'30.929"N 5°17'23.396"E	
75	Stah	158	Norsko	Stahlheim, ca 7,7 km SV od kaple v obci Oppheim, Vossenvangen, kamenitá suť pod vodopádem Stahlheim	F. Kolář	2019-10-06	7	160	A+B	60°50'8.25"N 6°41'15.737"E	A: 1+2,4- 7; B: 3
76	Svalbard	114	Norsko	Špicberky, Hemsedalen, Ekmanfjorden, svah s vřesovištěm s Cassiope a Dryas, ca 40 km Z od centra obce Pyramiden	V. Brožová	2019-07-10	10	40	A	78°38'14.208"N 14°30'1.872"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
77	VikiSvalbard1	42	Norsko	Špicberky, Colesbukta, tundra pod hřbitovem; ca 18,7 km JZ od muzea Svalbard Museum v obci Longyearbyen	V. Brožová	2018-08-07	5	10	A	78°6'40.260"N, 15°2'21.720"E	
78	VikiSvalbard2	43	Norsko	Špicberky, Ny-Alesund, tundra pod uhelným dolem Ester III , ca 1,7 km JV od pošty v obci Ny-Alesund	V. Brožová	2018-08-08	10	15	A	78°54'48.780"N, 11°58'57.180"E	
79	VikiSvalbard3	44	Norsko	Špicberky, Signehamna, kamenitý svah v zastíněném zálivu, ca 146 km SZ od středu obce Longyearbyen	V. Brožová	2018-08-13	8	50	A	79°15'34.620"N, 11°29'24.960"E	
80*	Vor	157	Norsko	Voringsfoss, ca 10,5 km VJV od středu obce Edifjord; kamenitá suť pod vodopádem Voringsfossen	F. Kolář	2019-10-05	3	480	A+B	60°25'40.454"N 7°14'36.404"E	A: 2; B: 1,3
81*	19-21	103	Rakousko	Gurktaler Alpen, V úpatí Matehanshöhe, ca 3 km SV od kostela v obci Innerkrams	L. Ekrt	2019-06-06	11	2050	B+XXL	46°58'56.3"N 13°45'41.5"E	B: 1-4,6- 11; XXL: 5
82	19-22	104	Rakousko	Gurktaler Alpen, severní strana kopce S od Matehanshöhe, ca 12 km VSV od kostela v obci Kremsbrücke	L. Ekrt	2019-06-06	12	2050	B	46°59'22.9"N 13°45'28.3"E	
83*	19-23	105	Rakousko	Gurktaler Alpen, balvanitá suť se SV expozicí S od hory Königstuhl, ca 5 km VJV od kostela v obci Innerkrams	L. Ekrt	2019-06-07	12	1930	B+XL	46°57'17.1"N 13°47'17.6"E	B: 6,9,10; XL: 1- 5,7,8,11, 12
84*	19-24	106	Rakousko	Gurktaler Alpen, Königstuhl, skalnatý svah na V okraji vrcholu kopce, ca 2 km SV od kaple v obci Winkl	L. Ekrt	2019-06-07	11	2300	A+B	46°56'37.6"N 13°47'5.5"E	A: 1-3, 5- 10; B: 4,11
85*	19-25	107	Rakousko	Plannersee, ca 1,2 km VSV od kaple v obci Planneralm	L. Ekrt	2019-06-08	11	1800	B	47°24'32.8"N 14°12'47.6"E	
86	A-Bös, up	21	Rakousko	Hohentauern, okres Murtal, Štýrsko, ca 270 m VSV od jezera Grüne Lacke vedle cesty po pravé straně, nebo ca 5,4 km ZSZ od kostela v obci Hohentauern, tžž okres	L. Ekrt	2017-08-22	10	2130	A	47°26'22.419"N, 14°24'45.807"E	
87	A-Bös, v	22	Rakousko	Alpy, Hohentauern, okres Murtal, Štýrsko, ca 70 m V od vrcholu Großer Bösenstein (2448), vedle cesty po pravé straně, ca 6,01 km ZSZ od kostela v obci Hohentauern	L. Ekrt	2017-08-22	9	2390	A	47°26'35.902"N, 14°24'17.732"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
88	A-Hoch	13	Rakousko	Hochschwab, Okres Bruck-Mürzzuschlag, Štýrsko, Wanderweg 840, ca 390 m JJZ od vrcholu Buchbergkogel (1700), ca 6,05 km S od kostela Pfarrkirche hl. Magdalena, v obci Tragöß- Oberort	L. Ekrt	2016-09-16	1	1380	B	47°35'15.317"N, 15°4'56.229"E	
89	A-L- Mitte	19	Rakousko	Dolní Rakousko, Lunz am See, balvany jižně od jezera Mittersee, asi 5,3 km JV od středu obce	M. Štech	2017-07-14	1	780	B	47°49'32.466"N, 15°4'31.365"E	
90	A-Prancl		Rakousko	Rakousko, Tirol, skalní štěrbin a terásky (často mokvavé) nad JV břehy jezera Wildsee, ca 5,1 km J od kostela v obci Fieberbrunn	J. Prančl	2019-08-31	22	1875	B	47°25'48"N 12°32'20.8"E	
91	A-Traun	20	Rakousko	Oberösterreich (Horní Rakousko), Gmunden, V úpatí hory Traunstein, ca 4,8 km JJV od náměstí, nebo ca 4,7 km JV od muzea Radmuseum v obci Ebenzweiter, les (bučina) v sousedství hlavní lesní cesty, vápenec	P. Koutecký	2017-07-17	1	480	B	47°52'34"N, 13°48'56"E	
92	Hochrett enstein	54	Rakousko	Rakousko, Štýrsko, Nízké Taury (Niedere Tauern), vrchol Hochrettelstein (2220), ca 12,4 km JJV od obce Aigen in Ennstal	P. Koutecký	2018-08-12	5	2215	B	47°25'30.800"N, 14°13'57.300"E	
93	Hochsch wab		Rakousko	Hochschwab Gebirge, Štýrsko, ca 6 km S od kostela v obci Tragöß - Oberort, vápencové údolí	L. Ekrt	2019	1	1860	B	47°35'16.007"N 15°4'51.375"E	
94	K192		Rakousko	Unterezwielfersee, Štýrsko, ca 150 m JZ od jezera, ca 8 km J od kostela v obci Sankt Nikolai im Sölkthal	P. Koutecký	2019	10	1815	B	47°14'47.6"N 14°2'57.1"E	
95	K193		Rakousko	Štýrsko, Pod vrcholem Schafspitze (2310), ca 4 km JJV od kostela v obci Sankt Nikolai im Sölkthal	P. Koutecký	2019	10	2300	A	47°17'0.8"N 14°3'13.1"E	
96	K194		Rakousko	Štýrsko, Vrchol Deneck, ca 3,5 km J od kostela v obci Sankt Nikolai im Sölkthal	P. Koutecký	2019	5	2435	A	47°17'13.4"N 14°3'0.9"E	
97	K196		Rakousko	Bad Aussee, Štýrsko, poblíž silnice, ca 1 km JV od středu obce Sarstein, les, vápenec	P. Koutecký	2019	3	700	B	47°35'54.1"N 13°45'22.1"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
98	Plannerk not	53	Rakousko	Štýrsko, Nízké Taury (Niedere Tauern), alpinské trávníky + sutě; hřeben ca 0,7 km SV od sedla Plannerknot, ca 12,8 km JV od obce Aigen in Ennstal	P. Koutecký	2018-08-12	14	2005	B	47°25'3.900"N, 14°13'29.600"E	
99	Planners ee	52	Rakousko	Rakousko, Štýrsko, Nízké Taury (Niedere Tauern), Z břeh jezera Plannersee, ca 8,3 km JV od obce Irdning- Donnersbach; travnatý kamenitý svah mezi klečí	P. Koutecký	2018-08-12	10	1790	XL	47°24'36.700"N, 14°12'35.300"E	
100	Solkpass 1	161	Rakousko	Nízké Taury, Štýrsko, sedlo Sölkpass, a 5,5 km JJV od kostela v obci Sankt Nikolai im Sölkthal	M. Lučanová	2019-08-02	4	1805	A	47°16'21.486"N 14°4'43.072"E	
101*	Solkpass 2	162	Rakousko	Nízké Taury, Štýrsko, sedlo Sölkpass, hřeben okolo vrcholu Nageleck (2155), ca 5,5 km JJV od kostela v obci Sankt Nikolai im Sölkthal	M. Lučanová	2019-08-02	8	2115	A+B	47°16'20.957"N 14°4'21.653"E	A: 5-12, B: 11
102	Solkpass 3	163	Rakousko	Nízké Taury, Štýrsko, ca 4,5 km JJV od kostela v obci Sankt Nikolai im Sölkthal	M. Lučanová	2019-08-02	3	2030	A+B	47°16'46.575"N 14°3'42.025"E	A: 13-15, B: 14
103	Steierma rk	117	Rakousko	Štýrsko, pod vrcholem Mitterberg (978), ca 730 m VSV od kostela v obci Wildalpen	J. Krejčí	2019-08-31	1	950	B	47°39'58.492"N 14°59'44.419"E	
104	TotG	168	Rakousko	Totes Gebirge, u jezera Wildensee, Štýrsko, ca 12,3 km SSV od středu obce Bad Aussee; světlé mezery mezi klečí, kousek nad horní hranicí lesa, vápenec	P. Koutecký	2019-10-26	10	1600	B	47°42'28"N 13°51'23"E	
105	TotGeb1		Rakousko	TotesGebirge, Štýrsko, na vápencových balvanech ve smrkovém lese, 9,6 km JV od kostela v obci Plankau	L. Ekrt	2019-08-09	10	1000	B	47°44'0.9"N 13°50'58.1"E	
106	TotGeb2		Rakousko	TotesGebirge, Štýrsko, ca 10,4 km JV od kostela v obci Plankau; na vápenci v sedle pod vrcholem Rinnerkogel	L. Ekrt	2019-08-10	15	1870	B	47°42'57.8"N 13°50'17.5"E	
107	TotGeb3		Rakousko	TotesGebirge, ca 8,7 km JJV od kostela v obci Plankau; horská louka na vápencovém svahu	L. Ekrt	2019-08-10	10	1860	B	47°43'0.7"N 13°47'54.5"E	
108	RO1	119	Rumunsko	Fagaras, hřeben mezi Tatarul a Suru, ca 11 km JV od středu obce Turnu Rosu	J. Krejčí	2019-08-01	5	1970	B	45°35'2.688"N 24°24'53.604"E	
109	RO2	120	Rumunsko	Fagaras, nad jezerem Avrig, ca 15,3 km J od středu obce Porumbacu de Sus	J. Krejčí	2019-08-01	5	2060	B	45°34'40.548"N 24°29'4.524"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
110	RO3	121	Rumunsko	Fagaras, Săua Scării, ca 15 km JJV od středu obce Porumbacu de Sus	J. Krejčí	2019-08-01	5	2190	B	45°35'3.552"N 24°30'56.124"E	
111	RO4	122	Rumunsko	Fagaras, pod vrcholem Lăitel (2391), ca 15,6 km J od středu obce Cartisoara	J. Krejčí	2019-08-01	5	2340	B	45°35'18.456"N 24°35'15.972"E	
112	RO5	123	Rumunsko	Fagaras, Săua Doamnei, ca 14,8 km J od středu obce Cartisoara	J. Krejčí	2019-08-01	7	2245	B	45°35'40.704"N 24°36'1.692"E	
113	RO6	124	Rumunsko	Fagaras, pod vrcholem Iezerul Caprei (2418), ca 14,8 km J od středu obce Arpasu de Sus	J. Krejčí	2019-08-01	5	2365	B	45°36'1.08"N 24°37'24.024"E	
114	RO7	125	Rumunsko	Fagaras, ca 14,8 JJZ od středu obce Victoria	J. Krejčí	2019-08-01	4	2210	B	45°35'55.572"N 24°39'21.78"E	
115	RO8	126	Rumunsko	Fagaras, lacul Podragu, ca 13 km J od středu obce Victoria	J. Krejčí	2019-08-01	6	2185	B	45°36'44.64"N 24°41'32.928"E	
116*	RO9	127	Rumunsko	Fagaras, ca 8,8 km J od středu obce Victoria, smrkový les	J. Krejčí	2019-08-01	6	1655	B	45°39'3.204"N 24°41'20.076"E	
117	ROM-Pel	40	Rumunsko	Rumunsko, Retezat Mts., Uricani, na hlavním hřebenu pohoří v sedle ca 900 m ZSZ od vrcholu hory Peleaga (2509), ca 19 km ZSZ od centra obce Uricani	A. Jelínek	2018	1	2275	B	45°22'2.438"N, 22°52'54.367"E	
118	ROM-Ret	41	Rumunsko	Rumunsko, Retezat Mts., Uricani, na hlavním hřebenu pohoří v sedle ca 1,5 km JJV od vrcholu hory Retezat (2482) ca 21 km VSV od centra obce Uricani	A. Jelínek	2018	1	2275	B	45°22'5.348"N, 22°51'23.143"E	
119	arct. 1	165	Rusko	Tajmyr, Zapovědník Tajmyra, ca 2,4 S od východního ramene jezera Ayan, holá římsa v tundře poblíž horského masivu	I. N. Pospelov	2019-07-11	1	1150	Ark	69°1'56.0"N, 94°16'15.7"E	
120	arct. 2	166	Rusko	Tajmyr, Zapovědník Tajmyra, ca 3,6 km J od východního ramene jezera Ayan, suchá cassiopeo-lišejníková tundra	I. N. Pospelov	2019-07-17	3	1030	A	68°58'4.06"N, 94°18'8.47"E	
121	H1	47	Rusko	Irkutskaya Oblast', JZ úpatí kopce Verblyuzhya, ca 6,3 km J od železniční zastávky v obci Vydrino	J. Kučera	2018-08-30	1	510	B	51°23'23.424"N, 104°39'3.168"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
122	H2	48	Rusko	Irkutskaya Oblast', V svah hory Pik Tal'tsinskiy, ca 700 m SV od vrcholu, ca 10,8 m JJZ od železniční stanice v obci Vydrino	J. Kučera	2018-09-01	6	1490	B	51°21'14.724"N, 104°35'52.620"E	
123	H3	49	Rusko	Buryatská republika, 1,5 km VSV od vrcholu Mamay Vostochniy, ca 16,4 km VJV od železniční stanice v obci Vydrino	J. Kučera	2018-09-06	1	1050	B	51°23'1.572"N, 104°51'32.364"E	
124	H4-222	51	Rusko	Irkutskaya Oblast', ca 5,7 km JZ od železniční stanice v obci Vydrino	P. Lamkowski	2018-08-31	1	500	B	51°25'26.004"N, 104°34'15.168"E	
125	H4	50	Rusko	Buryatská republika, V svah hřebene 800 m J od vrcholu Mamay Vostochniy, ca 15,6 km VJV od železniční stanice v obci Vydrino	J. Kučera	2018-09-06	6	1580	B	51°22'23.736"N, 104°50'13.200"E	
126	Coar	56	Skotsko	Velká Británie, stružkami odvodněné rašeliniště V od Creag Nan Caorach, ca 3,1 km Z od železniční stanice v obci Kinbrace	M. Šmilauerová	2018	11	260	B	58°15'20.0"N, 3°53'20.0"W	
127	Fors	59	Skotsko	Velká Británie, Forsinain Hill, úhory kolem cesty, ca 23 km JZ od kostela Halkirk Parish Church v obci Halkirk	M. Šmilauerová	2018	7	190	B	58°25'00"N, 3°50'40"W	
128	UpMorv	57	Skotsko	Velká Británie, úpatí Morven, SV svah, ca 13,5 km SSZ od muzea TimeSpan v obci Helmsdale; suť porostlá mechy s Rubus chamaemorus, Vaccinium myrtillus a V. vitis-idaea	M. Šmilauerová	2018	12	550	B	58°14'10"N, 3°41'30"W	
129	VrchMor v	58	Skotsko	Velká Británie, pod vrcholem Morven v sedle, ca 13,3 km SSZ od muzea TimeSpan v obci Helmsdale; polygonální půdy	M. Šmilauerová	2018	10	700	B	58°14'00"N, 3°42'00"W	
130	Pol	149	Slovensko	Polana, ca 7,3 km SSZ od městského úřadu v obci Hriňová; smrkový les	K. Vejvodová, J. Krejčí	2019-10-11	10	1335	B	48°37'52.626"N, 19°28'2.556"E	
131	Sk- Dumb	30	Slovensko	Nízké Tatry, Ďumbier, na červené turist. cestě ca 1,33 km ZSZ od vrcholu Ďumbier (2046), nebo ca 1,76 VSV od chaty Kosodrevina v obci Kosodrevina	J. Krejčí, L. Ekrt, O. Horných	2017-08-16	14	1805	A+B	48°56'16.700"N, 19°37'19.800"E	A: 9 vzorků, B: 5 vzorků

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
132	Sk-Chop	31	Slovensko	Nízké Tatry, Chopok, ca 90 m JJV od vrcholu Chopok (2024), na červené turistické cestě, nebo ca 1,090 km SSZ od chaty Kosodrevina v obci Kosodrevina	J. Krejčí, L. Ekrt, O. Horných	2017-08-16	18	1985	A+B	48°56'30.552"N, 19°35'36.346"E	A: 1-5,7- 18; B: 6
133	Sk- PodSol	33	Slovensko	Vysoké Tatry, okres Poprad, Predné Solisko, na modré turist. cestě, ca 510 m JJZ od vrcholu Predné Solisko (2117), nebo ca 10,5 km SSV od muzea ľudových tradícií v obci Važec	J. Krejčí, L. Ekrt, O. Horných	2017-08-17	11	1775	A	49°8'45.800"N, 20°2'6.000"E	
134*	Sk- PreSol	34	Slovensko	Predné solisko, ca 60 m JV od vrcholu Predné Solisko (2117), nebo ca 11 km SSV od muzea ľudových tradícií v obci Važec	J. Krejčí, L. Ekrt, O. Horných	2017-08-17	15	2100	A	49°8'59.800"N, 20°2'17.700"E	
135*	Sk-Vkriv	32	Slovensko	Malá Fatra, Terchová, okres Žilina, ca 320 m SZ od vrcholu Vel'ký Kriváň (1709), nebo ca 8,31 km JV od kostela v obci Belá	J. Krejčí, L. Ekrt, O. Horných	2017-08-15	10	1620	B	49°11'25.500"N, 19°1'40.600"E	
136	Tery	36	Slovensko	Vysoké Tatry, Prešovský kraj, okres Poprad, Tatranská Lesná, Malá Studená dolina, asi 6,4 km SZ od železn. zastávky Tatr. Lesná, asi 0,3 km ZSZ od Téryho chaty, žula; alpínské trávníky	P. Koucký	2018-07-08	11	2030	A	49°11'29.123"N, 20°11'40.496"E	
137	VelJez	37	Slovensko	Vysoké Tatry, Prešovský kraj, okres Poprad, Velická dolina, SV břeh Velického plesa, ca 4,5 km SSZ od středu obce Tatranská Polianka; žula, suť mezi klečí	P. Koucký	2018-07-07	8	1680	A+B	49°9'32.000"N, 20°9'22.900"E	A: 6 vz.; B: 2 vz.
138	Zboj.	38	Slovensko	Vysoké Tatry, Prešovský kraj, okres Poprad, Tatranská Lesná, Velká Studená dolina, ca 8,0 km ZSZ od železn. zastávky Tatr. Lesná, ca 0,9 km Z od Zbojnícké chaty; žula, suť v alpínském pásmu	P. Koucký	2018-07-07	16	2040	A	49°10'33.645"N, 20°9'24.194"E	
139	JuAlp	55	Slovensko	Julské Alpy, občina Bohinj, v dolní části svahu u turist. cesty Koča pri Savici - Dom na Komni, vápenec, velmi stinná bučina na SV svahu, velmi malá populace; ca 3,1 km ZSZ od obce Ukanc	P. Koucký	2018-07-16	2	1000	B	46°17'15.100"N, 13°47'41.100"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
140	Slovin- Trzic	169	Slovensko	Tržič, Lom pod Storžičem, Potarje, cesta na Planina Spodnja Konjščica; smíšený horský smrkový les	L. Lehmann	2019-10-25	3	1250		46°22'58.006"N, 14°21'23.307"E	
141	19-31	108	Španělsko	Oiartzun, skály na S okraji vrcholu Irumugarrieta, ca 4,3 km V od středu obce Ergoien	L. Ekrt	2019-06-24	5	780	B	43°17'14.7"N 1°47'2"W	
142	19-32	109	Španělsko	Aiako Harria, Oiartzun, skály na SZ okraji vrcholu Erroibide, ca 6,3 km VJV od kostela San Esteban eliza v obci Oiartzun	L. Ekrt	2019-06-24	6	770	B	43°16'56.6"N 1°47'10.2"W	
143	19-34	110	Španělsko	Pyreneje, skalky na S exponovaném hřebeni JV od vrchu Lakhura, ca 10,8 km SV od kostela v obci Uztarroze	L. Ekrt	2019-06-27	10	1790	B	42°57'12.5"N 0°50'4.7"W	
144*	19-41	111	Španělsko	Pyreneje, ca 9,3 km SV od kostela v obci Benás; skalky se SV expozicí v karu nad jezerem SZ od vrcholu Pico del Alba	L. Ekrt	2019-07-01	10	2260	A+B	42°39'47.5"N 0°36'18.3"E	A: 4-6,8- 10; B: 1- 3,7
145*	18-112	79	Švédsko	Švédsko, region Norrland, ca 57,3 km V od nemocnice v obci Kiruna; příkop u silnice při okraji smrko-březového lesa	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-14	10	380	B+XXL	67°54'42.100"N, 21°35'52.000"E	B: 1-8, XXL: 9+10
146	18-113	80	Švédsko	Švédsko, Abisko; subalpínská poloha u horního stanoviště lanovky, ca 53,7 km Z od muzea Narvik War Museum v obci Narvik	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-15	11	915	A+B	68°21'40.100"N, 18°43'13.400"E	A:2,4-11 , B: 1,3
147*	18-114	81	Švédsko	Švédsko, region Norrland, Abisko, ca 5 km ZSZ od železniční zastávky Abisko Östra; subalpínská poloha s balvaništi a keříky sedle mezi kopci	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-15	25	950	A+B+XL	68°21'44.400"N, 18°42'43.700"E	A:1- 6,8,10,12 -14,16- 25; B: 9,11,15; XL: 7
148*	18-115	82	Švédsko	Švédsko, region Norrland, Abisko, ca 6,2 ZSZ od železniční zastávky Abisko Östra; subalpínská poloha na vrcholovém balvaništi kopce	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-15	9	1150	A	68°21'35.800"N, 18°40'47.900"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
149	18-116	83	Švédsko	Švédsko, region Norrland, Abisko, ca 9 km Z od železniční zastávky Abisko Östra; subalpínská poloha na balvanitém svahu	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-15	10	1210	A+B	68°21'20.800"N, 18°35'21.500"E	A: 1,4,5,7,8, 10; B: 2,3,6,9
150	18-118	84	Švédsko	Švédsko, region Norrland, ca 4,9 km JZ od železniční zastávky v obci Gällivar; Gällivere: subalpínská poloha na svahu kopce	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-16	11	720	B	67°5'56.000"N, 20°34'48.700"E	
151	18-119	85	Švédsko	Švédsko, region Norrland, ca 17,1 km SSV od železniční zastávky v obci Arvidsjaur; příkop u silnice s mechovřesovým porostem při okraji lesa	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-16	10	440	B	65°43'22.800"N, 19°20'56.700"E	
152*	18-120	86	Švédsko	Švédsko, region Norrland; ca 115 km SZ od muzea Vilhelmina museum v obci Vilhelmina	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-17	5	830	B+XL	65°5'10.900"N, 14°27'38.700"E	B: 1, XL: 2-5
153*	18-121	87	Švédsko	Švédsko, region Norrland, ca 116,3 km ZSZ od muzea Vilhelmina museum v obci Vilhelmina; subalpínská poloha na vrcholu kopce	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-17	9	1010	A	65°4'2.900"N, 14°24'51.600"E	
154	18-122	88	Švédsko	Švédsko, region Norrland, ca 4,2 km SZ od středu obce Ljungdalen; zrašelinělý příkop při okraji silnice a březiny	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-18	3	805	B	62°52'19.600"N, 12°43'27.100"E	
155	18-123	89	Švédsko	Švédsko, region Norrland, vyhlídkové místo Ljungdalsfjällen, ca 7,1 km J od středu obce Skärkdalen, subalpínská poloha na vrcholové plošině s keřiky, lišejníky a jalovcem	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-18	2	930	B	62°44'19.300"N, 12°44'39.800"E	
156*	18-125	90	Švédsko	Švédsko, region Norrland; hora Annfjället (1301), ca 10 km SV od kostela Funäsdalens kyrka v obci Funäsdalen; vrcholové kamenité subalpínské polohy	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-18	14	1300	A	62°36'1.300"N, 12°41'58.900"E	
157	18-127	91	Švédsko	Švédsko, region Norrland; úpatí hory Annfjället (1301), ca 7,8 km SV od kostela Funäsdalens kyrka v obci Funäsdalen; subalpínské keřikovité polohy	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-18	3	970	B	62°36'3.800"N, 12°38'27.700"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
158	18-129	92	Švédsko	Švédsko, region Norrland; úpatí hory Annfjället (1301), ca 7,8 km SV od kostela Funäsdalens kyrka v obci Funäsdalen; menší porost v podrostu březiny s Betula tortuosa a Juniperus communis	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-18	2	905	B	62°36'6.200"N, 12°38'16.400"E	
159	18-133	93	Švédsko	Švédsko, region Svealand, ca 13,2 SSV od kostela v obci Idre; okraj pěšiny v subalpínské poloze	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-19	3	1000	B	61°57'38.700"N, 12°50'51.000"E	
160	18-134	94	Švédsko	Švédsko, region Svealand, poblíž Mullen (1191), ca 14,7 SSV od kostela v obci Idre; subalpínská poloha v balvaništi	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-19	10	1160	B	61°58'32.200"N, 12°50'52.800"E	
161*	18-138	95	Švédsko	Švédsko, region Svealand, ca 80,3 km ZSZ od železniční stanice v obci Mora; na horní hranici lesa s keříky a vtroušenými stromy (Betula, Pinus, Picea)	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-20	4	750	B+XL	61°9'48.700"N, 13°5'5.500"E	XL: 1+2; B: 3+4
162*	18-140	96	Švédsko	Švédsko, region Svealand, obec Västra Färdekällan, hora Östra Kalven (902), ca 10,7 km Z od restaurace Dalarnas pizzeria & restaurang v obci Sälen; vrcholové vrchoviště s keříky v subalpínské poloze	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-20	10	900	XL	61°9'28.800"N, 13°4'4.800"E	
163	18-86	60	Švédsko	Švédsko, region Götaland, Rabyskogeln, 3,2 km JV od kostela v obci Skärstad; okraj smrkového lesa ca	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-06	2	310	B	57°52'14.800"N, 14°24'25.700"E	
164	18-88	61	Švédsko	Švédsko, Uppsala, Velangen, ca 11,3 km SSZ od kostela v obci Björklinge; smrko-borový les	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-07	8	85	B	60°7'17.500"N, 17°28'35.600"E	
165*	18-89	62	Švédsko	Švédsko, region Norrland, Söraker, ca 7,7 km ZJZ od tábořiště v obci Stavreviken; zrašelinělý okraj smrkového lesa	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-07	5	75	B	62°32'17.300"N, 17°33'38.700"E	
166	18-90	63	Švédsko	Švédsko, region Norrland, Skuleskogen, ca 10,1 km JJZ od kostela v obci Köpmanholmen; smrkový les u turistické pěšiny	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-08	8	65	B	63°5'17.000"N, 18°29'29.000"E	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
167	18-91	64	Švédsko	Švédsko, region Norrland, Skuleskogen, ca 8 km JJZ od kostela v obci Köpmanholmen; štěrbiny skal na skalním platu nad roklí	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-08	10	240	B	63°6'24.400"N, 18°30'2.200"E	
168	18-93	65	Švédsko	Švédsko, Västerbotten, Frostkagetjärn, ca 3,7 km JJZ od čerpací stanice v obci Drängsmark; zrašelinělý porost borovice a břízy s brusnicemi	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-09	1	50	B	64°53'11.100"N, 20°55'39.900"E	
169*	18-95	66	Švédsko	Švédsko, Norrbotten, okraj strouhy v rašelinné březině ca 21,7 km ZJZ od kostela v obci Överkalix; strouha u vrchoviště	L. Ekrt, J. Krejčí, J. Košnar	2018-09-10	12	150	B	66°17'52.600"N, 22°21'44.100"E	
170	Sve-195bs		Švédsko	Region Norrland, provincie Lule Lappmark, hora Njunjesvárre, J úpatí 370 m SSZ od chaty Njunjes STF, ca 13,8 km Z od kostela Kvikkjokks kirka, Kvikkjokk	J. Kučera	2017-08-05	4	510	B	66°57'48.06"N 17°24'26.964"E	
171	Sve-H1	1	Švédsko	Lule Lappmark, Vaisauokta: u vodopádu na pravém břehu řeky Guossjáhka, ca. 430m před ústím do jezera Akkajaure, ca 90,8 km SV od čerpací stanice LPG Fauske v obci Fauske v Norsku	J. Kučera	2017-07-28	1	540	B	67° 40' 27.512"N 17° 15' 37.818"E	
172	Sve-H2	2	Švédsko	Lule Lappmark, Nordkalottenleden trail, údolí Guossjáhka na SZ svahu hory Boalnotjähkka ca 4,2km JZ od Vaisaluokta, ca 87,4 km SV od benzínky LPG Fauske v obci Fauske, Norsko	J. Kučera	2017-07-28	3	790	B	67° 38' 43.177"N 17° 12' 42.412"E	
173	Sve-H3	3	Švédsko	Lule Lappmark, Padjelanta Nationalpark, Padjelantaleden trail, Z svah hory Loadásj ca 5 km SSZ od chaty Laddejahka, ca 68,1 km SV od čerpací stanice LPG Fauske v obci Fauske, Norsko	J. Kučera	2017-07-29	5	755	B	67° 30' 23.299"N 16° 52' 51.726"E	
174	Sve-H4	4	Švédsko	Lule Lappmark, Padjelanta Nationalpark, Padjelantaleden trail, SZ svah hory Ieltivárre 4,5 km Szod vrcholu, SZ od jezera Ieltijávrásj, ca 62,4 km V od čerpací sanice LPG Fauske v obci Fauske, Norsko	J. Kučera	2017-08-01	5	760	Bx+B	67° 17' 1.979"N 16° 52' 19.711"E	Bx:1+2,4+ 5; B: 3

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
175	Sve-H5	5	Švédsko	Lule Lappmark, Padjelanta Nationalpark, Padjelantaleden trail, V svah kopce ca 2,1 km SSZ od chaty Tarraluoppal, ca 73 km V od čerpací stanice LPG Fauske v obci Fauske, Norsko	J. Kučera	2017-08-03	4	890	B	67° 12' 37.84"N 17° 06' 046.285"E	
176*	19-50	136	Švýcarsko	Alpi Lepontine, Furkapass, balvanitý silikátový SZ svah ca 150 m JV od Furkapassu, ca 7,2 km JZ od středu obce Realp	L. Ekrt, J. Krejčí, K. Vejvodová	2019-09-10	12	2450	B+XL+XX L	46°34'17"N 8°24'59.9"E	B: 1+2,4- 11; XL:3; XXL:12
177	19-67	142	Švýcarsko	Alpy, Walliser Alpe, úpatí skalních terássek nad pasem Passodel Gran San Bernardo, ca 5,2 km S od muzea v obci Saint-Rhémy-et-Bosses v Itálii	L. Ekrt, J. Krejčí, K. Vejvodová	2019-09-13	10	2510	B	45°52'3.6"N 7°10'12.1"E	
178	19-70	144	Švýcarsko	Alpi Lepontine, Passo della Nufenen, SZ svah hory Nufenenstock, ca 7,2 km VJV od středu obce Ulrichen; skály nad silnicí	L. Ekrt, J. Krejčí, K. Vejvodová	2019-09-14	10	2340	B	46°28'18.4"N 8°22'56.5"E	
179	19-72	145	Švýcarsko	Rätische Alpen, pass Julier La Veduta, ca 6,5 km ZJZ od středu obce Silvaplana; skalky v údolí nad sedlem SZ od hory Piz Lagrev	L. Ekrt, J. Krejčí, K. Vejvodová	2019-09-15	10	2480	B	46°27'0"N 9°42'42.5"E	
180	CaUp	134	Švýcarsko	Calmut úpatí, Glarner Alpen, Andermatt, ca 7 km VSV od radnice v obci Andermatt; podél potoka na JZ svahu hory Calmut	L. Ekrt, J. Krejčí, K. Vejvodová	2019-09-10	10	2050	XL+XXL	46°39'19.236"N 8°40'48.358"E	XL: 1,5,6,7; XXL: 2,3,4,8,9, 10
181*	CaV	135	Švýcarsko	Calmut – vrchol, Glarner Alpen, ca 1 km V od sedla Oberalppass ca 7,4 km VSV od centra obce; vrcholové skalky hory Calmut (2310)	L. Ekrt, J. Krejčí, K. Vejvodová	2019-09-09	10	2310	A+B	46°39'33.032"N 8°41'5.481"E	A: 4,5,10; B: 1-3,6-9
182	CH-SW- 29- Majda		Švýcarsko	Kanton Graubünden (Grisons), Müstair, ca 4,5 km ZSZ od kaple v obci Tschieriv; okraj borového lesa u pastviny v ohybu silnice 28	M. Lučanová	2019-08-17	1	2080	B	46°38'21.598"N 10°18'1.623"E	
183	SCHW_ Misa1	115	Švýcarsko	Okres Engiadina Bassa, pod vrcholem Piz Glims, ca 4 km ZSZ od kostela v obci Lavin	M. Krištof	2019-07-01	3	2830	A+B	46°47'17.875"N 10°4'2.362"E	A: 1; B: 2+3

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
184	SCHW_ Misa2	116	Švýcarsko	Okres Landquart Region, poblíž jezera Vadlet Guglia, ca 2,7 km ZSZ od kostela v obci Champfér	M. Krištof	2019-07-01	2	2590	B	46°29'20.371"N 9°46'44.587"E	
185	SJ4095	164	Švýcarsko	Schweiz, Tessin: Passo del Lucomagno, JJZ od jezera Lai da Santga Maria, ca 1,3 km ZSZ od středu obce Blenio; s Lycopodium clavatum ssp. monostachyon, Rhododendron ferrugineum a Empetrum hermaphroditum	S. Jessen	2019-07-13	1	1915	XL	46°33'51.467"N 8°46'56.3"E	
186	Ukr-Hov, vrch	10	Ukrajina	Ivano-Frankivská oblast; pohoří Čornohora, Vorochta: asi 14 km JJZ od středu obce, Hoverla (2061) , subalpínské trávníky na SV hřebeni, 0,25-1,25 km SV od vrcholu; nejšpíš rula	P. Koutecký	2017-06-25	5	1785	B	48°09'56"N 24°30'17"E	
187	Ukr- Hov,sest	11	Ukrajina	Ivano-Frankivská oblast; pohoří Čornohora, Vorochta: asi 17 km J od středu obce, prameniště na horní hranici lesa v závěru údolí potoka Dancežyk [Dantsezhyk], asi 1,5 km SV od vrcholu Turkul (1933), nejspíš rula	P. Koutecký	2017-06-25	5	1510	B	48°07'58"N 24°32'46"E	
188	Ukr- Pikuj		Ukrajina	Ukrajina, Vododil'nyj chrebet, Zakarpatskaja oblast, Volovetskij rajon, Bilasovytsia, hora Pikuj (k. 1408), SV svah těsně pod vrcholem, pískovec, bezlesí zčásti přizorené a zčásti vypásané, asi 4,8 km Z od středu obce	P. Koutecký, M Štech	2018-06-04	6	1380	B	48°49'47.571"N, 23°0'5.072"E	
189	Ukr-Vor	12	Ukrajina	Ivano-Frankivská oblast; pohoří Čornohora, Vorochta: asi 12,5 km JJV od středu obce, smrčina v údolí pravostranného přítoku řeky Prut, asi 1,8 km SZ od vrcholu Maryš (1341) [Marysh]	P. Koutecký	2017-06-26	5	1080	B	48°10'18"N 24°35'09"E	
190	1_Coire Ardain	128	Velká Británie	CoireArdair, vice County 97 (West Inverness-shire), ca 18 km VSV od kaple v obci Roy Bridge	R. Golding	2019	4	660	B	56°57'33.93"N 4°34'37.84"W	
191	14-175	188	Velká Británie	England, Yorkshire Dales, jižní svah hory Pen-y-ghent, ca 2,9 km VSV od centra obce Horton in Ribblesdale	L. Ekrt	2014-09-04	1	280	B	54°9'8.600"N, 2°15'3.500"W	

Číslo	Zkratka	FerDa: db#	Země	Lokalizace	Sběratel	Datum	Počet vzorků	Nadmořská výška	Cytotyp	GPS (WGS84)	Pozn.
192	14-184	14	Velká Británie	Skotsko, Inchadamph, kamenitý svah JV od hory Spidean Coinich, ca 6,6 km SZ od kostela ve vesnici Inchadamph, S od jezera Loch Assynth	L. Ekrt	2014-09-06	1	600	B	58°11'55.055"N, 5°2'47.716"W	
193	2_Geal- charn	129	Velká Británie	Geal-charn, vice county 96 (West Perthshire), ca 12 km V od kostela v obci Kingussie	R. Golding	2019	5	680	B	57°5'27.9"N 3°51'22.77"W	
194*	3_Geal- charn	130	Velká Británie	Geal-charn, vice county 96 (West Perthshire), ca 7 km V od kostela v obci Insh	R. Golding	2019	5	915	B	57°5'26.25"N 3°50'36.5"W	
195	4_Geal- charn	131	Velká Británie	Geal-charn, vice county 96 (West Perthshire), ca 7,3 km VJV od kostela v obci Insh, ca 850 m n.m.	R. Golding	2019	5	845	B	57°4'50.94"N 3°50'18.05"W	
196	5_GlenS hee	132	Velká Británie	Glen Shee, vice county 92 (South Aberdeenshire), u stanice lanovky Baddoch Lower v obci Glenshee, ca 810 m n.m.	R. Golding	2019	9	650	B	56°53'14.44"N 3°24'56.63"W	
197	GB-Torr	15	Velká Británie	Skotsko, Torridon, ca 50 m po cestě (SSZ) od mostu přes říčku Allta'Bhealach, nebo ca 3,6 km SSZ od fotbalového hřiště/stadionu v Torridonu	L. Ekrt	2014-09-08	1	265	B	57°34'39.800"N, 5°32'38.800"W	
198	VB-Dev	29	Velká Británie	West Devon, hrabství Devon, ca 4,1 km SSZ od kostela v obci Princetown; na římsách exponovaných granitových výchozů, vrchol hory Great Mis Tor (538)	F. Rumsey, H. J. Crouch	2017-09-10	1	520	B	50°34'29.532"N, 4°1'58.995"W	

Příloha 2

Korelační tabulka hodnocených znaků. Zvýrazněny jsou znaky, jejichž korelace je $|\gt;0,8|$

Spearman	HLG	DG	SLG	SG	SG.DG	HLG.DG	SLG.DG	SP	DHM	DSM	SHM	SSM	DP	PP	B	UM	GFCM	GFR	STO	SAI	DOI
HLG	1,00	0,47	0,72	0,50	0,09	0,73	0,33	-0,06	0,40	0,35	0,28	0,19	0,11	0,38	0,42	0,18	-0,09	-0,01	0,03	0,09	0,12
DG	0,47	1,00	0,49	0,72	-0,19	-0,15	-0,29	0,08	0,50	0,47	0,47	0,23	0,35	0,60	0,51	0,33	-0,18	-0,11	0,33	0,26	0,34
SLG	0,72	0,49	1,00	0,54	0,13	0,45	0,59	-0,15	0,25	0,19	0,25	0,17	0,01	0,29	0,20	0,19	0,11	0,05	0,02	0,14	0,12
SG	0,50	0,72	0,54	1,00	0,46	0,07	-0,05	0,02	0,37	0,29	0,46	0,29	0,13	0,50	0,40	0,27	-0,07	-0,06	0,22	0,27	0,14
SG.DG	0,09	-0,19	0,13	0,46	1,00	0,22	0,30	-0,04	-0,12	-0,14	0,10	0,14	-0,20	-0,08	-0,08	-0,02	0,17	0,12	-0,20	0,03	-0,17
HLG.DG	0,73	-0,15	0,45	0,07	0,22	1,00	0,64	-0,21	0,08	0,04	0,02	0,13	-0,10	0,02	0,08	0,03	0,07	0,07	-0,21	-0,03	-0,10
SLG.DG	0,33	-0,29	0,59	-0,05	0,30	0,64	1,00	-0,25	-0,15	-0,15	-0,15	-0,04	-0,22	-0,17	-0,16	-0,05	0,27	0,13	-0,29	0,06	-0,10
SP	-0,06	0,08	-0,15	0,02	-0,04	-0,21	-0,25	1,00	0,19	0,35	0,13	0,02	0,03	0,02	0,19	-0,29	0,01	0,11	0,26	0,07	0,04
DHM	0,40	0,50	0,25	0,37	-0,12	0,08	-0,15	0,19	1,00	0,59	0,67	0,15	0,10	0,54	0,62	0,12	-0,48	-0,31	0,35	0,13	0,23
DSM	0,35	0,47	0,19	0,29	-0,14	0,04	-0,15	0,35	0,59	1,00	0,34	0,27	0,33	0,49	0,42	0,11	-0,13	0,03	0,36	0,18	0,20
SHM	0,28	0,47	0,25	0,46	0,10	0,02	-0,15	0,13	0,67	0,34	1,00	0,53	0,12	0,44	0,36	-0,02	-0,30	-0,16	0,26	0,19	0,26
SSM	0,19	0,23	0,17	0,29	0,14	0,13	-0,04	0,02	0,15	0,27	0,53	1,00	0,05	0,34	0,04	0,08	-0,08	-0,09	0,12	-0,03	0,15
DP	0,11	0,35	0,01	0,13	-0,20	-0,10	-0,22	0,03	0,10	0,33	0,12	0,05	1,00	0,41	0,19	0,24	0,14	0,27	0,17	0,14	0,35
PP	0,38	0,60	0,29	0,50	-0,08	0,02	-0,17	0,02	0,54	0,49	0,44	0,34	0,41	1,00	0,59	0,46	-0,15	-0,07	0,35	0,12	0,29
B	0,42	0,51	0,20	0,40	-0,08	0,08	-0,16	0,19	0,62	0,42	0,36	0,04	0,19	0,59	1,00	0,29	-0,41	-0,32	0,24	0,06	0,13
UM	0,18	0,33	0,19	0,27	-0,02	0,03	-0,05	-0,29	0,12	0,11	-0,02	0,08	0,24	0,46	0,29	1,00	0,05	-0,06	0,17	-0,01	0,15
GFCM	-0,09	-0,18	0,11	-0,07	0,17	0,07	0,27	0,01	-0,48	-0,13	-0,30	-0,08	0,14	-0,15	-0,41	0,05	1,00	0,82	-0,31	0,03	0,07
GFR	-0,01	-0,11	0,05	-0,06	0,12	0,07	0,13	0,11	-0,31	0,03	-0,16	-0,09	0,27	-0,07	-0,32	-0,06	0,82	1,00	-0,20	0,04	0,06
STO	0,03	0,33	0,02	0,22	-0,20	-0,21	-0,29	0,26	0,35	0,36	0,26	0,12	0,17	0,35	0,24	0,17	-0,31	-0,20	1,00	0,09	0,09
SAI	0,09	0,26	0,14	0,27	0,03	-0,03	0,06	0,07	0,13	0,18	0,19	-0,03	0,14	0,12	0,06	-0,01	0,03	0,04	0,09	1,00	0,43
DOI	0,12	0,34	0,12	0,14	-0,17	-0,10	-0,10	0,04	0,23	0,20	0,26	0,15	0,35	0,29	0,13	0,15	0,07	0,06	0,09	0,43	1,00

Příloha 3

Výsledky základních statistik měřených znaků u cytotypů A, B, XL a XXL. Naměřené hodnoty pro každá znak byly zprůměrovány. N = počet měřených vzorků, min = minimum, max = maximum, 5% a 95% značí kvantily.

znak	Cytotyp	N	Průměr	Směrodatná odchylka	Min	5%	25%	Medián	75%	95%	Max
HLG	A	27	1,47	0,22	1,04	1,11	1,31	1,44	1,63	1,80	1,96
HLG	B	29	1,52	0,27	1,10	1,13	1,34	1,52	1,66	2,00	2,20
HLG	XL	20	1,42	0,24	0,90	1,19	1,28	1,38	1,57	1,87	1,96
HLG	XXL	7	0,65	0,10	0,48	0,50	0,59	0,68	0,72	0,75	0,76
DG	A	27	3,23	0,36	2,42	2,52	3,04	3,30	3,45	3,63	3,82
DG	B	29	3,46	0,52	2,70	2,72	3,14	3,40	3,88	4,30	4,48
DG	XL	20	3,55	0,38	2,86	2,99	3,28	3,54	3,81	4,04	4,40
DG	XXL	7	2,26	0,79	1,52	1,56	1,67	1,83	2,81	3,39	3,55
SLG	A	27	1,90	0,23	1,30	1,54	1,78	1,90	2,02	2,23	2,38
SLG	B	29	1,87	0,22	1,40	1,52	1,70	1,84	2,04	2,18	2,24
SLG	XL	20	1,81	0,34	0,94	1,38	1,60	1,81	2,09	2,24	2,31
SLG	XXL	7	0,98	0,37	0,58	0,60	0,76	0,92	1,14	1,52	1,60
ŠG	A	27	2,71	0,41	1,78	1,96	2,53	2,70	3,00	3,29	3,36
ŠG	B	29	2,92	0,41	2,16	2,22	2,64	2,92	3,20	3,40	3,90
ŠG	XL	20	2,88	0,33	2,30	2,40	2,58	3,00	3,07	3,42	3,44
ŠG	XXL	7	1,71	0,61	1,22	1,23	1,26	1,45	1,99	2,65	2,80
ŠG/DG	A	27	0,85	0,12	0,68	0,70	0,76	0,83	0,90	0,97	1,25
ŠG/DG	B	29	0,85	0,08	0,73	0,77	0,79	0,83	0,89	1,00	1,06
ŠG/DG	XL	20	0,81	0,07	0,70	0,71	0,77	0,81	0,84	0,93	0,94
ŠG/DG	XXL	7	0,77	0,18	0,47	0,55	0,75	0,77	0,81	1,00	1,07
HLG/DG	A	27	0,46	0,08	0,35	0,37	0,40	0,46	0,51	0,57	0,67
HLG/DG	B	29	0,44	0,07	0,33	0,34	0,40	0,43	0,47	0,57	0,61
HLG/DG	XL	20	0,40	0,06	0,30	0,32	0,34	0,40	0,43	0,49	0,52
HLG/DG	XXL	7	0,30	0,08	0,21	0,22	0,25	0,29	0,37	0,39	0,40
SLG/DG	A	27	0,60	0,10	0,45	0,50	0,54	0,59	0,63	0,70	0,99
SLG/DG	B	29	0,55	0,08	0,40	0,43	0,49	0,54	0,59	0,68	0,74
SLG/DG	XL	20	0,50	0,08	0,29	0,39	0,46	0,49	0,55	0,63	0,65
SLG/DG	XXL	7	0,44	0,08	0,36	0,37	0,38	0,38	0,51	0,54	0,55
SP	A	28	35,22	2,70	29,50	31,23	33,39	35,72	37,43	38,97	39,55
SP	B	30	34,62	2,44	29,10	30,78	32,83	35,43	36,39	37,57	38,20
SP	XL	21	37,01	2,15	30,81	34,14	36,11	37,30	38,69	39,84	40,12
SP	XXL	7	39,01	1,29	36,92	37,27	38,27	39,30	39,80	40,54	40,70
DHM	A	30	4,36	0,90	2,83	3,42	3,73	4,09	5,14	5,80	6,56

DHM	B	30	4,47	0,75	3,03	3,19	4,10	4,50	4,95	5,80	5,90
DHM	XL	24	4,81	1,06	3,50	3,77	4,05	4,44	5,15	6,92	7,13
DHM	XXL	8	3,45	1,32	1,80	1,85	2,19	3,65	4,69	4,85	4,90
DSM	A	30	5,73	0,95	4,00	4,21	4,94	5,73	6,49	7,33	7,40
DSM	B	30	6,08	0,96	3,90	4,77	5,38	6,03	6,63	7,80	7,90
DSM	XL	24	6,09	0,80	4,67	4,76	5,59	6,08	6,88	7,13	7,27
DSM	XXL	8	4,67	1,70	2,50	2,59	2,79	5,34	6,16	6,26	6,27
ŠHM	A	30	0,96	0,11	0,77	0,81	0,88	0,97	1,02	1,13	1,23
ŠHM	B	30	1,06	0,15	0,77	0,81	0,97	1,07	1,17	1,25	1,47
ŠHM	XL	24	1,14	0,10	1,00	1,00	1,07	1,12	1,23	1,30	1,30
ŠHM	XXL	8	0,83	0,27	0,47	0,49	0,53	0,95	1,05	1,07	1,07
ŠSM	A	30	1,05	0,11	0,87	0,90	0,97	1,07	1,12	1,23	1,27
ŠSM	B	30	1,12	0,16	0,83	0,85	1,03	1,12	1,20	1,39	1,50
ŠSM	XL	24	1,16	0,11	0,93	0,94	1,10	1,17	1,24	1,30	1,30
ŠSM	XXL	8	0,86	0,29	0,47	0,48	0,58	0,99	1,04	1,19	1,20
DP	A	30	8,80	3,06	5,00	5,00	6,50	8,25	10,00	14,10	18,00
DP	B	30	10,40	4,55	4,00	4,50	7,63	9,75	12,25	17,93	25,00
DP	XL	24	10,19	3,41	6,50	6,58	7,50	9,25	12,13	16,00	19,00
DP	XXL	8	7,38	2,01	4,00	4,53	6,25	7,50	8,75	9,83	10,00
PP	A	30	6,28	0,99	4,50	5,00	5,63	6,00	6,50	7,78	9,50
PP	B	30	7,22	1,92	4,50	4,73	5,63	6,50	9,00	10,50	11,00
PP	XL	24	6,80	1,20	4,50	5,08	6,00	6,63	7,13	8,93	9,50
PP	XXL	8	5,31	0,70	4,00	4,35	5,00	5,25	6,00	6,00	6,00
B	A	30	3,60	0,89	1,00	2,45	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
B	B	30	3,90	0,99	2,00	2,00	3,00	4,00	5,00	5,00	5,00
B	XL	24	3,83	0,82	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
B	XXL	8	3,25	0,89	2,00	2,00	2,75	3,50	4,00	4,00	4,00
ÚM	A	30	37,92	8,54	25,00	27,50	32,50	37,50	42,50	50,50	67,50
ÚM	B	30	38,33	7,89	30,00	30,00	32,50	35,00	42,50	52,50	55,00
ÚM	XL	24	33,54	4,03	27,50	27,50	30,00	35,00	35,63	40,00	40,00
ÚM	XXL	8	31,56	9,72	25,00	25,88	27,50	27,50	30,63	47,13	55,00
GFCM	A	30	6,50	3,74	0,00	0,45	4,00	6,50	8,00	12,55	15,00
GFCM	B	30	3,10	2,50	0,00	0,00	2,00	2,50	4,00	7,65	10,00
GFCM	XL	24	3,67	3,07	0,00	0,00	1,00	3,00	6,00	8,00	10,00
GFCM	XXL	8	3,38	3,07	0,00	0,00	0,00	4,00	5,25	7,30	8,00
GFR	A	30	3,07	1,41	0,00	0,00	3,00	3,00	4,00	5,00	5,00
GFR	B	30	2,33	1,56	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	5,00	5,00
GFR	XL	24	2,71	1,78	0,00	0,00	1,00	3,00	4,00	5,00	6,00
GFR	XXL	8	2,50	2,14	0,00	0,00	0,00	3,50	4,00	4,65	5,00
STO	A	30	50,30	3,61	44,40	45,57	47,59	49,97	52,85	56,75	57,42
STO	B	30	54,27	3,95	48,07	48,51	50,53	54,35	57,67	60,14	61,02

STO	XL	24	52,37	3,35	45,87	47,02	50,54	51,83	55,34	57,15	57,62
STO	XXL	8	52,46	4,30	43,20	45,99	51,35	53,22	54,52	56,95	57,40
DS	A	27	50,09	5,04	39,40	42,95	45,90	50,60	53,05	58,07	58,20
DS	B	30	39,15	24,39	0,00	0,00	10,48	52,65	55,45	58,74	62,20
DS	XL	24	57,92	4,74	46,70	50,76	54,88	59,10	61,23	63,24	64,00
DS	XXL	7	7,31	19,35	0,00	0,00	0	0,00	0,00	35,84	51,20
SAI	A	25	22,40	12,31	8,00	10,00	12	21,00	24,00	48,40	52,00
SAI	B	29	24,07	20,84	0,00	0,40	6	22,00	37,00	45,60	95,00
SAI	XL	18	33,06	21,58	6,00	7,70	22,75	29,00	37,25	83,60	87,00
SAI	XXL	7	4,43	3,87	2,00	2,00	2,5	3,00	4,00	10,30	13,00
DOI	A	26	14,35	18,51	2,00	2,00	4	5,50	11,75	55,25	63,00
DOI	B	30	9,10	14,53	0,00	0,00	0	2,50	13,75	35,35	63,00
DOI	XL	23	29,35	24,63	5,00	7,10	10	22,00	41	77,70	84,00
DOI	XXL	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0