

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

studijní program: BIOLOGIE

studijní obor: BOTANIKA



Bc. Kristýna Šemberová

POPULAČNÍ STRUKTURA A FENOTYPOVÁ DIFERENCIACE
CAMPANULA MORAVICA

POPULATION CYTOTYPE STRUCTURE AND PHENOTYPIC VARIATION OF *CAMPANULA MORAVICA*

DIPLOMOVÁ PRÁCE

vedoucí práce: doc. RNDr. *Jan Suda*, PhD.

Praha, 2013

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 14. 8. 2013

Podpis:



Poděkování:

Za toto zajímavé téma, rady a ochotnou pomoc děkuji svému školiteli Honzovi Sudovi. Za sebrání zvonků při jejich cestách děkuji Honzovi Sudovi, Martinu Hanzlovi, Monice Pospíšilové, Lence Musilové, Filipu Kolářovi, Adamu Knotkovi a Petru Petříkovi. Katce Hanušové děkuji za poskytnutí primárních dat ke Krkonošským populacím *C. rotundifolia*.

Pavlu Trávníčkovi, Tomáši Urfusovi a Janě Krejčíkové děkuji za pomoc při měření zvonků na průtokovém cytometru a Janě i za možnost využít primární data z diplomové práce o *C. gentilis*.

Za podporu a pohodovou atmosféru jsem vděčná všem přátelům z herbářů, zejména Lence, Monice, Katce, Martinovi a Adamovi. Katce, Kristý a Janě děkuji za půjčení notebooků, když má vlastní technika zklamala.

Závěrem chci poděkovat svým rodičům za to, že se mnou trávili letní měsíce na loukách a kopcích.

ABSTRAKT:

Polyploidizace je u rostlin významným evolučním procesem, který však často přináší taxonomické komplikace (stírání morfologických rozdílů mezi vyššími polyploidy). Komplikovaným polyploidním komplexem ve střední Evropě je i *C. rotundifolia* agg. V této skupině jsou v České republice tradičně odlišovány tři ploidně-variabilní druhy: *C. gentilis* (2x, 4x) *C. rotundifolia* (2x, 4x) a *C. moravica* (4x, 6x). V návaznosti na recentní revizi *C. gentilis* a *C. rotundifolia* se předložená diplomová práce zaměřila na zhodnocení karyologické a fenotypové variability druhu *C. moravica* v centru jeho areálu na území České republiky a Slovenské republiky. Pomocí moderních biosystematických metod (průtoková cytometrie, multivariační morfometrika) byly zjištěny značné nesrovnalosti mezi dosud publikovanými údaji o rozšíření cytotypů a morfologické variabilitě. Rozšíření cytotypů *C. moravica* je oproti původním údajům parapatrické, s hexaploidy rozšířenými převážně v Panonském termofytiku a tetraploidy zejména na středním a východním Slovensku. Typová populace domnělých tetraploidů se ukázala být hexaploidní. V jedné populaci na středním Slovensku byla zjištěna koexistence tetraploidů a šesti minoritních cytotypů (2x, 3x, 5x, 6x, 8x, 9x), což představuje dosud největší vnitropopulační ploidní variabilitu. Pomocí mnohorozměrných morfometrických analýz bylo zjištěno, že determinace jednotlivých druhů je poměrně obtížná, úspěšnost byla srovnatelná s úspěšností rozlišování jednotlivých cytotypů. Důvodem morfologické podobnosti je nejspíše nízké evoluční stáří komplexu, kdy ještě nedošlo k ustálení morfologických znaků a vysoká fenotypová variabilita jednotlivých taxonů v závislosti na podmínkách prostředí. Nejasné stále zůstávají otázky mezidruhové hybridizace. Získané výsledky spíše podporují odlišování „*C. moravica*“ pouze na úrovni poddruhu (*C. rotundifolia* subsp. *moravica*), nicméně kritické taxonomické zhodnocení vyžaduje detailní studium v celém areálu druhu, se zaměřením zejména na jižní Evropu, kde se vyskytují morfologicky podobné a příbuzné druhy ze sekce *Heterophylla*.

klíčová slova: Campanulaceae, *Campanula moravica*, *Campanula rotundifolia* agg., polyploidizace, cyto geografie, průtoková cytometrie, morfologická variabilita, multivariační morfometrika

ABSTRACT:

Polyploidisation plays a major role in plant evolution. It can also cause taxonomic complexities as morphological differences are often blurred in higher ploidy levels. One of the taxonomically-intrigued groups of Central Europe is *C. rotundifolia* agg. Three ploidy-heterogeneous species are traditionally recognized in the Czech Republic: *C. gentilis* (2x, 4x), *C. rotundifolia* (2x, 4x) and *C. moravica* (4x, 6x). The thesis examines karyological and phenotypic variation of *C. moravica*, in the centre of its distribution (the Czech Republic and Slovakia). With the aid of modern biosystematics tools (DNA flow cytometry, multivariate morphometrics), marked discrepancies were revealed between published data and actual cytotype distribution pattern and morphological variation. In contrast to literature records, cytotype distribution in *C. moravica* is largely parapatric, with hexaploids occurring in Pannonian basin and tetraploids in Central and Eastern Slovakia. The type population of presumed tetraploids turned out to be hexaploid. The coexistence of one majority (4x) and six minority cytotypes (2x, 3x, 5x, 6x, 8x, 9x) was found in one population in central Slovakia and represent the most salient case of ploidy coexistence ever reported. Multivariate morphometrics showed that species identification on the basis of morphological characters is rather challenging (the proportion of correctly classified species is comparable with that of cytotypes). The reasons behind the observed taxonomic complexity possibly include low evolutionary age of the group under investigation and high phenotypic plasticity. The role of inter-specific hybridization needs to be clarified. The available pieces of evidence support recognition of "*C. moravica*" at subspecific level (as *C. rotundifolia* subsp. *moravica*). However, robust taxonomic treatment requires investigation over larger spatial scales, including southern Europe, where morphologically similar and closely-related species of the section *Heterophylla* are reported.

keywords: Campanulaceae, *Campanula moravica*, *Campanula rotundifolia* agg., polyploidy, cytogeography, flow cytometry, morphological variability, multivariate morphometrics

OBSAH:

1. Úvod	7
1.1 Otázky.....	8
2. Literární rešerše	9
2.1 <i>Campanula</i> L.....	9
2.1.1 Taxonomické zařazení.....	9
2.1.2 Evoluce a evoluční procesy v čeledi Campanulaceae.....	14
2.1.3 <i>Campanula rotundifolia</i> agg.....	17
2.2 Principy použitých metod.....	32
2.2.1 Průtoková cytometrie.....	32
2.2.2 Mnohorozměrná morfometrika.....	33
3. Metodika	35
3.1 Materiál.....	35
3.2 Průtoková cytometrie.....	36
3.3 Mnohorozměrná morfometrika	37
4. Výsledky	43
4.1 Cytogeografie.....	43
4.1.1 <i>Campanula moravica</i>	48
4.1.2 <i>Campanula gentilis</i>	50
4.1.3 <i>Campanula rotundifolia</i>	51
4.1.4 Druhově a cytotypově smíšené lokality.....	51
4.2 Morfologická variabilita	55
4.2.1 Ordinační metody.....	55
4.2.2 Diskriminační analýzy	56
5. Diskuse	88
5.1 Cytogeografie.....	88
5.1.1 <i>Campanula rotundifolia</i> agg.....	88
5.1.2 <i>Campanula moravica</i>	91
5.2 Morfologická variabilita	98
5.2.1 Meziploidní diferenciace	98
5.2.2 Mezidruhová diferenciace	99
5.3 <i>Campanula moravica</i> – taxonomické zhodnocení	102
5.3.1 Určovací klíč	104

6. Závěr	105
7. Přílohy	106
7.1 Příloha I: Lokality.....	106
7.2 Příloha II: Složení pufrů.....	118
7.3 Příloha III: PCA.....	119
7.4 Příloha IV: Hodnoty diskriminačních znaků	124
8. Seznam tabulek a obrázků	130
8.1 Tabulky:.....	130
8.2 Obrázky:.....	133
9. Použitá literatura	136

1. ÚVOD

Rod *Campanula*¹ L. (zvonek) je evolučně relativně mladý a stále prochází vývojem. V současném pojetí zahrnuje přibližně 420 druhů s mnoha geograficky, edaficky či mikroklimaticky vysoce specializovanými taxony na nižší než druhové úrovni (Kovačič 2004). Jednotlivé taxony, vyvíjející se pod vlivem geografické vikariance, allopatrické speciace a odlišných ekologických preferencí často spojených s edafickou speciací (Kovanda 1967), se často obtížně určují kvůli převaze kvantitativních diagnostických znaků, vysoké fenotypové plasticitě i existenci lokálních morfotypů (Kovačič et Nikolić 2006). Oprávněnost některých taxonů je navíc často sporná, protože někdejší taxonomická zpracování vedoucí k vymezení mnoha druhů a nižších taxonomických kategorií byla většinou geograficky omezená, založená pouze na morfologických znacích a mnohdy neodráží skutečné příbuzenské vztahy (Kovačič 2004).

Jednou z příčin vysoké variability rodu je pravděpodobně i polyploidizace, významný evoluční proces, který posléze může vést až ke genetickým, morfologickým a ekologickým změnám (Soltis et Soltis 1999, Otto et Whitton 2000), umožňujícím následnou speciaci jednotlivých ploidních linií. Na rozdíl od diploidních jedinců, kteří jsou často relativně dobře odlišitelní a bývají považováni za samostatné druhy, mohou být vyšší ploidní úrovně hůře odlišitelné (Stace 2000). Odlišný stupeň ploidie nemusí být spojen s výraznou diferenciací dalších vlastností a polyploidní komplexy tak představují taxonomicky velmi obtížnou skupinu.

Ve střední Evropě patří mezi jeden z nejkomplicovanějších okruhů zvonků skupina *Campanula rotundifolia* agg., z níž byly v České republice v druhé polovině 20. století vyčleněny dva blízce příbuzné druhy *C. gentilis* Kovanda a *C. moravica* (Spitzner) Kovanda (Kovanda 1967). K popsání těchto druhů byly použity metody umožňující zpracování pouze malého množství vzorků, které jsou v současnosti již překonané.

Moderní metody (průtoková cytometrie, multivariační morfometrika a molekulární analýzy) použité pro revizi *C. gentilis* (Rauchová 2007) odhalily značné nesrovnalosti mezi současným stavem populací a publikovanými daty (Kovanda 1967, 2000, 2002a). Pro příbuzný taxon *C. moravica* je většina dříve publikovaných rozlišovacích znaků (Kovanda 1967) v současnosti zpochybňována (Kovanda 2000, 2002a,b, Goliašová et al. 2008) a jako jeden z mála spolehlivých determinačních znaků je udáván počet chromozomů (Kovanda 2000, 2002b). *C. moravica* se diferencuje ve dva cytotypy, ale na rozdíl od ostatních druhů zde chybí diploidní typy. Diplomová práce reviduje cytologickou a morfologickou variabilitu *C. moravica*, s využitím současných biosystematických metod, které umožňují kritické zpracování rozsáhlých populačních vzorků.

¹ Nomenklatura sjednocena podle Kubát et al. (2002). U taxonů, které se v ČR nevyskytují, bylo jméno převzato ze zdrojové publikace nebo IPNI.org nebylo-li uvedeno.

1.1 OTÁZKY

Diplomová práce se zabývá polyploidními taxony *C. rotundifolia* agg., rostoucími v České a Slovenské republice, s důrazem na druh *C. moravica*, jejich cytogeografií a morfologickou diferenciací. Cílem práce je zodpovědět tyto otázky:

Jaká je cytotypová variabilita *Campanula moravica*?

- Jaká je celková cytotypová variabilita v rámci středoevropského areálu *C. moravica*?
- Jaká je cytotypová variabilita uvnitř populací *C. moravica*?

Jaký vliv má genomová duplikace na fenotyp *C. moravica*?

- Existují cytotypově specifické znaky?

Jaká je fenotypová diferenciaci blízkce příbuzných polyploidních taxonů v komplexu *C. rotundifolia* agg.?

- Jaké morfologické znaky nejlépe odlišují jednotlivé druhy, případně jejich cytotypy?

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 *CAMPANULA* L.

2.1.1 TAXONOMICKÉ ZAŘAZENÍ

Rod *Campanula* L. (zvoněk) je s 420 druhy nejpočetnějším rodem čeledi Campanulaceae Juss. (zvonkovité) v řádu Asterales Link. Čeleď Campanulaceae (v užším smyslu jako podčeď Campanuloideae Burnett) je monofyletická (Eddie et al. 2003, Haberle et al. 2009), její podrobnější členění je komplikované jak podle klasických studií založených na morfologii – zejména na způsobu otevírání tobolky a přítomnosti kališních přívěšků (DeCandolle 1830, Boissier 1875), tak podle recentních studií rekonstruuujících fylogenezi z molekulárních dat (tab. 1, obr. 1) získaných sekvenací jaderných (ITS) a chloroplastových genů (Eddie et al. 2003, Cosner et al. 2004, Roquet et al. 2008, 2009, Haberle et al. 2009, Wendling 2011, Olesen et al. 2013). Výsledky obou typů členění se však v hlavních rysech shodují.

Čeleď Campanulaceae bývala spolu s čeledí Lobeliaceae Juss. řazena do řádu Campanulales Juss. ex Bercht. et J. Presl – zvonkotvaré (např. Kovanda 2000), podle současného fylogenetického systému založeného na molekulárních datech, APG III, (The Angiosperm Phylogeny Group 2009) je to bazální čeleď řádu Asterales. V takto pojaté čeledi je 2 380 druhů z 84 rodů členěno do 5 podčeledí, z nichž tři jsou poměrně malé a svým výskytem omezené na jeden kontinent: Nemacladoideae M. H. G. Gust. (2 / 25) na Severní Ameriku, Cyphocarpoideae M. H. G. Gust. (1 / 3) na Jižní Ameriku a Cyphioideae Schönland (1 / 65) na Afriku. Jako jedna z podčeledí je do ní řazena i bývalá čeleď Lobeliaceae – Lobelioideae Schönland (29 / 1 200) s kosmopolitním rozšířením. Kosmopolitně rozšířená je i podčeď Campanuloideae (50 / 1050), jejíž zástupci jsou nejrozšířenější v temperátní zóně Starého světa a jen zřídka se vyskytují v Austrálii a na Novém Zélandu.

Pro **podčeď Campanuloideae** (Campanulaceae s. str.) je charakteristická výrazná proterandrie, sekundární přítomnost pylu na blizně pomocí retraktilních vymetacích trichomů, inulin jako zásobní látka a latex. Květy jsou pravidelné, pětičetný kalich srůstá s dolní částí semeníku, který je spodní, 3 – 5pouzdrý. Tobolka se otevírá děrami (póry) nebo chlopněmi. Tyčinky jsou volné, s introrzními prašníky s ostnitým pylem (Kovanda 2000, www.mobot.org). DeCandolle (1830) ve své monografii rozlišuje na základě morfologie 3 velké skupiny lišící se způsobem otevírání tobolky: skupinu I s tobolkou otevírající se apikálními chlopněmi a častěji rostoucí na jižní polokouli, kam řadí např. rody *Wahlenbergia* W. Roth a *Platycodon* A. DC., skupinu II s tobolkou otevírající se laterálně póry a rostoucí na severní polokouli, mj. s rodem *Campanula* a skupinu III s rodem *Jasione* L. Recentní molekulárně fylogenetické studie ukazují, že hlavním dělícím znakem je typ pylu a podčeď Campanuloideae tvoří dvě velké skupiny: s kolpátním / kolporátním pylem

(Platycodoneae) a skupina s porátním pylem (Wahlenbergieae a Campanuleae). Tribus Platycodoneae je bazální (Cosner et al. 2004), reliktně rozšířený ve východní Asii, Himalájích (*Cyananthus* Wall. ex Benth.), východní Africe a Kanárských ostrovech (*Canarina* L.) a má malé počty chromozomů. Je sesterský dvěma tribům s porátním typem pylu, které se téměř shodují se skupinami I a II, které odlišil již DeCandolle (1830): Wahlenbergieae, rostoucí zejména na jižní polokouli, s tobolkou pukající apikálními chlopněmi (Cosner et al. 2004, Goliašová et al. 2008, Haberle et al. 2009, Roquet et al. 2009) a Campanuleae s temperátními druhy severní polokoule a s tobolkou pukající laterálními póry.

Tribus Campanuleae se dále rozpadá na dva hlavní podtriby: Campanula s. str. a Rapunculus. Podtribus Campanula s. str. zahrnuje evropské, severoafrické a makaronéské druhy rodu *Campanula*, *Azorina* Feer z Azorských ostrovů, *Feeria* Buser z Maroka (Wendling et al. 2011), *Edraianthus* (A. DC.) A. DC. a *Trachelium* Tourn. ex L. (Park et al. 2006). Tato skupina odpovídá skupině Campanula Fed. a zahrnuje druhy s kališními přívěsky (Medium A. DC.), s tobolkou otevírající se bazálními póry (Medium Boiss.), ale i některé druhy bez přívěsků a s tobolkou s apikálními póry (Haberle et al. 2009). Do podtribu Rapunculus jsou řazeny východoasijské, mediteránní a severoamerické druhy rodu *Campanula* a dalších 11 menších rodů, např.: *Adenophora* Fisch., *Asyneuma* Griseb. et Schenk, *Campanulastrum* Small., *Legousia* Durand, *Phyteuma* L. (Park et al. 2006, Wendling et al. 2011), kterým vždy chybí kališní přívěsky (Eucodon A. DC) a tobolka puká většinou apikálními póry (Rapunculus Boiss.), ale často i postranními nebo bazálními (např. u *C. rotundifolia* L.). Morfologická variabilita této skupiny je větší než u podtribu Campanula s. str., kde převažují níčí zvonkovité květy (Haberle et al. 2009, Roquet et al. 2009, Wendling et al. 2011).

Rod Campanula byl v minulosti (deCandolle 1830, Boissier 1875) členěn různými způsoby na základě morfologických znaků, zejména způsobu otevírání tobolky a přítomnosti či nepřítomnosti kališních přívěsků. Podle deCandolle (1830) patří do rodu *Campanula* taxony s tobolkou pukající na bázi laterálními póry či chlopněmi, které dále dělí na 2 velké skupiny podle ne/přítomnosti kališních přívěsků. Protože takto vytvořené skupiny nepovažuje za přirozené a samotné členění považuje za velmi hrubé, dělí je dále podle charakteru tobolky na skupinu I. Medium s kališními přívěsky, 3 – 5 pouzdrým semeníkem a bazálně se otevírající tobolkou a skupinu II. Eucodon bez přívěsků (většinou), 5 pouzdrým semeníkem a tobolkou otevírající se bazálně i apikálně. Do této skupiny řadí i druh *C. rotundifolia*. Boissier (1875) dělí rod *Campanula* na dvě velké skupiny na základě otevírání tobolky: I. Medium s otvory na bázi a II. Rapunculus s laterálními až apikálními póry. Skupinu Medium dále dělí podle květní morfologie a ne/přítomnosti kališních přívěsků na několik částí, druh *C. rotundifolia* řadí do skupiny Saxicolae (tobolka s otvory na bázi, bez kališních přívěsků).

V současném vymezení je rod parafyletický (Eddie et al. 2003) a rozděluje se do dvou větví, které se oddělily před 14 – 15 mil. let (Roquet et al. 2009): do velké větve zahrnující oba podtriby Campanula s. str. a Rapunculus a malé sesterské větve tvořené druhy *Musschia aurea* Dumort.,

Gadellia lactiflora (M. Bieb.) Schulkina, *C. peregrina* L. a *C. primulifolia* Brot. (Roquet et al. 2008).

Druhy rodu *Campanula* se také vyskytují v obou podtribech.

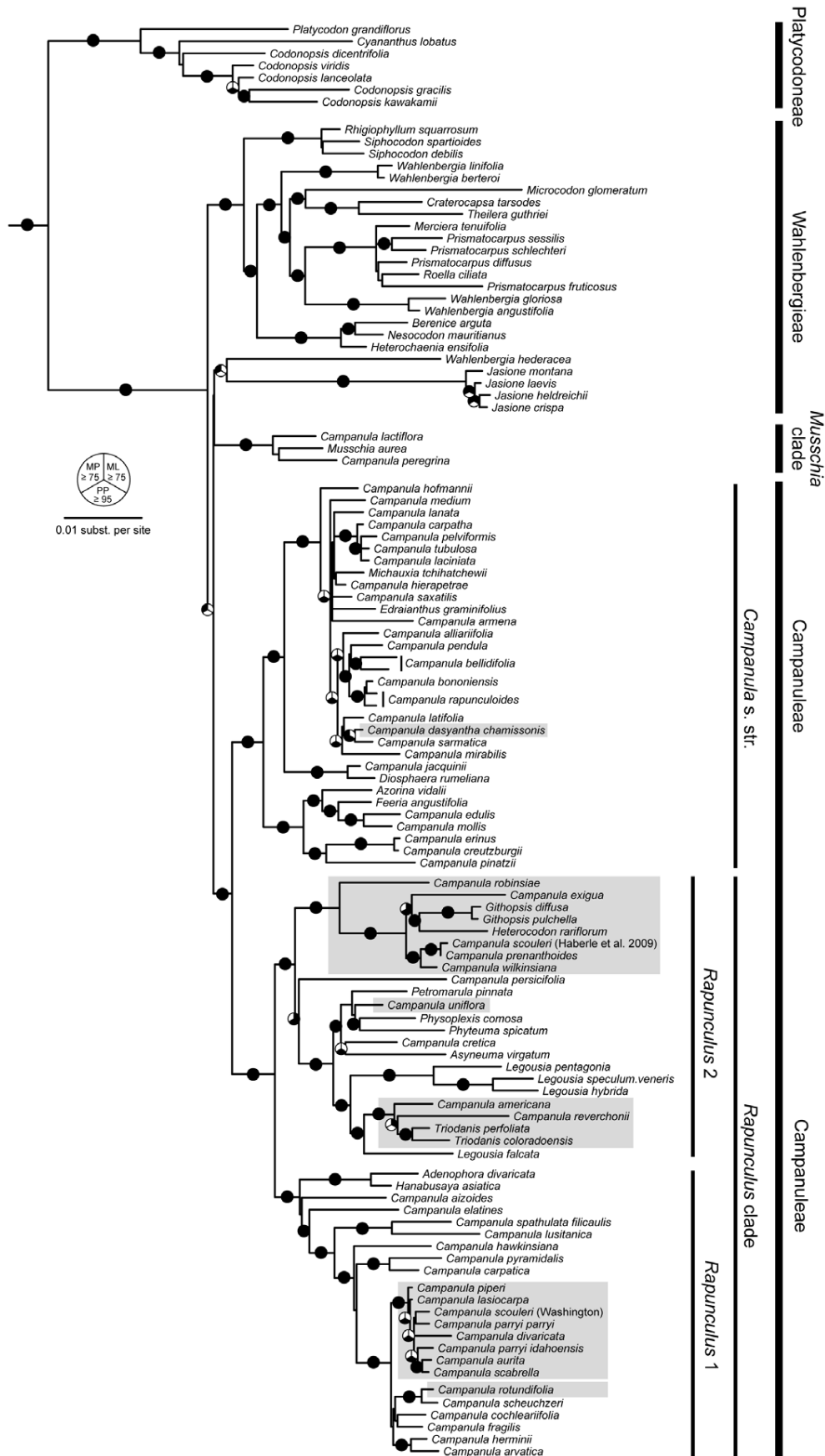
Podtribus Rapunculus se dále dělí na dva podrody: Rapunculus I a Rapunculus II. Rapunculus I zahrnuje část rodu *Adenophora* a morfologicky i geneticky velmi podobný druh *Hanabusaya asiatica* (Nakai) Nakai z Korejského poloostrova (Haberle et al. 2009), druhy rodu *Campanula* z pohoří střední a jižní Evropy (Balkán, severní Itálie, Španělsko) ze sekce Rapunculus (Fourr.) Boissier a Heterophylla (Witas.) Fed., včetně podseky Isophylla Damboldt (Wendling et al. 2011). Rapunculus II je geograficky a morfologicky různorodá skupina několika druhů rodu *Campanula*, spolu s rody *Asyneuma*, *Legousia*, *Petromarula* Went. ex R. Hedw. a *Phyteuma* (Roquet et al. 2009, Wendling et al. 2011)

Podrod Rapunculus I je velmi polymorfní a karyologicky různorodá polyploidní skupina jednoletých až vytrvalých druhů. V podseky Isophylla jsou evropské vytrvalé druhy s široce rozevřenými květy (Roquet et al. 2008), dlouze řapíkatými přízemními listy s ledvinitou až srdčitou bází, oddáleně řapíkatými lodyžními listy se srdčitou nebo vejčitou bází, bez kališních přívěšků a s tobolkou otvírající se distálními póry. Druhy jsou většinou endemity malých oblastí ve Středomoří. Subseky Isophylla není monofyletická, ale sekce Heterophylla, do které je řazena, je velmi dobře molekulárně podpořená (Park et al. 2006, Roquet et al. 2008). Druhy v této sekci mají postranní sterilní výhonky, přízemní listy v době kvetení jsou již odumřelé (Park et al. 2006) a tobolka se otvírá bazálními póry.

Do **sekce Heterophylla** je řazen i druh *Campanula rotundifolia*, extrémně polymorfní polyploidní komplex (Roquet et al. 2008), v rámci něhož je často na základě drobných morfologických rozdílů a areálových odlišností vyčleňováno několik samostatných (pod)druhů (Kovanda 1967, Kovačič 2004, Roquet et al. 2008, Wendling et al. 2011). *C. rotundifolia* se dále dělí do 5 sérií (Kovanda 1967, Kovačič 2004): Vulgares (Krašán) Witas., Saxicolae Witas., Alpicolae (Krašán) Kovanda, Scheuchzerianae Kovanda a Lanceolatae Witas.

Tab. 1: Taxonomické zařazení *C. rotundifolia* agg. Upraveno podle: Eddie et al. (2003), Cosner et al. (2004), Roquet et al. (2008, 2009), Haberle et al. (2009), Wendling (2011), Olesen et al. (2013). (S – sever, J – jih, V – východ)

tax. rank	název	znaky a zástupci	rozšíření
řád	(Campanulales)		
	Asterales	primární sympetalie, A nesrůstá s C, inulin	11 čeledí, 1649 rodů, 25790 druhů
čeleď	Campanulaceae	symetrické kv., sekundární přítomnost pylu na blizně, spodní semeník	
podčeleď	Nemacladoideae	většinou jednoleté, symetrické květy	2 / 25, S Amerika
	Cyphocarpoideae	jednoleté - víceleté	1 / 3, J Amerika
	Cyphioideae	víceleté, ztlustlé kořeny	1 / 65, Afrika
	Lobelioideae	souměrné květy, C dvoupyská, A srostlé v trubku, 2-3 pouzdrá tobolka	29 / 1200, kosmopolitní - hl. tropy a J pol.
		pravidelné květy, C 5 čttná, A volné, 3-5 pouzdrá tobolka, ostnitý pyl, retraktilní	50 / 1050, kosmopolitní - hl. temperát Eurasie, zřídka Austrálie, Nový Zéland
tribus	Campanuloideae	vymetací trichomy, proterandrie	
	Platycodoneae	kolpátní / kolporátní pyl, tobolka s apikálními póry, bazální sk., malé chromoz. počty	V Asie, V Afrika, Himaláje, reliktně
	Wahlenbergineae	porátní pyl, suchá tobolka s apikálními chloupky	J polokoule
	Campanuleae	porátní pyl, suchá tobolka s laterálními póry	S polokoule
podtribus	sk. s <i>Musschia</i> , <i>C. peregrina</i> , <i>C. primulifolia</i>		
	Campanula s. str.	kališní přívěsky + (-), tobolka s bazálními póry (většinou)	Evropa, S Afrika, Makaronésie
	RapunculusDumort	kališní přívěsky -, tobolka s apikálními póry (většinou)	V Asie, Mediterán, S Amerika
rod	Campanula		
podrod		incl. <i>Adenophora</i> , <i>Campanula</i> s. <i>Rapunculus</i> , <i>Campanula</i> s. <i>Heterophylla</i> ; 1 / 2 leté druhy	hory střední a J Evropy i Korea
	Rapunculus I		
	Rapunculus II	incl. <i>Asyneuma</i> , <i>Legousia</i> , <i>Petromarula</i> , <i>Phyteuma</i>	
sekce	Heterophylla (Witas.)	různolistost, postranní sterilní výhonky, přízemní l. za květu odumřelé, tobolka s bazálními póry	
	Fed.		
serie	Vulgares (Krašán) Witas.	<i>C. rotundifolia</i>	
	SaxicolaeWitas.	<i>C. moravica</i> , <i>C. gentilis</i>	
	Scheuchzerianae Kov.	<i>C. bohémica</i> , <i>C. gelida</i>	



Obr. 1: Fylogeneze Campanulaceae (Campanuloideae), odvozená ze spojených sekvencí *atpB*, *matK* a *rbcl* DNA. Koláčkové diagramy indikují vztahy dobře podpořené některou použitou metodou: Maximum Parsimony (MP, vlevo), Maximum Likelihood (ML, vpravo) s bootstrapovou podporou >75 nebo s Bayesovskou hodnotou > 0,95 (PP, dole). Šedě jsou označeny severoamerické druhy. Převzato z: Wendling et al. (2011).

2.1.2 EVOLUCE A EVOLUČNÍ PROCESY V ČELEDI CAMPANULACEAE

Biogeografická historie čeledi Campanulaceae je velmi komplexní, spojená s interkontinentální disperzí a rychlou diverzifikací ve Středomoří. Předek čeledi se vyvinul na území v západní části Gondwany (Eddie et al. 2003). Zda se mohl vyvinout v Africe a odtud migrovat do Asie anebo naopak v Asii, odkud kolonizoval Afriku a Mediterán, není dosud zcela jasné (Roquet et al. 2009). Pod vlivem klimatických změn v období miocénu došlo díky chladnému a suchému klimatu k expanzi otevřených stepních stanovišť v jihozápadní Asii a ve východní Africe, stejných, na jakých se vyskytují i dnešní druhy rodu *Campanula*. Ve stejné době se srážkou Arabské a Eurasijské pevninské desky vytváří nová migrační cesta mezi Eurasií a Afrikou přes Sýrii a východní Mediterán (Roquet et al. 2009, Olesen et al. 2013).

Diverzifikace čeledi (tab. 2) začíná před 37,4 – 23,5 mil. let, kdy se odděluje tribus Platycodoneae (Eddie et al. 2003). Tribu Wahlenbergineae a Campanuleae se oddělují před 16,7 – 16 mil. let a v oblasti kolem Středozemního moře (severní Afrika, západní Asie, Mediterán) následně (14,7 – 13,7 mil. let) dochází k další diverzifikaci tribu Campanuleae na dvě hlavní skupiny: *Campanula* s. str., která pravděpodobně vznikla a vyvíjela se ve východním Mediteránu, na Balkánském poloostrově, před 12,6 – 10,6 mil. let a *Rapunculus*, jehož vývojové centrum bylo pravděpodobně v západní Asii, v Anatolii, před 11,5 – 10,8 mil. lety. Obě tyto oblasti jsou v současnosti druhově velmi bohaté a Mediterán je považován za vývojové centrum rodu (Kovanda 2000, Eddie et al. 2003, Goliašová et al. 2008). Podle jiných studií (Roquet et al. 2009) je pravděpodobnější, že vývojovým centrem byla Anatolie, představující možnou migrační křižovatku mezi severní Afrikou, Asií a střední a severní Evropou. Vlivem zvýšené orogenní aktivity během alpinského vrásnění, způsobené srážkou Arabské a Eurasijské pevninské desky, zde mohlo také docházet k izolaci jednotlivých linií, což umožnilo jejich alopatrickou speciaci. Anatolie byla také refugiem mnoha temperátních druhů během pleistocenních zalednění.

Tab. 2: Odhadovaná datace diverzifikace čeledi Campanulaceae, získaná molekulárním datováním fylogenetických stromů vytvořených na základě sekvencí z cpDNA (*rbcl*, *trnL-F*) metodami Penalized Likelihood a Bayesian Relaxed Molecular Clock. Převzato z Roquet et al. (2009), upraveno. *Campanula* core – tribu *Campanula* s. str. a *Rapunculus*. (x – oddělení, * vznik, Z – západ, V – východ, S – sever)

evoluční událost	období (mil.l.)	vývojové centrum
Platycodoneae x Campanuleae + + Wahlenbergineae	37,4 - 23,5	svrchní oligocén - - spodní miocén
Campanuleae x Wahlenbergineae	16 - 16,7	střední miocén
* <i>Campanulacore</i>	14,7 - 13,7	střední miocén
Rapunculus I x II	11,5 - 10,8	Z Asie, Anatolie, Z + V Mediterán
* <i>C. rotundifolia</i>	0,3 - 0,5	

Diverzifikace a expanze předka rodu *Campanula* byla podpořena ochlazováním klimatu před 15 – 13 mil. let, vedoucím k rapidnímu nárůstu Antarktického ledovce a k poklesu mořské

hladiny (14,8 – 11,2 mil. let). Na místě oceánu Tethys se obnažilo původní dno a nová pevnina uzavřela spojení Středozemního moře s Indickým oceánem a zároveň spojila dříve oddělené oblasti Mediteránu, Kavkazu, západní a střední Asie (Roquet et al. 2009). Orogenická aktivita spojená s vrásněním Alp a dinárských pohoří umožnila alopatickou speciaci izolovaných linií, jejich expanzí a následnou izolací docházelo ke vzniku lokálních endemitů. Jednoleté a xerofilní druhy a druhy adaptované na časná sukcesní stadia se vyvinuly pod vlivem výrazně suchého klimatu během messinské salinitní krize, evoluce druhů chladných a suchých ekosystémů je spojena s klimatickými změnami a expanzí do horských oblastí vytvářejících se během alpinského vrásnění (Eddie et al. 2003, Roquet et al. 2009).

Hlavními evolučními centry rodu byly oblasti Balkánu a Anatólie, odkud se taxony také šířily na dlouhé vzdálenosti – docházelo k opakovaným kolonizacím Makaronésie a severní Ameriky. Severní Amerika byla kolonizována několikrát nezávisle přes pevninský most v Beringově úžině a / nebo cestou přes severní Atlantik během pozdních třetihor a čtvrtohor, podobně jako tomu bylo u druhů *Dryas* L., *Rhododendron* L. a *Saxifraga* L. (Wendling et al. 2011). Přestože semena všech zvonků jsou lehká a uzpůsobená k šíření větrem, v současnosti v severní Americe rostou polyploidní druhy řazené převážně do podtribu *Rapunculus* (Roquet et al. 2009). Jedním z druhů kolonizujících Severní Ameriku je i *C. rotundifolia*, morfologicky velmi variabilní taxon, jehož jednotlivé linie jsou zde často popisovány jako samostatné druhy (Wendling et al. 2011).

Spolu s alopatickou speciací, šířením na velké vzdálenosti (*long-distance dispersal*), případně mezidruhovou hybridizací, je jedním z procesů ovlivňujících komplexitu a komplikovanost rodu *Campanula* **polyploidizace** – celogenomová duplikace (WGD, *Whole Genome Duplication*) – přítomnost více než dvou kopií chromozomů (Mable 2003), která je v současnosti pokládána za jeden z hlavních evolučních procesů u rostlin vůbec (Soltis et Soltis 1999). K dávné polyploidizaci došlo i u většiny rostlin, které jsou dnes pokládány za diploidy, např. i u zástupců rodu *Campanula* (*C. rotundifolia*, $2n = 2x = 34$; Alsos et Engelskjón 2002). Polyploidní jsou i rostliny s velmi malými počty chromozomů, u kterých došlo k pozdější diploidizaci (Soltis et al. 2009, Mandáková et al. 2010). Za dosud jedinou známou krytosemennou rostlinu, u které nebyla znásobena genetická informace, je pokládána *Amborella trichopoda* Baill. (Cui et al. 2006, Soltis et al. 2009).

Polyploid může vzniknout několika způsoby, nejčastěji poruchami při meióze (redukčním dělením pohlavních buněk), kdy spolu s normálními redukovanými haploidními gametami vznikají i gamety diploidní, neredukované. Splnutím redukovaných (x) a neredukovaných ($2x$) gamet vznikají triploidní ($2n = 3x$) potomci, kteří jsou často sterilní, protože mají problémy s párováním homologních chromozomů. Pokud je triploidní jedinec fertilní, může se vytvořit triploidní most (*triploid bridge*), nejčastější způsob, při kterém splýváním gamet triploida s gametami rodičů při zpětném křížení, případně s dalšími triploidy v okolí, vznikají vyšší ploidní úrovně (Husband 2004).

Hybridi v rámci jednoho druhu, tzv. autopolyploidi, mají dvojnásobný (případně vícenásobný) počet chromozomů, geneticky se však příliš neliší od svých rodičů. Přítomnost více kopií stejných chromozomů vede ke vzniku multivalentů během meiózy a k polysomické dědičnosti. Při mezidruhovému hybridizaci dochází ke kombinaci dvou různých genomů a celková polyploidizace je jednou z možností, jak předejít problematickému párování chromozomů u hybridů (Brochmann et al. 2004). Vzniká allopolyploidi pak kombinují genomy a vlastnosti obou rodičovských druhů – v buněčném jádře mají dvě či více odlišných sad chromozomů, které při meióze vytváří bivalenty a vyznačují se také disomickou dědičností. Původ polyploidů tak lze odhalit pomocí molekulárních metod, např. alozymů (Plačková 2011), sekvenováním DNA nebo ze segregančních poměrů potomstva z kontrolního křížení (Mráz 2012).

Důsledky polyploidizace nejsou dosud plně známy a jsou velmi variabilní (Weiss-Schneeweiss et al. 2013). Mezi nejčastěji zmiňované výhody patří již samotná duplikace genů, poskytující nový materiál pro různé evoluční procesy (mutace, genetický drift), kterými mohou z původních genů vzniknout geny specializovanější nebo s novou funkcí. Přítomnost více alel jednoho genu (heterozygotita) umožňuje větší flexibilitu při skládání různých enzymatických podjednotek, což se projeví flexibilnějším metabolismem a umožní polyploidním rostlinám zvládat širší spektrum ekologických podmínek, lépe reagovat na jejich změny a osidlovat nová stanoviště a niky (Otto et Whitton 2000, McIntire 2012, Magadum et al. 2013).

Polyploidní cytotypy tak mohou osidlovat větší území, než jejich diploidní příbuzní a častěji se vyskytují ve vyšších nadmořských výškách a zeměpisných šířkách, včetně Arktidy. Zda to souvisí s větší kompetiční zdatností polyploidů a rychlejším šířením na nová odledněná stanoviště (Brochmann et al. 2004) nebo s tím, že v klimaticky méně příznivých podmínkách jsou poruchy meiózy častější (Otto et Whitton 2000) a tropické a subtropické oblasti nejsou dosud podrobně prozkoumány (Weiss-Schneeweiss et al. 2013), není dosud zcela jasné.

I když mohou polyploidi osidlovat mnohem větší areály, přítomnost různých cytotypů téhož druhu na různých, často geograficky oddělených územích, je dána i jejich nezávislým a opakovaným (polytopním) vznikem v různých částech areálu původních diploidů (Soltis et Soltis 1999). Stabilizace nově vzniklého polyploidního jedince v populaci převážně diploidních rostlin či jeho postupné převládání bylo dříve pokládáno za velmi vzácný jev, protože podle teorie *Minority cytotype exclusion* (Levin 1975), by menšinový cytotyp neměl mít dostatek vhodných reprodukčních partnerů a měl by se tedy rozmnožovat převážně nepohlavně, např. apomixií. I když je většina apomiktů polyploidní, většina polyploidů není apomiktická (Otto et Whitton 2000).

Větší množství jaderného materiálu je také spojeno s větší velikostí buněk a změnou fenotypu – jako morfologické znaky ovlivněné polyploidizací se spolu s větším vzrůstem a semeny často uvádí velikost pylových zrn a svěracích buněk průduchů, přestože u některých druhů se velikost buněk s rostoucí ploidí téměř nemění a často může záviset i na podmínkách prostředí (Otto et Whitton 2000). Pro možnou speciaci cytotypů je důležitý zejména vliv polyploidie na velikost květů a prostorové uspořádání květních orgánů, umožňující biotické interakce s opylovači

a následnou selekci a diverzifikaci jednotlivých cytotypů. Velikost květů je ale také v některých případech ovlivněna prostředím (Otto et Whitton 2000, Roquet et al. 2008, Maad et al. 2013).

Odlišné areály, morfologické rozdíly a reprodukční izolovanost mohou vést k postupné diferenciaci jednotlivých cytotypů, které pak mohou být popisovány jako samostatné taxony na druhové (např. Mráz et al. 2011, Koutecký et al. 2012) či nižší (např. Kovanda 1967) úrovni.

2.1.3 *CAMPANULA ROTUNDIFOLIA* AGG.

Studované taxony patří do rodu *Campanula* (zvonek), který je v současnosti charakterizován jako vytrvalé, vzácněji dvouleté či jednoleté byliny s mléčnicemi v blízkosti floému a s jednoduchými, střídavými listy bez palistů. Pravidelné pětičetné květy jsou jednotlivé nebo uspořádané v koncových květenstvích (laty, hrozny, strbouly) s kalichem členěným do $\frac{1}{4}$ až $\frac{1}{2}$. Kališní cípy jsou trojúhelníkovité až čárkovité s širokou bází, mezi cípy jsou u některých druhů přívěsky. Koruna je nejčastěji zbarvena různými odstíny modré či fialové, vzácněji bílé a žluté (u pěstovaných kultivarů i červeně a růžově), široce až nálevkovitě zvonkovitá, vzácně trubkovitá, do $\frac{1}{3}$ až $\frac{3}{4}$ srostlá, s 5 trojúhelníkovitými až kopinatými cípy. Pět tyčinek s volnými prašníky má rozšířenou bázi s trichomy, kryjící nektárium na vrcholu semeníku, který je spodní, trojpouzdrý, vzácněji pětípouzdrý. Jednoduchá čnělka je stejně dlouhá jako koruna, s vymetacími trichomy, s troj(pěti)ramennou bliznou. Plodem jsou tenkostěnné tobolky otevírající se 3 (5) bočními nebo bazálními děrami nebo chloupky, s vytrvávajícími kališními cípy a mnoha drobnými elipsoidními semeny, která mohou mít blanitý lem (Kovanda 2000, Goliašová et al. 2008).

Modrofialové zbarvení koruny je jednou z adaptací tohoto rodu na opylování hmyzem, hlavně včelami a čmeláky, v menší míře ostatními blanokřídlými, motýly, brouky a dvoukřídlými (Kovanda 2000), jejichž velikost může být limitována průměrem korunní trubky. Nektar je vylučován na vrcholu semeníku na bázi květu, chráněný trichomy, které nutí opylovače zvolit konkrétní přístupovou cestu, vedoucí přes čnělku, kde nabere echinátní pylová zrna z obalených vymetacích trichomů. Tyto chlupy mohou kromě přítomnosti pylu usnadnit menšímu hmyzu cestu k nektaru. U druhů se široce otevřenou korunou toto uspořádání neplatí (Shetler 1979).

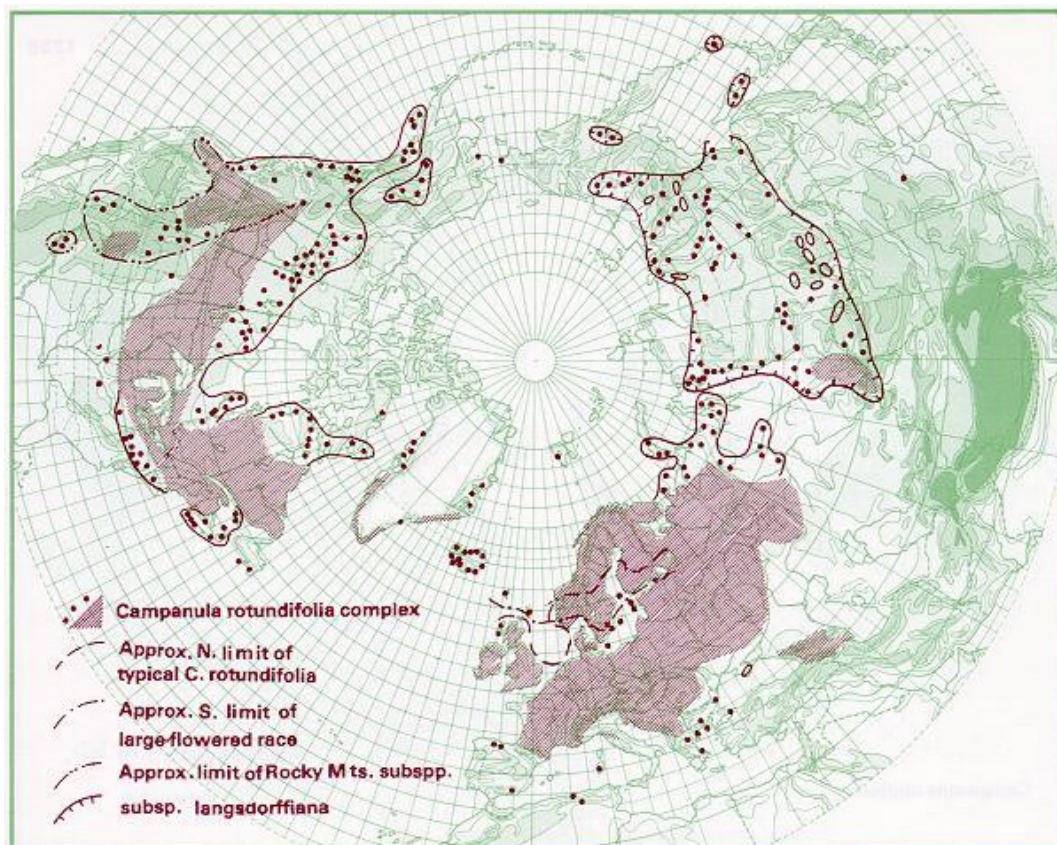
Opylovači musí květ navštívit dvakrát, jednou v samčí a poté opakovaně v samičí fázi, vzhledem k výrazné proterandrii (Shetler 1979, Kovanda 2000, Stevens et al. 2012). Zralý pyl je uvolňován před otevřením blizny, často již v poupěti, kde se introrzní prašníky spojí v trubičku kolem nezralého pestíku, jehož horní část je z vnější strany porostlá vymetacími trichomy. Zároveň s uvolňováním pylu se dolní lysá část čnělky prodlužuje a trichomy smetají pyl z prašníků a vynášejí ho ze spodní části květu. Po vymetení pylu tyčinky seschnou a zkroutí se na bázi květu. V běžných podmínkách se blizna nerozevře, dokud není odnesen všechen pyl a retraktilní trichomy nevymizí (invaginují). Rozevření blizny pak většinou trvá cca tři hodiny, ale někdy i déle než dva dny. Samčí a samičí fáze květu se nepřekrývají, květy jsou dichogamické, čímž je zabráněno samoopylení v rámci jednoho květu a mladší (samčí) květy musí opylovat starší (samičí).

V závěrečné fázi kvetení se ramena blizny stáčí k čnělce a u druhů s dostatečně dlouhými rameny (*C. patula* L., *C. persicifolia* L.) může dojít k samoopylení zbytky vlastního pylu (Gadella 1964, Kovanda 2000). Kleistogamie byla pozorována u arktického druhu *C. uniflora* L. a jeden sterilní kleistogamický klon byl nalezen i u druhu *C. rotundifolia* v Minnesotě (USA) v r. 1945 (Shetler 1979). K samoopylení dochází i u *C. dichotoma* L., *C. propinqua* Fisch. et C. A. Mey., *C. fastigiata* Dufour ex Schult. a *C. americana* L. (Galloway et al. 2003, Olesen et al. 2013).

***Campanula rotundifolia* L.**

Druh *C. rotundifolia* byl na základě morfologických znaků (nepřítomnost kališních přívěšků, tobolka otvírající se bazálními póry) řazen do podtribu Campanula s. str. (DeCandolle 1830, Boissier 1875, Kovanda 1967, Goliašová et al. 2008), molekulárně – fylogenetické studie však ukázaly (Eddie et al. 2003), že patří do podtribu Rapunculus, kam spadá většina druhů bez kališních přívěšků a tobolkou otevírající se většinou apikálními nebo laterálními póry, rostoucí v Mediteránu a v Severní Americe. Pozdější podrobnější studie (Roquet et al. 2008, Wendling et al. 2011) ukázaly, že do této skupiny (podtribus Rapunculus) patří celá sekce Heterophylla (Witas.) Fed., jejíž součástí je *C. rotundifolia*.

***C. rotundifolia* agg.** je extrémně polymorfní polyploidní komplex, cirkumpolárně rozšířený na většině území Evropy, v Asii a v severní Americe a zasahující až do severní části Mexika a Severní Afriky (obr. 2). Molekulárně fylogenetická studie zabývající se čeledí Campanulaceae a pracující s velkým počtem severoamerických druhů (Wendling et al. 2011) ukázala, že vyčlení-li se *C. scheuchzeri* Vill. jako samostatný druh, druh *C. rotundifolia* je parafyletický.



Obr. 2: Rozšíření komplexu *C. rotundifolia* agg. (převzato z: Meusel et Jäger 1992)

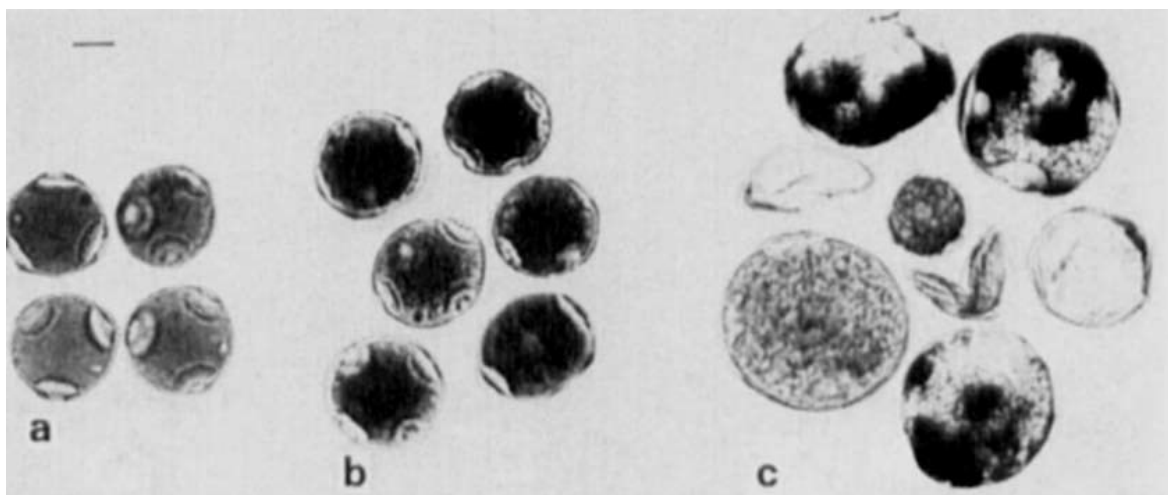
Pro celý komplex *C. rotundifolia* agg. je společné základní chromosomové číslo $x = 17$ a jsou známy (Fedorov et Kovanda 1976) tři hlavní ploidní úrovně: diploidi ($2n = 2x = 34$), tetraploidi ($2n = 4x = 68$) a hexaploidi ($2n = 6x = 102$). Triploidní jedinci ($2n = 3x = 51$) byli příležitostně zaznamenáni v přírodě i v umělých podmínkách jako kříženci diploidů a tetraploidů (Gadella 1964, Kovanda 1966a,b), pentaploidi ($2n = 5x = 85$) vznikli experimentální hybridizací tetraploidů a hexaploidů a byli sterilní (Gadella 1964). Na území Velké Británie jsou však pentaploidi známi i z volné přírody, rostou zde ve smíšených populacích ($4x + 5x$, $6x + 5x$) i v ploidně uniformních populacích (Stevens et al. 2012). Tetraploidi jsou známi z Kanady (Gadella 1964), USA (Bingham et Ranker 2000), Velké Británie, Francie, Belgie, Holandska, Německa, Švýcarska, Rakouska, Itálie, Ruska (Gadella 1964), Norska, Dánska a Finska (Böcher 1936, Laane et al. 1983). Hexaploidní počet chromozomů je znám ze Španělska (Geslot 1973, Stevens et al. 2012), Andory (Geslot 1973), Francie (Hubac 1961, Gadella 1964), USA (Gadella 1964) a Velké Británie (Stevens et al. 2012), v Panonii byli hexaploidi vyčleněni jako samostatný taxon *C. moravica* subsp. *xylorrhiza* (Kovanda 1968).

C. rotundifolia je paleopolyploid (Alsos et Engelskjøn 2002), který pravděpodobně vznikl hybridizací taxonů s chromosomovými čísly $x = 8$ a $x = 9$, které dnes již vyhynuly, protože současné taxony s těmito základními chromosomovými čísly mají chromozomy 2 – 3 krát delší a odlišného tvaru (Gadella 1964). Chromozomy *C. rotundifolia* agg. jsou poměrně malé (cca $2 \mu\text{m}$), studium karyotypu je tudíž velmi obtížné. U tetraploidů z Norska byla pozorována nepravidelná meióza, při

kteřé docházelo k tvorbě univalentů i multivalentů (bivalentů, trivalentů, quadrivalentů, hexavalentů). Docházelo také k častým ztrátám dislokovaných chromozomů, které se na dělicí vřeténko nenavázaly vůbec nebo jen částečně. Byly zde také nalezeny akcesorické chromozomy, jejichž počet se lišil mezi buňkami téhož jedince. U hexaploidů byla velmi častá tvorba 1 – 2 hexavalentů a obvykle více než čtyř quadrivalentů (Laane et al. 1983).

Tetraploidní cytotypy *C. rotundifolia* agg. jsou nejčastěji považovány za autopolyplidy původních diploidních typů (Kovanda 1967, Laane et al. 1983, Bingham et Ranker 2000, Rauchová 2007). Byla u nich pozorována tvorba multivalentů, což může souviset s translokací chromozomů u hybridů (Laane et al. 1983) – jak je uvedeno výše, diploidní předek nejspíše vznikl dávnou allopolyploidizací (Böcher 1936).

Vzhledem k existenci tří ploidních úrovní, velké ekologické plasticitě a morfologické variabilitě, jsou z tohoto komplexu vyčleňovány a popisovány samostatné taxony na druhové či nižší úrovni z geograficky vymezených území (Kovanda 1967, Kovačič 2004, Roquet et al. 2008, Wendling et al. 2011), lišící se často pouze drobnými morfologickými rozdíly či chromozomovým počtem (Kovanda 1967). Některé znaky se přitom ukazují jako ne zcela vhodné – např. znak založený na způsobu otevírání tobolek je homoplazický, často variabilní v rámci druhu, kde se mění v závislosti na typu květenství tak, aby co nejlépe umožnil šíření semen (Stefanovič et al. 2008). Velikost koruny je často používána jako znak související s polyploidí a odlišující jednotlivé druhy, poddruhy či cytotypy (Kovanda 1967, 2000). Velikost květů a jejich počet se ale také velmi mění v závislosti na podmínkách prostředí (Stevens et al. 2012). Ve vyšších nadmořských výškách jsou květy obvykle větší a je jich méně, což souvisí zejména se změnami ve velikosti, případně v druhovém složení opylovačů (Roquet et al. 2008, Maad et al. 2013). Podle některých studií se cytotypy *C. rotundifolia* agg. liší velikostí semen, tobolek, květů (Kovanda 1967) a pylových zrn (obr. 3) (Laane et al. 1983, Stevens et al. 2012), podle jiných jsou tyto znaky kvůli značnému překryvu (pylová zrna: Böcher 1936, Kovanda 1967, semena: Stevens et al. 2012, květy: Kovačič et Nikolić 2006) nepoužitelné.



Obr. 3: Pylová zrna diploidního (a), tetraploidního (b) a potenciálně triploidního (c) cytotypu *C. rotundifolia*. Fotografováno při stejném měřítku (10 μ m), vzorek (c) měřen z herbářové položky, bez ověření počtu chromozomů. Převzato z: Laane et al. (1983).

Celý komplex se dále dělí do 5 sérií (tab. 3): Vulgares, Saxicolae, Alpicolae, Scheuchzerianae a Lanceolatae (Kovanda 1967).

Tab. 3: Série komplexu *C. rotundifolia* gg. v sekci Heterophylla a jejich zástupci v České republice. Podle Kovanda (1967).

	Vulgares	Saxicolae	Scheuchzerianae
oddenek	tenký, větvený	ztlustlý, \pm nevětvený	tenký, větvený
lodyha	oblá / hranatá	oblá	hrnatá
tobolka	blanitá, nící	kožovitá / dřevnatá	blanitá, nící
poupata	vzpřímená	vzpřímená / nící	vzpřímená / nící
květy	prašník \leq nitka	prašník $>$ nitka	prašník = nitka
semeník	hladký	papilózní	?
druhy v ČR	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i> , <i>C. gentilis</i>	<i>C. bohémica</i> , <i>C. gelida</i>

Na našem území je komplex *C. rotundifolia* agg. zastoupen několika morfologicky velmi podobnými příbuznými druhy (Kovanda 1967), z nichž většina je ploidně heterogenní a široce rozšířená (tab. 4, obr. 4a, b, c, d).

Tab. 4: Taxony z okruhu *C. rotundifolia* agg. v České republice. Podle Kovanda (1967, 2002a).

	<i>C. rotundifolia</i> ssp. <i>rotundifolia</i> L.	<i>C. rotundifolia</i> ssp. <i>sudetica</i> (Hruby) Soó
ploidie	2x, 4x	4x
rostliny	netrsnaté	trsnaté
lodyha (cm)	20 - 60	5 - 20
lodyžní listy	rovnoměrně po celé lodyze	nahloučené v dolní části lodyhy
střední lodyžní listy	širší než 1,8 mm	většinou chybí
květenství	mnohokvěté	1 - 5 květů
semeník	lysý (výj. roztroušené papily)	lysý (výj. roztroušené papily)
tobolka (mm)	blanitá, 2 - 3 (- 5)	blanitá, 5 - 7 (- 8)
oddenek	tenký	tenký
koruna - délka (mm)	10 - 20	16 - 24
kališní cípy - šířka (mm)	0,8 - 1,2	1,1 - 1,5
rozšíření	běžný	Krkonoše, Hrubý Jeseník
serie	Vulgares	Vulgares
	<i>C. gentilis</i> Kovanda	<i>C. moravica</i> (Spitzner) Kovanda
ploidie	2x, 4x	4x, 6x
rostliny	trsnaté	trsnaté / netrsnaté
lodyha (cm)	20 - 30	25 - 50 (- 70)
lodyžní listy	nahloučené v dolní č. lodyhy	nahloučené v dolní části lodyhy
střední lodyžní listy	0,5 - 1,4 mm široké	0,9 - 1,8 mm široké
květenství	chudokvěté	bohaté
semeník	hustě papilozní (vz. lysý)	hustě papilozní (vz. lysý)
tobolka (mm)	kožovitá, 3 - 5 (- 7)	zdřevnatělá, 5 - 7 (- 8)
oddenek	tenký (max. 2 mm v průměru)	ztlustlý (až 6 mm v průměru)
koruna - délka (mm)	12 - 18 (22)	16 - 22 (- 25)
kališní cípy - šířka (mm)	0,6 - 0,9	0,8 - 1,1
rozšíření	střední Čechy, Bavorsko	hlavně Morava, Slovensko
serie	Saxicolae	Saxicolae



Obr. 4a, b: *C. rotundifolia* subsp. *rotundifolia* (vlevo) a *C. rotundifolia* subsp. *sudetica* (vpravo) (převzato z: Slavík 2000, upraveno).



Obr. 4c, d: *C. gentilis* (vlevo) (převzato z: Slavík 2000, upraveno) a *C. moravica* (vpravo) (převzato z: Király et al. 2011, upraveno).

Celý komplex *C. rotundifolia* agg. byl v druhé polovině minulého století revidován M. Kovandou (Kovanda 1967). Podle něj roste v rámci komplexu *C. rotundifolia* agg. na území Čech nejčastěji diploidní cytotyp, který je na Moravě a na Slovensku nahrazen tetraploidními a případnými hexaploidními populacemi. Tyto vyšší ploidní úrovně se od *C. rotundifolia* snažil oddělit a na základě karyologie, geografie a morfologie je definovat jako samostatné taxony.

2.1.3.1 *C. rotundifolia* – zvonek okrouhlostý

Podle Kovandy (Kovanda 1967, 2000, 2002a) je na území Čech nejčastější diploidní *C. rotundifolia* subsp. *rotundifolia* L. (obr. 5a, b, c). Tetraploidní cytotyp *C. rotundifolia* je zde velmi vzácný, vyskytuje se v malém množství vtroušeně ve smíšených populacích zejména na jihu Čech a na Šumavě, případně může tvořit čisté populace na severu našeho území, v supramontánním a subalpinském stupni. Horské populace v Krkonoších a Jeseníkách byly vzhledem k částečné allopatrii a drobným morfologickým odchylkám odlišeny jako podruh *C. rotundifolia* subsp. *sudetica* (Hruby) Soó, tetraploidní jedinci na zbytku území nebyli taxonomicky hodnoceni a byli pokládáni za autotetraploidy, vznikající opakovaně v jednotlivých populacích (Kovanda 1967). Kovanda (1977) také převážně na Šumavě udává několik lokalit s triploidními jedinci. Samostatné populace tetraploidního cytotypu *C. rotundifolia* subsp. *rotundifolia* jsou na mapě (Kovanda 1977) lokalizovány v jižních Čechách, na jihu středních Čech a na Křivoklátsku.

Na Slovensku je *C. rotundifolia* velmi vzácnou rostlinou. Diploidní cytotyp odtud není skoro znám, případně se jedná o zavlečené jedince na sekundárních stanovištích. Tetraploidi rostou převážně na horách a na skalách a některé populace jsou taxonomicky obtížně hodnotitelné, protože se, vzhledem k morfologické variabilitě taxonů, často podobají dalším horským (*C. tatrae* Borbás) nebo skalním druhům (*C. xylocarpa* Kovanda)(Goliašová et al. 2008).

Druh je Kovandou (Kovanda 1967, 2000, 2002a) charakterizován jako polyploidní, široce rozšířený druh s širokou ekologickou amplitudou, tenkým větveným oddenkem, oblou rovnoměrně olistěnou lodyhou a květy s hladkým semeníkem a blanitou tobolkou v nestažených květenstvích.



Obr. 5a: Diploidní *C. rotundifolia* z lokality č. 40 (Staniměřice). Velikost rostliny cca 20 cm.



Obr. 5b: Diploidní *C. rotundifolia* z lokality č. 109 (Pocoucov a Ptáčov). Velikost rostliny cca 40 cm.



Obr. 5c: Tetraploidní *C. rotundifolia* z lokality č. 79 (Na Černčů). Velikost rostliny cca 70 cm.

2.1.3.2 *C. gentilis* – zvonek jemný

Zejména v Českém Středohoří a středním Povltaví byly některé diploidní populace rostoucí ve skalních štěrbinách vylišeny jako samostatný taxon na druhové úrovni – *C. gentilis* Kovanda (obr. 6a, b, c). Na některých lokalitách tohoto taxonu byly nalezeny i tetraploidní cytotypy, v minulosti formálně odlišené kvůli nedostatečné morfologické diferenciaci pouze jako forma (*C. gentilis* f. *duplex*). Recentní studie (Rauchová 2007) zjistila pomocí moderních biosystematických metod značné rozdíly v cytogeografii *C. gentilis* oproti původním údajům (Kovanda 1967, 2000, 2002a): v současnosti rostou tetraploidní rostliny i v samostatných populacích a areály obou cytotypů jsou z velké části parapatrické s diploidními rostlinami rostoucími převážně v Českém Středohoří a tetraploidními rostlinami převážně v Povltaví.

Druh roste také v Bavorsku – zdejší populace jsou převážně diploidní (jedna cytotypově smíšená) a až na papilózní semeník se podobají *C. rotundifolia* (Rauchová 2007), od které se *C. gentilis* liší především silnou vazbou na skalní štěrbinu, pozdním vykvétáním, trsnatostí, úzkými listy nahloučenými v dolní části lodyhy, převážně papilózním semeníkem a kožovitou tobolkou.

Druhy *C. rotundifolia* a *C. gentilis* byly revidovány J. Rauchovou (2007). Zjistila značné rozdíly v rozšíření cytotypů *C. gentilis* a našla vhodné rozlišovací znaky mezi jednotlivými taxony (papilózní semeník a užší listy nahloučené v dolní části lodyhy u *C. gentilis*) a jejich cytotypy (délka blizny s čnělkou, velikost semen a poměr šířky kališních a korunních cípů).



Obr. 6a: Diploidní *C. gentilis* z lokality č. 76 (Bořeň).
Velikost rostliny cca 15 cm.



Obr. 6b: Diploidní *C. gentilis* z lokality č. 88 (Milá). Velikost rostliny cca 30 cm.



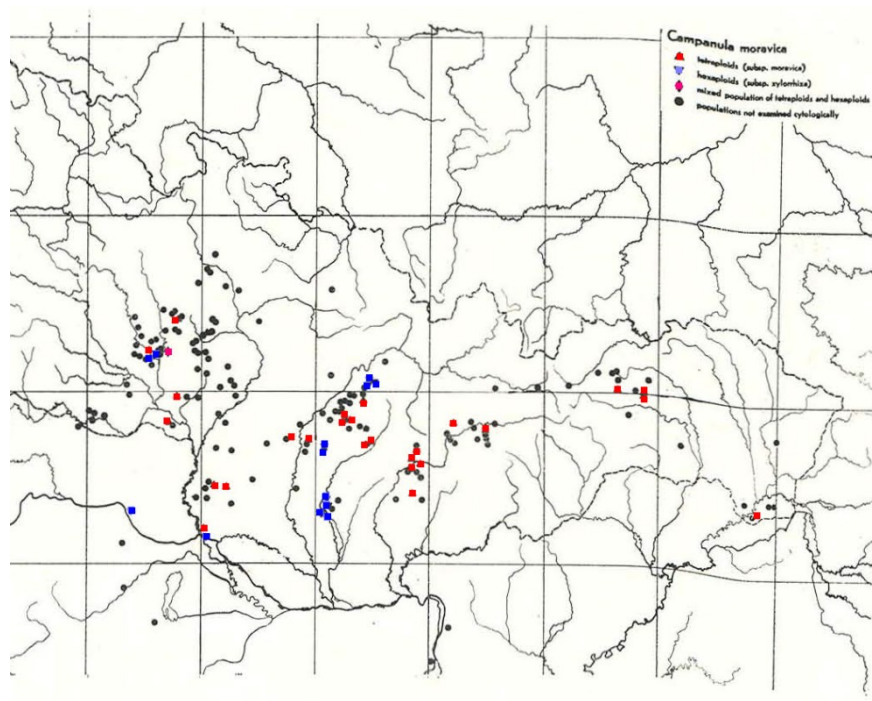
Obr. 6c: Tetraploidní *C. gentilis* z lokality č. 119 (Řeporyje – Placatá skála).
Velikost rostliny cca 30 cm.

2.1.3.3 *C. moravica* – zvonek moravský

Druh *C. moravica* (Spitzner) Kovanda, zvonek moravský, je svým autorem (Kovanda 1967, 1968) definován jako rostliny ze série Saxicolae z panonské oblasti s následujícími charakteristickými vlastnostmi: tetraploidní, případně hexaploidní počet chromozomů, stabilizovaný komplex morfologických znaků (ztloustlý, prodloužený oddenek, lodyha olistěná jen v dolní části, stažené květenství, hustě papilózní semeník a nící, zdřevnatělá tobolka), pozdní vykvétání a široká ekologická amplituda.

Platnost uvedených znaků ale nemusí být jednoznačná. Jak poznamenává autor popisu, rostliny v populaci sice mohou vykazovat určitý znakový trend, správné určení všech jedinců v populaci však často není možné kvůli překryvům prakticky všech znaků s ostatními domácími taxony ze skupiny *C. rotundifolia* agg. (Kovanda 2002a). Nespolehlivá je i determinace herbářových položek (Kovanda 2002b).

C. moravica se diferencuje ve dva cytotypy. Vedle častější tetraploidní *C. moravica* subsp. *moravica* (Spitzner) Kovanda byla popsána (Kovanda 1968) hexaploidní *C. moravica* subsp. *xylorrhiza* (O. Schwarz) Kovanda, podle literárních údajů (Kovanda 2000, 2002a) rostoucí ve smíšených populacích (Hády u Brna, Devínská Kobyla) i samostatně (Grygov, Stříbrnice u Uherského Hradiště, Kamenný kopec, v pohoří Tríbeč na Slovensku a v Dolním Rakousku) (obr. 7).



Obr. 7: Tetraploidní (červeně) a hexaploidní (modře) cytotypy *C. moravica*. Podle Kovanda (1970b), upraveno.

C. moravica (obr. 8a, b, c, d, e), roste na skalních stepích, skalnatých a křovinatých svazích a v lesostepích, na minerálně bohatých, občas skeletovitých půdách v planárním a kolinním stupni Panonského termofytika a v nejteplejších částech navazujícího mezofytika. Centrem rozšíření je jihovýchodní Morava a západní Slovensko, dále je znám z Dolního Rakouska, Maďarska, severozápadního Rumunska (Kovanda 2000) a v nedávné době byly na základě herbářových dokladů, pocházejících nejčastěji z přelomu 19. a 20. století, nalezeny lokality i v severní Itálii, na Balkáně a na Ukrajině (Kovanda 2002b).

Morfologicky je *C. moravica* nejpodobnější tetraploidní *C. marchesettii* Witas., endemitu Istrie a Kraňska (shodují se statnou lodyhou, tvarem lodyžních listů a konzistencí tobolky, liší se tloušťkou oddenku, charakterem odění lodyhy, olistěním a tvarem květenství), z diploidů je morfologicky nejbližší *C. gentilis*, která se odlišuje zejména neztlustlým oddenkem, velikostí květů, průduchů a tobolek. Protože až na uvedené rozdíly je *C. gentilis* „miniaturou“ *C. moravica*, vedlo to Kovandu (1967) k závěru, že *C. moravica* vznikla autopolyploidizací druhu *C. gentilis* (nebo jeho vývojového předka). Geograficky nejbližší diploidní taxon – *C. xylocarpa* – je morfologicky zcela odlišný (zejména tvarem oddenku, květenství, kališních cípů a postavením tobolky) a tudíž nepatří mezi nejbližší vývojové předky (Kovanda 1967). Podle molekulárně-fylogenetické studie (Roquet et al. 2008) je *C. moravica* sesterská větví *C. rotundifolia* a *C. scheuchzeri*, vztahy v této skupině jsou však vzhledem k parafylii *C. rotundifolia* (Wendling et al. 2011) velmi komplikované.

Taxon *C. moravica* je definován zejména geograficky a karyologicky. Západní hranice areálu dosahuje ke Znojmu a Třebíči, severní k Olomouci, Litovli (Kovanda 1967), až po Uničov a Štramberk (Kovanda 2002a) a víceméně koresponduje s oblastí xerothermní vegetace. Na jih a na východ je hranice areálu méně jasně ohraničená, ale zahrnuje celé Slovensko a sever Rakouska a Maďarska (Kovanda 1967, 1970b, 2002a,b).

C. moravica byla od *C. rotundifolia* a *C. gentilis* odlišena na základě tetraploidního, případně hexaploidního, počtu chromozomů a kvantitativních morfologických rozdílů, spojovaných s vlivem polyploidie.

Rozšíření cytotypů a determinační znaky byly Kovandou ustanoveny na základě malého počtu rostlin, s použitím technik dostupných před 40 lety. Znaky byly do souvislosti s polyploidii často dány na základě karyologického studia omezeného počtu jedinců (v některých případech jediné rostliny z populace). S rozvojem biosystematických metod je dnes možné karyologicky studovat mnohem větší populační vzorky (průtoková cytometrie) a objektivněji zhodnotit fenotypovou variabilitu (mnohorozměrná morfometrika). V současnosti také existuje větší množství studií zabývajících se vlivem polyploidie na fenotyp rostlin, které umožní zasadit získaná data do širšího kontextu.



Obr. 8a: Tetraploidní *C. moravica* z lokality č. 24 (Šášov). Velikost rostliny cca 50 cm.



Obr. 8b: Tetraploidní *C. moravica* z lokality č. 90 (Štramberk). Velikost rostliny cca 40 cm.



Obr. 8c: Hexaploidní *C. moravica* z lokality č. 34 (Čachtický hradný vrch). Velikost rostliny cca 10 cm.



Obr. 8d: Hexaploidní *C. moravica* z lokality č. 32 (Omšenie – Baba). Velikost rostliny cca 40 cm.



Obr. 8e: Hexaploidní *C. moravica* z lokality č. 2 (Návdavky u Němčan). Velikost rostliny cca 110 cm.

2.2 PRINCIPY POUŽITÝCH METOD

2.2.1 PRŮTOKOVÁ CYTOMETRIE

Ke stanovení stupně ploidy *C. moravica* a příbuzných zájmových taxonů byla použita metoda průtokové cytometrie (*flow cytometry*, FCM). Tato rychlá a jednoduchá metoda je nedestruktivní a levná a poskytuje, díky možnosti analyzovat velké množství jedinců a částic z jednoho jedince, statisticky robustní data. Vzhledem k rychlosti přípravy a zpracování vzorků je metodou průtokové cytometrie možné studovat nejen jedince, ale i celé populace.

Metoda umožňuje analýzu vlastností jednotlivých izolovaných částic, v tomto případě jader rostlinných buněk, a stanovení relativního (případně absolutního) obsahu jaderné DNA.

Principem průtokové cytometrie (Suda 2011) je uvolnění buněčných jader z rostlinných buněk, specifické navázání fluorochromu (fluorescenčního barviva) na DNA studovaného jedince a jeho následná excitace zdrojem záření. Při excitaci a následném návratu do původního stavu je uvolněna tepelná a světelná energie (fluorescence). Uvolněné světlo má jinou vlnovou délku (a barvu) a je možné jej oddělit a kvantifikovat pomocí průtokového cytometru. Měření probíhá v průtokové komůrce cytometru snímáním intenzity fluorescence jednotlivých částic (např. buněčných jader) v proudu unášecí kapaliny. Kapalina (nejčastěji destilovaná voda) je do komůrky přiváděna pod větším tlakem, než suspenze částic z kapiláry a udržuje je tak v úzké středové části proudu, kde se částice uspořádaně a rychle (v případě některých typů analýz až 1 000 částic za vteřinu; Doležel et al. 2007) pohybují jedna za druhou (hydrodynamická fokusace) a procházejí ohniskem zdroje excitačního záření. Po zpracování a zesílení je fluorescenční signál digitalizován a graficky vizualizován, např. jako histogram relativní intenzity fluorescence (osa x) a množství měřených částic (osa y).

Kvůli rozdílné barvitelnosti jednotlivých částic a dalším faktorům dochází k rozptylu hodnot fluorescence vyjádřených variačním koeficientem (*coefficient of variation*, CV) jako podíl směrodatné odchylky a střední hodnoty pozice píku (Watson 1991). Tento koeficient vypovídá o rozlišovací schopnosti konkrétního měření a zpravidla se pohybuje v rozmezí 1 – 10 %. Pro relevantní zhodnocení dat by neměl přesáhnout 3 %, protože platí, že je možné odlišit dva stejně vysoké píky pouze v případě, že rozdíl v obsahu DNA u těchto objektů je dvojnásobkem CV.

Ke stanovení relativního množství DNA v jádře (stupeň ploidy) byl použit fluorochrom DAPI (4',6-diamidino-2-fenylindol), který se selektivně váže k oblastem DNA bohatým na A-T báze. Je excitován v ultrafialové oblasti (max. 356 nm) a vyzářuje modré světlo (max. 461 nm).

2.2.2 MNOHORozMĚRNÁ MORFOMETRIKA

K nalezení morfologických znaků vhodných pro odlišení *C. moravica* a příbuzných zájmových taxonů byly použity mnohorozměrné statistické postupy, které umožňují zpracovat velké množství jedinců a znaků a eliminují tak subjektivní rozhodování (Marhold et Suda 2002). Vzhledem k tomu, že se nerozlišuje homologie znaků, jsou přístupy multivariační morfometrie využitelné hlavně na mezidruhové a nižší úrovni.

Pro zjištění celkové struktury dat byla využita metoda **PCA** (*principal component analysis*, analýza hlavních komponent), která slouží k tvorbě hypotéz o podobnosti studovaných objektů. Každý objekt představuje bod v prostoru o tolika rozměrech, kolik znaků bylo využito k jeho popisu a tato metoda umožňuje omezit množství rozměrů znakového prostoru a přitom zachovat hlavní vztahy tak, aby došlo pouze k minimální ztrátě informace obsažené v původních datech. PCA nahrazuje původní znaky novými, vzájemně nekorelovanými. Relativní pozice objektů v původním znakovém prostoru je stejná, jako jejich pozice v prostoru určeném hlavními komponentami (nové znaky, osy). Každá komponenta je lineární kombinací (funkcí) celého souboru původních znaků, které byly transformovány vynásobením koeficienty. Hlavní komponenty jsou vedeny ve směru největší variability mezi objekty, jsou vzájemně kolmé a uspořádané podle klesající variability – několik prvních komponent v sobě zahrnuje podstatnou část variability studovaného souboru. Z primární matice objektů a znaků vytváří PCA symetrickou matici založenou na původních znacích, kde jsou vzájemné vztahy mezi objekty vyjádřené koeficienty. K této matici je možné přiřadit reálná vlastní čísla (*eigenvalues*) a vektory (*eigenvectors*). Vlastní číslo udává míru variability znaku (původního souboru objektů) vyjádřenou danou komponentou a lze z něho odvodit podíl celkové variability vyjádřený touto osou (v %). Z absolutní hodnoty vektorů lze odvodit míru vlivu původních znaků na hlavní komponenty (čím vyšší je hodnota, tím vyšší byla důležitost daného původního znaku pro novou komponentu).

K testování vztahů mezi různými skupinami objektů byly použity různé typy diskriminačních analýz: kanonická diskriminační analýza, snažící se o maximalizaci rozdílů mezi předem stanovenými skupinami objektů a hledání znaků odlišujících dané skupiny a neparametrická klasifikační diskriminační analýza, snažící se o minimalizaci chybně určených jedinců a umožňující identifikaci neznámých jedinců.

Kanonická diskriminační analýza popisuje vztahy mezi objekty v prostoru definovaném kanonickými osami, které jsou vedené ve směru největší variability mezi skupinami. Na těchto osách mají největší podíl znaky málo variabilní uvnitř skupin a hodně variabilní mezi nimi. Maximální počet kanonických os je omezen a je o jednu nižší, než je počet znaků či skupin použitých pro analýzu. Kanonické osy jsou lineární kombinací diskriminačních znaků, koeficienty první funkce (kanonické osy) se odvozují tak, aby těžiště skupin byla maximálně vzdálená, a koeficienty další funkce tyto rozdíly dále zvětšují, přičemž všechny funkce nesmí být vzájemně korelované. Koeficienty kanonických diskriminačních funkcí určují zachycenou míru rozptylu a vychází z matic

celkových a vnitroskupinových součtů čtverců a součinů. Po vydělení prvků těchto matic počtem stupňů volnosti dané matice je získána celková a vnitroskupinová kovarianční matice. Rozdíly mezi těmito maticemi vyjadřuje meziskupinová kovarianční matice. Koeficienty diskriminační funkce jsou závislé na měřítku, standardizované koeficienty vyjadřují jedinečný příspěvek znaku pro oddělení skupin podél dané osy. Při interpretaci důležitosti jednotlivých znaků je v taxonomických studiích vhodnější vycházet z korelačních koeficientů označovaných jako celkové kanonické koeficienty (*total canonical structure*, celková kanonická struktura), které se počítají bez ohledu na vliv ostatních znaků na danou kanonickou osu a jejich možnou vzájemnou korelaci. Míru meziskupinové variability zachycené danou kanonickou osou vyjadřují vlastní čísla (*eigenvalues*).

Klasifikační diskriminační analýza umožňuje identifikaci objektů pomocí vypočtených rovnic (klasifikační funkce). Tyto rovnice vycházejí z minimálně dvou odlišných známých skupin a kombinují jednotlivé znaky tak, aby umožnily s určitou pravděpodobností určit objekty ze skupiny s nejasným postavením.

Dále umožňuje testovat úspěšnost klasifikace na základě použitých znaků. Při tzv. metodě křížového ověření (*cross-validation*) se z celkového souboru postupně odebírá jeden objekt, na kterém se zpětně ověří klasifikační kritérium odvozené na základě souboru zbylých objektů. Výsledkem je klasifikační tabulka s procentuálním vyjádřením úspěšnosti zařazení objektů do skupin. Pokud data nemají mnohorozměrné normální rozdělení, využívá se pro odvození klasifikačního pravidla založeného na pravděpodobnostních modelech neparametrická metoda, např. *k*-nejbližších sousedů (*k-nearest neighbors*), při které je konkrétní objekt klasifikován do skupiny na základě informací z jeho nejbližšího okolí (*k* jeho nejbližších sousedů).

Pro kanonické diskriminační analýzy a PCA lze použít i binární data a data, která nemají mnohorozměrné normální rozdělení, při klasifikační diskriminační analýze je v tomto případě nutné použít neparametrické metody (Marhold et Suda 2002).

3. METODIKA

3.1 MATERIÁL

Zdroji dat k lokalitám *C. moravica* v České a Slovenské republice byly primárně práce M. Kovandy (Kovanda 1967, 1970b), které k vybraným lokalitám uváděly i chromozomové počty. Sběr materiálu na lokalitách udávaných monografem rodu a autorem popisu dvou zájmových druhů (*C. moravica*, *C. gentilis*) měl zaručit jednoznačné taxonomické určení studovaných rostlin a umožnit srovnání získaných dat. Dalšími zdroji lokalit byly pro Českou republiku online databáze FLDOK (floristická dokumentace, národní fytoecologická databáze, www.florabase.cz) a pro Slovensko online databáze Karyologická databáza paprad'orastov a semenných rastlín Slovenska (www.chromosomes.sav.sk).

C. gentilis byla sbírána pouze v Čechách, lokality byly vybrány z předchozí diplomové práce J. Rauchové (Rauchová 2007), která se tímto taxonem zabývala a primárně také čerpala z prací M. Kovandy. Diplomová práce byla vybrána jako zdroj pro větší aktuálnost geografických (GPS souřadnice, lokality s ověřeným výskytem taxonu) i karyologických dat (průtoková cytometrie doplněná o klasické počítání chromozomů). Dále byla využita online databáze FLDOK (www.florabase.cz).

Jako zdroj lokalit pro *C. rotundifolia* v České republice byla použita online databáze FLDOK (www.florabase.cz), na Slovensku online databáze Karyologická databáza paprad'orastov a semenných rastlín Slovenska (www.chromosomes.sav.sk).

Některé další lokality všech studovaných taxonů byly nalezeny nezávisle na těchto datech, většinou v oblastech blízko předem vytipovaných lokalit. Při jejich taxonomickém hodnocení bylo přihlíženo k jejich geografickému rozšíření a morfologii, případně ploidnímu stupni.

Na jednotlivých lokalitách, zaměřených pomocí GPS (systém souřadnic WGS 84), bylo sebráno cca 30 rostlin (množství rostlin záviselo na velikosti jednotlivých populací a pohybovalo se v rozmezí 1 – 57 rostlin, viz tab. Ia v Příloze I). Z každé rostliny byla odebrána živá listová pletiva pro cytometrické analýzy (určení DNA ploidního stupně), herbářová položka nadzemní části lodyhy a květy pro zafixování v lihu na morfometrické analýzy. Z šesti jedinců z každé lokality byly odebrány listy do silikagelu pro případné molekulární analýzy. Rostliny byly vybírány s cílem zachytit celé spektrum morfologické variability. Vzhledem k potenciální klonalitě rostlin z *C. rotundifolia* agg. (Stevens et al. 2012) byli jednotliví jedinci odebráni ve vzdálenosti min. 15 m.

Na dvou nalezených smíšených lokalitách bylo následně provedeno detailní studium rozložení cytotypů pomocí transektů. Každá skupina rostlin (subpopulace) byla zvláště zaměřena pomocí GPS, s cílem odhalit podrobnější prostorovou distribuci jednotlivých cytotypů.

Lokality, jejich GPS, popis, zdroj, mapa a bližší informace (počet jedinců, ploidní stupeň) viz Příloha I (tab. Ia, b a obr. Ia,b).

3.2 PRŮTOKOVÁ CYTOMETRIE

Ke stanovení DNA stupně ploidie u *C. moravica* a příbuzných studovaných taxonů byla použita průtoková cytometrie. Čerstvý rostlinný materiál – listová pletiva – byl až do zpracování uchováván v chladu v navlhčených igelitových sáčkách a byl zpracován nejdéle do 10 dnů od sběru. Jednotlivé listy byly označeny čísly, aby bylo možné konkrétní jedince zpětně dohledat. Průtoková cytometrie je dostatečně citlivá metoda, schopná u rodu *Campanula* odhalit minoritní cytotypy při 10% zastoupení, jak již ukázala předchozí studie příbuzného taxonu (Rauchová 2007).

Směsné vzorky pro analýzu až 10 jedinců současně byly připraveny podle optimalizovaných pracovních postupů (Doležel et al. 2007) používaných v Laboratoři průtokové cytometrie katedry botaniky PřF UK a v Botanickém ústavu AV ČR v Průhonicích. Z jednotlivých listů byla odebrána cca 4 mm² velká část a bylo přidáno celkem cca 10 mm² standardu. Jako interní standard byla použita *Bellis perennis* L. (sedmikráska chudobka, 2C = 3,38 pg; Schönswetter et al. 2007a). Materiál byl v Petriho misce s 600 µl ledového extrakčního pufru OTTO I (Otto 1990) homogenizován nasekáním ostrou žiletkou a následným promícháním pipetou. Suspenze byla přefiltrována přes nylonový filtr (průměr ok 42 µm) do zkumavky. Po inkubaci (10 – 50 min) při pokojové teplotě byl několik minut před analýzou přidán 1 ml barvicího roztoku s pufrem OTTO II, fluorochromem DAPI a antioxidantem β-mercaptoethanolem. Ze vzorku bylo změřeno 3 000 částic při rychlosti cca 15 – 25 částic za vteřinu. Při překročení hodnoty CV 3 % byl vzorek připraven a analyzován znovu. Složení pufrů viz Příloha II.

Vzorky byly analyzovány v Laboratoři průtokové cytometrie katedry botaniky PřF UK na cytometru Partec CyFlow ML (Partec GmbH, Münster, Německo) a v Botanickém ústavu AV ČR v Průhonicích na cytometru Partec PA II. Oba cytometry využívají UV lampu jako excitační zdroj.

3.3 MNOHORozměrná morfometrika

Na lokalitách bylo v závislosti na velikosti populace odebráno v ideálním případě 30 rostlin (počty pro jednotlivé lokality viz tab. Ia, Příloha I). Pro morfometrické zpracování byly vybírány nepoškozené rostliny s cílem zachytit značnou část morfologické variability dané populace.

Z rostlin nalezených v terénu byla odebrána nadzemní část lodyhy pro morfometrické analýzy. Lodyha byla označena pro pozdější dohledání a byl z ní odebrán květ, který byl zafixován v 70% roztoku ethanolu (C₂H₅OH). Zbytek lodyhy byl zaherbářován a materiál bude k dispozici v Herbářových sbírkách PřF UK (PRC). Na lodyze a na květech bylo měřeno 19 primárních a 9 poměrových znaků (tab. 5, obr. 9a, b, c) vybraných podle údajů publikovaných v Květeně ČR (Kovanda 2000), v určovacím klíči (Kovanda 2002) a použitých i v dřívějších pracích (Kovanda 1967, Rauchová 2007), což umožnilo srovnání získaných a publikovaných dat. Vzhledem k rozsahu areálu *C. moravica* byly z analýz vypuštěny znaky na plodech a semenech. Znak přítomnost papil na semeníku (papily) byl pozorován pod binokulární lupou Olympus SZ51 se zvětšením 10 x 0,8 – 10 x 4 na vnější části semeníku. Znak byl viditelný i pod nejmenším zvětšením. Ostatní znaky byly měřeny posuvným digitálním měřítkem (lineární, bezkontaktní měřicí systém CAP) s přesností ± 0,02 mm, v centimetrech na tři desetinná místa, v maticích vytvořených pro programy SAS 9.3 (SAS Institute Inc.) a PAST 2.17 (Hammer et al. 2001) byla většina znaků zaokrouhlena na jedno desetinné místo a znaky šířka kališního cípu, šířka listu v horní části lodyhy, délka nitky a délka prašníku na dvě desetinná místa.

Matice s hodnotami znaků byly vyhodnoceny následujícími metodami:

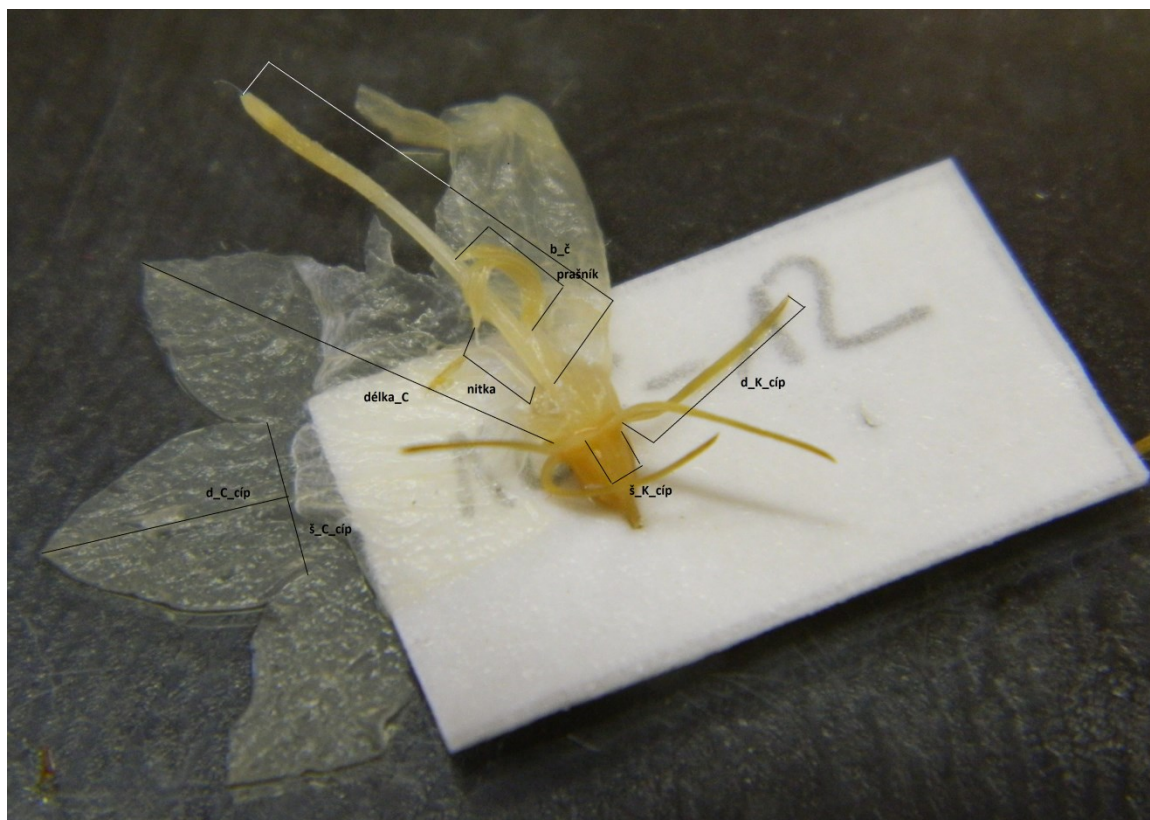
- ordinační metody: PCA (analýza hlavních komponent), program PAST 2.17
- diskriminační metody: kanonická a klasifikační diskriminační analýza, program SAS 9.3

U 122 rostlin byla chybějící data pro určitý znak nahrazena průměry hodnot z populace. Pokud data chyběla u více než 10 % jedinců v populaci, byli jedinci s chybějícími hodnotami vyloučeni. Nejčastěji se jednalo o znaky na listech, které byly seschlé nebo opadané a o chybějící tyčinky v květech.

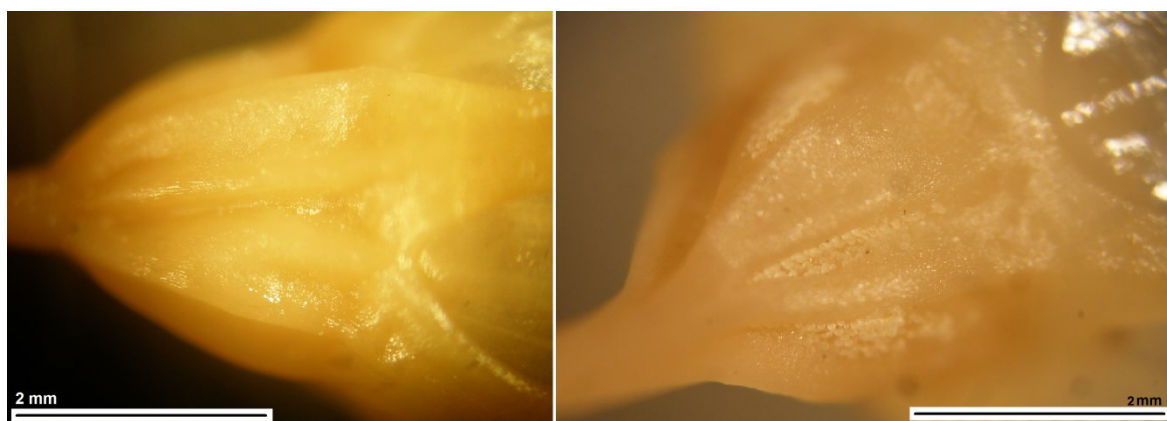
Z diskriminačních analýz byly kvůli nejednoznačnému určení vyřazeny diploidní populace *C. rotundifolia* agg. z hadcových lokalit na jižní Moravě, které kombinovaly znaky *C. rotundifolia* i *C. moravica*. Tyto populace nebyly jednoznačně přiřazeny k jednomu z taxonů ani následně pomocí diskriminační klasifikační funkce.

Tab. 5: Přehled měřených znaků, jejich označení, popis a jednotky.

znak	popis znaku	jednotky
papily	přítomnost papil na semeníku	1 (ano) / 0 (ne) / 2 (málo)
odění	přítomnost trichomů na lodyze	1 (ano) / 0 (ne)
lodyha	délka lodyhy pod květenství	cm
d_květ	délka květenství	cm
větvení	počet větvení květenství	počet
délka_C	délka koruny	cm
d_C_cíp	délka korunních cípů	cm
š_C_cíp	šířka korunních cípů	cm
d_K_cíp	délka kališních cípů	cm
š_K_cíp	šířka kališních cípů	cm
l_dole	počet listů v dolní třetině lodyhy	počet
l_zbyt	počet listů na zbytku lodyhy	počet
d_l_hor	délka listu v horní části lodyhy	cm
š_l_h	šířka listu v horní části lodyhy	cm
květy	počet květů na lodyze	počet
b_č	délka blizny a čnělky	cm
nitka	délka nitky	cm
prašník	délka prašníku	cm
d_l_stř	délka listu ve střední části lodyhy	cm
š_l_stř	šířka listu ve střední části lodyhy	cm
lod/květ	délka lodyhy pod květenství / délka květenství	poměr
d/š l. hor	délka listu / šířka listu v horní části lodyhy	poměr
d. C/C cíp	délka koruny / délka korunních cípů	poměr
d. C/K cíp	délka koruny / délka kališních cípů	poměr
d./š. C cíp	délka korunních cípů / šířka korunních cípů	poměr
d.C/š. K cíp	délka korunních cípů / šířka kališních cípů	poměr
d./š. K cíp	délka kališních cípů / šířka kališních cípů	poměr
d./š. l.stř	délka listu / šířka listu ve střední části lodyhy	poměr
l dole /zb	počet listů v dolní třetině lodyhy / celkový počet listů	poměr



Obr. 9a: Znaky měřené na květech fixovaných v 70%ethanolu na příkladu 4x *C. moravica* z lokality č. 12 (Levoča – Šibeník).



Obr. 9b: Papily na semeníku na příkladu květů 4x *C. rotundifolia* (lokalita č. 125: Krásná Lhota u Příbrami) fixovaných v 70%ethanolu. Vlevo lysý semeník, vpravo papilózní semeník. Měřítko: 2 mm.



Obr. 9c: Znamky měřené na herbářové položce na příkladu 6x *C. moravica* z lokality č. 1 (Hády u Brna).
Měřítka: 5 cm.

Diskriminačními metodami byli nejprve hodnoceni všichni jedinci

C. moravica*, *C. gentilis*, *C. rotundifolia a byly hledány rozdíly mezi:

- druhy a jejich cytotypy
- druhy (bez ohledu na ploidii).

Ke zjištění, zda se polyploidizace u různých taxonů projevuje stejnými morfologickými změnami a k hledání rozdílů mezi diploidními a polyploidními liniemi byly samostatně analyzovány také:

- jednotlivé ploidie v rámci celého agregátu (bez ohledu na konkrétní druh).

K odstranění případného vlivu polyploidizace byly u všech taxonů analyzovány

- pouze tetraploidní cytotypy.

Datový soubor byl dále modifikován vyloučením všech jedinců *C. gentilis*, druhu, jehož výskyt je alopatrický k druhu *C. moravica* a byly analyzovány pouze rostliny

***C. moravica* a *C. rotundifolia*:**

- druhy a jejich cytotypy
- druhy bez ohledu na ploidii.

K odstranění případného vlivu polyploidizace byly u těchto taxonů analyzovány

- pouze tetraploidní cytotypy.

Velikost, ekologie, geografická diferenciacie, průměr oddenku a konzistence tobolky jsou podle Kovandy (Kovanda 1967, 2002a) hlavní rozdíly mezi ***C. moravica* a *C. gentilis***.

K nalezení dalších morfologických znaků byly analyzovány:

- druhy a jejich cytotypy
- druhy bez ohledu na ploidii.

Dále byl analyzován pouze taxon ***C. moravica***:

- tetraploidní a hexaploidní cytotypy.

K nalezení unikátních znaků pro jednotlivé taxony (pro účely vytvoření determinačního dichotomického klíče) byly odděleny:

- *C. moravica* od *C. rotundifolia* a *C. gentilis*
- *C. rotundifolia* od *C. moravica* a *C. gentilis*
- *C. gentilis* od *C. moravica* a *C. rotundifolia*.

Pro druhy *C. moravica* a *C. rotundifolia* byla také spočítána parametrická klasifikační funkce (program PAST 2.17, analýza Discriminant/Hotelling).

V diskriminačních analýzách není vhodné používat korelované znaky, proto byly vzájemné vztahy mezi znaky zjišťovány procedurou CORR v programu SAS 9.3. Vztahy mezi znaky, které nemají mnohorozměrné normální rozdělení, popisuje Spearmanův neparametrický korelační koeficient: při hodnotách 0,6 – 0,95 jsou znaky korelované, ale většinou se ponechávají oba (Marhold et Suda 2002), z dvojice znaků přesahujících tuto hodnotu je vhodné jeden vyloučit.

Rozdíly mezi skupinami a hlavní znaky odlišující tyto skupiny byly zjišťovány procedurou CANDISC v programu SAS 9.3, korelace znaků s danou kanonickou osou byla odečtena z hodnot koeficientů v tabulce *Total Canonical Structure*.

Neparametrická klasifikační diskriminační analýza byla počítána procedurou DISCRIM v programu SAS 9.3, úspěšnost klasifikačního kritéria byla zjišťována z hodnoty *Total Error Count Estimate* (testované pro $k = 1 - 30$).

Ke zjištění hodnot znaků u všech studovaných taxonů a k vytvoření boxplotů byla použita procedura UNIVARIATE v programu SAS 9.3.

4. VÝSLEDKY

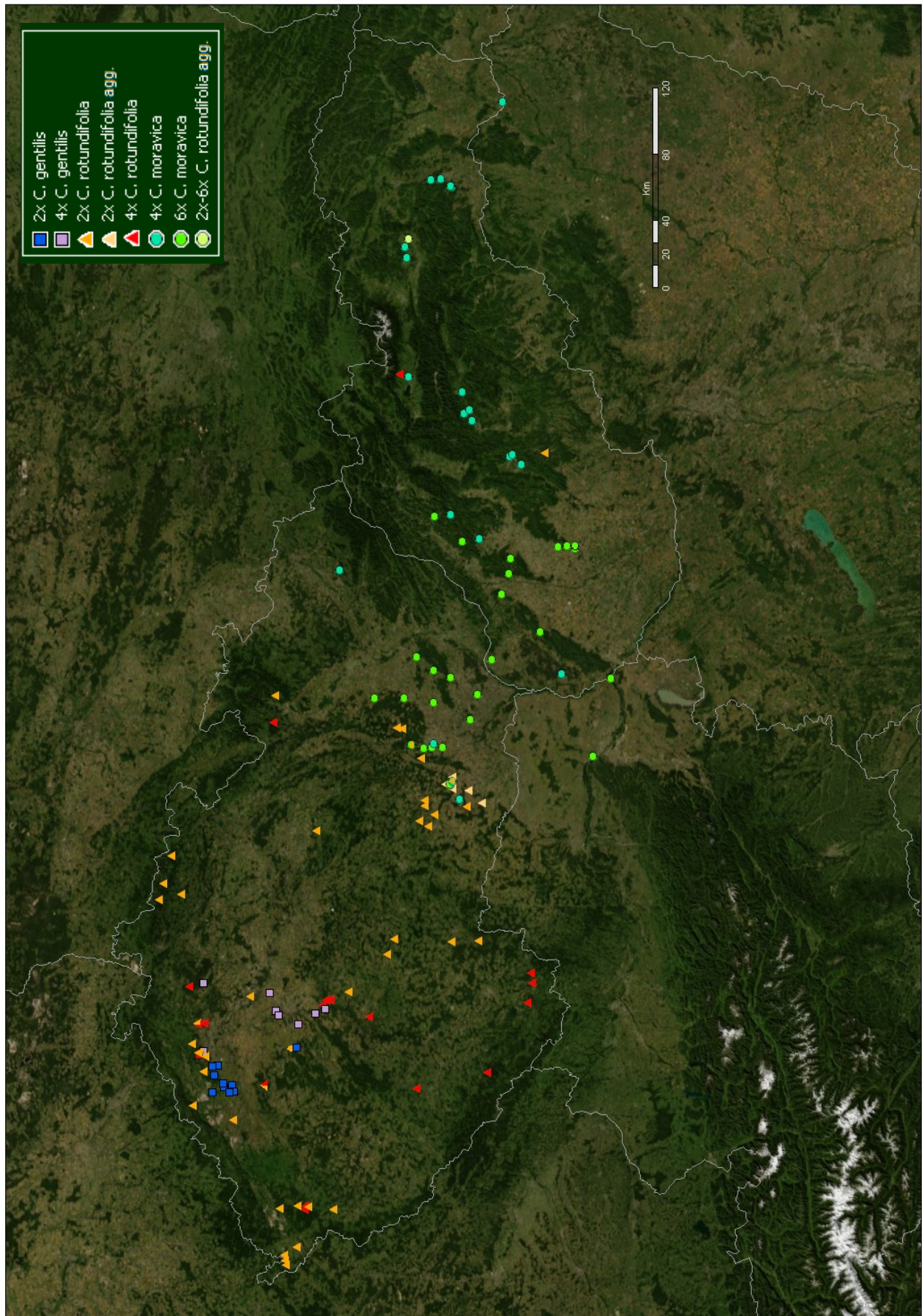
V letech 2011 – 2013 bylo navštíveno 133 lokalit *C. rotundifolia* agg. Pomocí průtokové cytometrie bylo celkem zanalyzováno 3 742 rostlin, pro morfometrické analýzy bylo změřeno 1 206 rostlin (tab. 6).

Tab. 6: Přehled studovaných lokalit *C. rotundifolia* agg., spolu s počty rostlin použitých v cytometrických (počet rostlin FCM) a morfometrických (počet rostlin MORFO) analýzách.

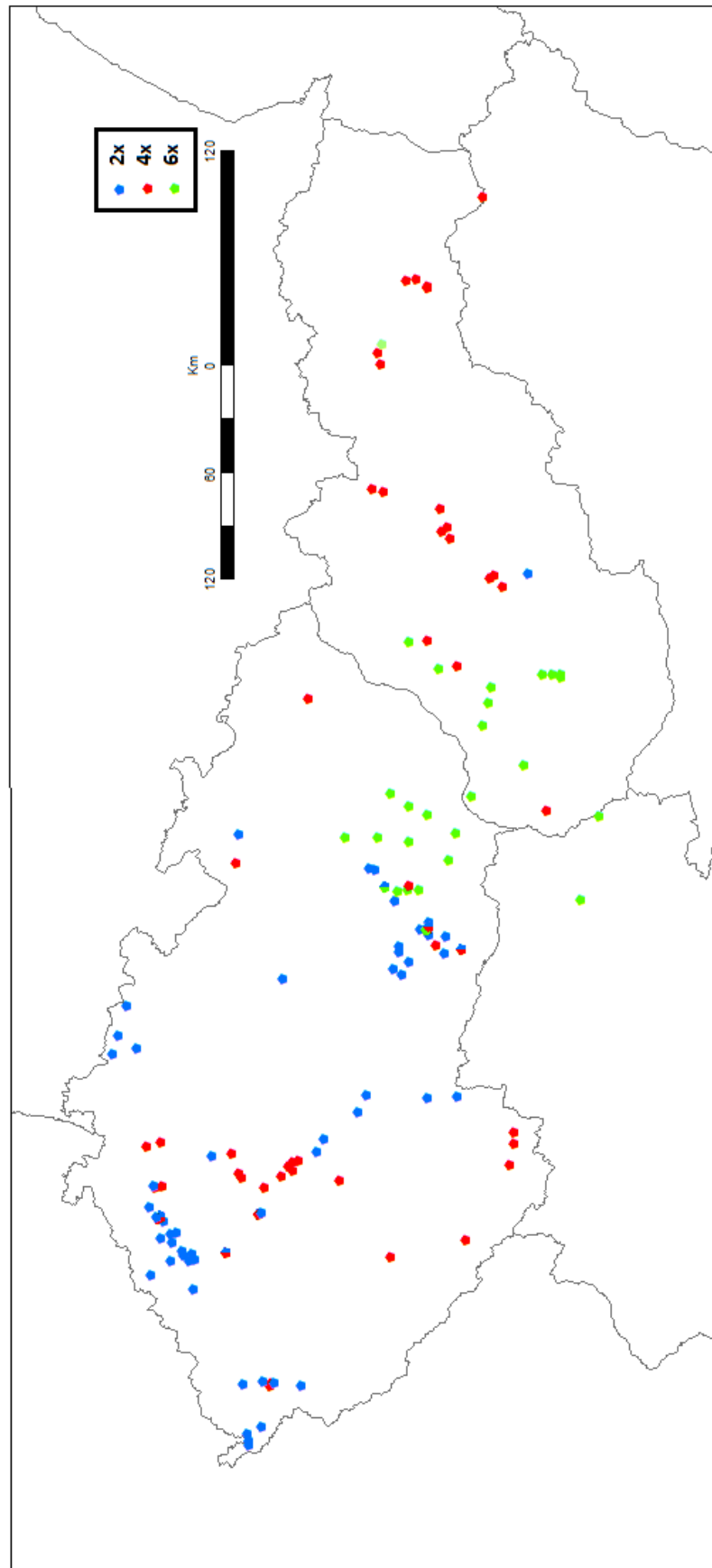
druh	cytotyp	počet lokalit	počet rostlin FCM	počet rostlin MORFO
<i>C. moravica</i>	4x	23	505	265
	6x	25	750	310
<i>C. gentilis</i>	2x	10	186	123
	4x	9	27	50
	2x + 4x	1	0	0
<i>C. rotundifolia</i>	2x	38	430	247
	4x	16	143	52
	2x + 4x	1	42	15
<i>C. rotundifolia</i> agg.	2x	4	108	57
	2x + 4x	1	15	9
<i>C. rotundifolia</i> + <i>C. gentilis</i>	2x + 4x	2	31	23
<i>C. rotundifolia</i> + <i>C. moravica</i>	2x + 4x	1	17	9
	2x + 6x	1	206	25
	2x - 6x, 8x, 9x	1	1282	21
celkem		133	3742	1206

4.1 CYTOGEOGRAFIE

V letech 2011 až 2013 bylo pomocí průtokové cytometrie celkem zanalyzováno 3 742 rostlin, zahrnujících tři zájmové druhy z *C. rotundifolia* agg. ze 133 lokalit v České republice, Slovenské republice a v Rakousku (tab. Ia, b, obr. Ia,b v Příloze I, obr. 10). V rámci polyploidního komplexu *C. rotundifolia* agg. (obr. 11) byly hexaploidní cytotypy (*C. moravica*) nalezeny pouze v Panonském termofytiku a izolovaně na druhově a cytotypově smíšené lokalitě Dreveník na Spiši (lokalita č. 14 + 92). Tetraploidní cytotypy se vyskytují ve středním, východním a ojediněle i na západním Slovensku, na jižní a severní Moravě (*C. moravica*), dále na Šumavě, v jižních Čechách (*C. rotundifolia*), Povltaví a Českém Středohoří (*C. rotundifolia*, *C. gentilis*) s izolovanými výskyty na hadcových výchozech ve Slavkovském lese (západní Čechy) a v Jeseníkách (*C. rotundifolia*). Diploidní cytotypy byly nalezeny na většině území Čech, na jižní Moravě, v Jeseníkách a ojediněle na Slovensku (lokalita č. 60: Sitno).



Obr. 10: Cytotypová struktura *Campanula rotundifolia* agg. zjištěná metodou průtokové cytometrie na lokalitách v České republice, Slovenské republice a v Rakousku.



Obr. 11: Rozšíření cytotypů *C. rotundifolia* agg. na lokalitách studovaných v letech 2011 – 2013 průtokovou cytometrií.

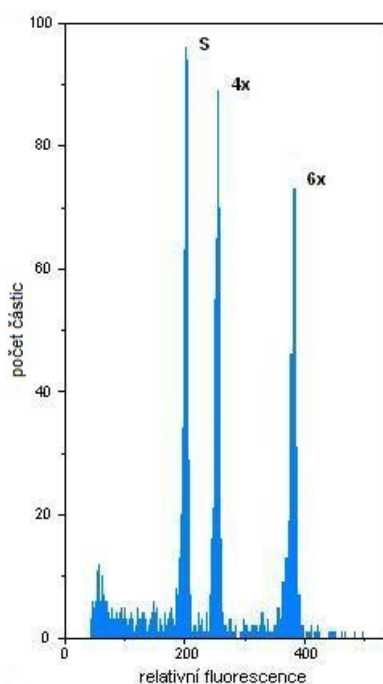
Průtoková cytometrie se ukázala jako metoda vhodná k odlišení jednotlivých ploidních stupňů studovaných taxonů (tab. 7) i ke zjištění přítomnosti potenciálně aneuploidních jedinců, kteří se vyskytovali u všech taxonů (tab. 8, obr. 12a, b). Počet chromozomů nebyl ověřen počítáním klasickými karyologickými technikami.

Tab. 7: Poměrné průměrné hodnoty fluorescence standardu (*Bellis perennis*) a diploidních, tetraploidních a hexaploidních cytotypů jednotlivých taxonů. Variační koeficient (CV) jednotlivých analýz se pohyboval v rozmezí 1,18 – 2,14 %. (SD: směrodatná odchylka)

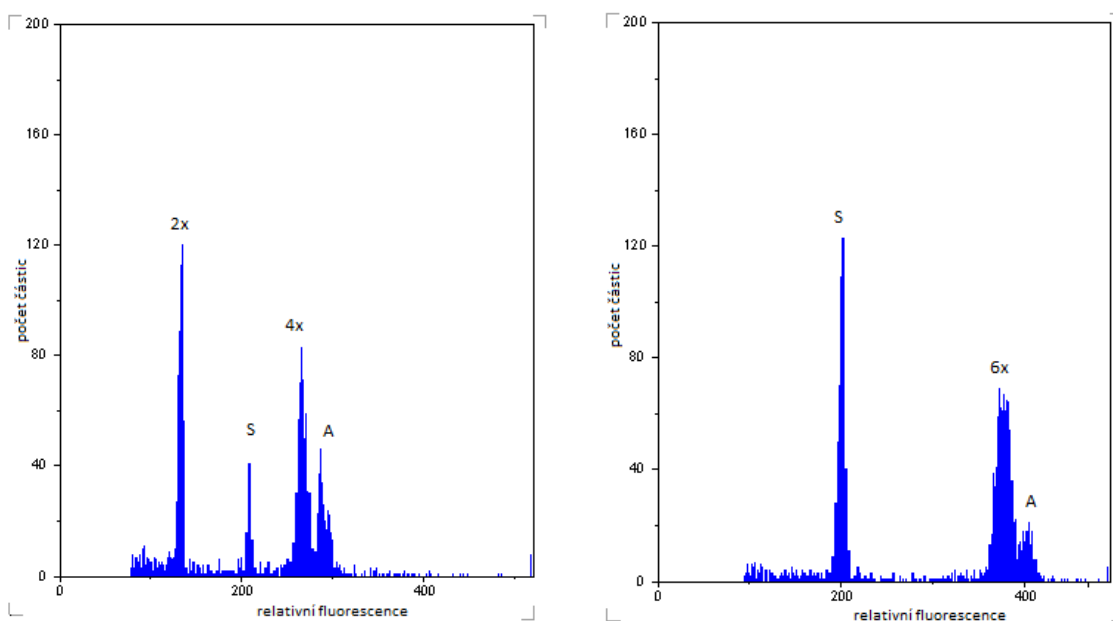
druh	cytotyp	počet lokalit	počet rostlin	fluorescence vzorku / standard \pm SD
<i>C. moravica</i>	4x	23	505	1,262 \pm 0,019
	6x	25	750	1,848 \pm 0,022
<i>C. gentilis</i>	2x	10	186	0,631 \pm 0,012
	4x	9	27	1,268 \pm 0,004
<i>C. rotundifolia</i>	2x	38	430	0,628 \pm 0,005
	4x	16	143	1,271 \pm 0,015
<i>C. rotundifolia</i> agg.	2x	4	108	0,632 \pm 0,013

Tab. 8: Poměrné průměrné hodnoty fluorescence standardu (*Bellis perennis*) a potenciálně aneuploidních jedinců jednotlivých taxonů. Variační koeficient (CV) jednotlivých analýz se pohyboval v rozmezí 1,18 – 2,14 %. (SD: směrodatná odchylka)

taxon	cytotyp	počet lokalit	fluorescence vzorku / standard \pm SD
<i>C. moravica</i>	4x aneuploid	1	1,359 \pm 0,002
	6x aneuploid	8	1,969 \pm 0,061
<i>C. gentilis</i>	2x aneuploid	2	0,671 \pm 0,005
<i>C. rotundifolia</i>	2x aneuploid	2	0,716 \pm 0,018
	2x aneuploid	2	0,674 \pm 0,004
	4x aneuploid	2	1,395 \pm 0,017



Obr 12a: Histogram relativní velikosti genomu analýzy dvou jedinců *C. moravica* a standardu *Bellis perennis* (S) studovaných průtokovou cytometrií. Hexaploidní cytotyp (6x) z lokality č. 32 (Omšenie – Baba) a tetraploidní cytotyp (4x) z lokality č. 59 (Strážov).



Obr 12b: Histogramy relativní velikosti genomu 10 jedinců s potenciálními aneuploidy studovanými průtokovou cytometrií. Vlevo diploidní (2x) a tetraploidní (4x) cytotyp s potenciálním aneuploidem (A) *C. rotundifolia* z lokality č. 122 (Pochválovská skála) a standardem *Bellis perennis* (S). Vpravo hexaploidní cytotyp (6x) *C. moravica* s potenciálním aneuploidem (A) a standardem *Bellis perennis* (S) z lokality č. 2 (Návdavky u Němčan).

4.1.1 *CAMPANULA MORAVICA*

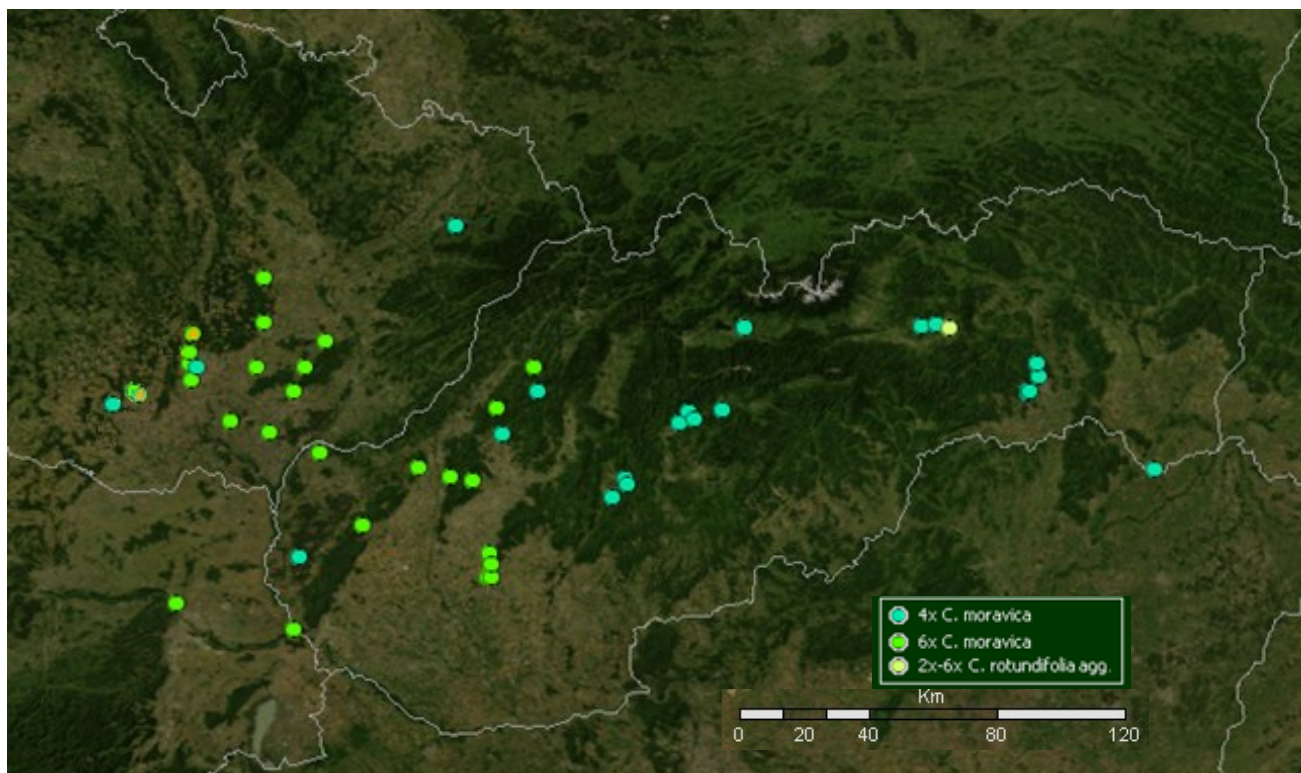
Celkem bylo průtokovou cytometrií zjištěno 558 tetraploidních a 720 hexaploidních rostlin *C. moravica* z 27 resp. 22 druhově a cytotypově uniformních populací na Moravě, Slovensku a v Rakousku (tab. 9).

Tab. 9: Počet lokalit a rostlin *C. moravica* studovaných průtokovou cytometrií v jednotlivých státech.

cytotypy	Morava		Slovensko		Rakousko	
	počet lokalit	počet rostlin	počet lokalit	počet rostlin	počet lokalit	počet rostlin
4x	4	53	23	505	0	0
6x	12	393	11	317	1	10
celkem	16	446	34	822	1	10

Tetraploidní rostliny *C. moravica* byly nalezeny zejména na středním a východním Slovensku, s několika izolovanými lokalitami zasahujícími i dále na západ do panonské nížiny (lokality č. 30 + 93: Hrdzavý járok /Malacky/) a Strážovských vrchů (lokality č. 31: Timoradza a č. 59: Strážov). Na jižní Moravě byla tetraploidní *C. moravica* nalezena zejména na západní hranici areálu v okolí Brna (lokality č. 66: Červený vrch u Brna) a v širším okolí Mohelna (lokality č. 57 + č. 95: Rouchovany a č. 97: Lhánice) a na severní hranici areálu v podhůří Moravskoslezských Beskyd (lokality č. 90: Štramberk).

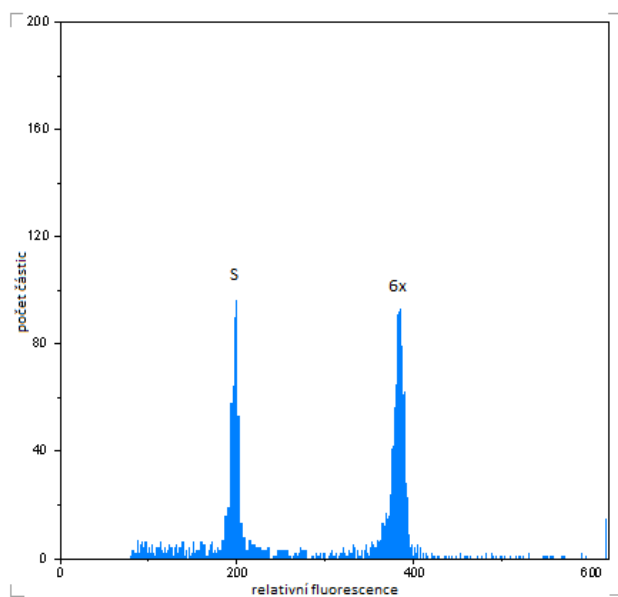
Na většině lokalit na jižní Moravě byl nalezen hexaploidní cytotyp *C. moravica*, dále rostoucí v severním Rakousku (lokality č. 127: Bisamberg a další lokality v blízkosti řeky Dyje studované pomocí průtokové cytometrie J. Rauchovou – nepubl. data) a na jižním a západním Slovensku. Hexaploidní rostliny byly nalezeny i izolovaně na jedné cytotypově a druhově smíšené lokalitě ve Spišské kotlině (lokality č. 14 + č. 92: Dreveníček) (obr. 13).



Obr. 13: Lokality *C. moravica* analyzované v letech 2011 – 2012 průtokovou cytometrií.

Rozšíření cytotypů *C. moravica* je převážně parapatrické, s hexaploidy v západní části areálu a s tetraploidy zejména ve východní části. Kontaktní zóna mezi cytotypy je na středním Slovensku. Izolované tetraploidní populace se však vyskytují i na Moravě, při západním okraji areálu druhu.

Cytologickému studiu pomocí průtokové cytometrie bylo také podrobeno 37 lokalit se známými karyologickými údaji (Gadella 1964, Kovanda 1967, 1970a, 1983, Mráz 2005) pro *C. moravica*, pomocí průtokové cytometrie z nich bylo zanalyzováno 2 328 rostlin. Na 14 lokalitách byl zjištěn odlišný ploidní stupeň. Studovány byly také **typové lokality** obou poddruhů *C. moravica*. Typovou lokalitou nominátního poddruhu *C. moravica* subsp. *moravica* je lokalita č. 46 (Vinohrady (Vyškov) Dědice – Radslavice). Kovandou (1968) je udáván tetraploidní počet chromozomů ($2n = 4x = 68$), všech 57 nalezených rostlin bylo hexaploidních (obr. 14) a bylo detekováno i několik potenciálně aneuploidních rostlin. Typovou lokalitou poddruhu *C. moravica* subsp. *xylorrhiza* je lokalita č. 127 (Bisamberg) v Rakousku, zjištěný ploidní stupeň se u 10 studovaných rostlin shoduje s udávaným (Kovanda 1967) počtem chromozomů ($2n = 6x = 102$).



Obr. 14: Histogram relativní velikosti genomu 10 rostlin hexaploidní *C. moravica* (6x) a standardu *Bellis perennis* (S) analyzovaných průtokovou cytometrií na typové lokalitě (č. 46: Vinohrady – Dědice, Radslavice) nominátního poddruhu *C. moravica* subsp. *moravica*.

Pro *C. moravica* jsou, stejně jako pro ostatní druhy *C. rotundifolia* agg., udávány cytotypově smíšené populace (např. Kovanda 1967, 1970, 2000, 2002). Dvěma dosud známým ploidně smíšeným populacím byla věnována zvýšená pozornost (lokality č. 1: Hády u Brna a č. 48: Devín a Devínská Kobyla), všechny rostliny analyzované průtokovou cytometrií byly hexaploidní (tab.10).

Tab. 10: Ploidie zjištěné na lokalitách *C. moravica*, které byly v minulosti udávány jako cytotypově smíšené. Lokalita č. 1 byla již v minulosti podrobně studována (442 rostlin, J. Rauchová, nepubl. data).

lokality	udávaná ploidie	zjištěná ploidie	počet analyzovaných rostlin
1: Hády u Brna	4x + 6x	6x	442 + 31
48: Devín a D. Kobyla	4x + 6x	6x	50

4.1.2 *CAMPANULA GENTILIS*

Celkem bylo zanalyzováno 303 rostlin *C. gentilis* z 19 lokalit v Českém Středohoří, Praze, Dolním Povltaví a na Křivoklátsku (viz tab. 6, obr. 10). Vzhledem k recentním údajům z mnoha lokalit (Rauchová 2007) nebyl ploidní stupeň některých populací ověřován (lokality č. 50 – 52, 115 – 119).

V Českém Středohoří byly pomocí průtokové cytometrie nově zanalyzovány rostliny z lokalit č. 77 (Čičov) a č. 78 (Všechlapy – Kamýk), obě populace byly diploidní.

4.1.3 *CAMPANULA ROTUNDIFOLIA*

Celkem bylo zanalyzováno 609 rostlin *C. rotundifolia* z 54 lokalit (viz tab. 6, obr. 10) převážně z okolí lokalit *C. moravica* a *C. gentilis* v České a Slovenské republice.

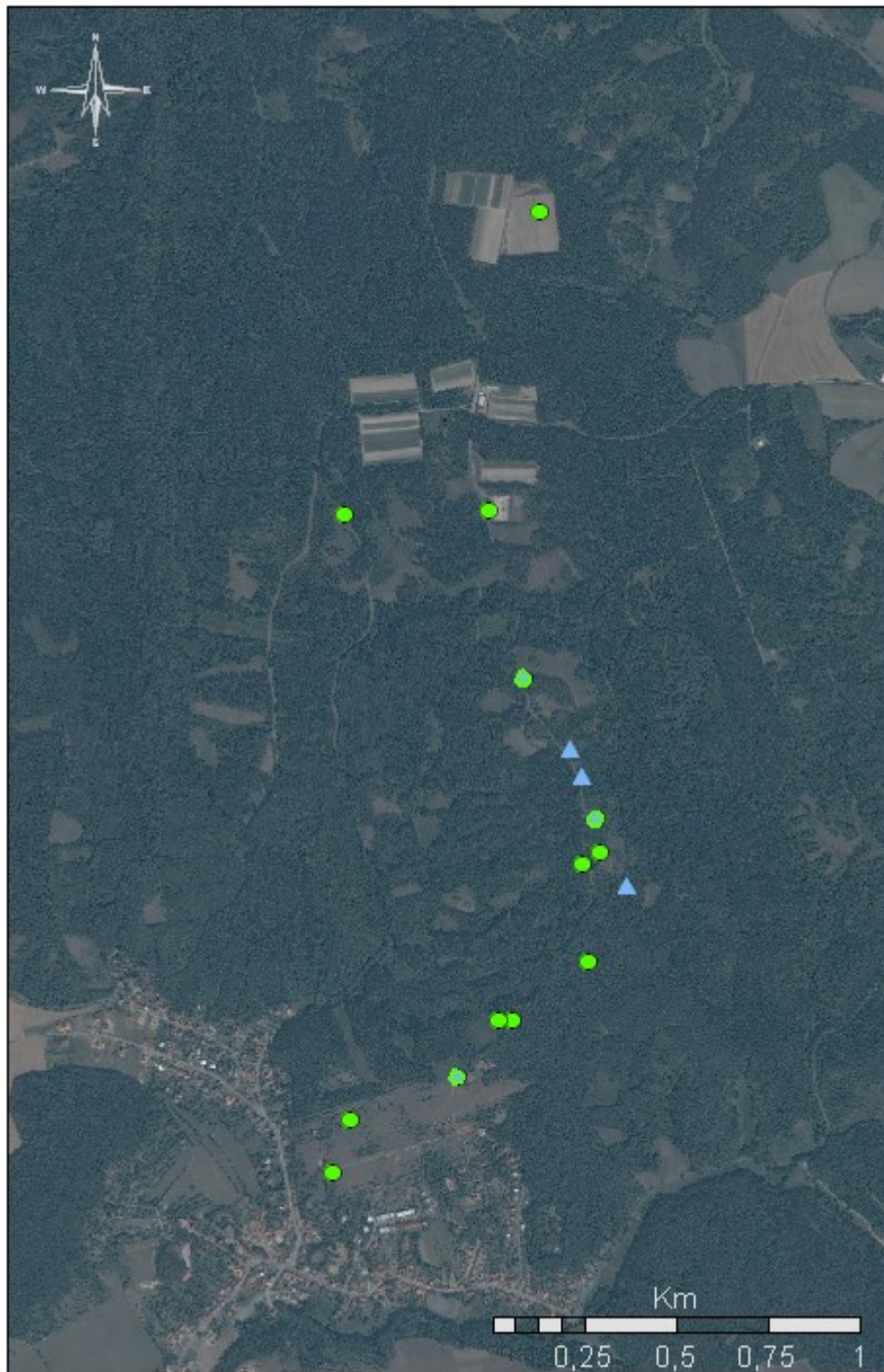
Na lokalitě č. 122 (Pochválovská skála) byly zjištěny diploidní i tetraploidní cytotypy. Cytotypově uniformní lokality diploidů byly nalezeny na většině území Čech, na Vysočině (Třebíč), na jižní Moravě (Mohelno) a ojediněle na Slovensku (lokalita č. 60: Sitno), cytotypově uniformní lokality tetraploidů byly nalezeny na Šumavě, v jižních Čechách, středním Povltaví, severozápadních Čechách, izolovaně v západních Tatrách (lokalita č. 10: Žiar – Liptovský Mikuláš) a na hadcových výchozech ve Slavkovském lese a v Jeseníkách.

4.1.4 DRUHOVĚ A CYTOTYPOVĚ SMÍŠENÉ LOKALITY

Na několika lokalitách (tab. 11) byl zjištěn sympatrický výskyt diploidní *C. rotundifolia* a tetraploidní *C. gentilis* (lokalita č. 85: Kamýk a č. 120: Černý potok), diploidní *C. rotundifolia* a tetraploidní *C. moravica* (lokalita č. 8: Papírna a č. 101: pod Templštejnem) a diploidní *C. rotundifolia* a hexaploidní *C. moravica* (lokalita č. 65 + 113: Babí lom; obr. 15). Lokalita č. 61 (Kamýk – Knobloška) s diploidní *C. rotundifolia* leží v těsném sousedství tetraploidní populace *C. gentilis* na lokalitě č. 50 (Bílé stráně).

Tab. 11: Druhově a ploidně smíšené lokality *C. rotundifolia* agg.

taxon	cytotyp	počet lokalit	počet rostlin
<i>C. rotundifolia</i> + <i>C. gentilis</i>	2x + 4x	2	31
<i>C. rotundifolia</i> + <i>C. moravica</i>	2x + 4x	2	32
	2x + 6x	1	206
	2x - 6x, 8x, 9x	1	1282

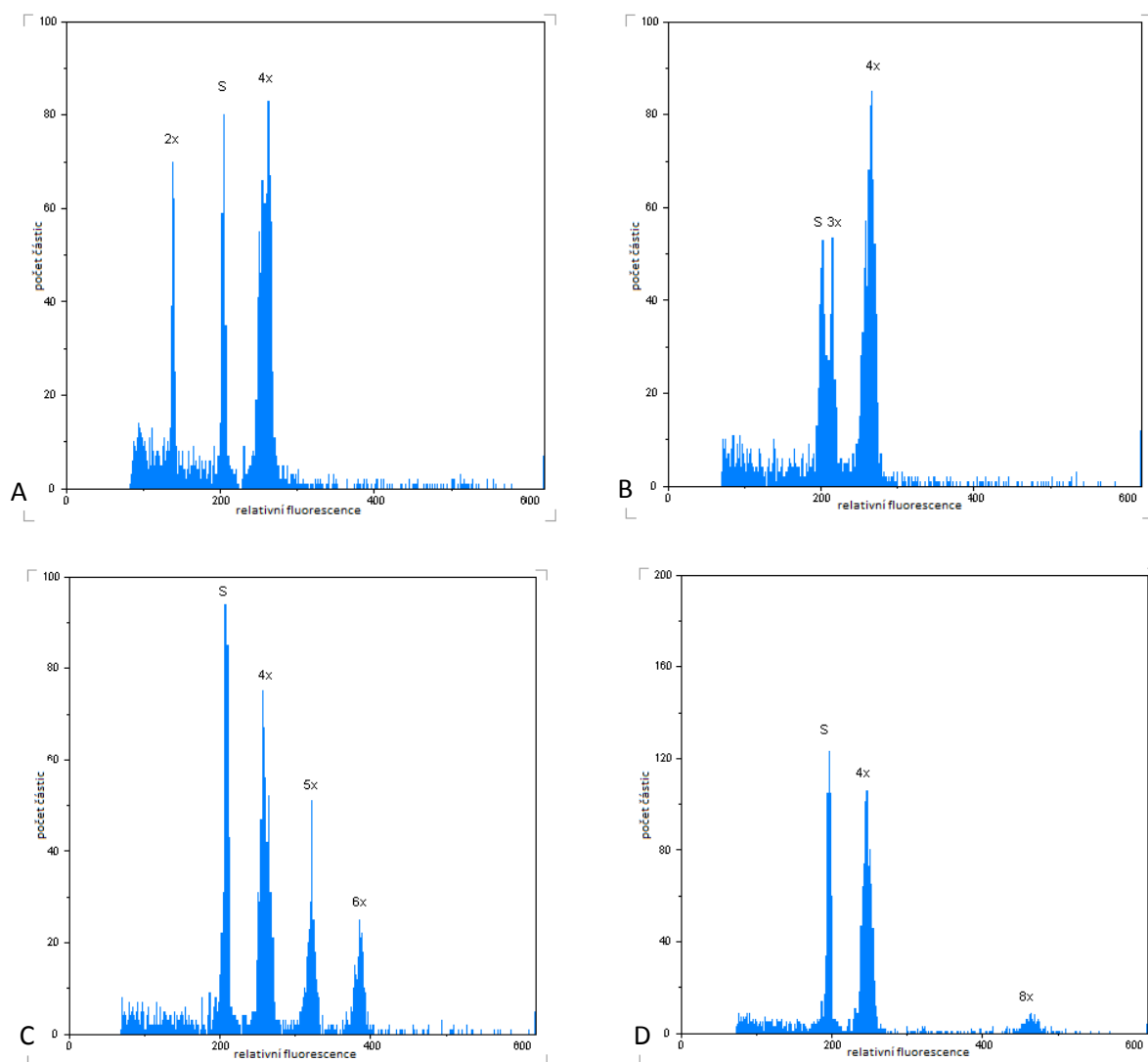


Obr. 15: Rozšíření diploidních cytotypů *C. rotundifolia* (modré trojúhelníky) a hexaploidních cytotypů *C. moravica* (zelená kolečka) na druhově a ploidně smíšené lokalitě Babí lom (č. 63 + 133). Celkem bylo průtokovou cytometrií analyzováno 206 rostlin.

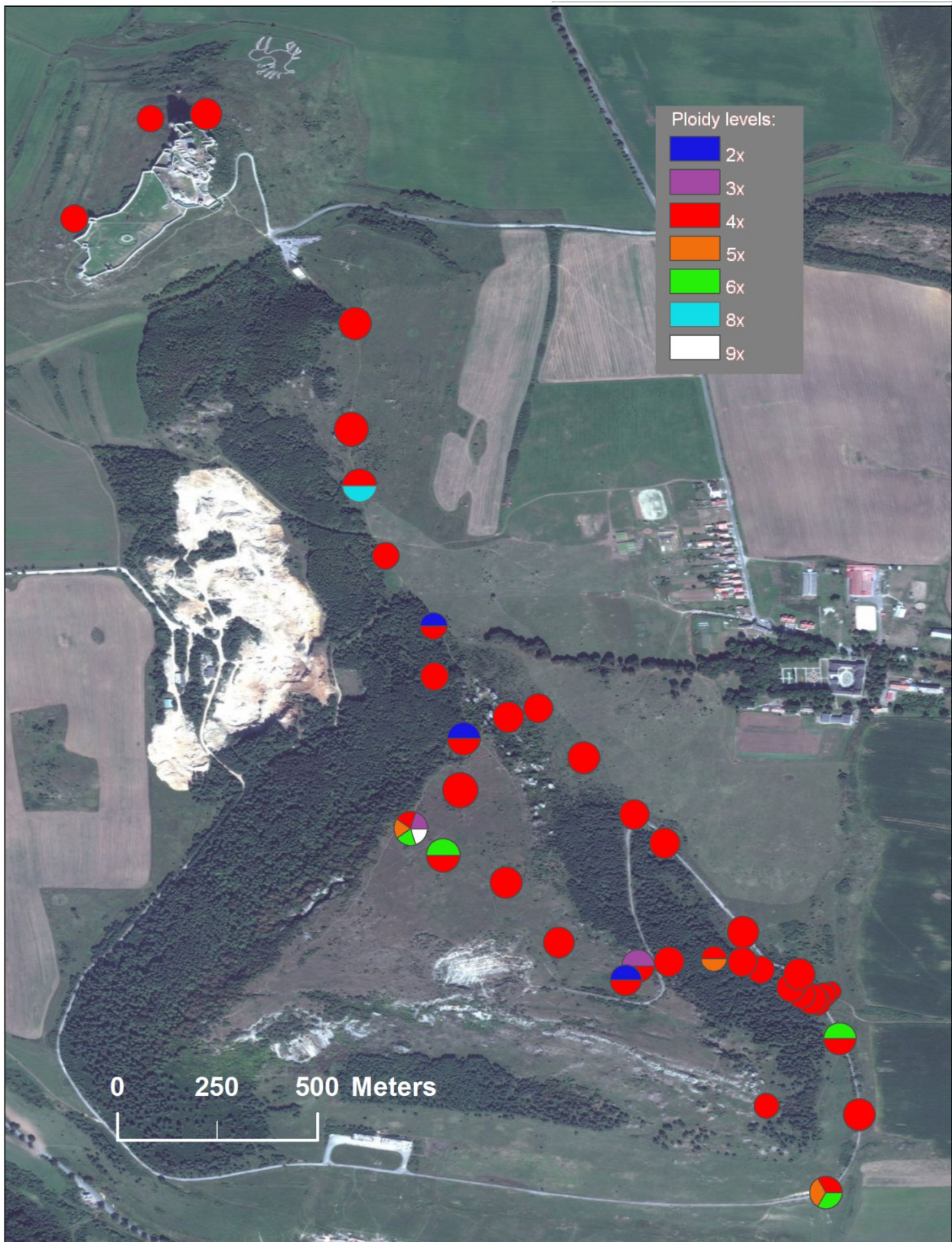
Na Slovensku ve Spišské kotlině (lokalita č. 14 + č. 92: Dreveník) bylo pomocí průtokové cytometrie zjištěno množství minoritních cytotypů (tab. 12, obr. 16, 17). Po prvotním screeningu (2011) bylo v roce 2012 na transektu sebráno 1 272 vzorků.

Tab. 12: Cytotypově a druhově smíšená lokalita Dreveník ve Spišské kotlině. (SD: směrodatná odchylka)

cytotyp	2x	3x	4x	5x	6x	8x	9x
fluorescence vzorek / standard ± SD	0,739 ± 0,0557	1,066	1,262 ± 0,0188	1,565 ± 0,0185	1,854 ± 0,0301	2,377	2,886
počet vzorků	3	2	1 252	4	8	2	1



Obr. 16: Histogramy relativní velikosti genomu zjišťované pomocí průtokové cytometrie. A: diploidní (2x), B: triploidní (3x), C: tetraploidní (4x), pentaploidní (5x), hexaploidní (6x) a D: oktaploidní (8x) cytotypy a standard *Bellis perennis* (S) na cytotypově a druhově smíšené lokalitě Dreveník (č. 14 + 92) na Slovensku. Směsné analýzy 5 rostlin.



Obr. 17: Rozšíření cytotypů na druhově a cytotypově smíšené lokalitě Dreveník (č. 14 + 92) na Slovensku.

4.2 MORFOLOGICKÁ VARIABILITA

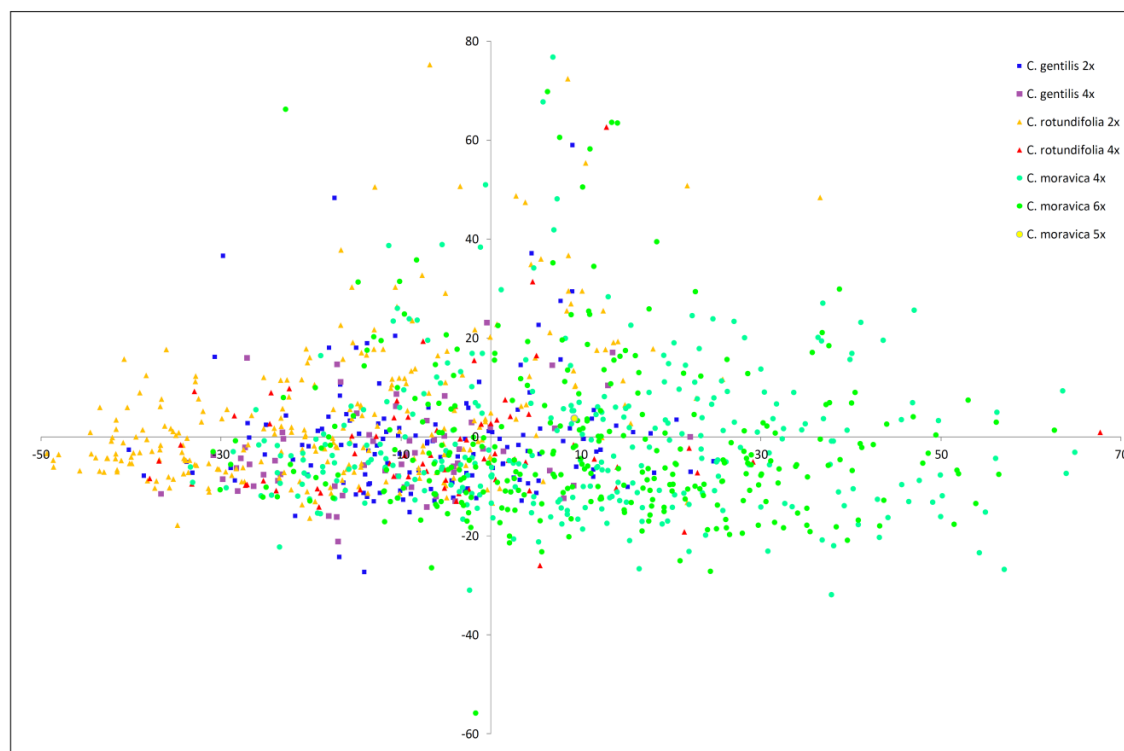
V letech 2011 – 2013 byl na 133 lokalitách *C. rotundifolia* agg. v České republice, Slovenské republice a v Rakousku sebrán materiál pro morfometrické analýzy. Celkem bylo změřeno 1 206 rostlin (viz tab. Ia v Příloze I). Pro diskriminační analýzy bylo použito 1 124 rostlin (tab. 13), protože byly vyloučeny rostliny z hadcových lokalit, kombinující některé znaky *C. rotundifolia* a *C. moravica* a jedna pentaploidní rostlina *C. moravica*.

Tab. 13: Počet rostlin použitých na morfometrické analýzy.

druh	počet analyzovaných rostlin			
ploidie	2x	4x	6x	celkem
<i>C. gentilis</i>	134	61	0	195
<i>C. rotundifolia</i>	258	69	0	327
<i>C. moravica</i>	0	299	303	602
celkem	392	429	303	1124

4.2.1 ORDINAČNÍ METODY

Ke zjištění celkové struktury dat byla použita metoda PCA (*principal component analysis*) počítaná v programu PAST 2.17. V rámci druhu se neoddělují jednotlivé cytotypy, ale druhy mají tendenci k tvoření shluků (obr. 18, obr. IIIa, b, c, d, e, f, g, h, i v Příloze III).



Obr. 18: PCA, program PAST 2.17. 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability. 3. komponenta vyj. 11,75 % celkové variability není zobrazena.

4.2.2 DISKRIMINAČNÍ ANALÝZY

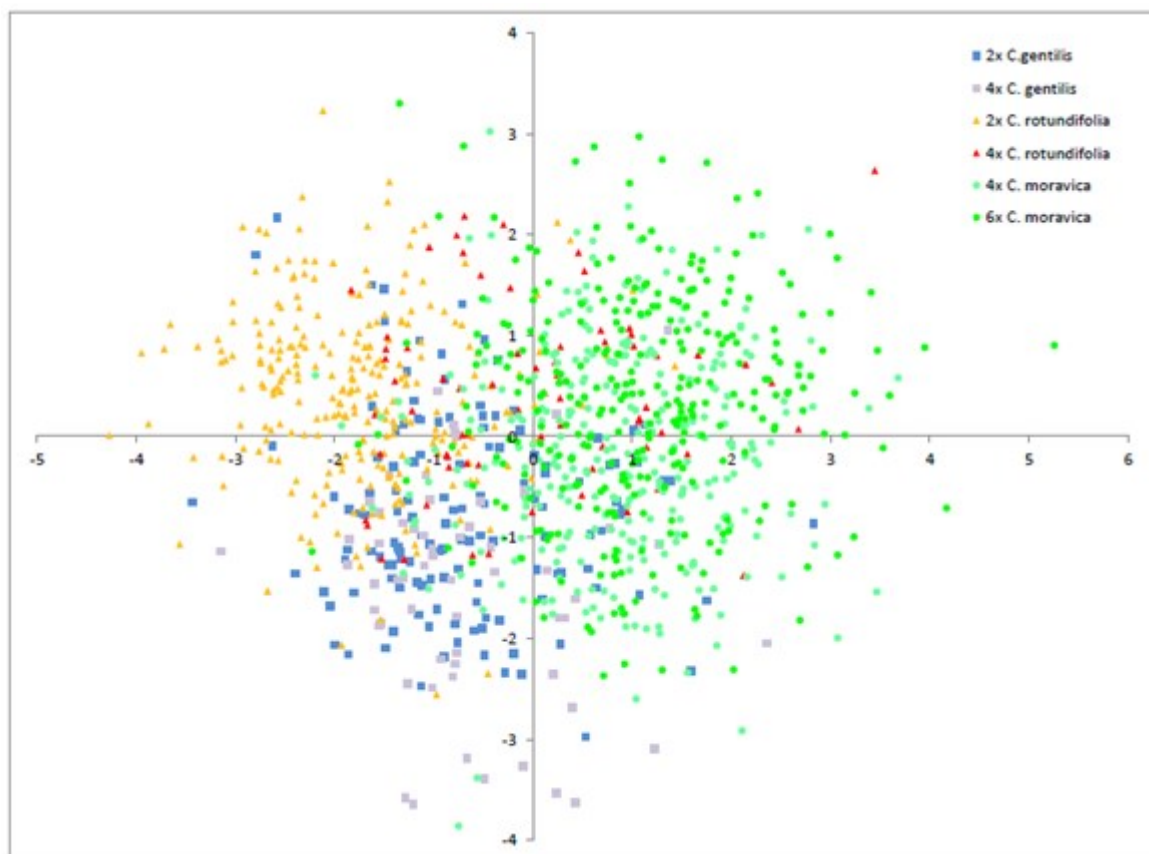
Do analýz byly zařazeny všechny znaky, protože Spearmanův korelační neparametrický koeficient nikdy nepřesáhl hodnotu 0,95 vyjadřující těsnou korelaci. Korelované znaky (rozmezí koeficientu 0,6 – 0,95) jsou uvedeny v tab. 14.

Tab. 14: Korelované znaky a hodnota Spearmanova neparametrického korelačního koeficientu (program SAS 9.3.).

znaky		korelace
b_č	délka_C	0,67067
d. C/K cíp	d_K_cíp	-0,81469
d./š. K cíp	d. C/K cíp	-0,68887
d./š. K cíp	d_K_cíp	0,72436
d./š. l. stř	š_l_stř	-0,61998
d./š. l. stř	d/š l. hor	-0,60935
d.C/š. K cíp	š_K_cíp	-0,0174
d_C_cíp	délka_C	0,67248
d_l_stř	lodyha	0,66702
d_l_stř	d_l_hor	0,76233
květy	d_květ	0,79987
květy	větvení	0,88415
lod/květ	d_květ	-0,84879
lod/květ	větvení	-0,73115
lod/květ	květy	0,66501
š_C_cíp	délka_C	0,67221
š_l_stř	š_l_h	0,62138
větvení	d_květ	0,86036

4.2.2.1 druhy a jejich cytotypy

Nejprve byly analyzovány všechny rostliny rozlišené na jednotlivé druhy a jejich cytotypy (obr. 19). Je vidět, že nedochází k jasnému oddělení cytotypů v rámci druhu, ale u druhů je patrná tendence k vytvoření shluků. Podle 1. kanonické osy (y), vysvětlující 69,81 % celkové variability, se odděluje *C. moravica*, podle 2. osy (x), vysvětlující 14,59 % celkové variability, dochází k oddělení *C. rotundifolia* a *C. gentilis*.



Obr. 19: Kanonická diskriminační analýza jednotlivých cytotypů *C. rotundifolia* agg.: *C. moravica* (4x modrozelená a 6x zelená kolečka), *C. rotundifolia* (2x oranžové a 4x červené trojúhelníky) a *C. gentilis* (2x modré a 4x fialové čtverce). 1. kanonická osa vysvětluje 69,81 % celkové variability, 2. kanonická osa 14,59 % celkové variability.

Hlavními znaky (tab. 15), přispívajícími k odlišení *C. moravica* od zbývajících druhů (korelované s 1. kanonickou osou), jsou: přítomnost papil na semeníku (papily), poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d./š. l. stř), poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (d./š. l. hor), počet listů na zbytku lodyhy (l_zbyt), délka lodyhy pod květenství (lodyha), délka listu ve střední části lodyhy (d_l_stř), délka blizny a čnělky (b_č).

Hlavními znaky přispívajícími k odlišení *C. gentilis* a *C. rotundifolia* (korelované s 2. kanonickou osou) jsou: délka korunních cípů (d_C_cíp), poměr délky koruny a délky korunních cípů (d. C/C cíp), šířka listu ve střední části lodyhy (š_l_stř), počet listů v dolní části lodyhy (l_dole), délka listu ve střední části lodyhy (d_l_stř), délka lodyhy pod květenství (lodyha), šířka listu v horní části lodyhy (š_l_hor).

Tab. 15: Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů všech druhů pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
papily	0.763458	0.087701	l_dole	0.390588	-0.427061	lod/květ	0.121785	0.023401
odění	0.077349	0.010565	l_zbyt	0.563492	-0.097721	d/š l. hor	0.599454	-0.102927
lodyha	0.540781	0.327464	d_l_hor	0.305393	0.301989	d. C/C cíp	0.036746	-0.505998
d_květ	0.109242	0.214963	š_l_h	-0.231115	0.312361	d. C/K cíp	0.000453	-0.103735
větvení	0.106589	0.026403	květy	-0.011579	0.097816	d./š. C cíp	0.006819	0.230783
délka_C	0.317723	0.215583	b_č	0.421150	0.086175	d.C/š. K cíp	0.088863	0.213491
d_C_cíp	0.195985	0.510098	nitka	-0.141289	-0.116659	d./š. K cíp	0.071790	0.098296
š_C_cíp	0.280542	0.235915	prašník	0.353318	0.084647	d./š. l. stř	0.659827	-0.305578
d_K_cíp	0.135431	0.256576	d_l_stř	0.515971	0.335042	l_dole /zb	-0.138292	-0.235553
š_K_cíp	0.110672	0.190154	š_l_stř	-0.274639	0.491151			

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 16) je s použitím všech měřených znaků je možné správně klasifikovat téměř 50 % rostlin (při $k = 28$ nejbližších sousedů). K nejčastějším záměnám dochází mezi cytotypy téhož druhu, případně mezi cytotypy *C. moravica* a tetraploidní *C. rotundifolia*. Největší podíl správně zařazených rostlin patří diploidní *C. rotundifolia*.

Tab. 16: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro všechny cytotypy všech druhů pro všechny znaky ($k = 28$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

taxon	zařazeno k taxonu						celkem rostlin
	<i>C. gentilis</i> 2x	<i>C. gentilis</i> 4x	<i>C. rotundifolia</i> 2x	<i>C. rotundifolia</i> 4x	<i>C. moravica</i> 4x	<i>C. moravica</i> 6x	
<i>C. gentilis</i> 2x	63 (47,01)	35 (25,12)	14 (10,45)	20 (14,93)	1 (0,75)	1 (0,75)	134
<i>C. gentilis</i> 4x	14 (22,95)	38 (62,30)	0	7 (11,48)	1 (1,64)	1 (1,64)	61
<i>C. rotundifolia</i> 2x	32 (12,4)	28 (10,85)	175 (67,83)	21 (8,14)	0	2 (0,78)	258
<i>C. rotundifolia</i> 4x	7 (10,14)	5 (7,25)	4 (5,8)	46 (55,57)	3 (4,35)	4 (5,8)	69
<i>C. moravica</i> 4x	38 (12,71)	54 (18,6)	15 (5,2)	96 (32,11)	71 (23,75)	25 (8,36)	299
<i>C. moravica</i> 6x	37 (12,21)	40 (13,20)	18 (5,94)	82 (27,6)	28 (9,24)	98 (32,34)	303
taxon	<i>C. gentilis</i> 2x	<i>C. gentilis</i> 4x	<i>C. rotundifolia</i> 2x	<i>C. rotundifolia</i> 4x	<i>C. moravica</i> 4x	<i>C. moravica</i> 6x	celkem (%)
chybně zařazených (%)	52,99	37,7	32,17	33,33	76,25	67,66	50,02

Po vyřazení dvou binárních znaků (nejtěsněji korelovaná papilnatost semeníku a dále odění lodyhy) nedošlo k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 17).

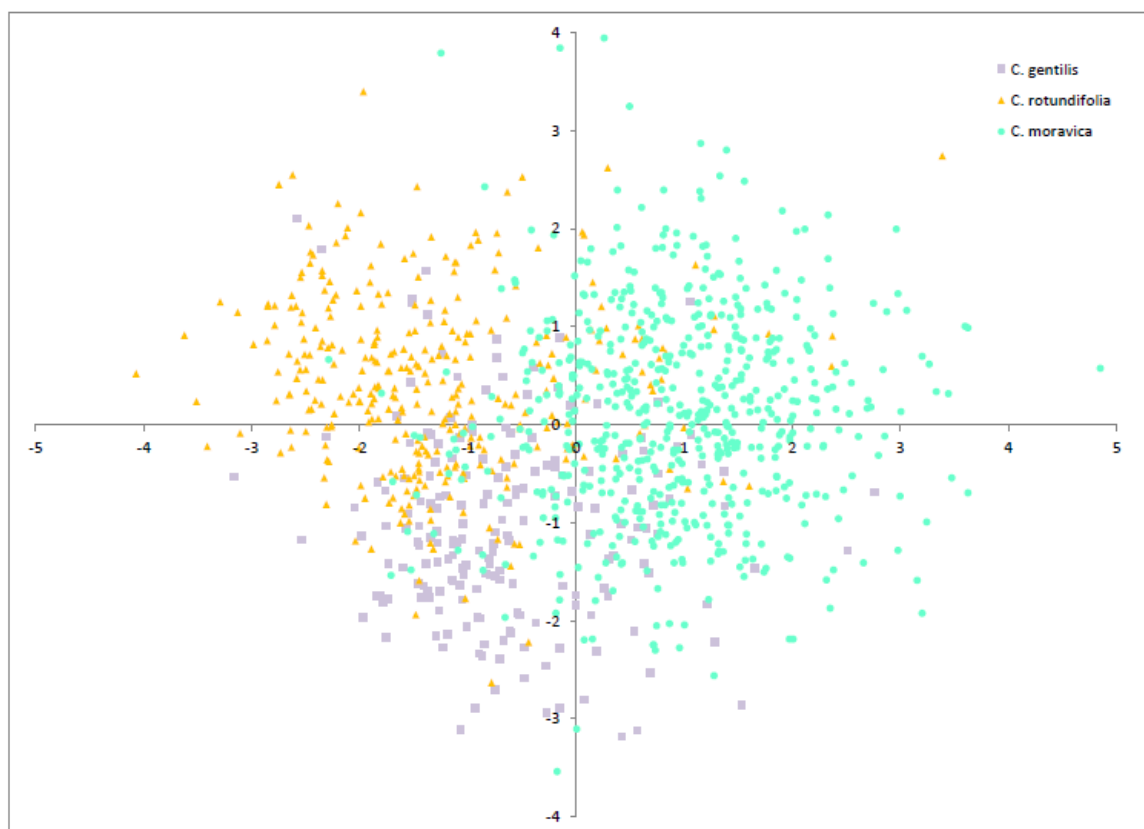
Tab. 17: Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů všech druhů po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
lodyha	0.576120	0.349422	l_zbyt	0.620978	-0.070124	lod/květ	0.134135	0.030855
d_květ	0.112024	0.219639	d_l_hor	0.322372	0.311628	d/š l. hor	0.651735	-0.078976
větvení	0.117000	0.032808	š_l_h	-0.268811	0.295337	d. C/C cíp	0.029536	-0.519289
délka_C	0.335061	0.223044	květy	-0.020067	0.095906	d. C/K cíp	0.015738	-0.091604
d_C_cíp	0.209740	0.522851	b_č	0.444698	0.093643	d./š. C cíp	0.010180	0.237850
š_C_cíp	0.300585	0.246196	nitka	-0.165521	-0.134803	d.C/š. K cíp	0.098319	0.220338
d_K_cíp	0.120045	0.243227	prašník	0.393631	0.106976	d./š. K cíp	0.054881	0.081456
š_K_cíp	0.116347	0.197079	d_l_stř	0.560465	0.359164	d./š. l. stř	0.738090	-0.267067
l_dole	0.432538	-0.410466	š_l_stř	-0.323508	0.468885	l_dole /zb	-0.153298	-0.243562

Z výsledků neparametrické klasifikační diskriminační analýzy vyplynulo, že při vyloučení nejtěsněji korelovaného znaku je možné správně klasifikovat téměř 44 % rostlin (při $k = 11$ nejbližších sousedů). Opět docházelo k největším záměnám mezi cytotypy téhož druhu. Nejvíce správně klasifikovaných rostlin náleželo k 4x *C. gentilis* (60,66 %), dále 2x *C. rotundifolia* (59,69 %), 4x *C. gentilis* (56,52 %), 2x *C. gentilis* (39,55 %), 6x *C. moravica* (29,04 %) a 4x *C. moravica* (18,73 %).

4.2.2.2 druhy (bez ohledu na ploidii)

V následující analýze byly jako skupiny uvažovány jednotlivé druhy (obr. 20). Zřejmá je určitá morfologická diference, mezi jednotlivými druhy však dochází k překryvům. Podle 1. kanonické osy, vysvětlující 81,11 % celkové variability, se odděluje *C. moravica*, podle 2. kanonické osy, vysvětlující 18,89 % celkové variability, dochází k oddělení *C. rotundifolia* a *C. gentilis*.



Obr. 20: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) jednotlivých taxonů *C. rotundifolia* agg.: *C. moravica* (sv. modrá kolečka), *C. rotundifolia* (oranžové trojúhelníky) a *C. gentilis* (fialové čtverce). 1. kanonická osa vysvětluje 81,11 % celkové variability, 2. kanonická osa 18,89 % celkové variability.

Hlavními znaky (tab. 18) přispívajícími k odlišení *C. moravica* (korelované s 1. kanonickou osou) jsou: přítomnost papil na semeníku (papily), poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d./š. l. stř), poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (d./š. l. hor), délka lodyhy pod květenství (lodyha), počet listů na zbytku lodyhy (l_zbyt), délka listu ve střední č. lodyhy (d_l_stř), počet l. v dolní č. lodyhy (l_dole).

Hlavními znaky přispívajícími k odlišení *C. gentilis* a *C. rotundifolia* (korelované s 2. kanonickou osou) jsou: šířka listu ve střední části lodyhy (š_l_stř), délka korunních cípů (d_C_cíp), počet listů v dolní části lodyhy (l_dole), poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d./š. l. stř), poměr délky koruny a korunních cípů (d. C/C cíp), délka kališních cípů (d_K_cíp) a délka lodyhy pod květenství (lodyha).

Tab. 18: Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech druhů bez rozlišení ploidního stupně pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
papily	0.769835	0.178916	l_dole	0.406499	-0.371317	lod/květ	0.127236	0.017048
odění	0.012381	0.060021	l_zbyt	0.565459	-0.124309	d/š l. hor	0.610729	-0.076419
lodyha	0.572322	0.342560	d_l_hor	0.295461	0.292105	d. C/C cíp	0.059484	-0.355667
d_květ	0.128217	0.214351	š_l_h	-0.223973	0.338806	d. C/K cíp	0.024655	-0.147301
větvení	0.129403	0.003850	květy	0.032859	0.110573	d./š. C cíp	0.005703	0.187150
délka_C	0.269837	0.254982	b_č	0.368645	0.170473	d.C/š. K cíp	0.070233	0.156812
d_C_cíp	0.150265	0.455836	nitka	-0.156109	-0.042141	d./š. K cíp	0.030975	0.174203
š_C_cíp	0.240310	0.225795	prašník	0.311573	0.053804	d./š. l. stř	0.683921	-0.359036
d_K_cíp	0.085873	0.351854	d_l_stř	0.483184	0.271773	l dole /zb	-0.104818	-0.149180
š_K_cíp	0.104915	0.215136	š_l_stř	-0.290257	0.529556			

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 19) je s použitím všech měřených znaků možné správně klasifikovat téměř 69 % procent jedinců (při $k = 12$).

Tab. 19: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro všechny druhy bez rozlišení ploidního stupně a pro všechny znaky ($k = 12$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

druh	zařazeno k druhu			celkem rostlin
	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>	
<i>C. gentilis</i>	156 (80)	32 (16,41)	7 (3,59)	195
<i>C. rotundifolia</i>	78 (23,85)	230 (70,34)	19 (5,81)	327
<i>C. moravica</i>	180 (29,9)	87 (14,45)	335 (55,65)	602
druh	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>	celkem %
chybně zařazených (%)	20	29,66	44,35	31,34

Po vyřazení dvou binárních znaků (nejtěsněji korelovaná papilnatost semeníku a dále odění lodyhy) nedošlo k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 20).

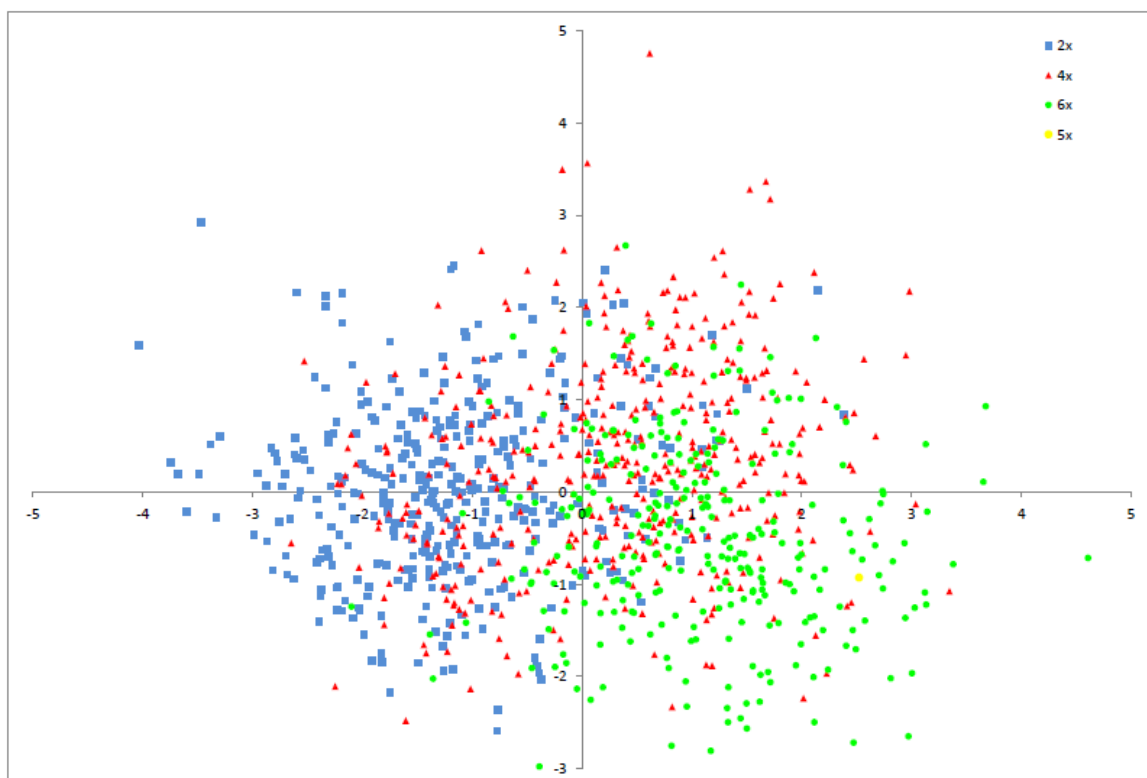
Tab. 20: Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů všech druhů bez rozlišení ploidního stupně po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
lodyha	0.607655	0.440851	l_zbyt	0.631208	-0.035832	lod/květ	0.139031	0.037797
d_květ	0.126962	0.238939	d_l_hor	0.306020	0.344999	d/š l. hor	0.677887	0.020220
větvení	0.142297	0.024700	š_l_h	-0.269313	0.309165	d. C/C cíp	0.089231	-0.352753
délka_C	0.280267	0.303068	květy	0.028830	0.117913	d. C/K cíp	0.036976	-0.146091
d_C_cíp	0.135159	0.488471	b_č	0.394747	0.232848	d./š. C cíp	-0.006190	0.191558
š_C_cíp	0.249684	0.268595	nitka	-0.169165	-0.067994	d.C/š. K cíp	0.066920	0.171016
d_K_cíp	0.071151	0.372209	prašník	0.339651	0.104838	d./š. K cíp	0.022513	0.182428
š_K_cíp	0.101240	0.235997	d_l_stř	0.514176	0.354430	d./š. l. stř	0.777351	-0.255919
l_dole	0.472554	-0.312975	š_l_stř	-0.355044	0.492831	l dole /zb	-0.105529	-0.168795

Z výsledků neparametrické klasifikační diskriminační analýzy vyplynulo, že při vyloučení nejtěsněji korelovaného znaku je možné správně klasifikovat téměř 63 % rostlin (při $k = 6$). K největším záměnám docházelo mezi *C. gentilis* a *C. rotundifolia*, *C. gentilis* a *C. moravica*. Nejvíce správně klasifikovaných rostlin náleželo k *C. gentilis* (70,77 %), dále *C. rotundifolia* (70,34 %) a *C. moravica* (46,51 %).

4.2.2.3 ploidy *C. rotundifolia* agg. (bez ohledu na konkrétní druh)

Rostliny byly analyzovány pouze s ohledem na jednotlivé ploidy úrovně bez rozlišení konkrétních druhů (obr. 21). Došlo k výraznému oddělení diploidních a hexaploidních rostlin, oddělení tetraploidů již nebylo tak výrazné. Podle 1. kanonické osy, vysvětlující 85,64 % variability, se oddělují diploidní cytotypy *C. gentilis* a *C. rotundifolia* a hexaploidní cytotypy *C. moravica*, podle 2. kanonické osy, vysvětlující 14,36 % variability, dochází k oddělení tetraploidních cytotypů *C. gentilis*, *C. rotundifolia* a *C. moravica*.



Obr. 21: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) jednotlivých ploidy úrovně *C. rotundifolia* agg.: 2x (modré čtverce), 4x (červené trojúhelníky) a 6x (zelená kolečka). 1. kanonická osa vysvětluje 85,64 % celkové variability, 2. kanonická osa 14,36 % celkové variability.

Hlavními znaky (tab. 21) přispívajícími k odlišení diploidních a hexaploidních cytotypů (korelované s 1. kanonickou osou) jsou: přítomnost papil na semeníku (papily), poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d./š. l. stř), poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (d./š. l. hor), počet listů na zbytku lodyhy (l_zbyt), délka lodyhy pod květenství (lodyha), délka listu ve střední části lodyhy (d_l_stř), délka blizny a čnělky (b_č).

Hlavními znaky přispívajícími k odlišení tetraploidních a hexaploidních cytotypů (korelované s 2. kanonickou osou) jsou: poměr délky koruny a korunních cípů (d. C/C cíp), poměr délky a šířky kališních cípů (d. / š. K cíp), délka korunních cípů (d_C_cíp), délka nitky (nitka), počet listů v dolní části lodyhy (l_dole), délka kališních cípů (d_K_cíp) a chlupatost lodyhy (odění).

Tab. 21: Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů bez ohledu na druh pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
papily	0.769622	0.203958	l_dole	0.373791	0.290859	lod/květ	0.126981	-0.040937
odění	0.069103	0.274912	l_zbyt	0.527079	0.025156	d/š l. hor	0.560920	0.145117
lodyha	0.521147	-0.109251	d_l_hor	0.282935	-0.079673	d. C/C cíp	-0.000420	0.598438
d_květ	0.104422	-0.117607	š_l_h	-0.231690	-0.058140	d. C/K cíp	0.029587	-0.183325
větvení	0.076932	-0.071232	květy	-0.037800	-0.054719	d./š. C cíp	0.039900	-0.254921
délka_C	0.347474	0.086329	b_č	0.444124	0.268083	d.C/š. K cíp	0.087333	-0.180592
d_C_cíp	0.248757	-0.317458	nitka	-0.159851	0.301080	d./š. K cíp	0.019955	0.351098
š_C_cíp	0.295407	-0.043509	prašník	0.402654	-0.114144	d./š. l. stř	0.611600	-0.003703
d_K_cíp	0.126027	0.289785	d_l_stř	0.497122	-0.186270	l_dole /zb	-0.112151	0.186390
š_K_cíp	0.168422	-0.090922	š_l_stř	-0.255622	-0.074355			

Neparametrická klasifikační diskriminační analýza (tab. 22) ukázala, že s použitím všech měřených znaků je možné správně klasifikovat téměř 66 % jedinců ($k = 18$). Největší podíl správně zařazených rostlin patří diploidním cytotypům, dále tetraploidům a hexaploidům.

Tab. 22: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro všechny druhy bez rozlišení ploidního stupně a pro všechny znaky ($k = 18$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

cytotyp	zařazeno k cytotypu			celkem rostlin
	2x	4x	6x	
2x	344 (87,98)	36 (9,21)	11 (2,81)	391
4x	113 (26,28)	236 (54,88)	81 (18,84)	430
6x	42 (13,86)	98 (32,34)	163 (53,8)	303
cytotyp	2x	4x	6x	celkem %
chybně zařazených (%)	12,02	45,12	46,2	34,45

Po vyřazení dvou binárních znaků (nejtěsněji korelovaná papilnatost semeníku a dále odění lodyhy) nedošlo k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 23).

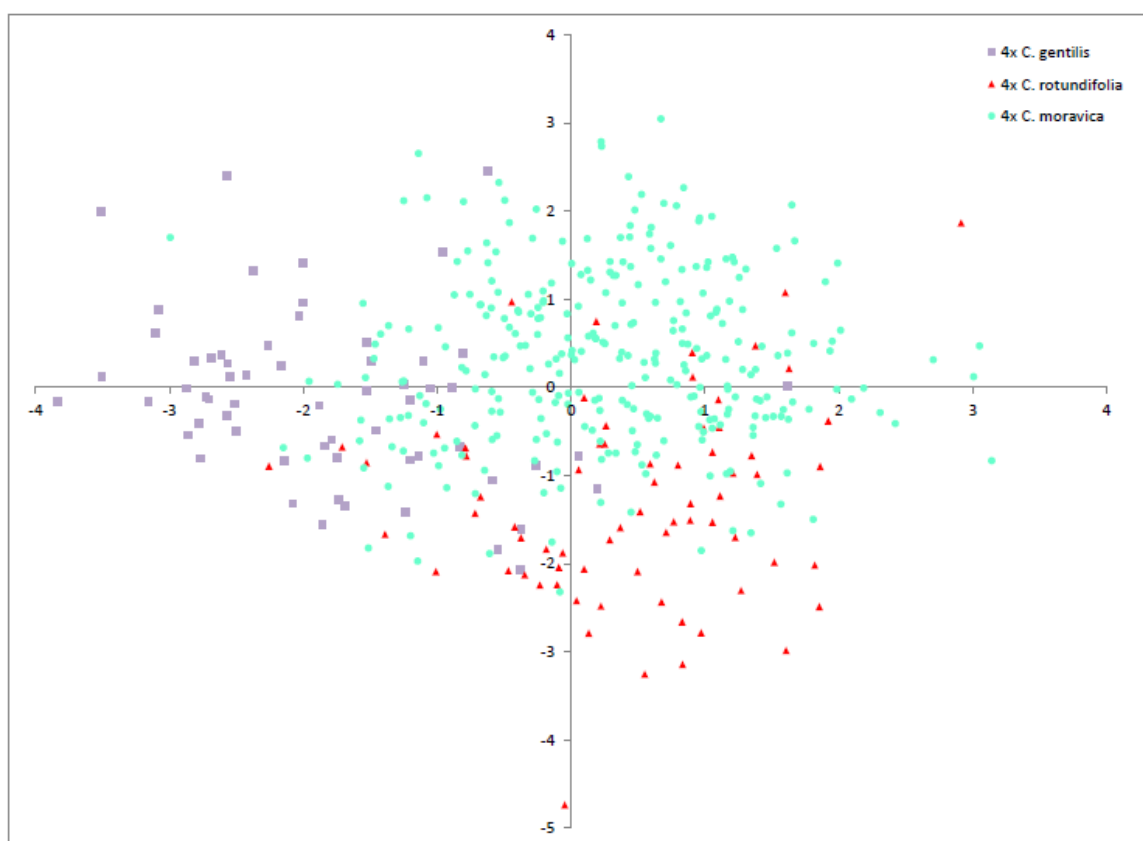
Tab. 23: Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů bez ohledu na druh po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
lodyha	0.577538	-0.005260	l_zbyt	0.575666	0.141749	lod/květ	0.141612	-0.016804
d_květ	0.121680	-0.104826	d_l_hor	0.314818	-0.024929	d/š l. hor	0.605260	0.279155
větvení	0.088687	-0.060518	š_l_h	-0.250117	-0.113354	d. C/C cíp	-0.037718	0.648714
délka_C	0.375163	0.169062	květy	-0.037991	-0.067534	d. C/K cíp	0.043816	-0.192329
d_C_cíp	0.292192	-0.290150	b_č	0.469694	0.387105	d./š. C cíp	0.059567	-0.267711
š_C_cíp	0.326225	0.016988	nitka	-0.193806	0.291703	d.C/š. K cíp	0.106887	-0.176824
d_K_cíp	0.119978	0.341547	prašník	0.448074	-0.036300	d./š. K cíp	-0.000005	0.384982
š_K_cíp	0.190108	-0.061995	d_l_stř	0.556022	-0.093979	d./š. l. stř	0.670027	0.128817
l_dole	0.391251	0.396522	š_l_stř	-0.275317	-0.136131	l_dole /zb	-0.134427	0.177719

Z výsledků neparametrické klasifikační diskriminační analýzy vyplynulo, že při vyloučení nejtěsněji korelovaného znaku je možné správně klasifikovat téměř 61 % jedinců (při $k = 24$). K největším záměnám docházelo mezi tetraploidním a hexaploidním cytotypem, tetraploidním a diploidním cytotypem. Nejvíce správně klasifikovaných rostlin náleželo k diploidnímu (84,4 %), tetraploidnímu (49,77 %) a hexaploidnímu (47,52 %) cytotypu.

4.2.2.4 pouze tetraploidní cytotypy

Z analýzy pouze tetraploidních cytotypů všech taxonů (obr. 22) je vidět, že dochází k dobrému oddělení *C. gentilis* a *C. rotundifolia*, oddělení tetraploidní *C. moravica* je méně výrazné. Podle 1. kanonické osy, vysvětlující 60,37 % variability, se oddělují tetraploidní cytotypy *C. gentilis* a *C. rotundifolia*, podle 2. kanonické osy, vysvětlující 39,63 % variability, dochází k oddělení tetraploidních cytotypů *C. moravica*.



Obr. 22: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) tetraploidních cytotypů *C. rotundifolia* agg.: 4x *C. gentilis* (fialové čtverce), 4x *C. rotundifolia* (červené trojúhelníky) a 4x *C. moravica* (modrozelená kolečka). 1. kanonická osa vysvětluje 60,37 % celkové variability, 2. kanonická osa 39,63 % celkové variability.

Hlavními znaky (tab. 24) přispívajícími k odlišení tetraploidních cytotypů *C. gentilis* a *C. rotundifolia* jsou: délka listu ve střední části lodyhy (d_l_stř), délka lodyhy pod květenství (lodyha), délka listu v horní části lodyhy (d_l_hor), přítomnost papil na semeníku (papily), délka kališních cípů (d_K_cíp), poměr délky a šířky kališních cípů (d. / š. K cíp) a délka korunních cípů (d_C_cíp).

Hlavními znaky přispívajícími k odlišení tetraploidních cytotypů *C. moravica* jsou: poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d./š. l. stř), přítomnost papil na semeníku (papily), délka lodyhy pod květenství (lodyha), poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (d./š. l. hor), počet listů na zbytku lodyhy (l_zbyt), počet listů v dolní části lodyhy (l_dole) a délka korunních cípů (d_C_cíp).

Tab. 24: Kanonické korelační koeficienty u analýzy tetraploidních cytotypů všech druhů pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
papily	0.518613	0.442022	l_dole	-0.175793	0.354472	lod/květ	0.050287	0.087176
odění	0.218650	-0.303789	l_zbyt	0.307656	0.364795	d/š l. hor	0.277503	0.377820
lodyha	0.599750	0.428660	d_l_hor	0.524604	0.073424	d. C/C cíp	-0.231067	0.257874
d_květ	0.251561	0.157312	š_l_h	0.192227	-0.088951	d. C/K cíp	-0.393052	0.158173
větvení	0.127256	0.199145	květy	0.136871	0.287144	d./š. C cíp	0.105165	-0.120888
délka_C	0.361644	-0.173973	b_č	0.340304	-0.109784	d.C/š. K cíp	0.321569	-0.140039
d_C_cíp	0.439937	-0.309849	nitka	-0.013737	-0.110678	d./š. K cíp	0.477306	-0.159916
š_C_cíp	0.371368	-0.149495	prašník	0.074709	-0.133407	d./š. l. stř	0.082844	0.536607
d_K_cíp	0.503492	-0.219015	d_l_stř	0.629570	0.019373	l dole /zb	-0.396300	0.164518
š_K_cíp	0.021204	-0.039411	š_l_stř	0.308294	-0.254987			

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 25) je s použitím všech měřených znaků možné správně klasifikovat 63 % jedinců ($k = 26$). Největší podíl správně zařazených rostlin patří tetraploidnímu cytotypu *C. gentilis* (82 %), nejméně správně zařazených rostlin bylo u tetraploidního cytotypu *C. moravica* (21 %).

Tab. 25: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro tetraploidní cytotypy všech druhů pro všechny znaky ($k = 26$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

taxon	zařazeno k taxonu			celkem rostlin
	<i>C. gentilis</i> 4x	<i>C. rotundifolia</i> 4x	<i>C. moravica</i> 4x	
<i>C. gentilis</i> 4x	50 (81,97)	10 (16,39)	0	61
<i>C. rotundifolia</i> 4x	7 (10)	60 (85,71)	3 (4,29)	70
<i>C. moravica</i> 4x	83 (27,76)	152 (50,84)	64 (21,4)	299
taxon	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>	celkem %
chybně zařazených (%)	18,03	14,29	76,6	36,97

Po vyřazení dvou binárních znaků (nejtěsněji korelovaná papilnatost semeníku a dále odění lodyhy) nedošlo k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 26).

Tab. 26: Kanonické korelační koeficienty u analýzy tetraploidních cytotypů všech druhů po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

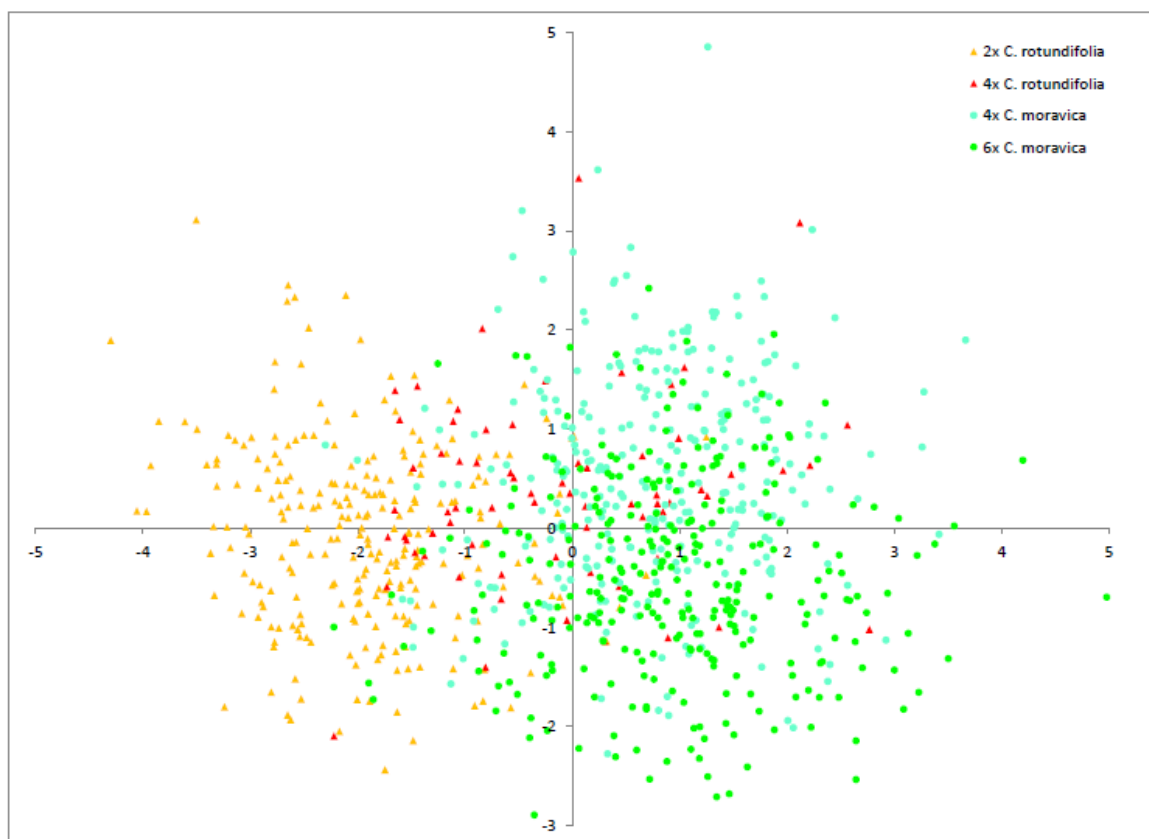
znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
lodyha	0.500254	0.679316	l_zbyt	0.213936	0.498815	lod/květ	0.026854	0.110116
d_květ	0.216451	0.261604	d_l_hor	0.526388	0.281356	d/š l. hor	0.178601	0.500535
větvení	0.074277	0.256391	š_l_h	0.227005	-0.017110	d. C/C cíp	-0.317334	0.177183
délka_C	0.429026	-0.039063	květy	0.058402	0.351455	d. C/K cíp	-0.457182	0.010386
d_C_cíp	0.550834	-0.149419	b_č	0.387826	0.019190	d./š. C cíp	0.145465	-0.084296
š_C_cíp	0.431974	-0.009863	nitka	0.018250	-0.120206	d.C/š.K cíp	0.377167	-0.019529
d_K_cíp	0.590471	-0.030319	prašník	0.117338	-0.109195	d./š. K cíp	0.545709	0.020757
š_K_cíp	0.033758	-0.032598	d_l_stř	0.651959	0.266327	d./š. l. stř	-0.071515	0.589151
l_dole	-0.288046	0.299025	š_l_stř	0.397157	-0.143983	l dole /zb	-0.462443	0.015699

Z výsledků neparametrické klasifikační diskriminační analýzy vyplynulo, že při vyloučení nejvíce korelovaných znaků je možné správně klasifikovat 62 % rostlin (při $k = 7$). K největším záměnám docházelo při určování 4x *C. moravica* (správně klasifikováno 36,79 %, s 4x *C. rotundifolia* zaměněno 35,79 % a s 4x *C. gentilis* 27,42 % rostlin). Nejvíce správně klasifikovaných rostlin náleželo k 4x *C. gentilis* (75,41 %) a 4x *C. rotundifolia* (74,29 %).

4.2.2.5 druhy *C. moravica* a *C. rotundifolia* a jejich cytotypy

Datový soubor byl modifikován vyloučením všech jedinců *C. gentilis*, druhu, jehož výskyt je alopatrický k druhu *C. moravica* a pro následující analýzy bylo použito 929 rostlin 2x a 4x *C. rotundifolia* z různých částí České republiky a 4x a 6x *C. moravica* z České republiky, Slovenské republiky a z Rakouska.

Byly analyzovány diploidní a tetraploidní cytotypy *C. rotundifolia* a tetraploidní a hexaploidní cytotypy *C. moravica* (obr. 23). Od *C. moravica* se dobře odděluje diploidní *C. rotundifolia*, oddělení tetraploidní *C. rotundifolia* je méně výrazné. Podle 1. kanonické osy, vysvětlující 83,36 % variability, se oddělují diploidní cytotypy *C. rotundifolia* a druh *C. moravica*, podle 2. kanonické osy, vysvětlující 10,03 % variability, dochází k oddělení tetraploidních a hexaploidních cytotypů *C. moravica*.



Obr. 23: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) cytotypů *C. rotundifolia* a *C. moravica*: 2x *C. rotundifolia* (oranžové trojúhelníky) a 4x *C. rotundifolia* (červené trojúhelníky) a 4x *C. moravica* (modrozelená kolečka) a 6x *C. moravica* (zelená kolečka). 1. kanonická osa vysvětluje 83,36 % celkové variability, 2. kanonická osa 10,03 % celkové variability.

Hlavními znaky (tab. 27) přispívajícími k odlišení diploidních cytotypů *C. rotundifolia* (korelované s 1. kanonickou osou) jsou: přítomnost papil na semeníku (papily), poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d./š. l. stř), poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (d./š. l. hor), počet listů na zbytku lodyhy (l_zbyt), délka lodyhy pod květenství (lodyha), délka listu ve střední části lodyhy (d_l_stř), počet listů v dolní části lodyhy (l_dole).

Hlavními znaky přispívajícími k odlišení tetraploidních a hexaploidních cytotypů *C. moravica* jsou: poměr délky koruny a korunních cípů (d. C/C cíp), poměr délky a šířky kališních cípů (d. / š. K cíp), délka korunních cípů (d_C_cíp), délka nitky (nitka), odění lodyhy (odění), poměr délky a šířky korunních cípů (d. / š. C cíp).

Tab. 27: Kanonické korelační koeficienty u cytotypů *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
papily	0.762746	0.140013	l_dole	0.469339	0.194171	lod/květ	0.119965	-0.057733
odění	0.076382	0.281578	l_zbyt	0.576454	-0.004277	d/š l. hor	0.598874	0.115618
lodyha	0.487769	-0.063741	d_l_hor	0.262821	-0.016472	d. C/C cíp	0.101396	0.568624
d_květ	0.072024	-0.072319	š_l_h	-0.279046	0.037054	d. C/K cíp	0.019786	-0.246644
větvení	0.104065	-0.030098	květy	-0.031429	0.014405	d./š. C cíp	-0.025399	-0.247632
délka_C	0.284458	0.048703	b_č	0.403194	0.205089	d.C/š. K cíp	0.062107	-0.145013
d_C_cíp	0.124850	-0.328217	nitka	-0.127237	0.313802	d./š. K cíp	0.052204	0.447766
š_C_cíp	0.248237	-0.053273	prašník	0.342961	-0.215698	d./š. l. stř	0.703583	-0.067452
d_K_cíp	0.086478	0.348462	d_l_stř	0.481814	-0.153560	l dole /zb	-0.121728	0.127867
š_K_cíp	0.073372	-0.148042	š_l_stř	-0.354686	0.032385			

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 28) je s použitím všech měřených znaků možné správně klasifikovat téměř 58 % jedinců ($k = 13$). Největší podíl správně zařazených rostlin patří diploidnímu cytotypu *C. rotundifolia* (84 %), nejméně správně zařazených rostlin bylo u hexaploidního cytotypu *C. moravica* (39 %).

Tab. 28: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro oba cytotypy druhů *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky ($k = 13$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

taxon	zařazeno k taxonu				celkem rostlin
	<i>C. rotundifolia</i> 2x	<i>C. rotundifolia</i> 4x	<i>C. moravica</i> 4x	<i>C. moravica</i> 6x	
<i>C. rotundifolia</i> 2x	217 (84,11)	33 (12,79)	2 (0,78)	6 (2,33)	258
<i>C. rotundifolia</i> 4x	10 (14,49)	47 (68,12)	5 (7,25)	7 (10,14)	69
<i>C. moravica</i> 4x	28 (9,36)	108 (36,12)	122 (40,8)	41 (13,71)	299
<i>C. moravica</i> 6x	28 (9,24)	95 (31,35)	62 (20,46)	118 (38,94)	303
taxon	<i>C. rotundifolia</i> 2x	<i>C. rotundifolia</i> 4x	<i>C. moravica</i> 4x	<i>C. moravica</i> 6x	celkem (%)
chybně zařazených (%)	15,89	31,88	59,2	61,06	42,01

Po vyřazení dvou binárních znaků (nejtěsněji korelovaná papilnatost semeníku a dále odění lodyhy) nedošlo k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 29).

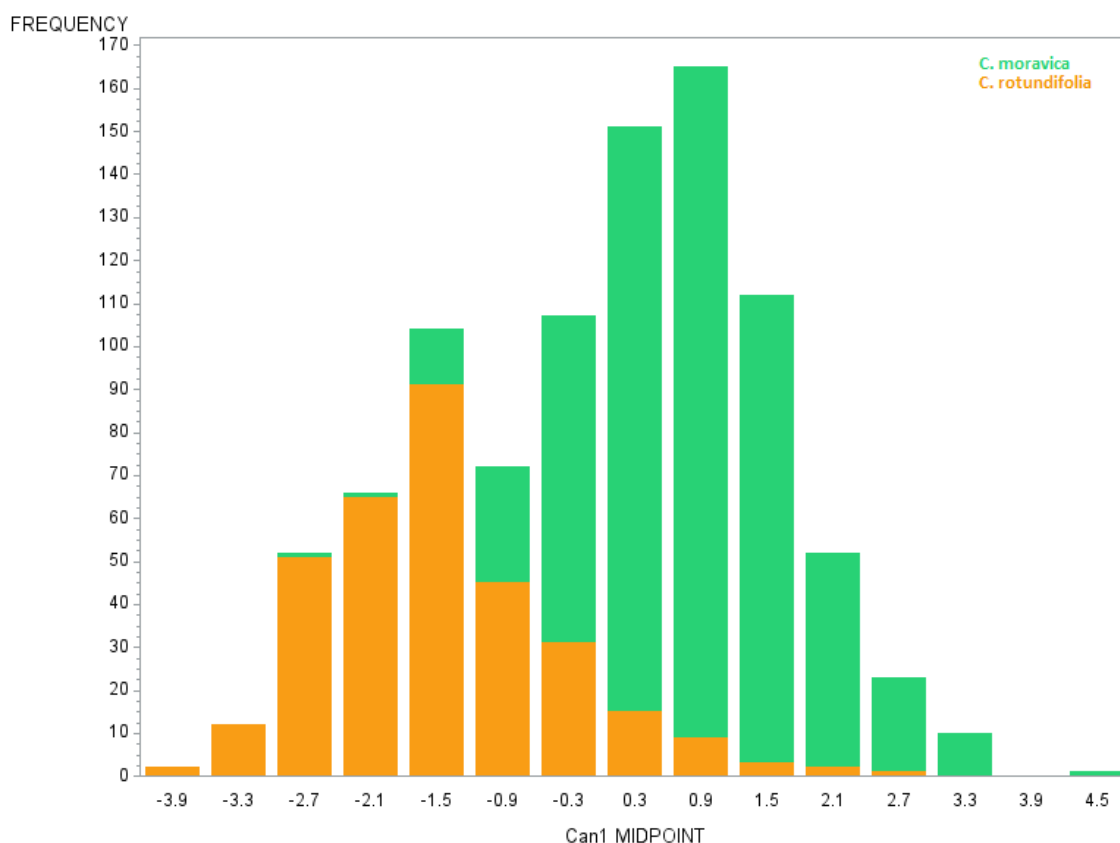
Tab. 29: Kanonické korelační koeficienty pro oba cytotypy druhů *C. rotundifolia* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
lodyha	0.532386	0.058833	l_zbyt	0.626484	0.106173	lod/květ	0.132855	-0.029906
d_květ	0.081236	-0.040390	d_l_hor	0.286663	0.006745	d/š l. hor	0.645257	0.245646
větvení	0.113987	0.019985	š_l_h	-0.304886	-0.012500	d. C/C cíp	0.083842	0.648362
délka_C	0.307982	0.024106	květy	-0.035647	0.069248	d. C/K cíp	0.032085	-0.210122
d_C_cíp	0.151645	-0.396573	b_č	0.429982	0.202983	d./š. C cíp	-0.016316	-0.265740
š_C_cíp	0.273063	-0.075268	nitka	-0.152159	0.279718	d.C/š. K cíp	0.074483	-0.169403
d_K_cíp	0.079399	0.290087	prašník	0.383263	-0.220296	d./š. K cíp	0.037426	0.403283
š_K_cíp	0.086602	-0.152094	d_l_stř	0.531287	-0.127892	d./š. l. stř	0.766940	0.102503
l_dole	0.500700	0.320984	š_l_stř	-0.386334	-0.068887	l dole /zb	-0.138852	0.166521

Z výsledků neparametrické klasifikační diskriminační analýzy vyplynulo, že při vyloučení nejvíce korelovaného znaku je možné správně klasifikovat 54,5 % rostlin (při $k = 21$). K největším záměnám docházelo mezi cytotypy *C. rotundifolia* a mezi tetraploidními cytotypy *C. rotundifolia* a *C. moravica*. Nejvíce správně klasifikovaných rostlin náleželo k 4x *C. rotundifolia* (84,06 %).

4.2.2.6 druhy *C. moravica* a *C. rotundifolia* bez ohledu na ploidii

Rostliny *C. rotundifolia* a *C. moravica* byly analyzovány bez ohledu na ploidní úroveň (obr. 24). Druhy jsou relativně dobře odděleny a překryv není výrazný.



Obr. 24: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. rotundifolia* (oranžová) a *C. moravica* (modrozelená).

Hlavními znaky (tab. 30) odlišujícími *C. rotundifolia* a *C. moravica* jsou: přítomnost papily na semeníku (papily), poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d./š. l. stř), poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (d./š. l. hor), počet listů na zbytku lodyhy (l_zbyt), délka lodyhy pod květenství (lodyha), počet listů v dolní části lodyhy (l_dole), délka listu ve střední části lodyhy (d_l_stř).

Tab. 30: Kanonické korelační koeficienty druhů *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	znak	1. osa	znak	1. osa
papily	0.761838	l_dole	0.491603	lod/květ	0.125626
odění	0.001363	l_zbyt	0.578303	d/š l. hor	0.608218
lodyha	0.512383	d_l_hor	0.244354	d. C/C cíp	0.128071
d_květ	0.087666	š_l_h	-0.278172	d. C/K cíp	0.051276
větvení	0.127247	květy	0.012342	d./š. C cíp	-0.027479
délka_C	0.226220	b_č	0.340299	d.C/š. K cíp	0.040344
d_C_cíp	0.068165	nitka	-0.144356	d./š. K cíp	-0.001109
š_C_cíp	0.199982	prašník	0.299447	d./š. l. stř	0.733344
d_K_cíp	0.021434	d_l_stř	0.439464	l dole /zb	-0.080914
š_K_cíp	0.064971	š_l_stř	-0.380993		

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 31) je s použitím všech měřených znaků možné správně klasifikovat téměř 85 % jedinců ($k = 6$).

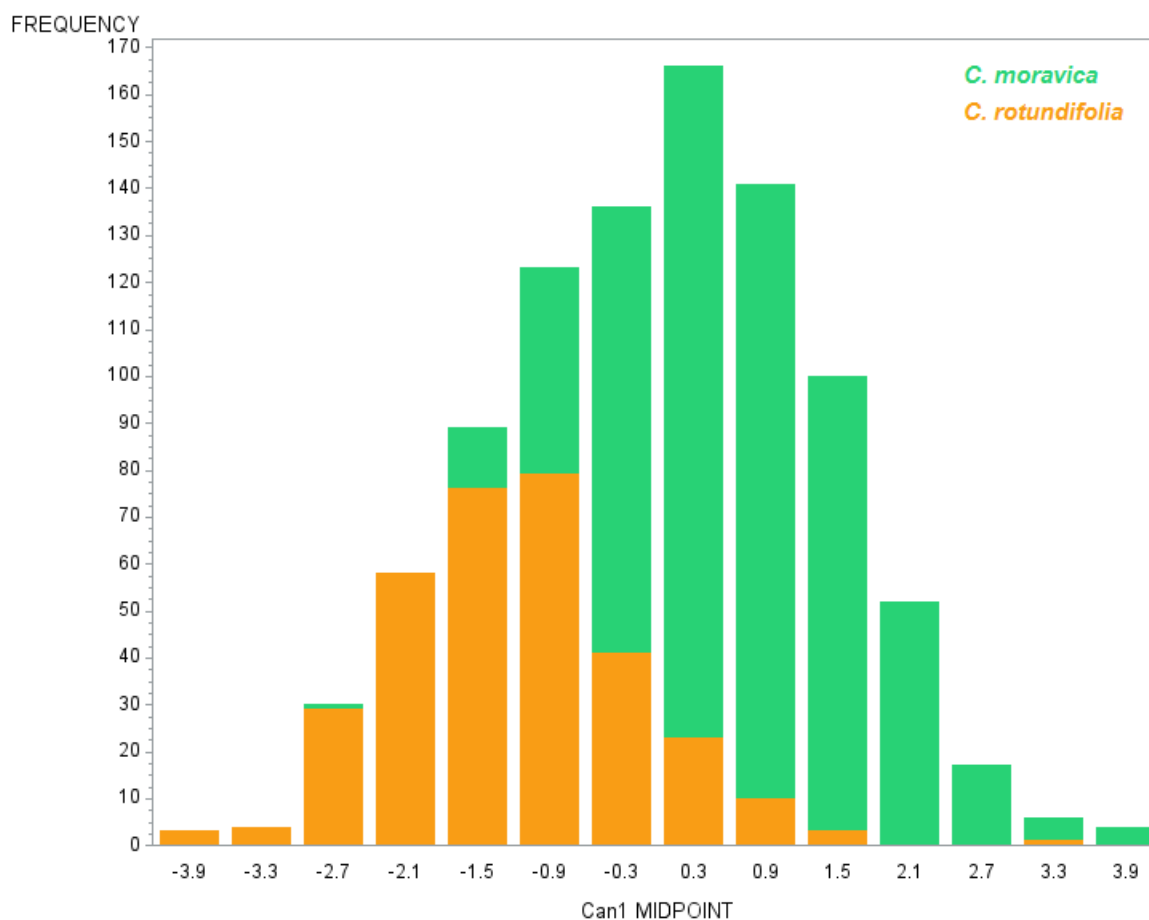
Tab. 31: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky ($k = 6$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

druh	zařazeno k druhu		celkem rostlin
	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>	
<i>C. rotundifolia</i>	288 (88,097)	39 (11,93)	327
<i>C. moravica</i>	113 (18,77)	489 (81,23)	602
druh	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>	celkem %
chybně zařazených (%)	11,93	18,77	15,35

Po vyřazení dvou binárních znaků (nejtěsněji korelovaná papilnatost semeníku a dále odění lodyhy) je z grafu (obr. 25) vidět, že odlišení skupin je méně jasné, nedošlo však k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 32). Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy je při vyloučení nejtěsněji korelovaného znaku možné správně klasifikovat 79 % rostlin (při $k = 6$). Správně klasifikováno bylo 86,54 % rostlin *C. rotundifolia* a 71,93 % rostlin *C. moravica*.

Tab. 32: Kanonické korelační koeficienty u analýzy *C. rotundifolia* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

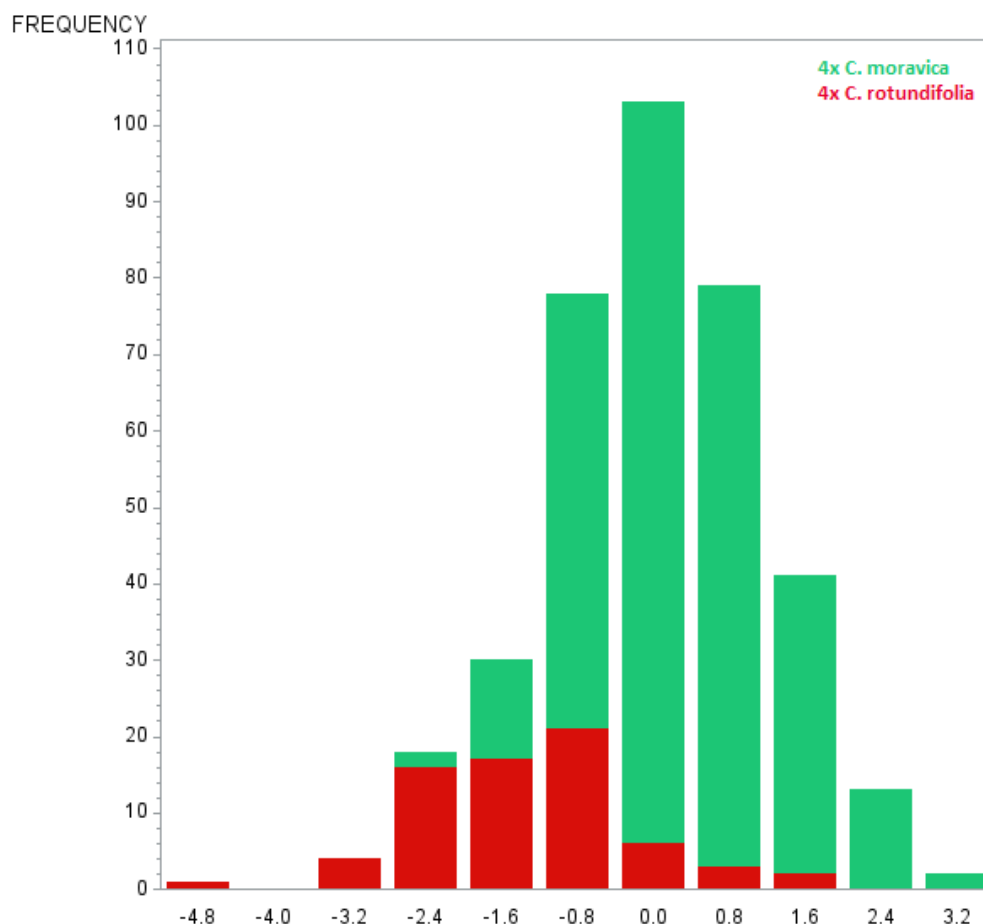
znak	1. osa	znak	1. osa	znak	1. osa
lodyha	0.560219	l_zbyt	0.632294	lod/květ	0.137355
d_květ	0.095850	d_l_hor	0.267167	d/š l. hor	0.665002
větvení	0.139127	š_l_h	-0.304142	d. C/C cíp	0.140028
délka_C	0.247340	květy	0.013495	d. C/K cíp	0.056064
d_C_cíp	0.074529	b_č	0.372070	d./š. C cíp	-0.030045
š_C_cíp	0.218652	nitka	-0.157834	d.C/š. K cíp	0.044111
d_K_cíp	0.023435	prašník	0.327404	d./š. K cíp	-0.001213
š_K_cíp	0.071037	d_l_stř	0.480493	d./š. l. stř	0.801810
l_dole	0.537500	š_l_stř	-0.416563	l dole /zb	-0.088468



Obr. 25: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. rotundifolia* (oranžová) a *C. moravica* (modrozelená) po vyloučení nejtěsněji korelovaného znaku (papilnatost semeníku).

4.2.2.7 tetraploidní cytotypy *C. moravica* a *C. rotundifolia*

Mezi skupinami tetraploidních cytotypů *C. rotundifolia* a *C. moravica* (obr. 26) je patrný výrazný překryv.



Obr. 26: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) tetraploidních cytotypů *C. rotundifolia* (červená) a *C. moravica* (modrozelená).

Hlavními znaky (tab. 33) odlišujícími tetraploidy u těchto dvou druhů jsou: poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d. /š. l. stř), přítomnost papil na semeníku (papily), délka lodyhy pod květenství (lodyha), počet listů v dolní části lodyhy (l_dole), délka korunních cípů (d_C_cíp), poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (d./š. l. hor), počet listů na zbytku lodyhy (l_zbyt).

Tab. 33: Kanonické korelační koeficienty u tetraploidních cytotypů *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	znak	1. osa	znak	1. osa
papily	0.422068	l_dole	0.375049	lod/květ	0.082246
odění	-0.325532	l_zbyt	0.335615	d/š l. hor	0.342415
lodyha	0.381443	d_l_hor	0.023233	d. C/C cíp	0.282457
d_květ	0.130830	š_l_h	-0.101539	d. C/K cíp	0.206663
větvení	0.181023	květy	0.264574	d./š. C cíp	-0.129394
délka_C	-0.213333	b_č	-0.147382	d.C/š. K cíp	-0.173665
d_C_cíp	-0.363462	nitka	-0.108354	d./š. K cíp	-0.210567
š_C_cíp	-0.186613	prašník	-0.137334	d./š. l. stř	0.514267
d_K_cíp	-0.272278	d_l_stř	-0.042640	l dole /zb	0.211305
š_K_cíp	-0.040927	š_l_stř	-0.271272		

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 34) je s použitím všech měřených znaků je možné správně klasifikovat téměř 73 % jedinců ($k = 6$). Největší podíl správně zařazených rostlin patří tetraploidnímu cytotypu *C. rotundifolia* (77 %), k tetraploidnímu cytotypu *C. moravica* bylo správně přiřazeno 68 % jedinců.

Tab. 34: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro všechny tetraploidní cytotypy *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky ($k = 6$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

taxon	zařazeno k taxonu		celkem rostlin
	<i>C. rotundifolia</i> 4x	<i>C. moravica</i> 4x	
<i>C. rotundifolia</i> 4x	54 (77,14)	16 (22,86)	70
<i>C. moravica</i> 4x	96 (32,11)	203 (67,89)	299
taxon	<i>C. rotundifolia</i> 4x	<i>C. moravica</i> 4x	celkem %
chybně zařazených (%)	22,86	32,11	27,48

Po vyřazení dvou binárních znaků (nejtěsněji korelovaná papilnatost semeníku a dále odění lodyhy) nedošlo k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 35).

Tab. 35: Kanonické korelační koeficienty u analýzy tetraploidních cytotypů *C. rotundifolia* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

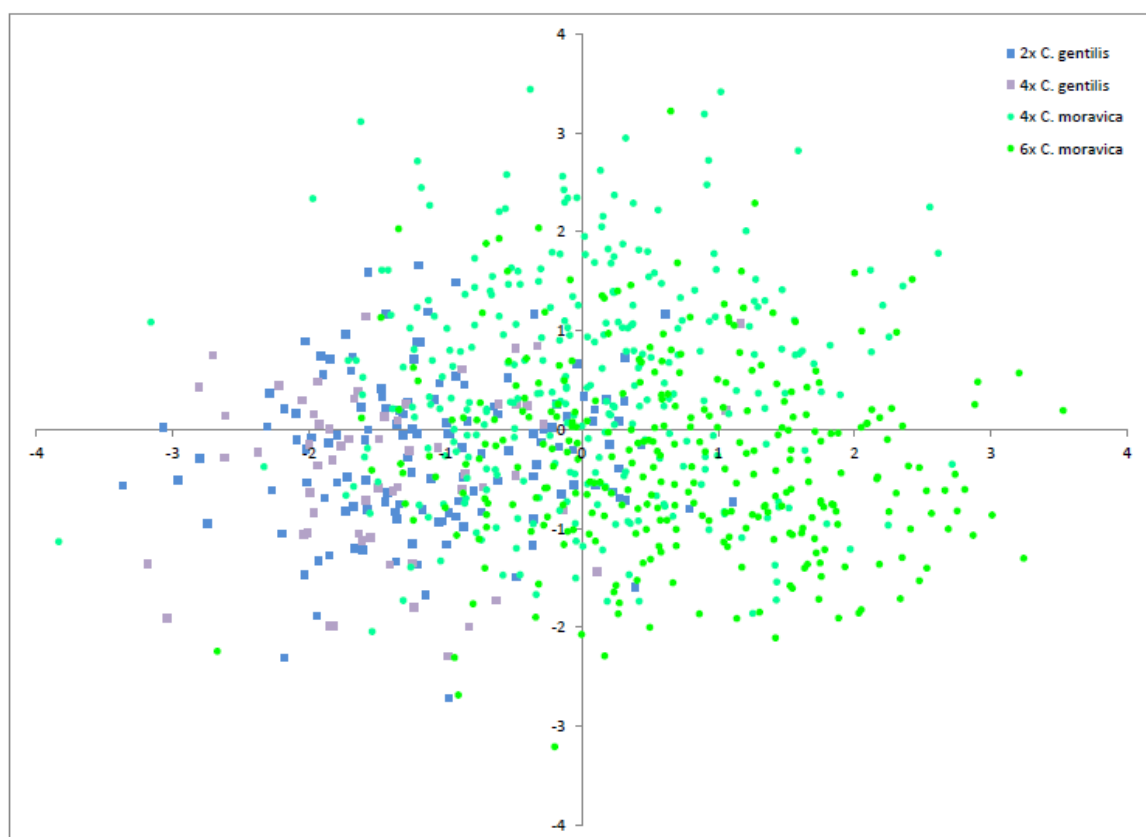
znak	1. osa	znak	1. osa	znak	1. osa
lodyha	0.408340	l_zbyt	0.359281	lod/květ	0.088046
d_květ	0.140055	d_l_hor	0.024872	d/š l. hor	0.366560
větvení	0.193788	š_l_h	-0.108699	d. C/C cíp	0.302375
délka_C	-0.228376	květy	0.283230	d. C/K cíp	0.221236
d_C_cíp	-0.389092	b_č	-0.157775	d./š. C cíp	-0.138518
š_C_cíp	-0.199772	nitka	-0.115994	d.C/š. K cíp	-0.185911
d_K_cíp	-0.291477	prašník	-0.147018	d./š. K cíp	-0.225416
š_K_cíp	-0.043813	d_l_stř	-0.045647	d./š. l. stř	0.550530
l_dole	0.401495	š_l_stř	-0.290401	l dole /zb	0.226205

Z výsledků neparametrické klasifikační diskriminační analýzy vyplynulo, že při vyloučení nejvíce korelovaného znaku je možné správně klasifikovat 69 % rostlin (při $k = 6$). Správně bylo klasifikováno 80,0 % rostlin tetraploidní *C. rotundifolia* a 58,19 % rostlin tetraploidní *C. moravica*.

4.2.2.8 druhy *C. moravica* a *C. gentilis* a jejich cytotypy

Datový soubor byl modifikován vyloučením všech jedinců *C. rotundifolia* a byly hledány rozdíly mezi geograficky izolovanými, ale morfologicky velmi podobnými druhy *C. gentilis* (2x a 4x) a *C. moravica* (4x a 6x).

Byly analyzovány diploidní a tetraploidní cytotypy *C. gentilis* a tetraploidní a hexaploidní cytotypy *C. moravica* (obr. 27). Druhy jsou relativně dobře odděleny a dochází i k částečnému oddělení cytotypů *C. moravica*. Podle 1. kanonické osy, vysvětlující 69,87 % celkové variability, se oddělují cytotypy *C. gentilis* a *C. moravica*, podle 2. kanonické osy, vysvětlující 20,67 % celkové variability, dochází k oddělení tetraploidních a hexaploidních cytotypů *C. moravica*.



Obr. 27: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) cytotypů *C. gentilis* a *C. moravica*: 2x (modré čtverce) a 4x *C. gentilis* (fialové čtverce) a 4x (modrozelená kolečka) a 6x *C. moravica* (zelená kolečka). 1. kanonická osa vysvětluje 69,87 % celkové variability, 2. kanonická osa 20,67 % celkové variability.

Z analýz byly primárně vyloučeny binární znaky (papilnatost semeníku a chlupatost lodyhy). Hlavními znaky (tab. 36) přispívajícími k odlišení diploidních a tetraploidních cytotypů *C. gentilis* a hexaploidních cytotypů *C. moravica* (korelované s 1. kanonickou osou) jsou: délka květenství (d_květ), šířka listu ve střední části lodyhy (š_l_stř), šířka korunních cípů (š_C_cíp), šířka listu v horní části lodyhy (š_l_hor), délka korunních cípů (d_C_cíp), poměr délky koruny a korunních cípů (d. C/C cíp) a délka kališních cípů (d_K_cíp).

Hlavními znaky, přispívajícími k odlišení tetraploidních a hexaploidních cytotypů *C. moravica*, jsou: poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d./š. l. stř), šířka kališních cípů (š_K_cíp), poměr délky koruny a délky kališních cípů (d. C/K cíp), poměr délky a šířky korunních cípů (d. /š. C cíp), délka květenství (d_květ), délka nitky (nitka), poměr délky koruny a korunních cípů (d. C/C cíp),

Tab. 36: Kanonické korelační koeficienty u analýzy cytotypů *C. moravica* a *C. gentilis* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
lodyha	0.000784	0.227946	lod/květ	0.157201	0.178582	š_l_stř	0.598713	0.132959
d_květ	0.641015	0.358367	l_zbyt	-0.022351	0.173236	d/š l. hor	0.108642	0.004261
větvení	0.255175	0.109244	d_l_hor	0.368284	0.175211	d. C/C cíp	0.379342	0.349257
délka_C	0.105949	0.063545	š_l_h	0.423479	0.231846	d. C/K cíp	-0.362956	0.415611
d_C_cíp	0.384995	0.206690	květy	0.054737	0.136078	d./š. C cíp	-0.037459	-0.365745
š_C_cíp	0.541132	-0.113282	b_č	0.090123	0.166614	d.C/š. K cíp	0.181651	-0.156947
d_K_cíp	0.373679	0.095801	nitka	0.356897	0.357635	d./š. K cíp	0.203338	-0.057200
š_K_cíp	0.232887	0.498402	prašník	-0.242785	0.238327	d./š. l. stř	0.047503	0.511948
l_dole	0.260132	-0.037823	d_l_stř	0.353639	-0.158284	l dole /zb	0.303670	0.063325

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 37) je bez použití binárních znaků možné správně klasifikovat téměř 49 % jedinců ($k = 2$). Největší podíl správně zařazených rostlin patří druhu *C. gentilis* (přes 50 %), u kterého dochází zejména k záměnám mezi cytotypy.

Tab. 37: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro cytotypy *C. moravica* a *C. gentilis* po vyloučení binárních znaků ($k = 2$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

taxon	zařazeno k taxonu				celkem rostlin
	<i>C. gentilis</i> 2x	<i>C. gentilis</i> 4x	<i>C. moravica</i> 4x	<i>C. moravica</i> 6x	
<i>C. gentilis</i> 2x	79 (58,96)	37 (27,61)	12 (8,96)	6 (4,48)	134
<i>C. gentilis</i> 4x	21 (34,43)	34 (55,74)	4 (6,56)	2 (3,28)	61
<i>C. moravica</i> 4x	91 (30,43)	51 (17,6)	143 (47,83)	14 (4,68)	299
<i>C. moravica</i> 6x	81 (26,73)	26 (8,58)	101 (33,33)	95 (31,35)	303
taxon	<i>C. gentilis</i> 2x	<i>C. gentilis</i> 4x	<i>C. moravica</i> 4x	<i>C. moravica</i> 6x	celkem (%)
chybně zařazených (%)	41,04	44,26	52,17	68,65	51,53

Po zařazení dvou binárních znaků (papilnatost semeníku a odění lodyhy) nedošlo k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 38).

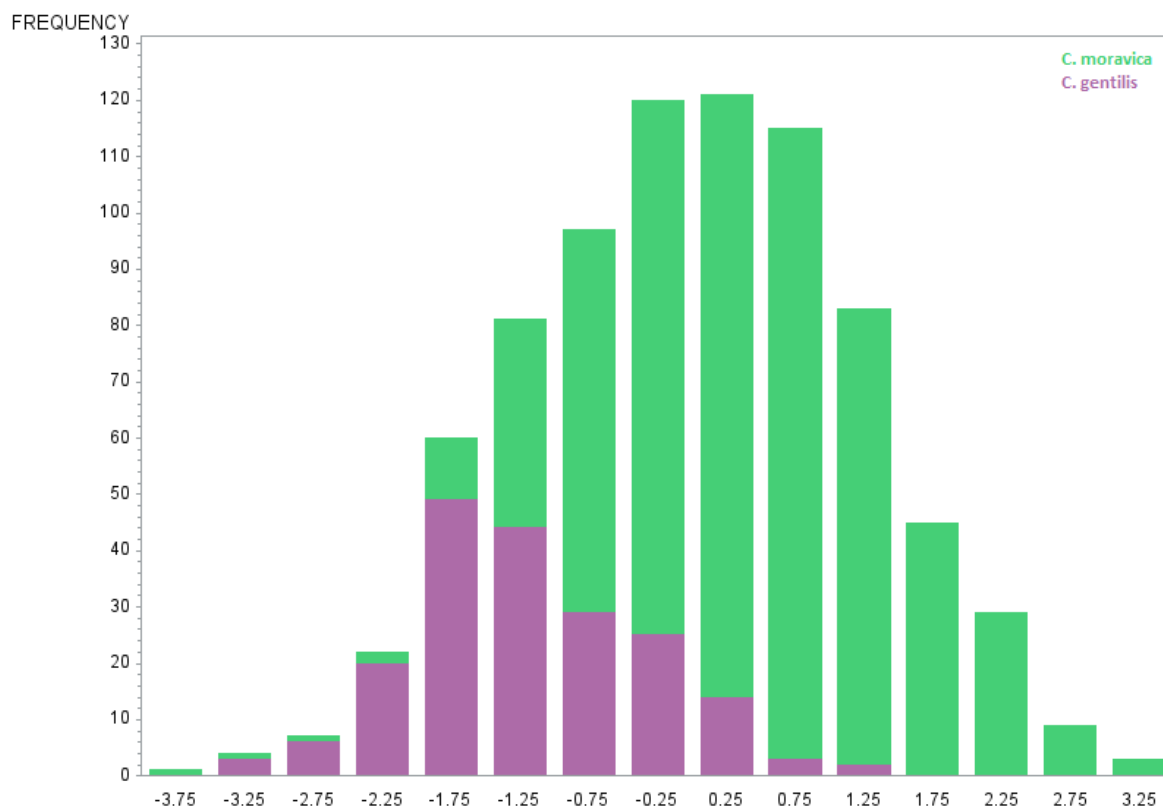
Tab. 38: Kanonické korelační koeficienty u analýzy cytotypů *C. moravica* a *C. gentilis* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa	znak	1. osa	2. osa
papily	-0.279827	0.095853	l_dole	0.231509	-0.070519	lod/květ	0.151871	0.097230
odění	0.671692	0.355720	l_zbyt	0.003734	0.198173	d/š l. hor	0.097025	-0.020204
lodyha	0.021490	0.197797	d_l_hor	0.341153	0.057895	d. C/C cíp	0.369786	0.222624
d_květ	0.599157	0.149856	š_l_h	0.391966	0.076040	d. C/K cíp	-0.274376	0.498677
větvení	0.234460	0.025127	květy	0.058052	0.089436	d./š. C cíp	-0.063565	-0.292329
délka_C	0.097036	0.015432	b_č	0.093507	0.114707	d.C/š. K cíp	0.145242	-0.187341
d_C_cíp	0.361699	0.096956	nitka	0.353956	0.253299	d./š. K cíp	0.170100	-0.124829
š_C_cíp	0.465080	-0.249896	prašník	-0.191188	0.277001	d./š. l. stř	0.085606	0.415840
d_K_cíp	0.337845	-0.016989	d_l_stř	0.301288	-0.208898	l dole /zb	0.274918	-0.017146
š_K_cíp	0.251473	0.375360	š_l_stř	0.535885	-0.064452			

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy je při zahrnutí binárních znaků možné správně klasifikovat téměř 55,5 % rostlin (při $k = 17$). K největším záměnám docházelo mezi diploidním a tetraploidním cytotypem *C. gentilis*. Nejvíce správně klasifikovaných rostlin náleželo k tetraploidní *C. gentilis* (85,25 %).

4.2.2.9 druhy *C. moravica* a *C. gentilis* bez ohledu na ploidii

Rostliny *C. moravica* a *C. gentilis* byly analyzovány bez ohledu na ploidní stupeň (obr. 28). Je patrné, že proměnlivost *C. gentilis* spadá do celkové variability zjištěné u *C. moravica*.



Obr. 28: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. gentilis* (fialová) a *C. moravica* (modrozelená).

Z analýz byly primárně vyloučeny binární znaky (papilnatost semeníku a odění lodyhy). Hlavními znaky (tab. 39) odlišujícími *C. gentilis* a *C. moravica*, jsou: délka květenství (d_květ), šířka listu ve střední části lodyhy (š_l_stř), šířka korunních cípů (š_C_cíp), poměr délky koruny a korunních cípů (d. C/C cíp), délka nitky (nitka), šířka listu v horní části lodyhy (š_l_hor) a délka korunních cípů (d_C_cíp).

Tab. 39: Kanonické korelační koeficienty druhů *C. gentilis* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	znak	1. osa	znak	1. osa
lodyha	0.057113	l_zbyt	0.050158	lod/květ	0.183540
d_květ	0.708307	d_l_hor	0.398293	d/š l. hor	0.108459
větvení	0.269917	š_l_h	0.453861	d. C/C cíp	0.463250
délka_C	0.109140	květy	0.076259	d. C/K cíp	-0.216312
d_C_cíp	0.433185	b_č	0.123285	d./š. C cíp	-0.115684
š_C_cíp	0.484664	nitka	0.455828	d.C/š. K cíp	0.133185
d_K_cíp	0.380747	prašník	-0.169706	d./š. K cíp	0.165972
š_K_cíp	0.349117	d_l_stř	0.314886	d./š. l. stř	0.160885
l_dole	0.261284	š_l_stř	0.591620	l dole /zb	0.312204

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 40) je bez binárních znaků možné správně klasifikovat téměř 73 % jedinců ($k = 5$). K záměnám docházelo zejména u druhu *C. moravica* (57 % správně určených jedinců). Úspěšnost při určování *C. gentilis* dosáhla téměř 90 %.

Tab. 40: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy druhů *C. gentilis* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků ($k = 5$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

druh	zařazeno k druhu		celkem rostlin
	<i>C. gentilis</i>	<i>C. moravica</i>	
<i>C. gentilis</i>	174 (89,23)	21 (10,77)	195
<i>C. moravica</i>	261 (43,36)	341 (56,64)	602
druh	<i>C. gentilis</i>	<i>C. moravica</i>	celkem (%)
chybně zařazených (%)	10,77	43,36	27,06

Po zařazení dvou binárních znaků (papilnatost semeníku a odění lodyhy) nedošlo k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 41).

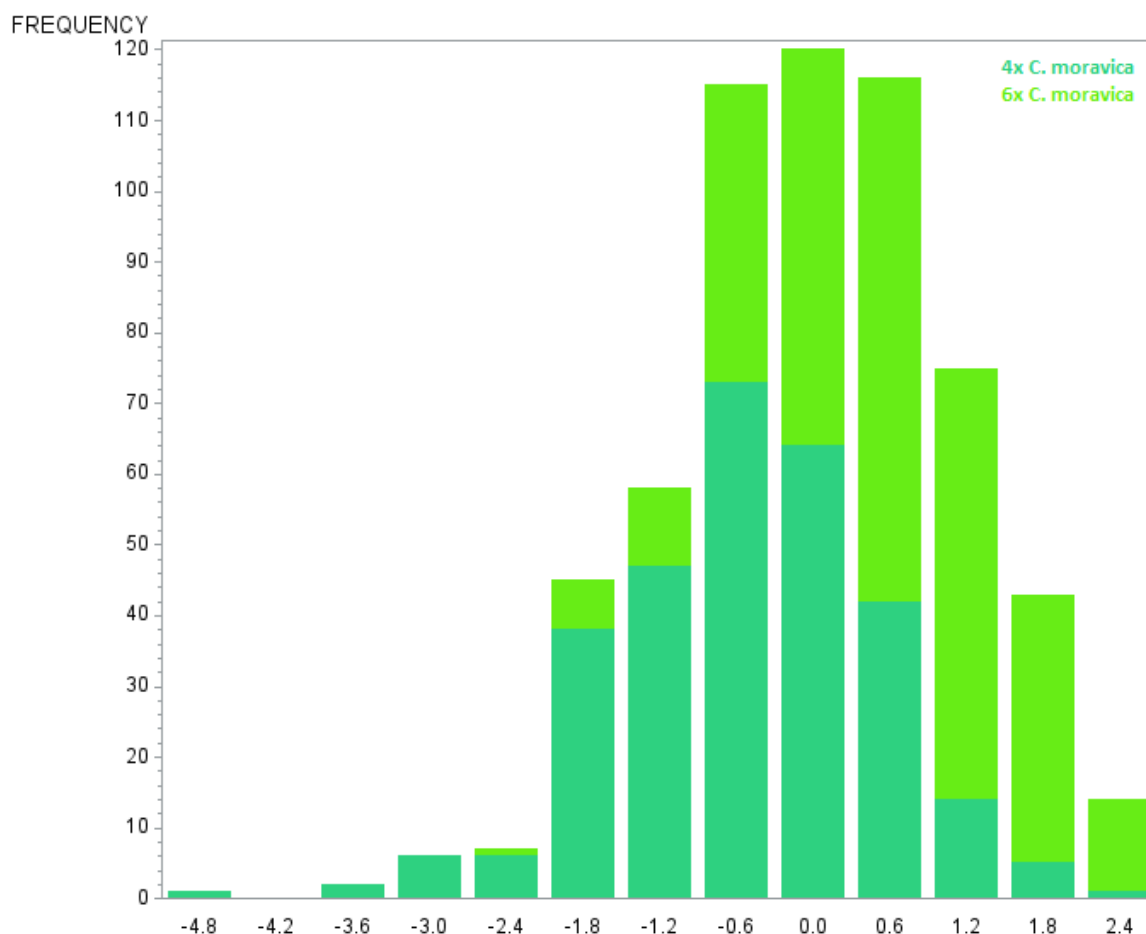
Tab. 41: Kanonické korelační koeficienty u analýzy druhů *C. gentilis* a *C. moravica* pro všechny měřené znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	znak	1. osa	znak	1. osa
papily	-0.252789	l_dole	0.225463	lod/květ	0.158378
odění	0.724543	l_zbyt	0.043282	d/š l. hor	0.093590
lodyha	0.049283	d_l_hor	0.343689	d. C/C cíp	0.399740
d_květ	0.611202	š_l_h	0.391638	d. C/K cíp	-0.186656
větvení	0.232913	květy	0.065804	d./š. C cíp	-0.099825
délka_C	0.094177	b_č	0.106384	d.C/š. K cíp	0.114926
d_C_cíp	0.373798	nitka	0.393336	d./š. K cíp	0.143218
š_C_cíp	0.418219	prašník	-0.146440	d./š. l. stř	0.138828
d_K_cíp	0.328548	d_l_stř	0.271717	l dole /zb	0.269402
š_K_cíp	0.301255	š_l_stř	0.510512		

Z výsledků neparametrické klasifikační diskriminační analýzy vyplynulo, že při zahrnutí binárních znaků bylo možné správně klasifikovat 81,5 % rostlin (při $k = 5$). Správně bylo klasifikováno 89,74 % jedinců *C. gentilis* a 73,26 % jedinců *C. moravica*.

4.2.2.10 tetraploidní a hexaploidní cytotypy *C. moravica*

Analýza ukazuje značný překryv tetraploidních a hexaploidních cytotypů *C. moravica* (obr. 29).



Obr. 29: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) 4x (modrozelená) a 6x (zelená) cytotypů *C. moravica*.

Hlavními znaky (tab. 42) odlišujícími cytotypy *C. moravica* jsou: poměr délky koruny a korunních cípů (d. C/C cíp), délka korunních cípů (d_C_cíp), poměr délky a šířky kališních cípů (d. / š. K cíp), délka prašníku (prašník), délka nitky (nitka), poměr délky koruny a kališních cípů (d. C/K cíp) a délka kališních cípů (d_K_cíp).

Tab. 42: Kanonické korelační koeficienty u tetraploidních a hexaploidních cytotypů *C. moravica* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1. osa	znak	1. osa	znak	1. osa
papily	-0.065799	l_dole	-0.171337	lod/květ	0.059035
odění	-0.189204	l_zbyt	0.075944	d/š l. hor	-0.062526
lodyha	0.090876	d_l_hor	0.067758	d. C/C cíp	-0.568326
d_květ	0.061831	š_l_h	-0.069749	d. C/K cíp	0.277140
větvení	0.014176	květy	-0.078955	d./š. C cíp	0.217032
délka_C	0.057637	b_č	-0.091350	d.C/š. K cíp	0.163545
d_C_cíp	0.431030	nitka	-0.325382	d./š. K cíp	-0.386740
š_C_cíp	0.146505	prašník	0.332668	d./š. l. stř	0.125043
d_K_cíp	-0.271539	d_l_stř	0.262861	l dole /zb	-0.199669
š_K_cíp	0.174942	š_l_stř	-0.045135		

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 43) je s použitím všech měřených znaků možné správně klasifikovat téměř 69 % jedinců ($k = 23$).

Tab. 43: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro oba cytotypy *C. moravica* pro všechny znaky ($k = 23$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

cytotyp	zařazeno k cytotypu		celkem rostlin
	<i>C. moravica</i> 4x	<i>C. moravica</i> 6x	
<i>C. moravica</i> 4x	222 (74,25)	77 (25,75)	299
<i>C. moravica</i> 6x	110 (36,3)	193 (63,7)	303
cytotyp	<i>C. moravica</i> 4x	<i>C. moravica</i> 6x	celkem (%)
chybně zařazených (%)	25,75	36,3	31,3

Po vyřazení dvou binárních znaků (papilnatost semeníku a dále odění lodyhy) nedošlo k výrazné změně ostatních nejdůležitějších určovacích znaků, pouze se změnila síla jejich korelací s kanonickými osami (tab. 44).

Tab. 44: Kanonické korelační koeficienty u analýzy tetraploidních a hexaploidních cytotypů *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

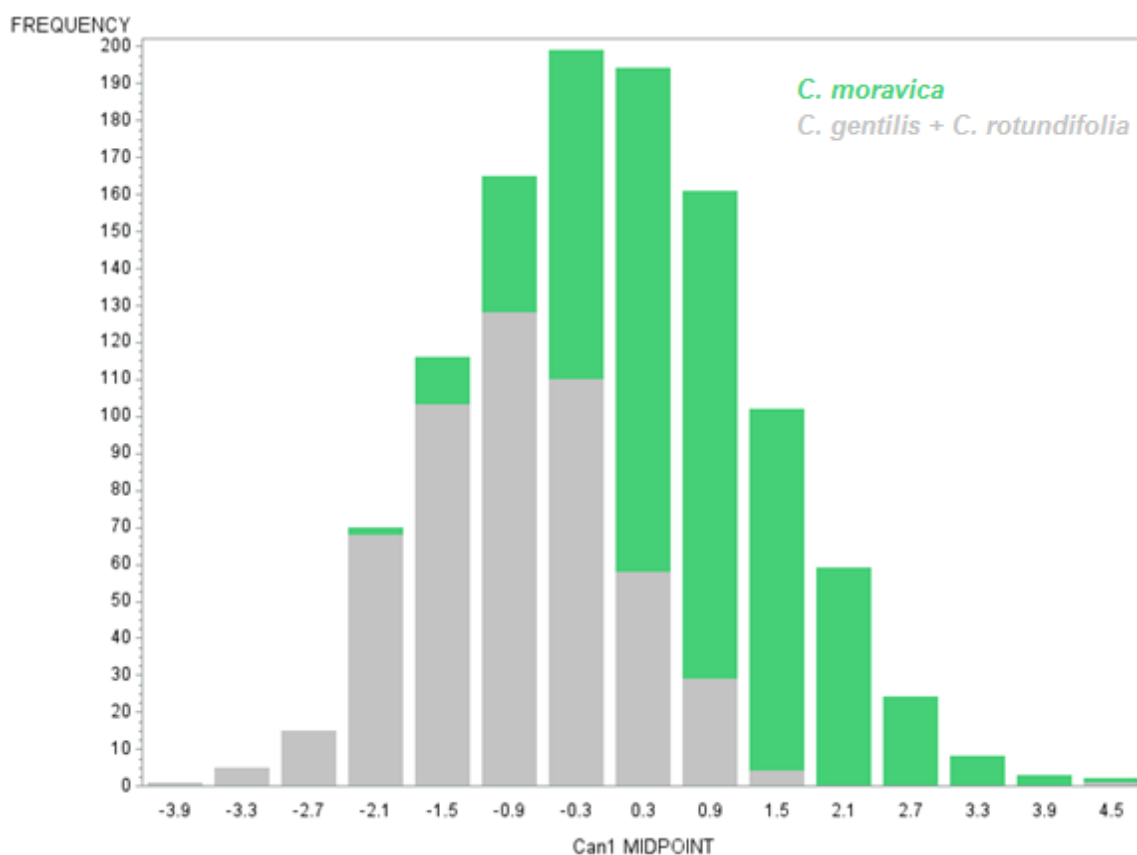
znak	1. osa	znak	1. osa	znak	1. osa
lodyha	0.093007	l_zbyt	0.077726	lod/květ	0.060420
d_květ	0.063282	d_l_hor	0.069347	d/š l. hor	-0.063992
větvení	0.014509	š_l_h	-0.071386	d. C/C cíp	-0.581657
délka_C	0.058989	květy	-0.080807	d. C/K cíp	0.283641
d_C_cíp	0.441141	b_č	-0.093493	d./š. C cíp	0.222123
š_C_cíp	0.149942	nitka	-0.333014	d.C/š. K cíp	0.167381
d_K_cíp	-0.277909	prašník	0.340472	d./š. K cíp	-0.395813
š_K_cíp	0.179046	d_l_stř	0.269027	d./š. l. stř	0.127976
l_dole	-0.175356	š_l_stř	-0.046194	l dole /zb	-0.204352

Z výsledků neparametrické klasifikační diskriminační analýzy vyplynulo, že při zahrnutí binárních znaků je možné správně klasifikovat téměř 68,5 % rostlin (při $k = 27$). Správně bylo klasifikováno 72,24 % tetraploidních jedinců *C. moravica* a 64,69 % hexaploidních jedinců *C. moravica*.

K nalezení determinačních znaků pro jednotlivé druhy byly analyzovány následující skupiny. Z analýz byly vyloučeny binární znaky (papilnatost semeníku, odění lodyhy).

4.2.2.11 *C. moravica* vs. *C. rotundifolia* a *C. gentilis*

Mezi *C. moravica* a skupinou *C. rotundifolia* a *C. gentilis* je značný překryv (obr. 30).



Obr. 30: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. moravica* (modrozelená) a skupiny *C. gentilis* a *C. rotundifolia* (šedá).

Hlavními znaky (tab. 45), odlišujícími *C. moravica* od *C. gentilis* a *C. rotundifolia*, jsou: poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d./š. l. stř), délka lodyhy pod květenství (lodyha), poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (d./š. l. hor), počet listů na zbytku lodyhy (l_zbyt), délka listu ve střední části lodyhy (d_l_stř), délka blizny a čnělky (b_č) a počet listů v dolní části lodyhy (l_dole).

Tab. 45: Kanonické korelační koeficienty u analýzy odlišující *C. moravica* od *C. gentilis* a *C. rotundifolia* s vyloučením binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1.osa	znak	1.osa	znak	1.osa
lodyha	0.689369	l_zbyt	0.608085	lod/květ	0.143931
d_květ	0.176152	d_l_hor	0.374073	d/š l. hor	0.665894
větvení	0.144254	š_l_h	-0.195166	d. C/C cíp	0.009911
délka_C	0.339771	květy	0.053923	d. C/K cíp	0.004126
d_C_cíp	0.238731	b_č	0.436120	d./š. C cíp	0.035860
š_C_cíp	0.302389	nitka	-0.179941	d.C/š. K cíp	0.102706
d_K_cíp	0.150843	prašník	0.354357	d./š. K cíp	0.061871
š_K_cíp	0.150409	d_l_stř	0.579251	d./š. l. stř	0.702549
l_dole	0.392653	š_l_stř	-0.238648	l dole /zb	-0.139894

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 46) je při vyloučení binárních znaků možné správně klasifikovat téměř 75 % jedinců ($k = 11$).

Tab. 46: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro skupiny *C. moravica* a *C. gentilis*, *C. rotundifolia*, bez binárních znaků ($k = 11$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

taxon	zařazeno k taxonu		celkem rostlin
	<i>C. moravica</i>	<i>C. gentilis</i> + <i>C. rotundifolia</i>	
<i>C. moravica</i>	364 (60,47)	238 (39,53)	602
<i>C. gentilis</i> + <i>C. rotundifolia</i>	55 (10,54)	467 (89,46)	522
taxono	<i>C. moravica</i>	<i>C. gentilis</i> + <i>C. rotundifolia</i>	celkem (%)
chybně zařazených (%)	39,53	10,54	25,04

Na základě 7 nejvíce korelovaných znaků odlišujících *C. moravica* od *C. gentilis* a *C. rotundifolia* (poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy, délka lodyhy pod květenství, poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy, počet listů na zbytku lodyhy, délka listu ve střední části lodyhy, délka blizny a čnělky a počet listů v dolní části lodyhy) lze určit 77,65 % jedinců ($k = 28$) (tab. 47). Hodnoty korelačních koeficientů pro tyto znaky v tab. 48, hodnoty těchto znaků u všech tří taxonů viz Příloha IV.

Tab. 47: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy odlišující na základě sedmi nejtěsněji korelovaných znaků *C. moravica* od *C. gentilis* a *C. rotundifolia* ($k = 28$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

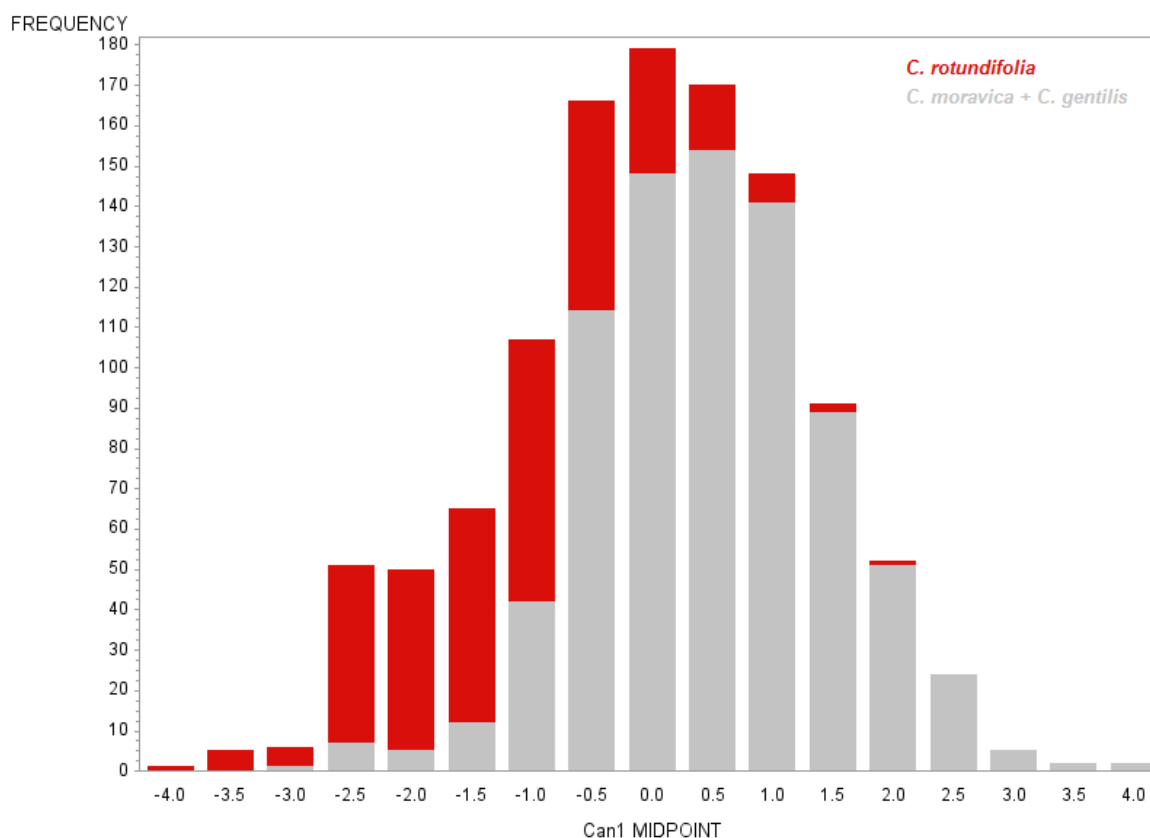
taxon	zařazeno k taxonu		celkem rostlin
	<i>C. moravica</i>	<i>C. gentilis</i> , <i>C. rotundifolia</i>	
<i>C. moravica</i>	424 (70,43)	178 (29,57)	602
<i>C. gentilis</i> , <i>C. rotundifolia</i>	79 (15,13)	443 (84,87)	522
taxon	<i>C. moravica</i>	<i>C. gentilis</i> , <i>C. rotundifolia</i>	celkem (%)
chybně zařazených (%)	29,57	15,13	22,35

Tab. 48: Kanonické korelační koeficienty u analýzy odlišující na základě sedmi znaků s nejvyššími absolutními korelacemi *C. moravica* od *C. gentilis* a *C. rotundifolia*.

znak	1. osa
d./š. l. stř	0.767136
lodyha	0.752745
d/š l. hor	0.727112
l_zbyt	0.663988
d_l_stř	0.632503
b_č	0.476214
l_dole	0.428750

4.2.2.12 *C. rotundifolia* vs. *C. moravica* a *C. gentilis*

Mezi *C. rotundifolia* a skupinou *C. moravica* a *C. gentilis* je značný překryv (obr. 31).



Obr. 31: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. rotundifolia* (červená) a skupiny *C. moravica* a *C. gentilis* (šedá).

Hlavními znaky (tab. 49) odlišujícími *C. rotundifolia* od *C. moravica* a *C. gentilis* jsou: poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (d. /š. l. stř), poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (d. /š. l. hor), počet listů na zbytku lodyhy (l_zbyt), počet listů v dolní části lodyhy (l_dole), šířka listu ve střední části lodyhy (š_l_stř), délka lodyhy pod květenství (lodyha) a délka listu ve střední části lodyhy (d_l_stř).

Tab. 49: Kanonické korelační koeficienty u analýzy odlišující *C. rotundifolia* od *C. moravica* a *C. gentilis*, s vyloučením binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1.osa	znak	1.osa	znak	1.osa
lodyha	0.424177	l_zbyt	0.606543	lod/květ	0.118245
d_květ	0.039287	d_l_hor	0.172292	d/š l. hor	0.631672
větvení	0.125723	š_l_h	-0.357543	d. C/C cíp	0.202580
délka_C	0.162126	květy	-0.012470	d. C/K cíp	0.083918
d_C_cíp	-0.036845	b_č	0.293546	d./š. C cíp	-0.070201
š_C_cíp	0.144906	nitka	-0.136480	d.C/š. K cíp	0.005561
d_K_cíp	-0.058062	prašník	0.284670	d./š. K cíp	-0.040099
š_K_cíp	0.016049	d_l_stř	0.365175	d./š. l. stř	0.818145
l_dole	0.550245	š_l_stř	-0.500008	l dole /zb	-0.042671

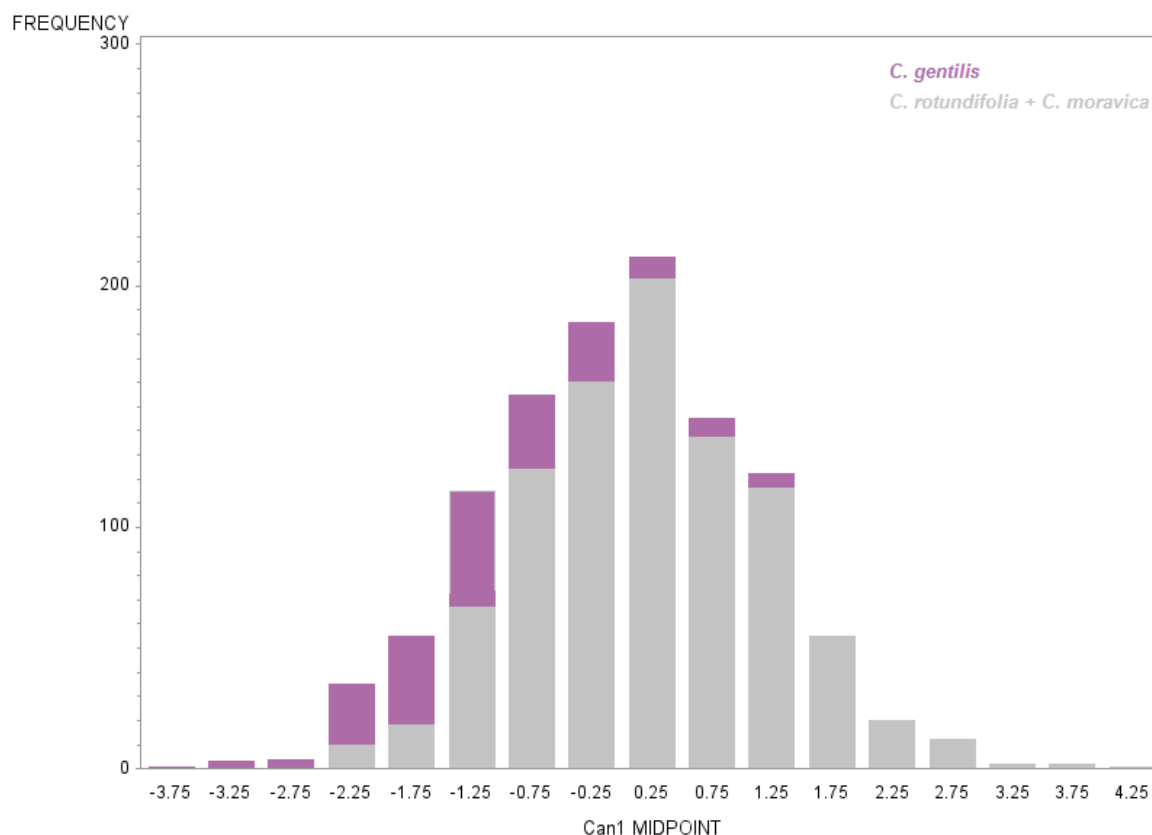
Neparametrická klasifikační diskriminační analýza (tab. 50) ukázala, že bez binárních znaků je možné správně klasifikovat 77 % jedinců ($k = 21$).

Tab. 50: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy odlišující *C. rotundifolia* od *C. moravica* a *C. gentilis*, bez binárních znaků ($k = 21$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

taxon	zařazeno k taxonu		celkem rostlin
	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. gentilis</i> + <i>C. moravica</i>	
<i>C. rotundifolia</i>	289 (88,38)	38 (11,62)	327
<i>C. gentilis</i> + <i>C. moravica</i>	270 (33,88)	527 (66,12)	797
taxon	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. gentilis</i> + <i>C. moravica</i>	celkem (%)
chybně zařazených (%)	33,88	11,62	22,75

4.2.2.13 *C. gentilis* vs. *C. moravica* a *C. rotundifolia*

Mezi *C. gentilis* a skupinou *C. rotundifolia* a *C. moravica* je značný překryv (obr. 32).



Obr. 32: Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. gentilis* (fialová) a skupiny *C. rotundifolia* a *C. moravica* (šedá).

Hlavními znaky (tab. 51) odlišujícími *C. gentilis* od *C. rotundifolia* a *C. moravica* jsou: délka lodyhy pod květenství (lodyha), délka korunních cípů (d_C_cíp), délka listu ve střední části lodyhy (d_l_stř), délka listu v horní části lodyhy (d_l_hor), délka kališních cípů (d_K_cíp), šířka listu ve střední části lodyhy (š_l_stř) a délka koruny (délka_C).

Tab. 51: Kanonické korelační koeficienty u analýzy odlišující *C. rotundifolia* od *C. moravica* a *C. gentilis*, s vyloučením binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

znak	1.osa	znak	1.osa	znak	1.osa
lodyha	0.592399	l_zbyt	0.141052	lod/květ	0.074957
d_květ	0.264816	d_l_hor	0.416472	d/š l. hor	0.207872
větvení	0.063284	š_l_h	0.222111	d. C/C cíp	-0.314043
délka_C	0.369035	květy	0.121280	d. C/K cíp	-0.130054
d_C_cíp	0.506790	b_č	0.333408	d./š. C cíp	0.182287
š_C_cíp	0.327419	nitka	-0.112341	d.C/š. K cíp	0.182878
d_K_cíp	0.377317	prašník	0.195126	d./š. K cíp	0.181496
š_K_cíp	0.254839	d_l_stř	0.483398	d./š. l. stř	-0.029732
l_dole	-0.169271	š_l_stř	0.374705	l dole /zb	-0.191478

Podle neparametrické klasifikační diskriminační analýzy (tab. 52) je bez binárních znaků možné správně klasifikovat téměř 72 % jedinců ($k = 7$).

Tab. 52: Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy odlišující *C. gentilis* od *C. moravica* a *C. rotundifolia*, bez binárních znaků ($k = 7$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

taxon	zařazeno k taxonu		celkem rostlin
	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i> + <i>C. moravica</i>	
<i>C. gentilis</i>	158 (81,03)	37 (18,97)	195
<i>C. rotundifolia</i> + <i>C. moravica</i>	350 (37,69)	579 (62,33)	929
taxon	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i> + <i>C. moravica</i>	celkem (%)
chybně zařazených (%)	18,97	37,67	28,32

Ve většině analýz vycházelo jako nejdůležitější několik znaků, které shrnují tab. 53, tab. 54. Jejich hodnoty, hodnoty všech znaků pro jednotlivé taxony a jejich popis viz Příloha IV.

Tab. 53: Přehled taxonomicky významných znaků pro odlišení jednotlivých skupin.

znaky korelované s 1. osou	papily	odění	lodyha	d_květ	větvení	délka_C	d_C_cíp	š_C_cíp	d_K_cíp	š_K_cíp	l_dole	l_zbyt	d_l_hor	š_l_h	květy	b_č	nitka	prašník	d_l_stř	š_l_stř	lod/květ	d/š l. hor	d. C/C cíp	d. C/K cíp	d./š. C cíp	d.C/š. K cíp	d./š. K cíp	d./š. l. stř	l_dole /zb				
znaky korelované s 2. osou																																	
znaky korelované s oběma osami																																	
všechny druhy																																	
druhy a jejich cytotypy	x		x				x				x	x		x					x	x										x			
druhy bez ohledu na ploidii	x		x				x		x		x	x					x		x	x									x				
ploidie bez ohledu na druh	x	x	x				x		x		x	x				x			x			x	x					x	x				
pouze tetraploidní cytotypy	x		x				x		x		x	x					x		x			x	x		x		x	x					
pouze C. moravica a C. rotundifolia																																	
druhy a jejich cytotypy	x	x	x				x		x		x	x					x		x			x	x		x		x	x					
druhy bez ohledu na ploidii	x		x								x	x							x			x							x				
pouze tetraploidní cytotypy	x		x				x				x	x										x							x				
pouze C. moravica a C. gentilis																																	
druhy a jejich cytotypy		x		x			x	x		x				x			x	x		x			x	x	x				x				
druhy bez ohledu na ploidii		x		x				x						x						x			x							x			
pouze tetraploidní cytotypy																																	
pouze C. moravica																																	
tetraploidní a hexaploidní cytotypy							x	x										x	x				x	x				x					

Tab. 54: Přehled taxonomicky významných znaků pro odlišení jednotlivých druhů.

znaky korelované s 1. osou	lodyha	d_květ	větvení	délka_C	d_C_cíp	š_C_cíp	d_K_cíp	š_K_cíp	l_dole	l_zbyt	d_l_hor	š_l_h	květy	b_č	nitka	prašník	d_l_stř	š_l_stř	lod/květ	d/š l. hor	d. C/C cíp	d. C/K cíp	d./š. C cíp	d.C/š. K cíp	d./š. K cíp	d./š. l. stř	l_dole /zb
<i>C. moravica</i> x <i>C. rotundifolia</i> + <i>C. gentilis</i>	x								x	x				x			x			x						x	
<i>C. rotundifolia</i> x <i>C. moravica</i> + <i>C. gentilis</i>	x								x	x							x	x		x						x	
<i>C. gentilis</i> x <i>C. moravica</i> + <i>C. rotundifolia</i>	x			x	x		x				x						x	x									

5. DISKUSE

Komplex *C. rotundifolia* agg. je vzhledem ke stále probíhající speciaci, odrážející se zejména ve fenotypové neustálenosti jednotlivých taxonů, a polyploidizaci, která často stírá rozdíly zejména mezi vyššími ploidními stupni, taxonomicky velmi komplikovaný. V různých částech areálu je komplex *C. rotundifolia* agg. intenzivně studován a jsou k dispozici data o karyologické (Gadella 1964, Geslot 1973, Laane et al. 1983), genetické (Bingham et Ranker 2000, Liber et al. 2008, Rocquet et al. 2008, 2009, Wendling et al. 2011) či morfologické variabilitě (Kovačič et Nikolić 2006). Na našem území byl monograficky zpracován v druhé polovině 20. století (Kovanda 1967) a část druhů (*C. gentilis*, *C. rotundifolia* s. s.) byla recentně revidována (Rauchová 2007). Předložená diplomová práce detailně hodnotí cytologickou a morfologickou variabilitu skupiny, s důrazem na dosud podrobně nestudovaný druh *C. moravica*. S využitím nových biosystematických přístupů bylo zjištěno mnoho odlišností mezi současným stavem populací a publikovanými údaji (např. Kovanda 1967, 2000).

5.1 CYTOGEOGRAFIE

Práce představuje nejpodrobnější dosud provedenou cytologickou studii *C. moravica* ve střední Evropě. Analýzami více než 2 500 rostlin z 60 lokalit *C. moravica* průtokovou cytometrií se zjistila vysoká ploidní variabilita (až sedmi koexistujících cytotypů). Tři cytotypy jsou v komplexu *C. rotundifolia* agg. hojné (2x, 4x, 6x), dva vzácné (3x, 5x) a dva byly zjištěny poprvé (8x, 9x). Bylo také zjištěno, že současný stav populací neodpovídá publikovaným údajům (Kovanda 1967, 2000, 2002a).

5.1.1 *CAMPANULA ROTUNDIFOLIA* AGG.

V několika zemích bylo rozšíření cytotypů *C. rotundifolia* podrobně studováno a je zde patrná určitá geografická struktura. V Norsku jsou diploidní populace *C. rotundifolia* s. l. rozšířeny v severní a severovýchodní části (za polárním kruhem) a tetraploidní populace na zbytku území. Diploidní rostliny *C. rotundifolia* jsou velmi podobné příbuznému taxonu *C. gieseckiana* Vest subsp. *groenlandica* (Berl.) Böcher a pravděpodobně představují fylogeneticky nejstarší skupinu tohoto komplexu v severní Evropě. Autopolyploidizace diploidních populací umožnila tetraploidům expandovat mimo polární kruh a rozšířit se i dále na jih, kde docházelo k hybridizaci s jižními typy *C. rotundifolia* s. l. (Laane et al. 1983).

Ve Velké Británii nebyly v současnosti zjištěny diploidní cytotypy. Tetraploidní cytotypy *C. rotundifolia* rostou ve vnitrozemí a podél východního pobřeží Velké Británie, v Irsku chybí. Hexaploidní cytotypy (odlišované jako *C. rotundifolia* subsp. *montana* (Syme) P. D. Sell) se vyskytují zejména na vrchovině při západním pobřeží Irska, Skotska a jihozápadní Anglie, velmi vzácně i v ploidně uniformních či smíšených populacích s tetraploidy ve vnitrozemí a podle některých názorů jsou endemické (Stevens et al. 2012).

Na území Čech roste podle Kovandy (např. 1967, 2000) z komplexu *C. rotundifolia* agg. nejčastěji diploidní cytotyp, který je na Moravě a na Slovensku nahrazen tetraploidními a případnými hexaploidními populacemi.

Pomocí průtokové cytometrie byly v diplomové práci **diploidní** populace nalezeny na většině území Čech, ale oproti publikovaným údajům také na jižní Moravě a na Sitně ve středním Slovensku. Ze Slovenska není diploidní cytotyp v současnosti znám (Goliašová et al. 2008), případné údaje o jeho výskytu (Kovanda 1966b) byly záhy opraveny na tetraploidní počet chromozomů (Kovanda 1977). Na Sitně (lokalita č. 60) však byly nalezeny dvě diploidní rostliny. Kovanda tuto populaci uvádí jako tetraploidní *C. moravica*, velmi podobnou horským formám *C. rotundifolia* a vyžadující další studium. Analýza několika rostlin z této lokality průtokovou cytometrií (J. Rauchová, nepubl. data) potvrzuje přítomnost diploidních rostlin (20 analyzovaných jedinců) a ukazuje na možný výskyt pravděpodobně pentaploidních jedinců (2 rostliny).

Ploidně uniformní **tetraploidní** populace udává Kovanda (1967, 2000) pouze z Krkonoš a Jeseníků a odlišuje je jako *C. rotundifolia* subsp. *sudetica*. Přes udávanou vzácnost tetraploidních jedinců v Čechách (např. Kovanda 2000) byly tetraploidní populace nalezeny v jižních, středních a severovýchodních Čechách a dále na jižní a severní Moravě (lokalita č. 90: Štramberk) a na středním a východním Slovensku. Izolované populace tetraploidů jsou také na hadcích ve Slavkovském lese a v Jeseníkách, na vátých píscích jižního Slovenska a ve Strážovských vrších. Ploidně uniformní populace tetraploidního cytotypu *C. rotundifolia* subsp. *rotundifolia* jsou v některých z těchto oblastí (jižní Čechy, jih středních Čech a Křivoklátsko) zobrazeny také na mapě (Kovanda 1977), i když jejich existence není v textu článku nijak zmíněna. Tato mapa je v souladu s daty získanými průtokovou cytometrií, která ukazují výskyt tetraploidů i mimo horský stupeň.

Hexaploidní cytotyp je omezený na Panonskou nížinu (jižní Morava, jižní Slovensko, severní Rakousko) ale vyskytuje se na mnohem větším areálu, než bylo uváděno (Kovanda 2000, Goliašová et al. 2008). Několik rostlin bylo také nalezeno na cytotypově a druhově smíšené lokalitě na Spiši, ve středním Slovensku (lokalita č. 14 + 92: Dreveníky).

K rozšíření hexaploidního cytotypu dále v Panonii mimo zkoumané území nejsou relevantní údaje, původnost maďarských populací *C. moravica* není zcela jasná a jejich určování je vzhledem k variabilitě *C. rotundifolia* velice obtížné (Anonymus 2009), populace studované průtokovou

cytometrií na severu Maďarska byly tetraploidní (Mráz 2005) a navazovaly na areál tetraploidů ve východním Slovensku.

Hexaploidní cytotypy *C. rotundifolia* agg. jsou dále známy ze Severní Ameriky (USA; Gadella 1964) a ze západní Evropy z horských poloh Pyrenejí (Hubac 1961, Geslot 1973) a z Velké Británie (Stevens et al. 2012). Jedna hexaploidní populace *C. rotundifolia* agg. byla nalezena i v Rumunsku (K. Šemberová, nepubl. data).

Hexaploidní cytotyp pravděpodobně vznikl v Evropě několikrát opakovaně – **polytopně**. Populace ve střední Evropě a ve Velké Británii si nejsou morfologicky podobné a liší se i svými ekologickými nároky: hexaploidní cytotypy ve Velké Británii rostou převážně v oceánickém klimatu na pobřeží (Stevens et al. 2012), zatímco hexaploidní *C. moravica* subsp. *xylorrhiza* v kontinentálním klimatu Panonského termofytika.

Průtokovou cytometrií byly analyzovány také rostliny z **hadcových výchozů** v Čechách, na jižní Moravě a v Jeseníkách. Hadcové lokality jsou floristicky velmi zajímavé, protože se zde často reliktně zachovaly druhy, které na zbytku území již ustoupily a některé serpentiofilní (hadcomilné) rostliny jsou endemické, v ČR např.: *Knautia arvensis* (L.) Coult. subsp. *serpentinicola* Smejkal ined., *Cerastium alsinifolium* Tausch, *Minuartia smejkalii* Dvořáková.

Na hadcových výchozech v Čechách a na Moravě byly nalezeny odlišné cytotypy *C. rotundifolia*. V západních Čechách (Slavkovský les) a v Jeseníkách rostly na hadci tetraploidní rostliny, zatímco v okolí byly zjištěny pouze diploidní populace. Na Moravě byly na hadcích nalezeny diploidní rostliny, které nebyly morfologicky přiřazeny k žádnému druhu komplexu *C. rotundifolia* agg., morfologicky se však nejvíce podobají *C. moravica*. V okolí moravských hadcových lokalit roste nejčastěji tetraploidní *C. moravica*, na jedné lokalitě s výchozy hadcových hornin i hexaploidní cytotyp.

Je možné, že v převážně diploidních oblastech Čech a Jeseníků může hadcové podloží představovat refugium pro tetraploidní cytotypy. Podobně je tomu u druhu *Knautia arvensis*, jehož diploidní cytotypy mají centrum rozšíření v Panonii a izolovaně se vyskytují na hadcích, představujících refugia uvnitř areálu tetraploidního cytotypu (Český masiv, západní Karpaty, východní Alpy). Na některých lokalitách došlo k polyploidizaci a ke vzniku primární kontaktní zóny (Kolář et al. 2009).

5.1.2 *CAMPANULA MORAVICA*

Podle Kovandy (např. Kovanda 1967, 2000, 2002a,b) roste na většině území jižní Moravy druh *C. moravica*, který je na převážně tetraploidní. Hexaploidní cytotypy podle publikovaných údajů rostou vzácně ve smíšených (Hády u Brna), případně v ploidně uniformních populacích.

Pomocí průtokové cytometrie byl zjištěn značný posun v zastoupení cytotypů (tab. 53, obr. 33a,b) – na všech Kovandou navštívených a karyologicky studovaných tetraploidních lokalitách na jižní Moravě (Kovanda 1967) byly nalezeny pouze hexaploidní cytotypy. Jedinou výjimkou jsou diploidní populace v Moravském krasu.

Podobná byla situace v nížinné části jižního Slovenska, kde byla také na většině Kovandou studovaných tetraploidních lokalit zjištěna přítomnost pouze hexaploidních cytotypů. Tetraploidní jedinci rostli pouze na vátých písčích jižního Slovenska (lokalita č. 30: Hrdzavý járok). Přítomnost tetraploidů na lokalitách s písčítým substrátem označuje Kovanda (1967) jako jedinou ekologickou diferenciaci mezi oběma cytotypy *C. moravica*. Kovandou (Kovanda 1967) udávaná „zvláštní“ populace ze Sitna, podobná *C. rotundifolia* a představující možná horský morfotyp *C. moravica*, byla diploidní.

Současné zjištěné rozšíření cytotypů *C. moravica* se na středním a východním Slovensku převážně shoduje s publikovanými údaji (Kovanda 1967, 1970a, 2000, Mráz 2005), v západní části areálu je však značně odlišné (obr. 33a,b). Podle Kovandy (Kovanda 1967) jsou areály tetraploidních a hexaploidních cytotypů částečně parapatrické, z mapy (viz obr. 7 kapitola 2: Literární rešerše a obr. 33b) je ale zřejmé, že tetraploidi jsou rozšířeni v celém areálu a hexaploidi v několika sympatrických populacích na jižní Moravě a jihozápadním Slovensku.

Oproti publikovaným údajům jsou aktuálně zjištěné areály cytotypů parapatrické. Kontaktní zóna probíhá jihozápadním Slovenskem, tetraploidi jsou rozšířeni převážně ve východní části areálu druhu a hexaploidi v západní části, s centrem v panonském termofytku.

Kontaktní zóny mezi cytotypy polyploidních taxonů rostoucích ve střední Evropě často přibližně kopírují hranici mezi Českým masivem a oblastí Západních Karpat a Panonské nížiny. Například u druhů *Knautia arvensis* (Kolář et al. 2009) a *Vicia cracca* L. (Trávníček et al. 2010) prochází kontaktní zóna moravskými úvaly a odděluje diploidy ve východní a tetraploidy v západní části areálu. Podobně je tomu i u *Pilosella officinarum* F. W. Schultz et Sch. Bip., kdy ve východní části areálu rostou apomiktické pentaploidní a převážně apomiktické hexaploidní cytotypy a v západní části sexuální tetraploidi (Mráz et al. 2008).

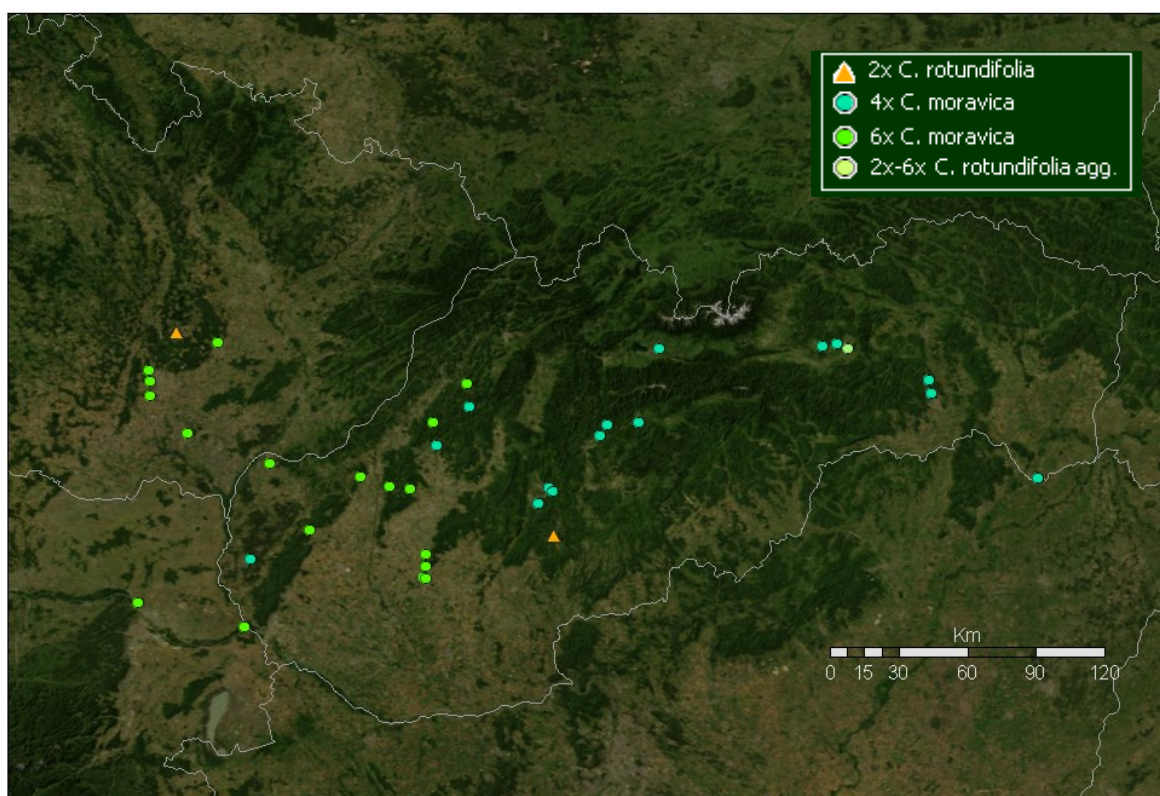
Kontaktní zóna v této oblasti je i u *C. rotundifolia* agg., kde se v západní části vyskytují převážně diploidní cytotypy *C. rotundifolia* s. str. a ve východní části hexaploidní cytotypy *C. moravica*. Na hranicích areálů obou druhů bylo zjištěno několik populací tetraploidních cytotypů *C. moravica*, které jsou dále rozšířeny až ve středním a východním Slovensku. Tyto populace mohou být reliktní, protože podle Kovandy (Kovanda 1967) mohl hexaploidní cytotyp *C. moravica* vzniknout polyploidizací diploidního a dnes již vyhynulého předka *C. gentilis*, který byl kdysi

rozšířen i na jižní Moravě a následnou polyploidizací v rámci některých populací tetraploidní *C. moravica*.

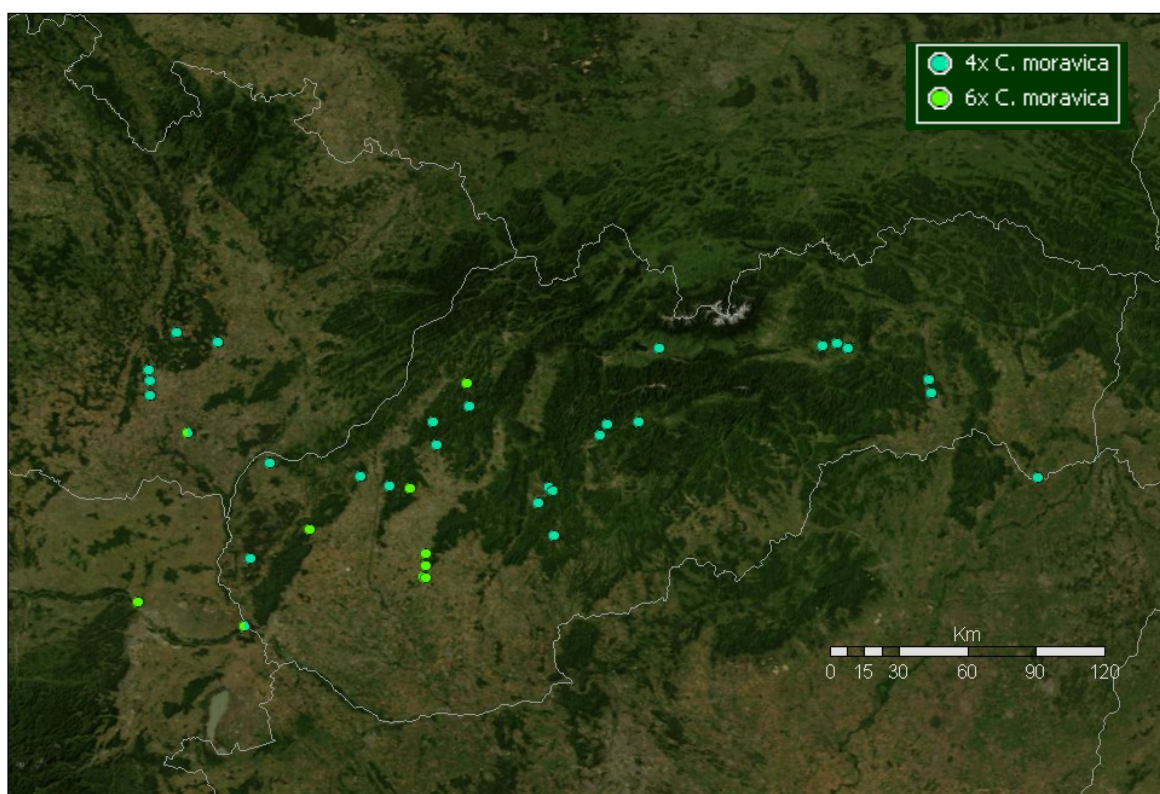
Typová lokalita *C. moravica* leží na Moravě a je udávána jako tetraploidní (Kovanda 1967, 2000, 2002a). Na Moravě byl tetraploidní cytotyp *C. moravica* nalezen jen na velmi malém počtu lokalit, převážně v západní části areálu, ani jedna z těchto populací nebyla Kovandou karyologicky studována. Na většině území je rozšířen hexaploidní cytotyp a to včetně typové lokality. Zjištění hexaploidního cytotypu na typové lokalitě tak bude mít taxonomické důsledky, protože hexaploidi byli popsáni (*locus classicus*: lokalita č. 127: Bisamberg, v Rakousku) jako samostatný taxon (*C. moravica* subsp. *xylorrhiza*). Na základě současných zjištění tak *C. moravica* subsp. *xylorrhiza* představuje synonymum nominátního poddruhu, který je hexaploidní.

Tab. 53: Porovnání lokalit *C. moravica* se známými karyologickými údaji (Gadella 1964, Kovanda 1967, 1970a, 1983, Mráz 2005) s výsledky zjištěnými průtokovou cytometrií v letech 2011 a 2012. Lokality č. 46 a č. 127 – *locus classicus* pro předpokládané tetraploidní, resp. hexaploidní poddruhy *C. moravica*. Lokality s odlišnými údaji zvýrazněny.

číslo lokality	lokality	zjištěná ploidie	udávaná ploidie	zdroj	počet anal.r.
1	Hády u Brna	6x	4x + 6x	Kovanda 1967	31
6	Kamenný vrch	6x	4x / 6x	Kovanda 1967 / 2002	30
9	Vitálišovce	4x	4x	Kovanda 1983	30
12	Levoča - Šibeník	4x	4x	Kovanda 1967	30
13	Sivá Brada (Spiš)	4x	4x	Kovanda 1967	50
14 + 92	Dreveník (Spiš)	2x,3x,4x,5x,6x,8x,9x	4x	Gadella 1964, Kovanda 1967	1282
15	Košice - Hradová	4x	4x	Mráz 2005	7
16	cesta Družstevná - Trebejov	4x	4x	Mráz 2005	30
19	Tarbuska - Malý Kamenec	4x	4x	Kovanda 1967	30
20	Priechod	4x	4x	Kovanda 1970a	30
21	Moštenica	4x	4x	Kovanda 1967	12
22	Predajná	4x	4x	Kovanda 1970a	30
23	Skalka, Stará Kremnička	4x	4x	Kovanda 1967	30
24	Šášov	4x	4x	Kovanda 1967	3
25	Lehotka pod Brehmi	4x	4x	Kovanda 1967	30
27	Tematín	6x	4x	Kovanda 1967	46
28	Topolčianský hrad	6x	6x	Kovanda 1970a	10
29	Buková - Hrnčeková dolina	6x	6x	Kovanda 1983	30
30	Hrdzavý járok	4x	4x	Kovanda 1967	30
31	Timoradza	4x	4x	Kovanda 1970a	30
32	Omšenie - Baba	6x	4x	Kovanda 1967	30
33	Podskalie - Roháč	6x	6x	Kovanda 1970a	30
34	Čachtický hradný vrch	6x	4x	Kovanda 1967	30
35	Sokolníky	6x	6x	Kovanda 1970a	30
36	Nitra - Šibeniční vrch	6x	6x	Kovanda 1967	30
37	Nitra - Kalvária	6x	6x	Kovanda 1967	30
38	Veterník	6x	4x	Kovanda 1967	30
41	Nebovid	6x	4x	Kovanda 1967	30
42	Netopýrky	6x	4x	Kovanda 1967	30
44	Smrtní jeskyně a Ostrov u Macochy	2x	4x	Kovanda 1967	30
46	Vinohrady (Vyškov)	6x	4x	Kovanda 1967	57
48	Devín	6x	4x / 6x	Kovanda 1967 / 1970a	50
48	Devínská Kobyla	6x	4x	Kovanda 1967	50
59	Strážov - ex. Ilava	4x	4x	Kovanda 1970a	11
60	Sitno - Cm S	2x	4x	Kovanda 1967	2
64	Zobor	6x	6x	Kovanda 1967	1
127	Rakousko, Bisamberg	6x	6x	Kovanda 1967	10



Obr. 33a: Ploidní variabilita zjištěná na lokalitách, které byly v minulosti podrobeny karyologickému studiu (Gadella 1964, Kovanda 1967, 1970a, 1983, Mráz 2005) a určeny jako *C. moravica*.



Obr. 33b: Ploidní variabilita na základě publikovaných dat (Gadella 1964, Kovanda 1967, 1970a, 1983, Mráz 2005) – cf. rozdíly oproti obr. 33a.

Výskyt odlišného cytotypu na téže lokalitě v minulosti zaznamenal i Kovanda, často v relativně krátkých časových úsecích. V případě populace *C. rotundifolia* ze západních Tater přičítá změnu stupně ploidie z 2x (Kovanda 1966b) na 4x (Kovanda 1977) změně ve způsobu obhospodařování lokality s tím, že vytlačení diploidů by mohlo být způsobeno zvýšeným selekčním tlakem ve změněném prostředí. V současnosti byly na této lokalitě (č. 10: Žiar – Liptovský Mikuláš) pomocí průtokové cytometrie zjištěny pouze tetraploidní cytotypy. Změny ploidního stupně zaznamenal Kovanda i u *C. moravica*, pro lokality Kamenný vrch / Kamenný kopec (lokality č. 6) a Děvín (lokality č. 48) jsou také k dispozici různé chromozomové počty, nejprve tetraploidní (Kovanda 1967), posléze hexaploidní (Kovanda 1970a – Děvín, Kovanda 2000 – Kamenný vrch), viz tab. 53.

Rozdíly mezi již publikovanými chromozomovými počty a výsledky průtokové cytometrie byly zjištěny v několika studiích zabývajících se různými taxony, které Kovanda popsal nebo karyologicky zpracovával, např. pro blízkce příbuzné druhy *C. gentilis* (Rauchová 2007), *C. xylocarpa* (Mráz in Goliašová et al. 2008) a cytotypy *C. rotundifolia* subsp. *rotundifolia* v Krkonoších (K. Hanušová, nepubl. data). U *C. rotundifolia* agg. v Norsku byly na Kovandou karyologicky studované lokality po 13 letech nalezeny místo udávaných diploidních pouze tetraploidní cytotypy (Laane et al. 1983). Z dalších druhů byly nesrovnalosti zjištěny např. u *Dianthus moravicus* Kovanda (Weiss et al. 2002, Kalůsková 2012), *Sorbus gemella* Kovanda (Vít 2006), *S. eximia* Kovanda (Vít 2006, Vít et al. 2012).

Změny ploidního stupně na jedné lokalitě mohou být teoreticky vysvětleny teorií tzv. „směrové selekce“ (*directional selection*), podle níž jsou cytotypově smíšené populace pouze přechodnou fází a časem jeden z cytotypů nakonec početně převýší a vytlačí kompetičně slabší. Početní převaha jednoho cytotypu je spojena s úbytkem partnerů vhodných pro pohlavní rozmnožování druhého cytotypu (*minority cytotype exclusion*) a se vznikem různě úspěšných meziplodních hybridů (Weiss et al. 2002).

Vedle možných evolučních procesů může být příčina změny cytotypů i mnohem prozaičtější – vzhledem k existenci jen velmi omezeného množství Kovandových karyologických dokladů je změna vysvětlována jako artefakt sběru dat (Weiss et al. 2002), či chyby při počítání chromozomů (Weiss et al. 2002, Vít 2006, Vít et al. 2012, Kalůsková 2012).

Nesrovnalosti oproti publikovaným údajům byly zjištěny nejen ve smíšených populacích, kde by případně mohly být vysvětleny teorií směrové selekce, ale na poměrně rozsáhlém území Panonského termofytika, v mnoha ploidně uniformních populacích (i když Kovanda (1967, 2000) nevyklučuje možnost, že většina populací je cytotypově smíšená). Hexaploidní populace byly zjištěny i na okolních lokalitách v této oblasti. K případnému vytlačení tetraploidů by tedy muselo dojít z evolučního hlediska velmi rychle a v rozsáhlém geografickém areálu. Je zajímavé, že ve východní části studovaného areálu chromozomové počty souhlasí s výsledky průtokové cytometrie. Může to být dáno i tím, že záměny hexaploidního cytotypu za tetraploidní jsou relativně snadné – u suboptimálně připravených preparátů často dochází překryvu chromozomů a zjištěný výsledný

počet je pak nižší, než skutečný. Vzhledem k tomu, že relativní rozdíl v počtu chromozomů mezi tetraploidy a hexaploidy je 1,5-násobný, je pravděpodobnost chyby větší, než např. v případě odlišování diploidů a tetraploidů (rozdíl 2-násobný).

Podle Kovandy (1967) není u zvonků z komplexu *C. rotundifolia* agg. známá **aneuploidie**, karyotypová studie z Norska (Laane et al. 1983) však ukázala, že tetraploidní i hexaploidní cytotypy *C. rotundifolia* s. l. mají nepravidelnou meiózu, při které může docházet k nerovnoměrnému rozdělení chromozomů. U *C. gentilis* (Rauchová 2007) byla aneuploidie prokázána u většiny tetraploidních rostlin s odlišnou fluorescencí, počty chromozomů u aneuploidních jedinců se lišily o 1 – 7 chromozomů (67, 70, 73, 75 chromozomů). U rostlin *C. moravica* a *C. rotundifolia*, studovaných průtokovou cytometrií, nebyly u rostlin s odlišnou fluorescencí počítány chromozomy, je však velmi pravděpodobné, že většina rostlin bude, podobně jako u příbuzného druhu *C. gentilis*, aneuploidní.

Kovanda uvádí pro všechny tři taxony z *C. rotundifolia* agg. **smíšené populace**. Konkrétní populace se, ani při zahrnutí reprezentativních populačních sběrů, nepodařilo potvrdit. U *C. gentilis* byl na všech udávaných (Kovanda 1967) cytotypově smíšených lokalitách zjištěn pouze tetraploidní cytotyp, byly však nalezeny nové, cytotypově smíšené populace (Rauchová 2007). U *C. moravica* byl na udávané cytotypově smíšené lokalitě (Kovanda 1967, 2000) nalezen pouze hexaploidní cytotyp (lokalita č. 1: Hády u Brna).

Jediná druhově uniformní a cytotypově smíšená lokalita byla v rámci práce nalezena pro *C. rotundifolia* (lokalita č. 122: Pochválovská skála). Tato lokalita je ve zdrojové publikaci (Chytrý et Sádlo 1997) udávána pro *C. gentilis*, rostliny však byly sbírány zejména v lese a morfologicky a ekologicky odpovídají *C. rotundifolia*, což následně potvrdily i morfometrické analýzy.

Bylo také nalezeno několik lokalit se sympatrickým výskytem tetraploidní *C. gentilis* a diploidní *C. rotundifolia* na lokalitách č. 85 (Kamýk) a č. 120 (Černý potok).

Na lokalitě Babí lom (č. 63 + 113) byl zjištěn sympatrický výskyt diploidní *C. rotundifolia* a hexaploidní *C. moravica*. Cytotypy zde tvoří samostatné i několik smíšených subpopulací, bez meziploidních hybridů. Diploidní cytotypy rostly spíše ve vyšší nadmořské výšce (400 – 450 m. n. m.), hexaploidní cytotypy se vyskytovaly v celém výškovém rozmezí (336 – 450 m. n. m.). Rozdílný výskyt cytotypů podél gradientu nadmořské výšky je znám např. alpského druhu *Senecio carniolicus* Willd. – hexaploidi rostou v níže položených oblastech Alp, zatímco diploidi v celém výškovém rozmezí (Schönswetter et al. 2007b), distribuce cytotypů na menším prostorovém měřítku je závislá na ekologických podmínkách prostředí (Hülber et al. 2009). Genový tok mezi cytotypy tohoto druhu je vzácný, což může být způsobeno vyváženou selekcí (*balanced selection*; odlišná fenologie cytotypů, mikrostanovištní diferenciací) nebo časnou mortalitou hybridů, které se tak nepodaří zachytit (Schönswetter et al. 2007b, Suda et al. 2007).

Na lokalitě Dreveník (č. 14 + 92) bylo zjištěno množství minoritních cytotypů. Gadella (1964) z této lokality udává 4x *C. rotundifolia*, Kovanda (1967) lokalitu navštívil opakovaně

a pokaždé nalezl pouze tetraploidy, které přiřadil k druhu *C. moravica*. Z 1 282 analyzovaných rostlin byla průtokovou cytometrií zjištěna převaha tetraploidních jedinců a cca 20 rostlin odlišné ploidie (2x, 3x, 5x, 6x, 8x, 9x). Diploidní a hexaploidní cytotypy jsou v komplexu *C. rotundifolia* agg. známy (Böcher 1936, Hubac 1961, Gadella 1964, Geslot 1973, Kovanda 1967, Laane et al. 1983, Stevens et al. 2012), u *C. moravica* diploidní cytotyp chybí (Kovanda 1967). Triploidní počet chromozomů byl u *C. rotundifolia* agg. několikrát spočítán ze semen, získaných na lokalitách v přírodě (Kovanda 1977) či z pokusných křížení (Gadella 1964). Existence triploidů u *C. rotundifolia* agg. byla také odvozena z velikosti pylových zrn, získaných z herbářových položek (Laane et al. 1983). K jejich vzniku mohlo dojít buď hybridizací diploidních a tetraploidních cytotypů nebo splynutím redukované a neredukované gamety diploida. Vznik pentaploidů hybridizací mezi tetraploidy a hexaploidy byl u *C. rotundifolia* agg. experimentálně prokázán (Gadella 1964, Kovanda 1967), ale na území České a Slovenské republiky nebyl dosud znám z přírody (Kovanda 1967, 2000). Ve Velké Británii tvoří pentaploidi dokonce ploidně uniformní populace (Stevens et al. 2012). Intenzita fluorescence u několika analýz také odpovídá oktoploidním a nonaploidním cytotypům, cytometrické analýzy však bude třeba doplnit přesnými počty chromozomů.

Polyploidie je u rostlin velmi častá, dosud největší počet různých cytotypů je znám např. u *Cardamine yezoensis* Maxim.: 6x, 8x, 9x, 10x, 11x, 12x (Marhold et al. 2010) a *Senecio carniolicus*: 2x, 3x, 4x, 5x, 6x, 7x, 8x, 9x (Sonnleitner et al. 2010). Koexistence více než tří cytotypů na jedné lokalitě je relativně vzácná. Až pět cytotypů (4x, 6x, 8x, 10x, 12x) na jedné lokalitě bylo zjištěno u *Gymnadenia conopsea* agg. (Trávníček et al. 2011), koexistence až sedmi cytotypů, jako v tomto případě (2x, 3x, 4x, 5x, 6x, 8x, 9x), není dosud v literatuře popsána.

5.2 MORFOLOGICKÁ VARIABILITA

Práce se snaží kriticky zhodnotit morfologickou variabilitu polyploidního komplexu *C. rotundifolia* agg. a najít znaky, kterými se jednotlivé tradičně odlišované druhy, případně jejich cytotypy, diferencují. Při určování druhů se primárně vycházelo z lokalit revidovaných autorem popisu *C. gentilis* a *C. moravica* (Kovanda 1967, 1970a, 1983). Výběr měřených znaků zohledňoval potenciálně důležité determinační znaky udávané v autorových publikacích (Kovanda 1967, 2002a).

5.2.1 MEZIPLOIDNÍ DIFERENCIACE

Všechny tři studované taxony jsou ploidně variabilní. Diploidní jedinci jsou u většiny rostlin dobře odlišitelní, ale polyploidizace může stírat rozdíly mezi vyššími ploidními stupni (Stace 2000), které se často dají rozlišit pouze kvantitativně (Suda et Lysák 2001). Podobně tomu bylo i při **analýze jednotlivých ploidních úrovní** *C. rotundifolia* agg. Správně bylo určeno 88 % diploidních jedinců, při určování tetraploidů docházelo spíše k záměnám s diploidy než s hexaploidy, při klasifikaci hexaploidů spíše s tetraploidy než s diploidy. Nejasné odlišení tetraploidů může být do značné míry dáno tím, že jsou v nich zahrnuty rostliny všech tří druhů.

Kovanda (1967, 2002a) cytotypy většinou odlišuje podle výšky rostliny, větších květů a tobolek, i když tyto znaky nepovažuje za příliš spolehlivé. Podle Rauchové (Rauchová 2007) je možné odlišit téměř 90 % diploidních a tetraploidních cytotypů *C. gentilis* a *C. rotundifolia*, přičemž nejdůležitějšími znaky jsou délka blizny s čnělkou, šířka korunních a kališních cípů, poměr délky koruny a kališních cípů a délka či šířka semen.

Pro odlišení diploidních a hexaploidních jedinců v rámci komplexu *C. rotundifolia* agg. se jako nejdůležitější ukázaly délka lodyhy a její olistění, délka blizny s čnělkou, nitky a prašníku a poměry délky a šířky listu v horní a ve střední části lodyhy. Pro odlišení tetraploidních a hexaploidních cytotypů byly důležité zejména znaky na květech (délka korunních a kališních cípů, blizny s čnělkou a nitky).

Stejně znaky byly důležité pro **rozlišení tetraploidních a hexaploidních cytotypů** *C. moravica*. Kovanda (1967) původně oddělil cytotypy jako samostatné poddruhy na základě tloušťky oddenku (4x: 6 – 10 mm, 6x: až 15 mm) a pylových zrn (4x: max. 42 µm, 6x: až 45 µm), i když v recentních pracích (Kovanda 2002a,b) považuje jejich rozlišení jinak než na základě počtu chromozomů za velmi nejisté. Podle diskriminačních analýz lze podle znaků na květech správně určit téměř 70 % jedinců. I když hexaploidní cytotyp měl ve většině znaků (kromě délky kališních cípů, délky nitky a poměrů délky koruny a korunních cípů a délky a šířky kališních cípů), vyšší průměrné hodnoty, byly si průměry jednotlivých znaků velmi blízké a úspěšnost v terénu tedy bude mnohem nižší.

5.2.2 MEZIDRUHOVÁ DIFERENCIACE

Pro odlišení *C. rotundifolia* od *C. gentilis* a *C. moravica* je podle Kovandy (Kovanda 2002a) nejdůležitější staženost květenství, papilnatost semeníku a šířka listu ve střední části lodyhy, kdy *C. rotundifolia* má mít listy širší než 1,8 mm. Platnost posledních dvou uvedených znaků potvrdila i Rauchová (2007).

Diplomová práce ukázala, že zatímco *C. rotundifolia* má jen výjimečně listy ve střední části lodyhy užší než 1,8 mm, *C. gentilis* a zejména *C. moravica* tuto hodnotu často překračují. Podle diskriminačních analýz jsou znaky na listech, zejména jejich počet a poměry délky a šířky listu ve střední a v horní části lodyhy velmi důležité, i když zde dochází k velkým překryvům hodnot. *C. moravica* u většiny znaků dosahuje vyšších hodnot.

Jeden z původně diagnostických znaků *C. moravica*, papilózní semeník, byl podle Kovandy (Kovanda 2000, 2002a) variabilní často i v rámci rostliny a pozorovatelný pouze v určité fenologické době (poupata). Při vlastním měření byl znak pozorovatelný na všech fenologických stadiích květu, včetně tobolek (podobně Rauchová 2007), při jeho vyloučení však nedocházelo k výrazné změně významnosti ostatních znaků, pouze se změnila síla jejich korelace s kanonickými osami. Ani Kovanda později (2002b) tento znak nepovažuje za důležitý a jako jediný spolehlivý znak k odlišení všech tří taxonů uvádí počet chromozomů (u *C. moravica* převážně tetraploidní, u *C. rotundifolia* a *C. gentilis* převážně diploidní – což současně výsledky také zpochybňují).

Taxony *C. moravica* a *C. rotundifolia* se od sebe oddělily velmi dobře (správně klasifikováno bylo téměř 85 % jedinců), zejména podle délky a šířky listů, jejich počtu a celkové velikosti rostlin. Při rozlišení cytotypů došlo při určování *C. moravica* ke značným záměnám zejména s tetraploidní *C. rotundifolia*. Při analýze pouze tetraploidních cytotypů těchto dvou taxonů se výrazně projevilo nerovnoměrné zastoupení obou druhů. Správně klasifikováno bylo téměř 70 % jedinců.

Z analýz *C. moravica* a *C. gentilis* je patrné, že proměnlivost *C. gentilis* spadá do celkové fenotypové variability zjištěné u *C. moravica*. Podle Kovandy (Kovanda 1967, 2002a) je *C. gentilis* „miniaturou“ *C. moravica*, od které se liší zejména počtem chromozomů, tloušťkou oddenku, šířkou listu ve střední části lodyhy, délkou lodyhy a velikostí květů a tobolek. Hlavní znaky zjištěné diskriminační analýzou jsou převážně na květech (délka a šířka korunních a kališních cípů a jejich poměry), délka květenství a šířka listů ve střední a v horní části lodyhy. Podle neparametrické klasifikační analýzy je možné správně určit až 90 % jedinců *C. gentilis* a 60 % jedinců *C. moravica*. Při rozlišení cytotypů docházelo při určování cytotypů *C. moravica* ke značným záměnám zejména s diploidní *C. gentilis*.

Pro srovnání všech tří taxonů a odstranění případného vlivu polyploidie byly analyzovány pouze **tetraploidní cytotypy *C. gentilis*, *C. rotundifolia* a *C. moravica***. Nejlépe se oddělily tetraploidní cytotypy *C. gentilis* a *C. rotundifolia* (přes 80 % správně určených jedinců), až polovina tetraploidních jedinců *C. moravica* byla často zaměněna s tetraploidní *C. rotundifolia*.

Komplex *C. rotundifolia* agg. je morfologicky velmi proměnlivý a ve vymezení studovaných taxonů jsou hranice dost nejasné. Hodnoty všech znaků se u všech studovaných taxonů *C. rotundifolia* agg. výrazně překrývají. Většina doposud udávaných diskriminačních znaků (Kovanda 2000, 20002a) jako počty větvení květenství, počty květů a jejich velikost (délka koruny) se neukázaly být tak důležité, stejně tak jako velikost pestíku a tyčinek, které ale jsou důležité pro rozlišení jednotlivých cytotypů v rámci určitého druhu. Nejdůležitějšími determinačními znaky se ukázaly být délka lodyhy, délka a šířka listů ve střední a v horní části lodyhy či poměry těchto hodnot, počty listů v dolní části či na zbytku lodyhy a znaky na květech, zejména délka a šířka korunních a kališních cípů a jejich poměry.

Ačkoli mezi jednotlivými druhy jsou patrné určité tendence k tvoření skupin, je jejich úspěšnost klasifikace přibližně stejná, jako při určování cytotypů (přibližně 65 % jedinců bylo přiřazeno ke správnému cytotypu a 70 % jedinců bylo přiřazeno ke správnému druhu).

Znaky důležité pro rozlišení jednotlivých druhů se uplatňují i při rozlišování ploidních stupňů, přičemž znaky na vegetativní části rostliny oddělují spíše diploidy a hexaploidy, znaky na květech spíše tetraploidy a hexaploidy.

Úzké listy nahloučené v dolní části lodyhy (charakteristické pro *C. gentilis* a *C. moravica*) jsou typické zejména pro rostliny otevřených výslunných stanovišť, na zastíněných či hustěji zarostlých místech jsou rostliny rovnoměrněji olistěné a listy jsou širší (podobně i Rauchová 2007, Goliašová et al. 2008).

Závislost některých znaků na prostředí je podpořena i tím, že v případě diploidních cytotypů rostoucích na hadcových horninách bylo určení na základě morfologie relativně obtížné. Rostliny kombinovaly znaky typické pro *C. moravica*: úzké listy nahloučené v dolní části lodyhy a papilózní semeník (Kovanda 1967, 2002a) a *C. rotundifolia*. Na přechodnost daných populací ukazují i výsledky parametrické klasifikační funkce, která k *C. moravica* přiřadila 45 – 50 % jedinců. Všechny tyto morfologicky sporné rostliny byly proto vyloučeny z diskriminačních analýz.

Podle neparametrické klasifikační analýzy bylo za použití všech znaků správně určeno cca 70 % jedinců všech druhů, přičemž většina znaků je na vegetativní části rostliny. Tyto znaky více podléhají vlivu prostředí (Kovanda 1967, Rauchová 2007, Goliašová et al. 2008), velikost květů je u *C. rotundifolia* agg. často spojována se selekčním tlakem opylovačů a s nadmořskou výškou (Roquet et al. 2008, Maad et al. 2013). Komplexita květní morfologie a malá taxonomická významnost květních znaků byla zjištěna u celé sekce Heterophylla, kam *C. rotundifolia* agg. patří a jejíž jednotlivé taxony (zahrnující i příbuzné druhy *C. scheuchzeri* či *C. marchesetti*) se v některých studiích jednoznačně nepodařilo rozlišit ani podle morfologie celých rostlin (Kovačič et Nikolič 2006).

V částech areálů, které nejsou v kontaktu, mohou být rostliny různých druhů dobře odlišitelné, ale v místech jejich sympatrického výskytu může navíc docházet k mezidruhovému hybridizaci a tím k setření morfologických rozdílů. Přestože Kovanda (1967) hybridizaci mezi

těmito studovanými druhy nepředpokládá, dochází k ní pravděpodobně běžně v celé sekci Heterophylla (Liber et al. 2008) i mezi *C. rotundifolia* a *C. scheuchzeri* (Stevens et al. 2012). Přejícné morfotypy, svědčící o možné hybridizaci byly nalezeny i u *C. rotundifolia* a *C. gentilis* (Rauchová 2007). Vzhledem k tomu, že *C. rotundifolia* agg. je evolučně mladá skupina bude nalezení vhodných druhově-specifických markerů pro determinaci hybridních jedinců obtížné. Genetická homogenita chloroplastové DNA (gen *trnT-trnL*) byla navíc zjištěna u *C. rotundifolia* z rozsáhlé části evropského areálu (Švédsko – Řecko) (Liber et al. 2008).

Přestože se diplomová práce snažila o kritické zhodnocení celého komplexu, výsledky morfologických analýz mohou být ovlivněny několika faktory.

Počer rostlin změřených pro jednotlivé druhy není rovnoměrný. Výrazně převažuje *C. moravica*, protože se původně počítalo s využitím primárních morfometrických dat z diplomové práce J. Rauchové (Rauchová 2007), která změřila reprezentativní množství *C. gentilis* a *C. rotundifolia*. To se však po prvních analýzách ukázalo jako nemožné, protože jednotlivé druhy vytvořily skupiny oddělené podle toho, kdo je zpracoval. Ze struktury primárních dat vyplynulo, že se lišily hlavně absolutní hodnoty daných znaků, ne jejich důležitost (v obou studiích se jako taxonomicky významné ukázaly stejné morfologické charakteristiky). Rozdílné počty rostlin jednotlivých druhů se projeví zejména ve výsledcích neparametrické klasifikační analýzy, kdy k největšímu počtu nesprávně klasifikovaných jedinců docházelo právě při určování *C. moravica*. Nejméně rostlin bylo změřeno pro *C. gentilis*, kde bylo většinou procento chybně zařazených jedinců nejnižší. Oproti tomu z grafických výstupů většiny diskriminačních analýz je vidět, že dochází k dobrému oddělení *C. moravica* podle první kanonické osy a následnému oddělení *C. gentilis* a diploidních cytotypů *C. rotundifolia*. Tetraploidní cytotypy *C. rotundifolia* se často překrývají s *C. moravica*. Při analýze tetraploidních cytotypů těchto dvou druhů bylo nerovnoměrné zastoupení zřetelné.

Výběr znaků vycházel z určovacích klíčů a předchozích studií *C. rotundifolia* agg. na našem území, i když vzhledem k rozsáhlému areálu nebyly měřeny tobolky a semena. Také nebyl studován tvar a tloušťka oddenku rostlin, protože jeho získání je značně obtížné (Goliašová et al. 2008) a destruktivní. Vzhledem k relativně vysokému stupni ohrožení jednoho ze studovaných druhů (*C. gentilis* – C2) není jeho studium na větším počtu jedinců vhodné ani z hlediska ochrany druhu. To se mohlo projevit zejména v analýze cytotypů *C. moravica*, protože velikost semen je udávána jako důležitý znak odlišující diploidní a tetraploidní cytotypy *C. gentilis* a *C. rotundifolia*. Důležitost velikosti tobolky nebyla prokázána (Rauchová 2007).

5.3 *CAMPANULA MORAVICA* – TAXONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

K popsání *C. moravica* vedla autora (Kovanda 1968) snaha oddělit od *C. rotundifolia* všechny vyšší ploidní úrovně: 4x, 6x (Kovanda 1967). Druh byl dále vymezen pomocí kvantitativních znaků spojených s polyploidii (velikost květů a tobolek), papilózním semeníkem a tlustým oddenkem (Kovanda 1967, 1968). U většiny znaků byl však zjištěn značný překryv s ostatními taxony a před cca 10 lety (Kovanda 2002b) byly morfologické charakteristiky označeny za nespolehlivé a proměnlivé, nepoužitelné např. na herbářových položkách. Zpochybněna byla také papilnatost semeníku, ještě v Květeně ČR (Kovanda 2000) udávaná jako relativně spolehlivý znak.

Rozpory v hlavních determinačních znacích byly zjištěny i v této práci – jako nejdůležitější znaky pro odlišení *C. moravica* byly pomocí diskriminačních analýz určeny: délka lodyhy, délka a šířka listů ve střední a v horní části lodyhy či poměry těchto hodnot, počty listů v dolní části či na zbytku lodyhy, délka a šířka korunních a kališních cípů a jejich poměry.

Počet chromozomů je tak podle poslední studie (Kovanda 2002b) jediný spolehlivý znak odlišující tento druh od *C. rotundifolia* a *C. gentilis*, u kterých není tetraploidnímu cytotypu přiřazován žádný větší evoluční potenciál, a který je uváděn pouze jako příměs ve smíšených populacích. Jako jediný další tetraploidní taxon na našem území uvádí Kovanda (1967, 2000) *C. rotundifolia* subsp. *sudetica*.

Na Moravě byl tetraploidní cytotyp *C. moravica* nalezen jen na velmi malém počtu lokalit, převážně v západní části areálu. Západní hranice areálu je vymezená velmi nejasně a liší se v různých publikacích (Kovanda 1967 vs. 1968 vs. 2000 vs. 2002a,b). Karyologicky byla monografem skupiny z tohoto území studována pouze omezená část lokalit a z okrajových oblastí žádná, z většiny území byly studovány pouze herbářové položky (taxonomická determinace herbářových položek byla později autorem (Kovanda 2002a,b) označena za velmi obtížnou, protože většina důležitých morfologických znaků – tloušťka oddenku, průduchy, papily – chybí nebo jsou velmi špatně pozorovatelné). Ani jedna z nově nalezených tetraploidních populací nebyla Kovandou karyologicky studována.

Správnost určení druhu měly zajistit především sběry na lokalitách osobně navštívených autorem popisu druhu (Kovanda 1967, 1970a, 1983), dále bylo přihlíženo ke geografické poloze navštívených lokalit a morfologii rostlin.

Již první výsledky získané průtokovou cytometrií ukázaly, že vymezení taxonu tímto způsobem není v některých případech možné, protože na většině moravských lokalit se ploidní stupeň zjištěný průtokovou cytometrií neshodoval s publikovanými údaji. Na některých Kovandou navštívených lokalitách se lišil nejen v rámci cytotypů téhož druhu (místo 4x 6x), ale na jedné lokalitě byly nalezeny i diploidní rostliny (lokalita č. 44: Smrtní jeskyně a Ostrov u Macochy). Morfologicky studované rostliny navíc postrádaly papily na semeníku, další z hlavních

determinačních znaků (Kovanda 1967, 2002a). Parametrická klasifikační funkce diploidy zcela jednoznačně přiřadila k *C. rotundifolia*.

Na většině území je rozšířen hexaploidní cytotyp a to včetně typové lokality, která byla udávána jako tetraploidní (Kovanda 1967, 2000).

Nedostatečná morfologická diference druhů, která je přibližně stejně úspěšná jako determinace jednotlivých ploidních stupňů ukazuje, že na základě morfologie by bylo vhodné hodnotit taxon „*C. moravica*“ spíše na úrovni poddruhu *C. rotundifolia* (*C. rotundifolia* subsp. *moravica*²).

Diplomová práce však zachovává *status quo*, protože pro robustní taxonomické zhodnocení bude potřeba podrobná studie *C. moravica* v celém areálu výskytu, se zvláštním zřetelem na balkánské a jihoevropské populace, z nichž některé jsou označovány jako *C. pinifolia* Uechtritz, protože ač se Kovanda (1967) dříve domníval, že se toto jméno vztahuje na nepříbuzné, převážně jihoevropské, úzkolisté formy *C. rotundifolia* agg., při revizi herbářových položek z jižní a východní Evropy se přiklonil k názoru, že *C. moravica* a *C. pinifolia* označují ten samý taxon, ale jméno *C. pinifolia* je neplatně publikované (Kovanda 2002b). Prioritu jména *C. moravica* mohou ohrozit další druhy popsány z Balkánu (Goliašová et al. 2008).

Při taxonomické revizi bude také třeba provést experimentální kultivace za standardních podmínek a podpořit ji molekulární studií *C. rotundifolia* agg.

² daná kombinace nebyla dosud platně zveřejněna

5.3.1 URČOVACÍ KLÍČ

Na základě výsledků diskriminačních analýz byl vytvořen klíč k určení jednotlivých druhů *C. rotundifolia*, *C. gentilis* a *C. moravica*. Hodnoty kvantitativních znaků jsou uvedeny jako: (minimum-) dolní kvantil (10 % jedinců) – horní kvantil (90 % jedinců) (-maximum).

- 1a lodyha (5) 13 – 40 (87) cm vysoká, ± stejnoměrně olistěná, listy ve střední části lodyhy většinou 1 – 4 mm široké, (3) 7 – 28 (44) krát delší než širší, (1,2) 2,2 – 5,5 (9,3) cm dlouhé, listy v horní části lodyhy (6) 13 – 39 (74) krát delší než širší..... *C. rotundifolia* L.
- 1b lodyha (5) 13 – 63 (83) cm vysoká, listy často nahloučené ve spodní třetině lodyhy, listy ve střední části lodyhy úzké (zpravidla 1 – 3 mm široké), (2) 15 – 46 (76) krát delší než širší, (1,3) 2,2 – 7,4 (10,2) cm dlouhé, listy v horní části lodyhy (5) 19 – 55 (99) krát delší než širší..... 2
- 2a květenství 2 – 19 (42) cm dlouhé, nitka (0,2) 1,5 – 2,4 (3,8) mm dlouhá, listy ve střední části lodyhy většinou 1 – 2 mm široké, listy v horní části lodyhy (0,5) 0,7 – 1,6 (4,2) mm široké, výskyt ve středních a severních Čechách *C. gentilis* Kovanda
- 2b květenství 2 – 27 (80) cm dlouhé, nitka (0,2) 1,1 – 2,5 (4,1) mm dlouhá, listy ve střední části lodyhy 1 – 3 (24) mm široké, listy v horní části lodyhy (0,3) 0,7 – 1,7 (12,2) mm široké, východní hranice výskytu na Moravě *C. moravica* (Spitzner) Kovanda

Z uvedeného klíče je u většiny hodnot patrný značný překryv, který podporuje rozlišování taxonů na úrovni poddruhů *C. rotundifolia*. Jako alternativu pro rozlišení *C. rotundifolia* a *C. moravica* lze použít lineární klasifikační funkci v následujícím tvaru. Pokud vyjde kladná hodnota, jedná se o druh *C. rotundifolia* L., pokud vyjde záporná hodnota, jde o *C. moravica* (Spitzner) Kovanda.

Lineární klasifikační funkce:

$5,8557 - 0,0093522 * \text{délka lodyhy pod květenství (cm)} - 0,078966 * \text{počet listů v dolní třetině lodyhy} - 0,024403 * \text{počet listů na zbytku lodyhy} + 0,24055 * \text{délka listu ve střední části lodyhy (cm)} - 0,067095 * \text{šířka listu ve střední části lodyhy (cm)} - 0,034614 * \text{poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy} - 0,10335 * \text{poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy}$

6. ZÁVĚR

Práce komplexním zhodnocením polyploidního komplexu ve střední Evropě přispěla k řešení taxonomických otázek i obecnějších teorií týkajících se např. vlivu genomové duplikace.

Druh *C. moravica* byl původně odlišen jako tetraploidní rostliny s kvantitativními morfologickými znaky úzce spojenými s polyploidí (Kovanda 1967, 2002a), z nichž většina byla později zpochybněna (Kovanda 2002b). Tato práce zjistila, že mezi jednotlivými druhy *C. rotundifolia* agg. dochází k určité diferenciaci, jejich determinace je však přibližně stejně úspěšná jako determinace cytotypů (nejobtížněji rozpoznatelní jsou tetraploidi, kteří se vyskytují u všech tří studovaných taxonů). Většina znaků je navíc silně závislá na podmínkách prostředí, v němž se rostliny vyskytují. Odlišnosti byly zjištěny nejen v důležitosti dříve publikovaných určovacích znaků, ale pomocí průtokové cytometrie také v rozšíření cytotypů *C. moravica*, jejichž areály jsou v současnosti do značné míry parapatrické.

Nejednoznačná diferenciaci jednotlivých druhů, patrná zejména v místech sympatrického výskytu může být způsobena i mezidruhovou hybridizací, její prokázání ale bude, vzhledem k relativně nízkému evolučnímu stáří skupiny, parafylii *C. rotundifolia* (Wendling et al. 2011) a genetické homogenitě tohoto druhu na většině území Evropy (Liber et al. 2008), značně obtížné.

Zjištěné poznatky spíše podporují dřívější hodnocení *C. moravica* na úrovni poddruhu *C. rotundifolia* (*C. rotundifolia* subsp. *moravica*).

7. PŘÍLOHY

7.1 PŘÍLOHA I: LOKALITY

Tab. Ia: Lokality *C. rotundifolia* agg. v České republice, Slovenské republice a v Rakousku s GPS souřadnicemi, ploidním stupněm zjištěným pomocí průtokové cytometrie (ploidie FCM) a s počty rostlin analyzovanými průtokovou cytometrií (celkem FCM r.) a použitými na morfometrické analýzy (celkem MORFO r.). U některých populací *C. gentilis* byl ploidní stupeň převzatý z Rauchová (2007). V posledním řádku je uveden součet lokalit a rostlin použitých pro morfometrické a cytometrické analýzy.

číslo lokality	lokalita	taxon	ploidie FCM	latituda (°N)	longituda (°E)	celkem MORFO r.	celkem FCM r.
1	Hády u Brna	<i>C. moravica</i>	6x	49,1879166667	16,5526388889	15	31
2	Návdavky u Němčan	<i>C. moravica</i>	6x	49,1561666667	16,9213611111	13	53
3	Bralová	<i>C. moravica</i>	6x	49,1377777778	17,1949444444	15	16
4	Bohuslavice	<i>C. moravica</i>	6x	49,0496016667	17,1194722222	14	30
5	Špidláky – Čejč	<i>C. moravica</i>	6x	48,9147500000	16,9577777778	12	12
6	Kamenný vrch	<i>C. moravica</i>	6x	48,9668333333	16,7519444444	13	30
7	Ketkovice – Levnov	<i>C. rotundifolia</i> agg.	2x	49,1361388889	16,2363611111	18	30
8	Rudlice – Papírna	<i>C. rotundifolia</i> agg. + <i>C. moravica</i>	2x + 4x	48,9423055556	16,0577222222	9	15
9	Vitálišovce	<i>C. moravica</i>	4x	49,0786325000	19,6468464000	32	35
10	Žiar – Liptovský Mikuláš	<i>C. rotundifolia</i>	4x	49,1353944000	19,6784444000	0	19
12	Levoča – Šibeník	<i>C. moravica</i>	4x	49,0054500000	20,6294000000	29	30
13	Sivá Brada (Spiš)	<i>C. moravica</i>	4x	49,0065200000	20,7208200000	19	50
14, 92	Dreveník (Spiš)	<i>C. moravica</i>	2x – 6x, 8x, 9x	48,9815800000	20,7825100000	21	1282
15	Košice – Hradová	<i>C. moravica</i>	4x	48,7577777778	21,2361111111	7	7
16	cesta Družstevná – Trebejov	<i>C. moravica</i>	4x	48,8097222222	21,2372222222	12	30
17	Bukovec	<i>C. moravica</i>	4x	48,7063500000	21,1547200000	14	40
18	Baška – u křížku	<i>C. moravica</i>	4x	48,7079000000	21,1621200000	8	16
18b	Bukovec – Baška křížovatka	<i>C. moravica</i>	4x	48,7086600000	21,1676347000	6	7
19	Tarbuska – Malý Kamenec	<i>C. moravica</i>	4x	48,3561500000	21,7838800000	11	30
20	Priechod	<i>C. moravica</i>	4x	48,7762700000	19,2214800000	16	30
21	Moštenica	<i>C. moravica</i>	4x	48,8136200000	19,2833800000	9	12
22	Predajná	<i>C. moravica</i>	4x	48,8069600000	19,4658500000	10	30
23	Skalka – Stará Kremnička	<i>C. moravica</i>	4x	48,5977500000	18,8851500000	14	30
24	Šášov	<i>C. moravica</i>	4x	48,5790500000	18,8997700000	3	3
25	Lehotka pod Brehmi	<i>C. moravica</i>	4x	48,5376200000	18,8070300000	15	30
26	Vrbatův Kostelec	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,8610000000	15,9383055556	0	6
27	Tematín	<i>C. moravica</i>	6x	48,6769300000	17,9293000000	17	46
28	Topolčianský hrad	<i>C. moravica</i>	6x	48,6581000000	18,0505300000	8	10
29	Buková – Hrnčeková dolina	<i>C. moravica</i>	6x	48,5380500000	17,4242000000	10	30
30	Hrdzavý járok – Malacky	<i>C. moravica</i>	4x	48,4462500000	17,0594900000	14	30

31	Timoradza	<i>C. moravica</i>	4x	48,8148500000	18,2400500000	11	30
32	Omšenie – Baba	<i>C. moravica</i>	6x	48,9101900000	18,2330000000	14	30
33	Podskalie – Roháč	<i>C. moravica</i>	6x	49,0455500000	18,4659500000	18	30
34	Čachtický hradný vrch	<i>C. moravica</i>	6x	48,7250400000	17,7611000000	12	30
35	Sokolníky	<i>C. moravica</i>	6x	48,3890300000	18,1026200000	14	30
36	Nitra – Šibeniční vrch	<i>C. moravica</i>	6x	48,3023000000	18,0693900000	15	30
37	Nitra – Kalvária	<i>C. moravica</i>	6x	48,2964700000	18,0893000000	9	30
38	Veterník	<i>C. moravica</i>	6x	48,8161500000	17,2300800000	11	30
39	J Čechy – Monika	<i>C. rotundifolia</i>	4x	48,7444636111	14,6235575000	0	6
40	Staniměřice	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,5259138000	14,8536472000	3	6
40b	Pacov – Zhořec	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,4814666000	14,9810666000	1	3
41	Nebovid	<i>C. moravica</i>	6x	49,1296700000	16,5489800000	14	30
42	Netopýrky	<i>C. moravica</i>	6x	49,2330800000	16,5532000000	11	30
43	Rudické propadání Smrtní jeskyně a Ostrov u	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,3398610000	16,7301833000	14	30
44	Macochy	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,3711200000	16,7460800000	13	30
45	Plumlov – Branisko	<i>C. moravica</i>	6x	49,4770800000	17,0099100000	10	30
46	Vinohrady (Vyškov) Dědice – Radslavice	<i>C. moravica</i>	6x	49,3146200000	16,9851000000	16	57
47	Zdounky	<i>C. moravica</i>	6x	49,2245700000	17,3179500000	20	34
48	Devín + D. Kobyla	<i>C. moravica</i>	6x	48,1811700000	16,9852900000	11	50
49	Jeseníky – Monika	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,0150000000	17,1163888889	0	7
50	Bílé stráně	<i>C. gentilis</i>	4x	50,5595500000	14,1337500000	0	0
51	Hradiště	<i>C. gentilis</i>	4x	50,5694500000	14,1130833333	0	0
52	Holý vrch	<i>C. gentilis</i>	2x + 4x	50,5802666700	14,1083000000	0	0
53	Šumava JS – Boubín	<i>C. rotundifolia</i>	4x	49,0166775000	13,8169161000	0	0
54	J Čechy – Chanovice	<i>C. rotundifolia</i>	4x	49,4064100000	13,7148527000	0	6
55	Novohradské hory	<i>C. rotundifolia</i>	4x	48,7416666667	14,5366666667	0	5
56	Bezděz	<i>C. gentilis</i>	4x	50,5383111000	14,7191194000	0	6
57, 95	Rouchovany	<i>C. moravica</i>	4x	49,0636111111	16,1049444444	5	12
58	Lučatín	<i>C. moravica</i>	4x	48,7807800000	19,3115400000	0	1
59	Strážov – ex. Ilava	<i>C. moravica</i>	4x	48,9550400000	18,4629900000	0	11
60	Sitno – Cm S	<i>C. rotundifolia</i>	2x	48,4039138000	18,8763916000	0	2
61	Kamýk – Knobloška	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,5518122000	14,0876711000	7	7
64	Zobor	<i>C. moravica</i>	6x	48,3428797000	18,0974000000	1	1
65,		<i>C. rotundifolia +</i>					
113	Baba u Kuřimi (Babí lom)	<i>C. moravica</i>	2x + 6x	49,2993888888	16,5919444444	25	206
66	Červený vrch u Brna	<i>C. moravica</i>	4x	49,1764363333	16,5863483333	2	10
67	Z Čechy – Chodová Planá	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,8933467000	12,7264533000	5	5
68	Z Čechy – Vojtanov	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,1667703000	12,3085942000	7	8
69	Z Čechy – Skalná	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,1695800000	12,3598433000	5	5
70	Z Čechy – Hazlov	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,1643808000	12,2744258000	8	0
71	Z Čechy	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,0985194500	12,4173291500	1	1
72	Loket	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,1869444444	12,7562388889	1	3
73	louka pod Milešovkou, Žim	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,5683500000	13,9573500000	15	30

74	Lipská hora	<i>C. gentilis</i>	2x	50,5104000000	13,9117666667	8	19
75	Košťálov – hrad.zříc.	<i>C. gentilis</i>	2x	50,4891000000	13,9967000000	1	1
76	Bořeň	<i>C. gentilis</i>	2x	50,5267500000	13,7671000000	23	31
77	PR Čičov	<i>C. gentilis</i>	2x	50,4606000000	13,8071166667	14	32
78	Všechlapy – kopec Kamýk, skalky	<i>C. gentilis</i>	2x	50,4621488333	13,8389108333	16	16
79	Na Černčí	<i>C. rotundifolia</i>	4x	50,5478166667	14,3748586000	29	47
80	Úštěk – Ostré	<i>C. rotundifolia</i>	4x	50,5812333333	14,3639000000	11	11
81	Ostré – Kalvária, schody	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,5878500000	14,3718333333	1	1
82	Srdov	<i>C. gentilis</i>	2x	50,4168666667	13,8208833333	15	24
83	Hlupice	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,6195833333	14,2036000000	25	46
84	Boreč	<i>C. gentilis</i>	2x	50,5157500000	13,9881000000	14	14
85	Kamýk – vrchol + odbočka	<i>C. gentilis + C. rotundifolia</i>	2x + 4x	50,5658500000	14,1207166667	11	12
86	Čerenišťe	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,5885333333	14,1230000000	11	27
87	Raná	<i>C. gentilis</i>	2x	50,4042833333	13,7669666667	6	8
88	Milá	<i>C. gentilis</i>	2x	50,4336666667	13,7575166667	15	16
89	Škrle	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,4170000000	13,5292166667	14	18
90	Štramberk	<i>C. moravica</i>	4x	49,5919464000	18,1147008000	24	26
94	Př. Park Jevišovka, křižovatka Kratochvilka	<i>C. rotundifolia C. rotundifolia</i>	2x	49,0276666667	16,0388833333	9	20
96	Dukovany – Mohelno	agg.	2x	49,1005000000	16,1942000000	18	36
97	Lhánice	<i>C. moravica</i>	4x	49,1058333333	16,2291000000	4	5
98	Kozének	<i>C. moravica C. rotundifolia</i>	6x	49,1082333333	16,2395500000	13	40
99	Biskoupky	agg. <i>C. rotundifolia</i>	2x	49,0097050000	16,1670166667	8	11
100	Nad Řekami, Hrubšice	agg. <i>C. rotundifolia + C. moravica</i>	2x	49,0934500000	16,2905000000	13	31
101	pod Templštejnem	agg. <i>C. rotundifolia + C. moravica</i>	2x + 4x	49,0942833333	16,2534833333	9	17
102	Vaneč – les	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,2560000000	16,1236833333	9	9
103	Jílové, zatačka	<i>C. rotundifolia</i>	4x	49,8731500000	14,5023333333	1	1
104	les Jílové – Petrov	<i>C. rotundifolia</i>	4x	49,8966566667	14,4650333333	4	4
105	Petrov	<i>C. gentilis</i>	4x	49,8806166667	14,4306333333	11	13
106	Zvolská Homole	<i>C. gentilis</i>	4x	49,9353158000	14,3955333333	3	8
107	hájovna Lípa	<i>C. rotundifolia</i>	4x	49,8472166667	14,5042500000	1	2
108	Zaječí od Tismi	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,7485833333	14,5631833333	13	25
109	Pocoucov a Ptáčov	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,2486111111	15,9033888889	10	27
110	Rudíkov	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,2951666667	15,9523333333	8	9
111	Vladislav	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,2094891667	15,9941572222	4	6
112	Pyšel – Vaneč	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,2556797000	16,0773333333	8	14
114	Brněnská přehrada	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,2562500000	16,4760277000	8	8
115	Kuchyňka	<i>C. gentilis</i>	4x	50,1814333333	14,5947166667	7	0
116	Všetaty – Příbory	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,2865833333	14,5799166667	19	19
117	Dolní Chabry	<i>C. gentilis</i>	4x	50,1508500000	14,4382666667	10	0
118	Bohnice	<i>C. gentilis</i>	4x	50,1370333333	14,4024833333	5	0
119	Řeporyje – Placatá skála	<i>C. gentilis</i>	4x	50,0312060000	14,3152089000	14	0

120	Černý potok, Unhošť, osada Štoka	<i>C. gentilis + C. rotundifolia</i>	2x + 4x	50,0665333333	14,1058333333	12	19
121	Markův a Červený mlýn	<i>C. gentilis</i>	2x	50,0527833333	14,1088166667	11	25
122	Pochválovská skála	<i>C. rotundifolia</i>	2x + 4x	50,2441166667	13,8172333333	15	42
123	Kardašova Řečice – Jindřichův Hradec I	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,0200000000	14,9191000000	12	19
124	Kardašova Řečice – Jindřichův Hradec II	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,1661650000	14,9224000000	2	2
125	Krásná hora u Příbrami	<i>C. rotundifolia</i>	4x	49,6443117000	14,3368439000	0	20
126	Šumava M (Český Krumlov)	<i>C. rotundifolia</i>	4x	48,7761111111	14,3758333333	6	11
127	Rakousko, Bisamberg	<i>C. moravica</i>	6x	48,3155944444	16,3621472222	4	10
128	Vlček	<i>C. rotundifolia</i>	4x	50,0482222222	12,7399444444	0	1
129	Planý vrch	<i>C. rotundifolia</i>	4x	50,0430555556	12,7659444444	0	1
130	Mnichov	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,0858055556	12,7732222222	0	1
131	Sítiny	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,0278703000	12,7603083000	0	1
132	Rýzmburk	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,6332861000	13,6656644000	0	1
134	Hradčanské stěny	<i>C. rotundifolia</i>	4x	50,6153611000	14,6936944000	0	8
135	Krkonoše – 029	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,7508893963	15,4585069790	0	7
136	Krkonoše – 066	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,6278126314	15,4883944150	5	7
137	Krkonoše – 104	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,7177436631	15,5950349383	7	7
138	Krkonoše – 126	<i>C. rotundifolia</i>	2x	50,6646805163	15,8282530960	2	7
139	Jeseníky – Adam, PR Na Hadci	<i>C. rotundifolia</i>	4x	50,0412510000	16,8864860000	0	1
140	Opřetice	<i>C. rotundifolia</i>	2x	49,7103083000	14,6645964000	0	6
133						1206	3742

Tab. Ib: Lokality *C. rotundifolia* agg. v České republice, Slovenské republice a v Rakousku s uvedeným zdrojem a popisem. Sběr na lokalitách autorka, není-li uveden jiný zdroj: AK: Adam Knotek, FK – Filip Kolář, JS – Jan Suda, KH – Katka Hanušová, KŠ – Kristýna Šemberová, MH – Martin Hanzl, MP – Monika Pospíšilová, PP – Petr Petřík. (J – jih, S – sever, V – východ, Z – západ)

číslo lokality	lokality	taxon	zdroj	oblast	popis
1	Hády u Brna	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Morava	Hády: Moravský kras: stepní porost nad lomem na J svahu vrchu Hády /425 m/ u Brna, vápenec
2	Návdavky u Němčan	<i>C. moravica</i>	Čechová (1999)	Morava	sušší travnaté svahy, Bromion erecti
3	Bralová	<i>C. moravica</i>	Gulich (1989)	Morava	Střílky, SPR Bralová; 330 m
4	Bohuslavice	<i>C. moravica</i>	Gulich (1989)	Morava	Bohuslavice u Kyjova: kopec Hrádek nad Z okrajem obce, les na J svahu Hrádku 1,7 km S nádraží; 230 – 250 m, skály v okolí zatopeného malého lomu po těžbě pískovce nad hřbitovem (při JZ okraji obce) (koupaliště)
5	Špidláky – Čejč	<i>C. moravica</i>	Danielka et Gulich (1996)	Morava	Čejkovice: Čejkovický špidlák, svahy špidláku V skládky, cca 2 km SV kostela v obci; 200 m
6	Kamenný vrch	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Morava	Kamenný vrch: Jihomoravská pahorkatina: na temeni Kamenského vrchu /343 m/ u Kurdějova SV od Hustopečí, pískovec
7	Levnov	<i>C. rotundifolia</i> agg.	Koblížek et al. (1998)	Morava	masiv Ketkovského hradu (Levnov): od soutoku Chvojnice s Oslavou po okolí zříceniny Ketkovického hradu, skalnatý masív s pestrou xerothermn.vegetaci; 280 m n.m.
8	Papírna	<i>C. rotundifolia</i> agg. + <i>C. moravica</i>	Rafajová (1998)	Morava	Rudlice, ostrožna nad mlýnem Papírna 1 km JZ obce; Seslerio albicantis-Tilietum cordatae; 280 m
9	Vitálišovce	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1983	Slovensko	Liptovský Mikuláš – Vitálišovce u L.M., na cestě k Okoličné
10	Žiar – Liptovský Mikuláš	<i>C. rotundifolia</i>	Kovanda (1966b – 2x, 1977 – 4x)	Slovensko	pastviny u Žiaru, granit
12	Levoča – Šibeník	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1970a	Slovensko	Levoča – trav. svahy kopce Šibeník
13	Sivá Brada (Spiš)	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1983	Slovensko	Sivá Brada – suché pastviny na cestě do Spiš. Podhradí
14 + 92	Dreveník (Spiš)	<i>C. moravica</i>	Gadella (1964), Kovanda (1967, 1970)	Slovensko	Dreveník: Liptovsko – spišská kotlina: skalnaté svahy Dreveníku, vápenec, exp. J až JV, 580 – 600 m; Spišské Podhradí, Dobrá Vola, Žehra
15	Košice – Hradová	<i>C. moravica</i>	Mráz 2005	Slovensko	Košice – J svah hory Hradová
16	cesta Družstevná – Trebejov	<i>C. moravica</i>	Mráz 2005	Slovensko	Družstevná při Hornádě – Čierna Hora, svahy u silnice směrem na Trebejov
17	Bukovec	<i>C. moravica</i>	KŠ	Slovensko	travnatá mez nad silnicí
18	Baška – u křížku	<i>C. moravica</i>	KŠ	Slovensko	v okolí kapličky
18b	Bukovec – Baška křižovatka	<i>C. moravica</i>	KŠ	Slovensko	travnatá mez nad silnicí
19	Tarbuska – Malý Kamenec	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Slovensko	Tarbuska: Potiská nížina: svahy Tarbucky /278 m/ u Stredy nad Bodrogom, andesit, exp. J až JV; Streda n / Bodrogom – písčité kopce u vinice
20	Priechod	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1970a	Slovensko	Priechod – skály na J svahu vrchu Kopec, dolomit
21	Moštenica	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Slovensko	Moštenica: Banskobystrické dolomity: svahy v nejdolejší části doliny potoka Moštenica SV od Slovenské L'upče, exp. J, 400 – 450 m

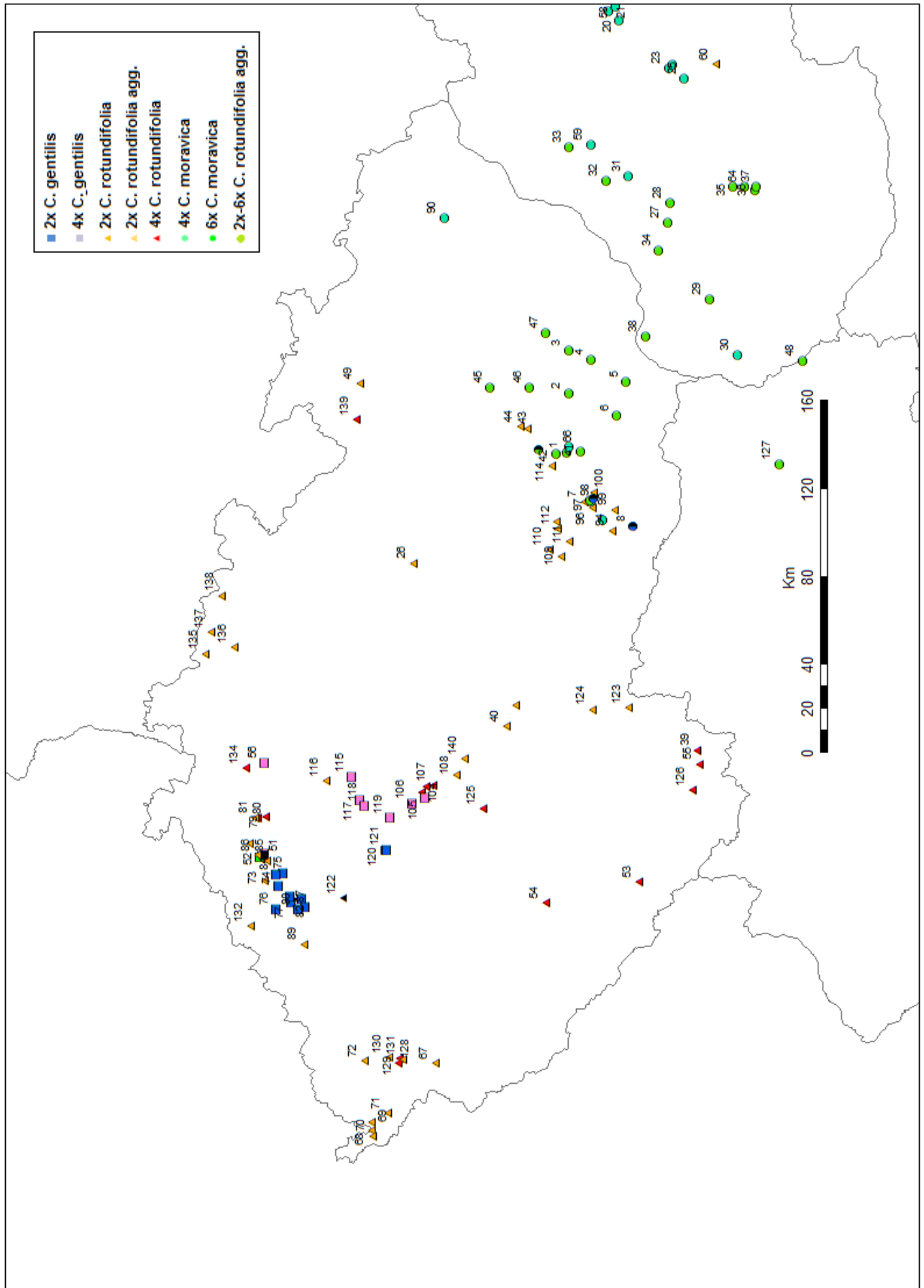
22	Predajná	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1970a	Slovensko	Predajná – pastviny JV od železniční stanice, dolomit
23	Skalka, Stará Kremnička	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967, 1970a)	Slovensko	Skalka: Slovenské stredohorie, Kremnické pohorie: vrch Skalka J od Staré Kremničky, andesit, 350 – 400 m; Stará Kremnička – kopec Skalka, J od Staré Kremničky (v okolí vysílače)
24	Šášov	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967, 1970a)	Slovensko	Šášov: Slovenské stredohorie, Štiavnické pohorie: Šášovské podhradie – skály u zříceniny hradu Šášova, andesit, 300 – 350 m
25	Lehotka pod Brehmi	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967, 1970a)	Slovensko	Lehotka: Slovenské stredohorie, Štiavnické pohorie: kóta 347 J od obce Lehotka pod Brehmi u Žiaru nad Hronom, andesit (lom)
26	Vrbatův Kostelec	<i>C. rotundifolia</i>	JS	Čechy	ruđerál v obci
27	Tematín	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967, 1970a)	Slovensko	Tematín: Strážovská hornatina, Tematínské kopce: skalky a stepní stráně u zříceniny Tematína, dolomit, exp. J až JZ, 520 – 558 m
28	Topolčianský hrad	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1970a	Slovensko	Podhradie – skály blízko zříceniny Topol'čany, dolomit – sbíral Tomšovic, počítal Kovanda
29	Buková – Hrnčeková dolina	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1983	Slovensko	Buková – cesta údolím SZ od Bílé Hory, dolomit, 328 – 348 m
30	Hrdzavý járok	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967, 1970a)	Slovensko	Hrdzavý járok: Dolní Pomoraví, Záhorská nížina: písčiny blízko hájovny Hrdzavý járok SV od Malacek, 190 – 200 m
31	Timoradza	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1970a	Slovensko	Timoradza – kamen. sutě u hřbitova, dolomit + lesostep na JZ kopce Udriná
32	Omšenie , Baba	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Slovensko	Baba: Strážovská hornatina: vrch Baba /668 m/ u obce Omšenie východně od Trenčianskych Teplic, vápenec, exp. J, Z až S
33	Podskalie – Roháč	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1970a	Slovensko	Podskalie – skalky na vrcholu vrchu Roháč
34	Čachtický hradný vrch	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967, 1970a)	Slovensko	Čachtice: Strážovská hornatina, Čachtické kopce: štěrbiny zdiva a skalky u zříceniny hradu Čachtice, vápenec, exp. Z , 370 m., Nové Město n. Váhom
35	Sokolníky	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1970a	Slovensko	Podhořany, Sokolníky – skály u kóty 207 m u Sokolníků, vápenec
36	Nitra – Šibeniční vrch	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Slovensko	Šibeniční vrch: Tribečské pohorie: Z svah Šibeničního vrchu /219 m/ u Nitry, vápenec
37	Nitra – Kalvária	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Slovensko	Kalvária: Tribečské pohorie: S svah Kalvárie u Nitry, vápenec
38	Veterník	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Slovensko	Veterník: Bílé Karpaty: stepní loučky mezi vinicemi na temeni Veterníku /316 m/ jižně od Skalice
39	J Čechy – M	<i>C. rotundifolia</i>	MP	Čechy	travnatý pás mezi lesem a cestou
40	Staniměřice	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	lesní svahy u silnice
40b	Pacov – Zhořec	<i>C. rotundifolia</i>	Slavík (1974)	Čechy	Pacov: vlhké louky, rybník pod silnicí u kóty 574,5 mezi Pacovem a obcí Zhořec; 550 m
41	Nebovid	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Morava	Nebovid: Moravské předhůří Vysočiny: J svah na vrchu Nebovid /370 m/ u Brna
42	Netopýrky	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967), Grüll (1989)	Morava	Mniší hora: Moravské předhůří Vysočiny: úvoz na JV svahu Mniší hory u Bystrce, 300 – 320 m, CHPV Netopýrky
43	Rudické propadání	<i>C. rotundifolia</i>	Unar (2002)	Morava	Rudice, NPP Rudické propadání, JZ orientovaná strážka V od cesty z obce Rudice k propadání ca 100 m od S; JZ orientovaná strážka pod skalami; Bromion erecti
44	Smrtní jeskyně a ostrov u Macochy	<i>C. rotundifolia</i>	Kovanda (1967)	Morava	Moravský kras: ovčí pastviny u silnice mezi Vilémovicemi (Smrtní jeskyně) a Ostrovem, vápenec
45	Plumlov – Branisko	<i>C. moravica</i>	Hantáková (1991)	Morava	Plumlov, chráněné území cca 1 km SSV obce; Potentillo opacae-

					Festucetum sulcatae; 320 m
46	Vinohrady (Vyškov) Dědice – Radvlvice	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967)	Morava	Vinohrady: Dražanská vysočina: travnatá místa v polích mezi obcemi Dědice a Radvlvice S od Vyškova, písekovec, 320 – 350 m
47	Zdounky	<i>C. moravica</i>	Grulich (2003a)	Morava	Zdounky: podél polní cesty vedoucí k západu asi 0,25 km jižně až 0,5 km JZ od kostela; suchý trávník na svazích úvozu, meze a sušší svahové loučky na SSZ orientovaném svahu, 275 m
48	Devín + Kobyla	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967, 1970a)	Slovensko	Devínská Kobyla: stepní porost na JZ svahu, vápenec, 200 – 250 m – 4x, Devín: skály na Z a J úpatí Devína, vápenec, 130 m, skály pod zříceninou 6x
49	Jeseníky – M	<i>C. rotundifolia</i>	MP	S Morava	travnatý pás mezi lesem a cestou
50	Bílé stráně	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	strmé svahy bílých strání u Knobloška
51	Hradiště	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	skalky na vrchu Hradiště
52	Holý vrch	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	travnaté porosty
53	Šumava JS	<i>C. rotundifolia</i>	JS	Čechy	nízkostéblný trávník u červené turistické značky cestou z Boubína do Vimperka
54	J Čechy – Chanovice	<i>C. rotundifolia</i>	JS	Čechy	travnaté porosty u obce Chanovice
55	Novohradské hory	<i>C. rotundifolia</i>	JS	Čechy	travnaté porosty
56	Bezděz	<i>C. gentilis</i>	JS	Čechy	v okolí zříceniny hradu Bezděz
57 + 95	Rouchovany	<i>C. moravica</i>	JS, KŠ	Morava	loučka u silnice
58	Lučatín	<i>C. moravica</i>	KŠ	Slovensko	příkop mezi silnicí a železniční tratí
59	Strážov – exkurze Ilava	<i>C. moravica</i>	Kovanda 1970a	Slovensko	Zliechov – vrchol pastviny na Strážově, vápenec
60	Sitno – Cm S	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967, 1970a)	Slovensko	Sitno: Slovenské Stredohorie, Štiavnické pohorie: skály na vrcholu Sitna /1109 m/, andesit
61	Kamýk – Knobloška	<i>C. rotundifolia</i>	MP	Č. Středohoří	louka mezi Bílými stráněmi u Podbořan a Kamýkem
64	Zobor	<i>C. moravica</i>	Kovanda (1967, 1970a)	Slovensko	Zobor: Tribečské pohorie: skály na vrcholu Zoboru /598 m/, vápenec
65 + 113	Baba u Kuřimi (Babí lom)	<i>C. rotundifolia</i> + <i>C. moravica</i>	JS, KŠ	Morava	meze a okolí lesní cesty z rozhledny do Lelekovic
66	Červený vrch u Brna	<i>C. moravica</i>	JS	Morava	nízkostéblný trávník
67	Chodová Planá	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	skalní štěrbiny
68	Vojtanov	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	skalní štěrbiny
69	Skalná	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	štěrbiny ve zdivu u hradu Skalná
70	Hazlov	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	skalní štěrbiny
71	Cheb	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	mez u silnice
72	Loket	<i>C. rotundifolia</i>	MH	Čechy	travnatý pás mezi lesem a cestou
73	louka pod Milešovkou, Žim	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Č. Středohoří	louka u silnice na Žim, spolu s <i>C. patula</i>
74	Lipská hora	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	suťové svahy na úpatí Lipské hory
75	Košťálov – hrad.zříc.	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	Košťál: České Středohoří: u zříceniny hradu Košťál nad Třebenicemi, 481 m
76	Bořeň	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	Bořeň: České Středohoří: skalnatý JZ svah Bořně u Bíliny, znělec, 400 – 450 m, skalky na vrcholu kopce a cestou na vrchol
77	PR Čičov	<i>C. gentilis</i>	KŠ	Č. Středohoří	travnaté svahy kopce Čičov
78	Všechlapy – kopec Kamýk, skalky	<i>C. gentilis</i>	Bělohoubek (1996)	Č. Středohoří	České středohoří: vrch Kamýk, nachází se 0,5 km SSV od obce Všechlapy, skalky na vrcholu

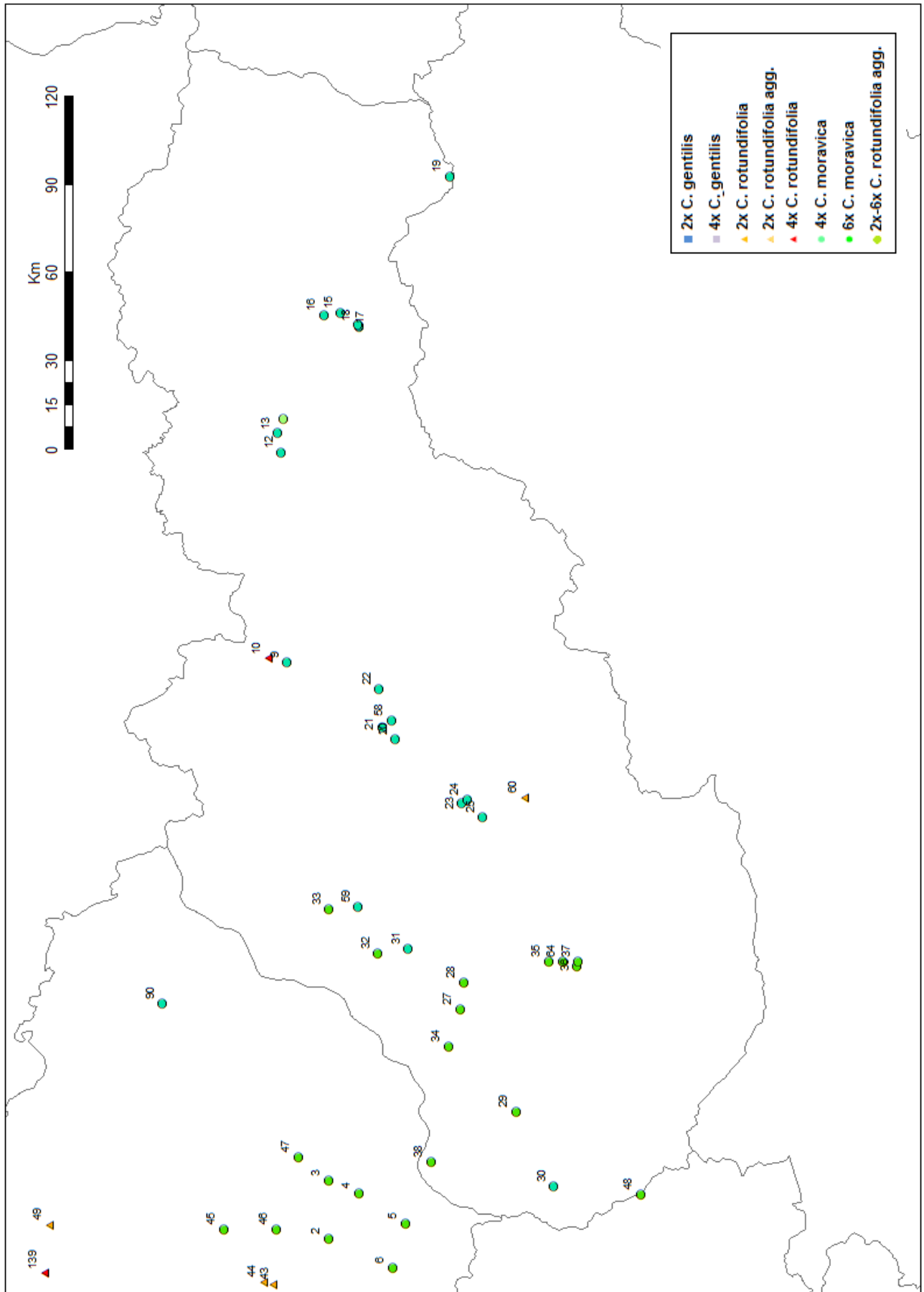
79	Na Černčí	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Č. Středohoří	les
80	Úštěk – Ostré	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Č. Středohoří	kamenité výchozy u silnice Úštěk – Ostré
81	Ostré – Kalvária, schody	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Č. Středohoří	spáry schodiště ke Kalvárii v obci Ostré
82	Srdov	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	Srdov: České Středohoří: JZ svah Srdova /480 m/ u Loun, čedič, pastviny u silnice
83	Hlupice	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Č. Středohoří	sekaná louka za vsí Hlupice
84	Boreč	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	Boreč: České Středohoří: suť na JZ svahu Borče u Lovosic, znělec, 400 m
85	Kamýk – vrchol + odbočka	<i>C. gentilis + C. rotundifolia</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	čedičový vrchol kopce Kamýk, keřové lemy u odbočky k vrchu
86	Čeřeniště	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Č. Středohoří	travnaté svahy ve vsi
87	Raná	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	Raná: České Středohoří: JZ a J svah Rané /457 m/ u Loun, čedič, louka pod úbočím kopce
88	Milá	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Č. Středohoří	skály na vrchu Milá
89	Škrle	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Č. Středohoří	slanisko
90	Štramberk	<i>C. moravica</i>	Gulich (2003b)	Morava	Štramberk: Zámecký vrch, skalní výchozy na jihozápadním svahu, 420 m n. m.
94	Př, Park Jevišovka, křižovatka Kratochvilka	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Morava	mez u silnice
96	Dukovany – Mohelno	<i>C. rotundifolia</i> agg.	KŠ	Morava	skály v údolí Jihlavy u Mohelna, skalnaté svahy nad silnicí, hadec?
97	Lhánice	<i>C. moravica</i>	Koblížek et al. (1998)	Morava	Lhánice: skály nad P břehem Jihlavy 1 km J obce, strážky při silnici na JV okraji obce, travnaté meze s vystup.horninou při silnici ke kótě 392 Na hlínách, granulit; 280 – 334 m
98	Kozének	<i>C. moravica</i>	Koblížek et al. (1998)	Morava	Senorady: okolí samoty Kozínek, 1,75 km JJZ – 1,45 km J středu obce, travnatá lada a starý sad s keři
99	Biskoupky	<i>C. rotundifolia</i> agg.	Koblížek et al. (1998)	Morava	Biskoupky: zalesněné a bezlesé svahy nad chatami, nad L břehem Jihlavy, nad Z koncem chatové kolonie cca 0,75-1,1 km Z kaple v obci, suchý borový les na příkrých hadcových svazích s většími či menšími hřbety, střídané roklínami, travnaté dosti příkré svahy na podkladu hadce s J exp., J okraj lokality u chatové kolonie; 240 m
100	Nad Řekami, Hrubšice	<i>C. rotundifolia</i> agg.	Koblížek et al. (1998)	Morava	Nad řekami: Hrubšice: 1,0 km Z obce, trav.stepní lada nad P břehem Jihlavy se skupinou dřevin a pomístně vystup. hadc. skalkami a svah.nátržemi, s eroz.rýhami, na hřbitcích travnatá lada s keři; 250 m
101	pod Templštejnem	<i>C. rotundifolia + C. moravica</i>	Koblížek et al. (1998)	Morava	Okolí Templštejna: Jamolice: 2,0 km SSZ obce, skály na pravostran.údolí Jihlavy v širším okolí zříc.hradu Templštejna, granulit; 235 m
102	Vaneč – les	<i>C. rotundifolia</i>	MP	Morava	okolí lesní cesty
103	Jílové, zatačka	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Povltaví	mez před obcí Jílové
104	les Jílové – Petrov	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Povltaví	les
105	Petrov	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Povltaví	Petrov: Vltavsko – Sázavské údolí: skály u železniční stanice Petrov, fylit, exp. J, 220 m
106	Zvolská Homole	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Povltaví	Homole: Vltavsko – Sázavské údolí: skalnaté svahy vrchu Homole u Vraného nad Vltavou, fylit, 320 – 320 m, les

107	hájovna Lípa	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Povltaví	les
108	Zaječí od Tisemi	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Povltaví	příkop u silnice Tisem – Zaječí
109	Pocoucov a Ptáčov	<i>C. rotundifolia</i>	MP, KŠ	Morava	pastviny
110	Rudíkov	<i>C. rotundifolia</i>	MP, KŠ	Morava	rezervace, suchá step, sušší luční porost u kapličky
111	Vladislav	<i>C. rotundifolia</i>	MP, FK, KŠ	Morava	skalní štěrbiny
112	Pyšel – Vaneč	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Morava	mez u silnice
114	Brněnská přehrada	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Morava	travnatá plocha v kempu
115	Kuchyňka	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Povltaví	Kuchyňka: Polabí: vrcholové skalky na vrchu Kuchyňka /243 m/ u Starého Brázdima Z od Brandýse nad Labem
116	Všetaty – Příbory	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Povltaví	loučka, parčík v blízkosti potoka
117	Dolní Chabry	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007), Kubíková (1976)	Povltaví	Dolní Chabry: Skalní suk v Dolních Chabrech, J a Z orientovaná skalka proti rybníčku
118	Bohnice	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007), Kubíková (1976)	Povltaví	Bohnické údolí (SV Praha), skalky
119	Řeporyje – Placatá skála	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007), Kubíková (2004)	Povltaví	Na placaté skále: NPP Dalejský profil: V obce Řeporyje, orient. Z
120	Černý potok, Unhošť, osada Štoka	<i>C. gentilis</i> + <i>C. rotundifolia</i>	Rauchová (2007)	Povltaví	Černý potok: Křivoklátská pahorkatina: skály v údolí Černého potoka mezi Suchým a Novým mlýnem JZ od Unhoště, fylit, exp. Z, 340 m, podél cest v chatových osadách
121	Markův a Červený mlýn	<i>C. gentilis</i>	Rauchová (2007)	Povltaví	Markův mlýn: Křivoklátská pahorkatina: skály v údolí Loděnice u Markova mlýna J od Unhoště, fylit, exp. J, 300 m
122	Pochválovská skála	<i>C. rotundifolia</i>	Chytrý et Sádlo (1997)	Povltaví	Kozojedy (Džbán), rezervace Pochválovská stráž 1 km JV samoty Dřevíč, svah nad skalami, okolí lesní cesty; 440 m
123	Kardašova Řečice – Jindřichův Hradec I	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	mez u silnice
124	Kardašova Řečice – Jindřichův Hradec II	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	mez u silnice
125	Krásná hora u Příbrami	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	les u silnice
126	Šumava M (Český Krumlov)	<i>C. rotundifolia</i>	MP	Čechy	travnatý pás mezi lesem a cestou
127	Rakousko, Bisamberg	<i>C. moravica</i>	JS	Rakousko	svahy nad obcí Bisamberg u Vídně, Rakousko, typová lokalita 6x <i>C. moravica</i> ssp. <i>xylorrhiza</i>
128	Vlček	<i>C. rotundifolia</i>	JS	Čechy	Slavkovský les, hadec
129	Planý vrch	<i>C. rotundifolia</i>	MH	Čechy	Slavkovský les, hadec
130	Mnichov	<i>C. rotundifolia</i>	MH	Čechy	Slavkovský les, mimo hadec
131	Sítiny	<i>C. rotundifolia</i>	MH	Čechy	Slavkovský les, mimo hadec
132	Rýzmburk	<i>C. rotundifolia</i>	MH	Čechy	v okolí hradní zříceniny
134	Hradčanské stěny	<i>C. rotundifolia</i>	PP	Čechy	vápňitý tmel na pískovcové skále, v lese 400 JZ od Hradčanské vyhlídky, 200 V od NS Hradčany
135	Krkonoše – 029	<i>C. rotundifolia</i>	KH	Čechy	ruderál u cesty v lese, kousek za Harrachovem (cesta směrem na Ručičky)
136	Krkonoše – 066	<i>C. rotundifolia</i>	KH	Čechy	louka, Víchova nad Jizerou
137	Krkonoše – 104	<i>C. rotundifolia</i>	KH	Čechy	ruderál u cesty, nad sjezdovkou Hromovka u Špindlerova Mlýna
138	Krkonoše – 126	<i>C. rotundifolia</i>	KH	Čechy	ruderál u cesty, nad Horním Maršovem (cesta směrem na Rýchory)

139	Jeseníky, PR Na hadci	<i>C. rotundifolia</i>	AK	S Morava	hadcové skalky v Jeseníkách
140	Opřetice	<i>C. rotundifolia</i>	KŠ	Čechy	skalní štěrbin v zářezu bývalé železniční tratě Praha – Linz



Obr. Ia: Mapa lokalit *C. rotundifolia* agg. v České republice a v Rakousku.



Obr. Ib: Mapa lokalit *C. rotundifolia* agg. ve Slovenské republice.

7.2 PŘÍLOHA II: SLOŽENÍ PUFŘŮ

Složení pufrů používaných při zjišťování relativního obsahu DNA v rostlinných buňkách průtokovou cytometrií.

pufr Otto I:

0,1M monohydrát kyseliny citronové

0,5% Tween 20 (v/v) (detergent)

destilovaná H₂O

přefiltrovat (průměr ok 22 μl), skladovat v chladu

pufr Otto II:

0,4M Na₂HPO₄ * 12 H₂O

destilovaná H₂O

přefiltrovat (průměr ok 22 μl), skladovat při pokojové teplotě

barvicí roztok:

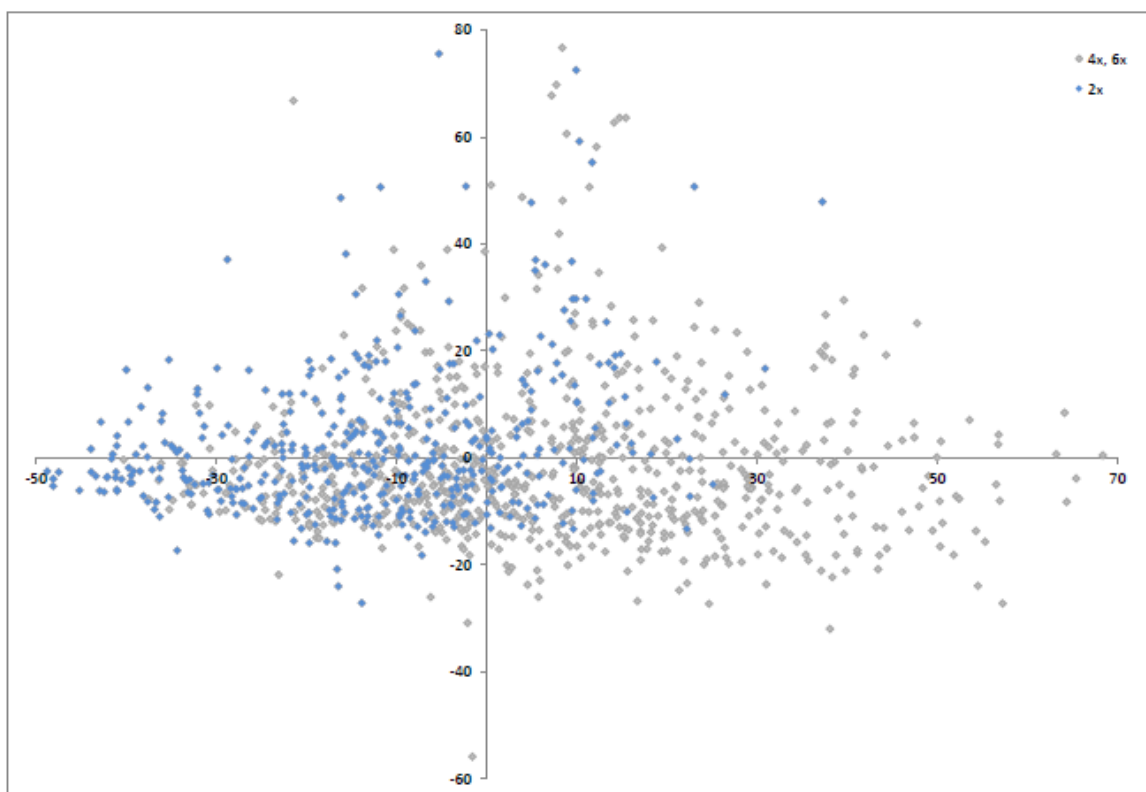
zásobní roztok DAPI (finální koncentrace 4 μg/ml) – 1 ml

pufr Otto II – 25 ml

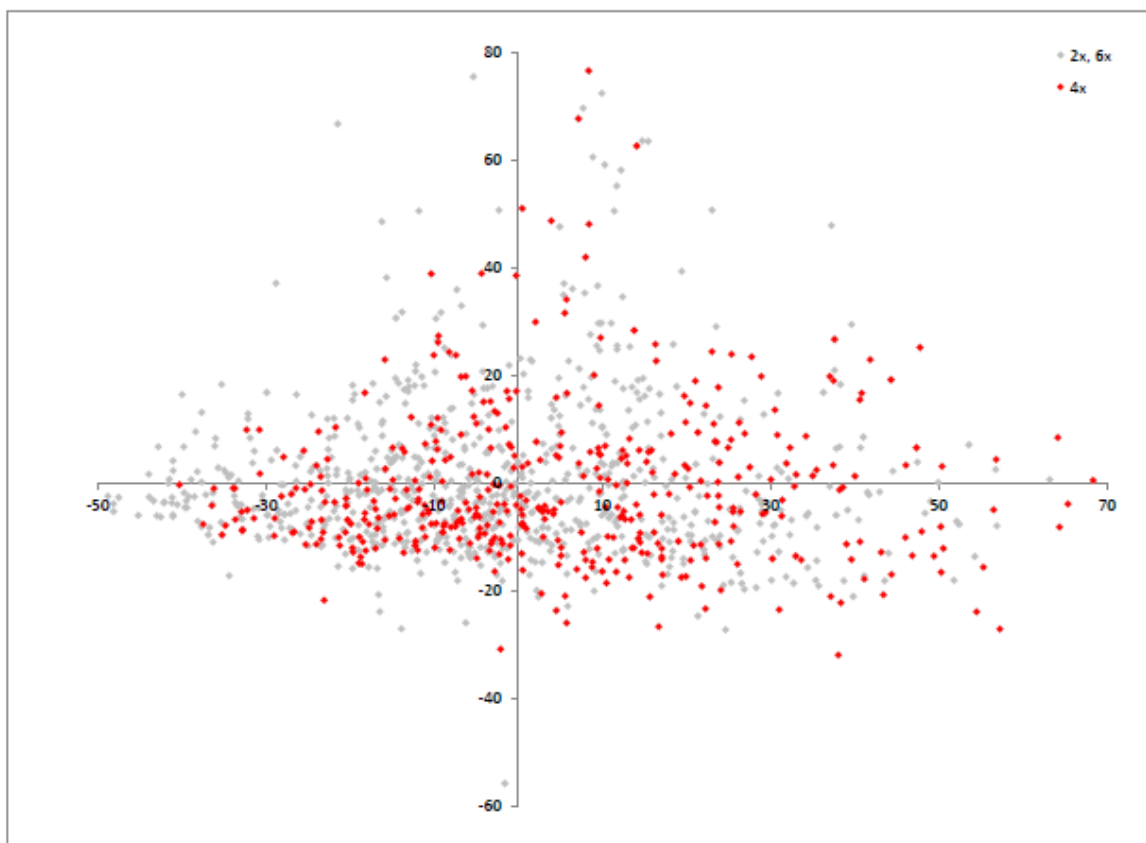
β-mercaptoethanol (finální koncentrace 2 μg/ml) – 50 μl

přefiltrovat (průměr ok 22 μl), připravit čerstvý pro každé měření

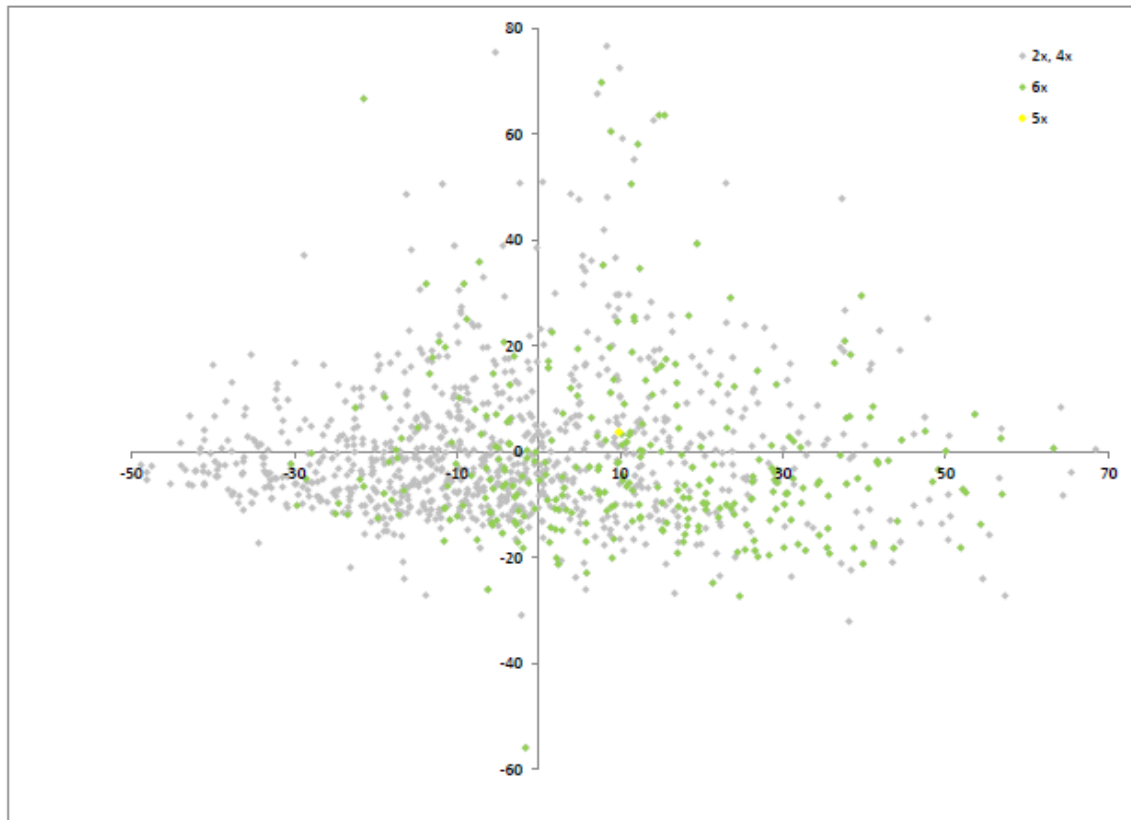
7.3 PŘÍLOHA III: PCA



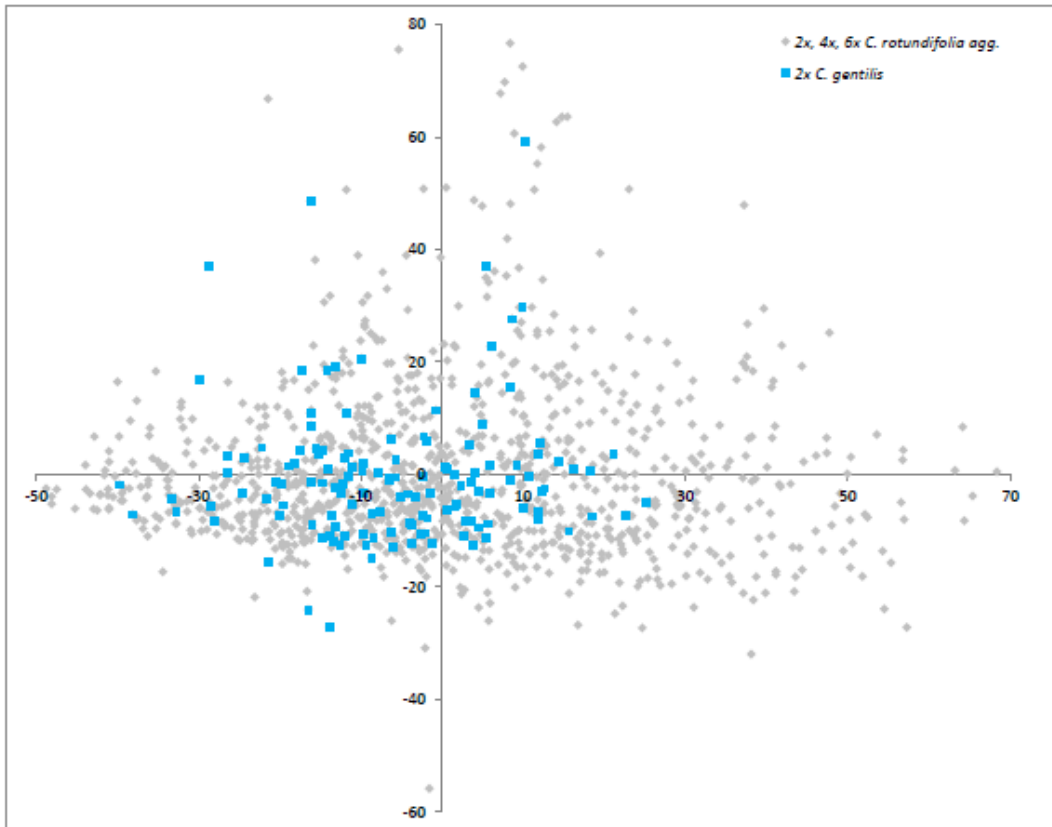
Obr. IIIa: PCA s vyznačenými diploidními cytotypy *C. rotundifolia* agg. (modře). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.



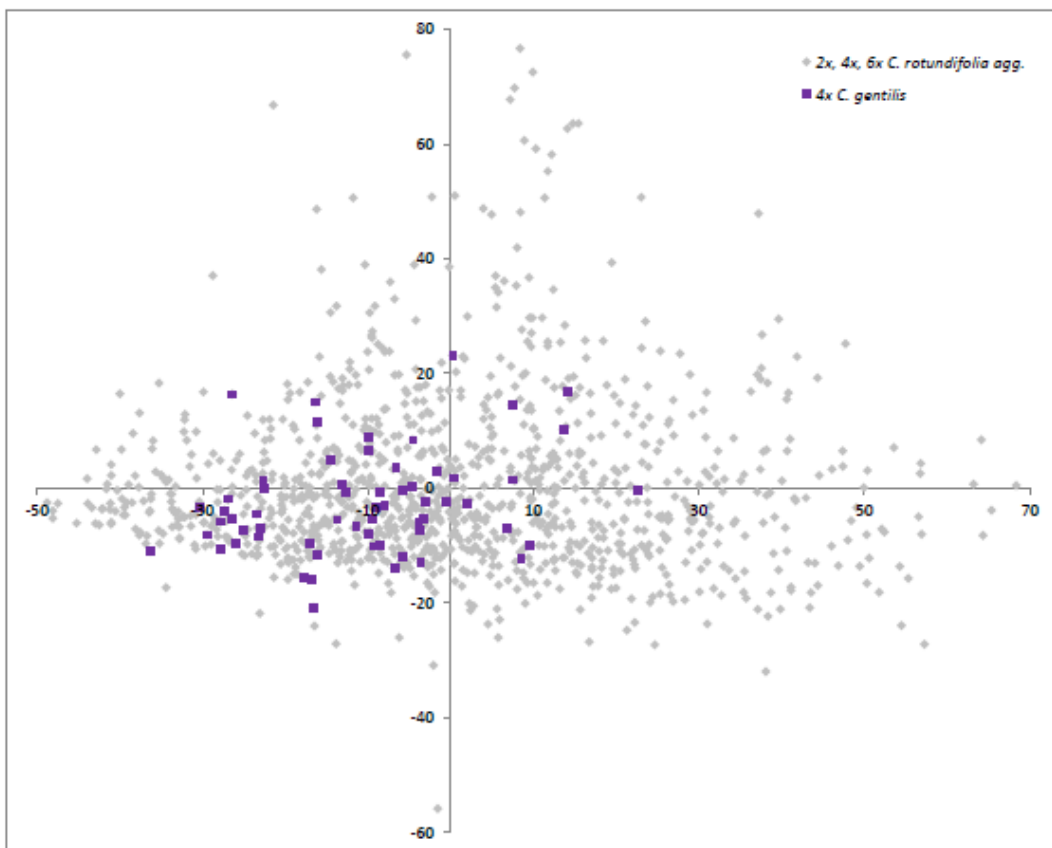
Obr. IIIb: PCA s vyznačenými tetraploidními cytotypy *C. rotundifolia* agg. (červeně). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.



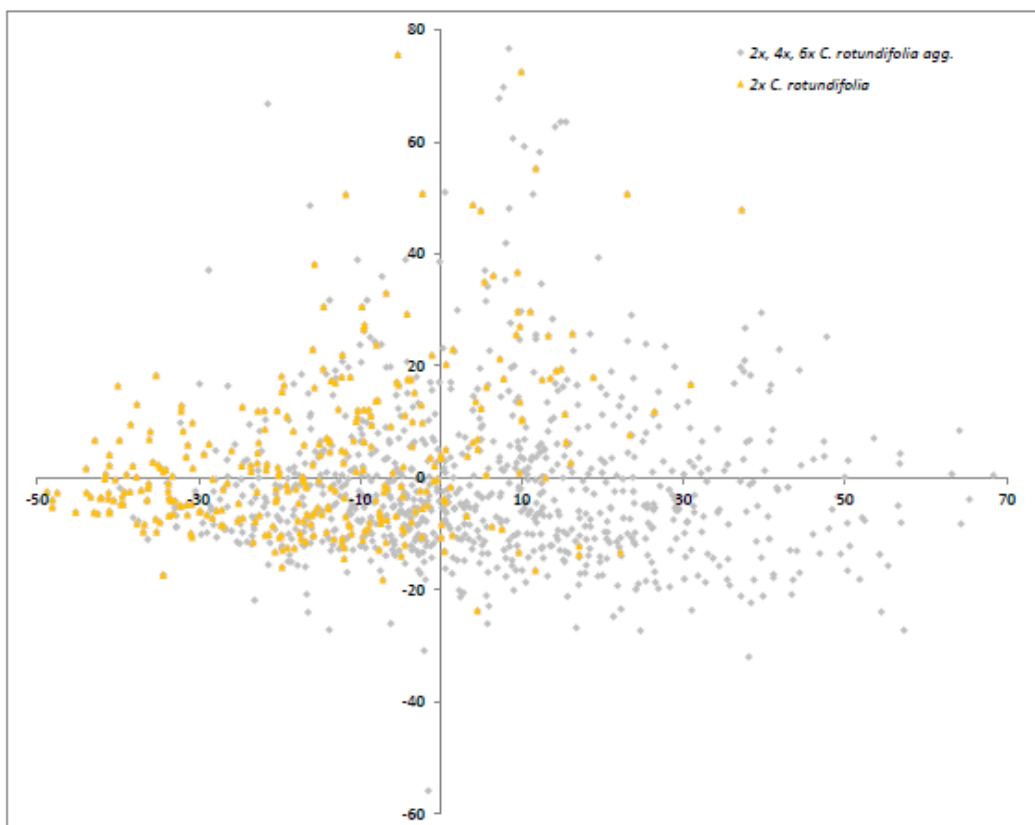
Obr. IIIc: PCA s vyznačenými hexaploidními cytotypy *C. rotundifolia* agg. (zeleně). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.



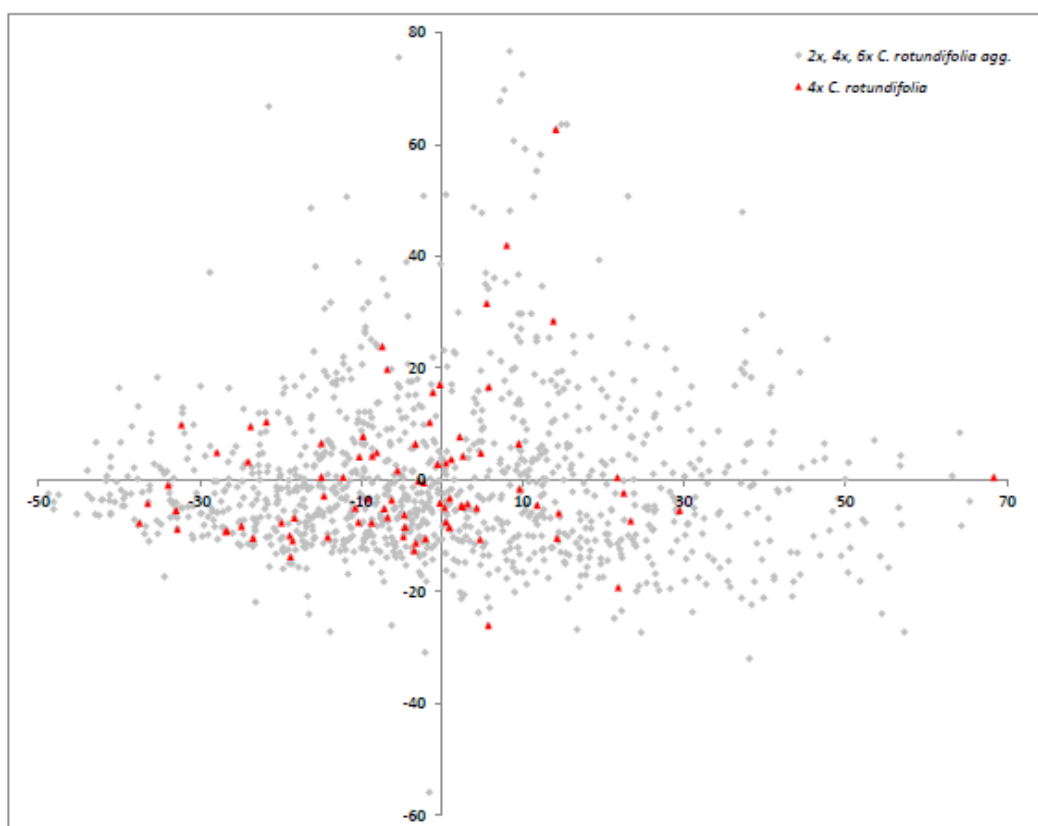
Obr. III d: PCA s vyznačenými diploidními cytotypy *C. gentilis* (modré čtverce). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.



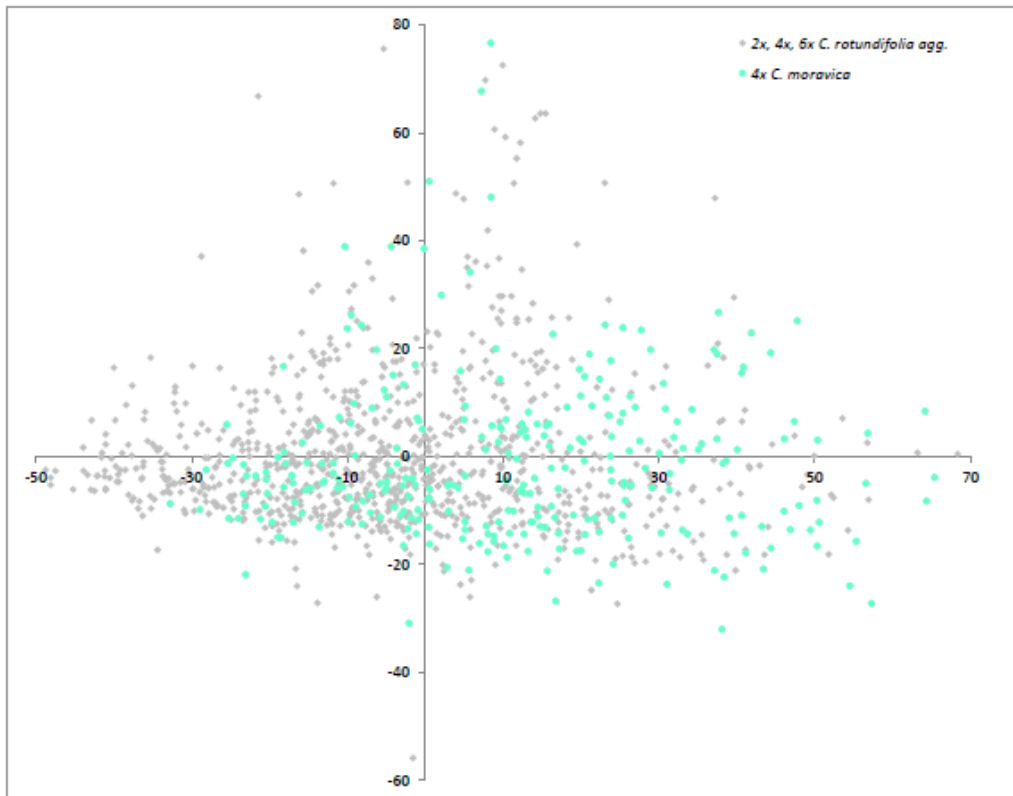
Obr. III e: PCA s vyznačenými tetraploidními cytotypy *C. gentilis* (fialové čtverce). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.



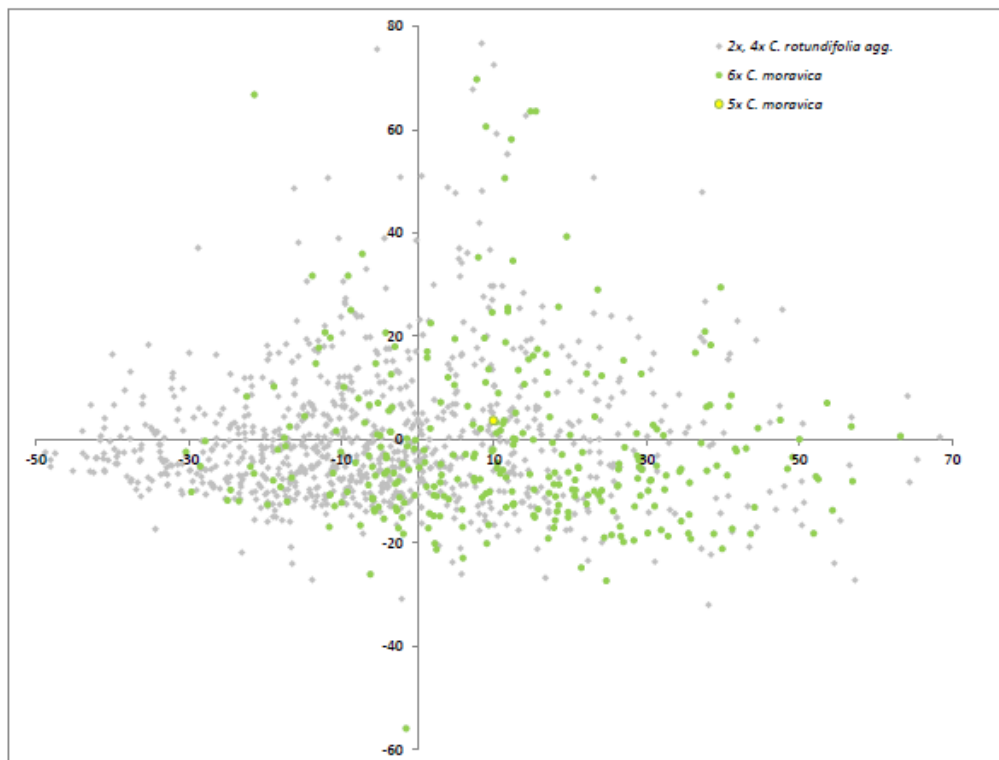
Obr. IIIf: PCA s vyznačenými diploidními cytotypy *C. rotundifolia* (oranžové trojúhelníky). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.



Obr. IIIg: PCA s vyznačenými tetraploidními cytotypy *C. rotundifolia* (červené trojúhelníky). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.



Obr. IIIh: PCA s vyznačenými tetraploidními cytotypy *C. moravica* (modrá kolečka). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.



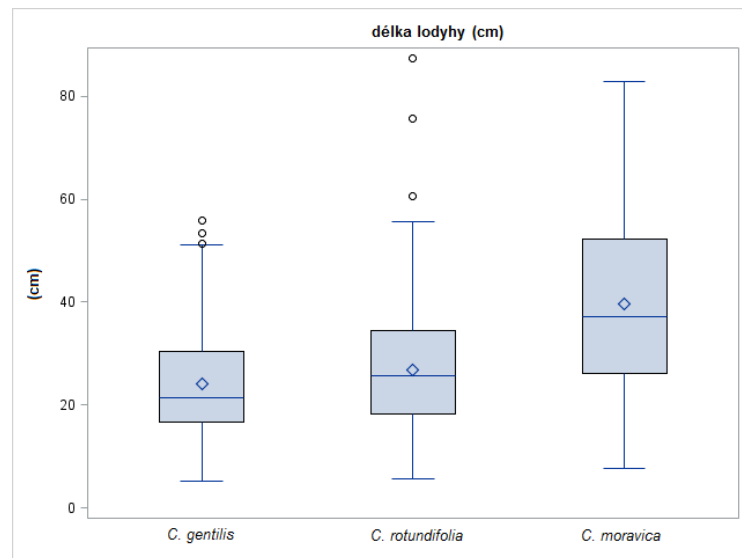
Obr. IIIi: PCA s vyznačenými hexaploidními cytotypy *C. moravica* (zelená kolečka) a pentaploidním cytotypem *C. moravica* (žluté kolečko). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.

7.4 PŘÍLOHA IV: HODNOTY DISKRIMINAČNÍCH ZNAKŮ

Tab. IVa ,b, c, d, e, f, g, Obr. IVa, b, c, d, e, f, g.: Hodnoty sedmi nejčastějších nejtěsněji korelovaných znaků odlišujících *C. moravica* od *C. rotundifolia* a *C. gentilis* zjištěných kanonickou diskriminační analýzou.

Tab. IVa: Délka lodyhy v centimetrech (program SAS 9.3).

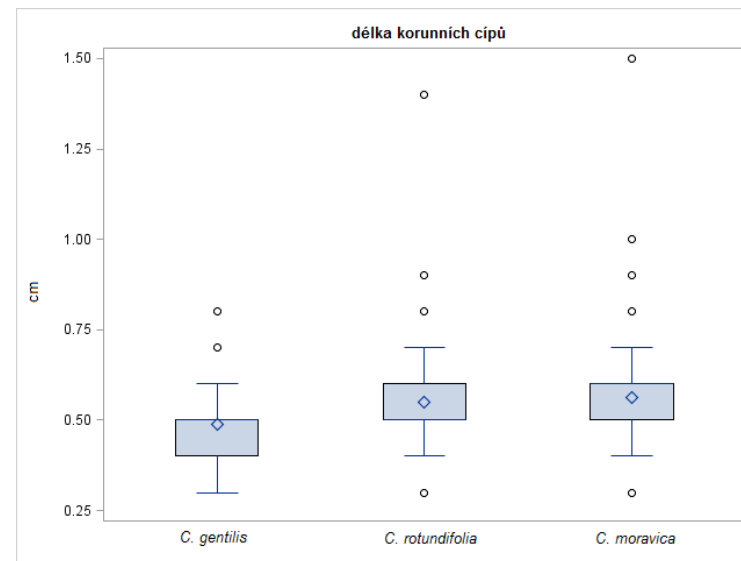
délka lodyhy (cm)	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>
Max	55,9	87,4	83
90%	38,8	40,7	63,2
75%	30,5	34,5	52,3
50% Median	21,3	25,6	37,15
25%	16,6	18,2	26,1
10%	13,4	13,3	19,3
Min	5,3	5,7	7,7



Obr. IVa: Délka lodyhy v centimetrech (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty

Tab. IVb: Délka korunních cípů v centimetrech (program SAS 9.3).

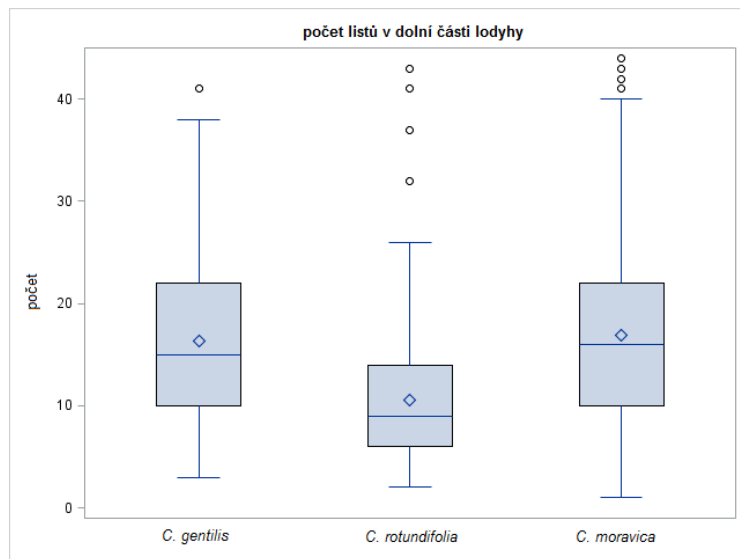
délka korunních cípů (cm)	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>
Max	0,9	0,8	0,9
90%	0,6	0,7	0,7
75%	0,5	0,6	0,6
50% Median	0,5	0,5	0,6
25%	0,4	0,5	0,5
10%	0,4	0,4	0,4
Min	0,3	0,3	0,3



Obr. IVb: Délka korunních cípů v centimetrech (program SAS 9.3).
· Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty

Tab. IVc: Počet listů v dolní části lodyhy.

počet l. v dolní č. lodyhy	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>
Max	41	43	44
90%	29	19	29
75%	22	14	22
50% Median	15	9	16
25%	10	6	10
10%	6	4	7
Min	3	2	1



Obr. IVc: Počet listů v dolní části lodyhy (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty

Tab. IVd: Počet listů na zbytku lodyhy (program SAS 9.3).

počet l. na zbytku lodyhy	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>
Max	45	101	78
90%	35	31	44
75%	29	25	36
50% Median	23	18	29
25%	18	9	21
10%	12	6	15
Min	6	2	5



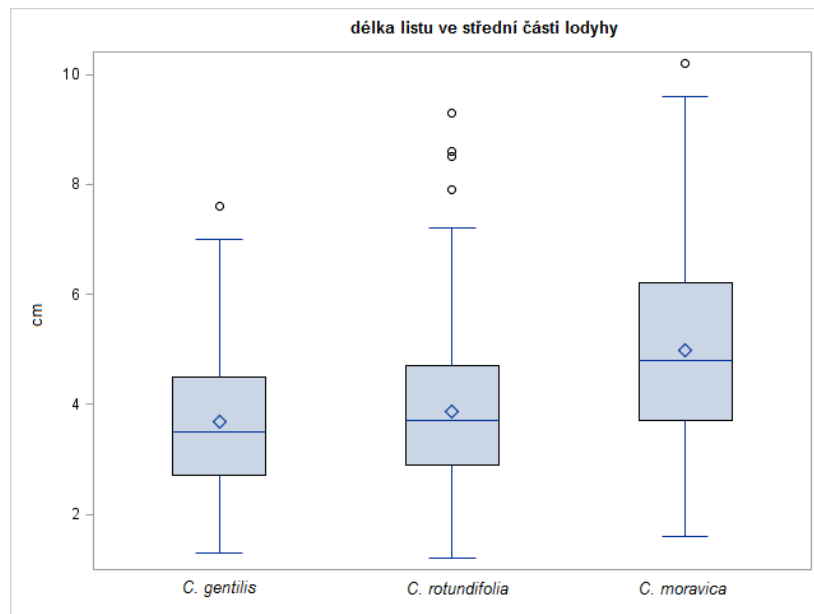
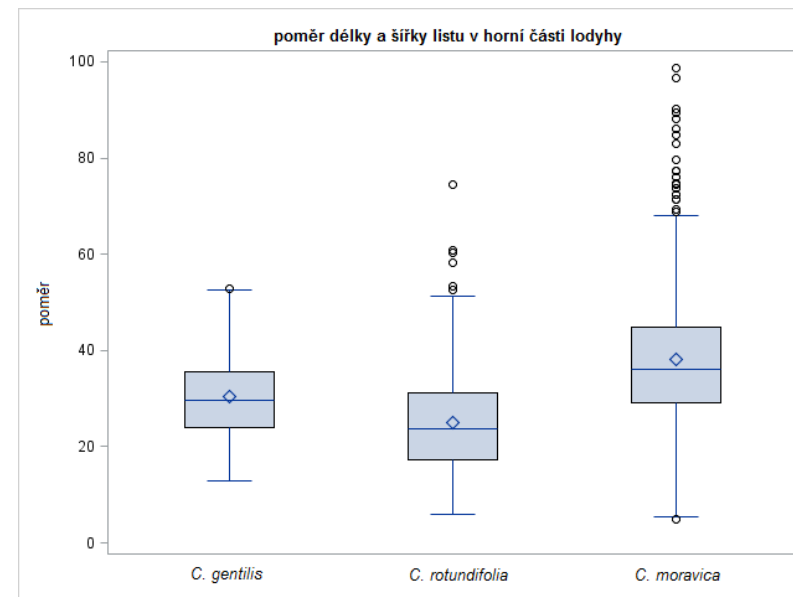
Obr. IVd: Počet listů na zbytku lodyhy (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty

Tab. IVe: Délka listu ve střední části lodyhy v centimetrech (program SAS 9.3).

délka l. ve střední č. lodyhy (cm)	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>
Max	7,6	9,3	10,2
90%	5,4	5,5	7,4
75%	4,5	4,7	6,2
50% Median	3,5	3,7	4,8
25%	2,7	2,9	3,7
10%	2,2	2,2	2,9
Min	1,3	1,2	1,6

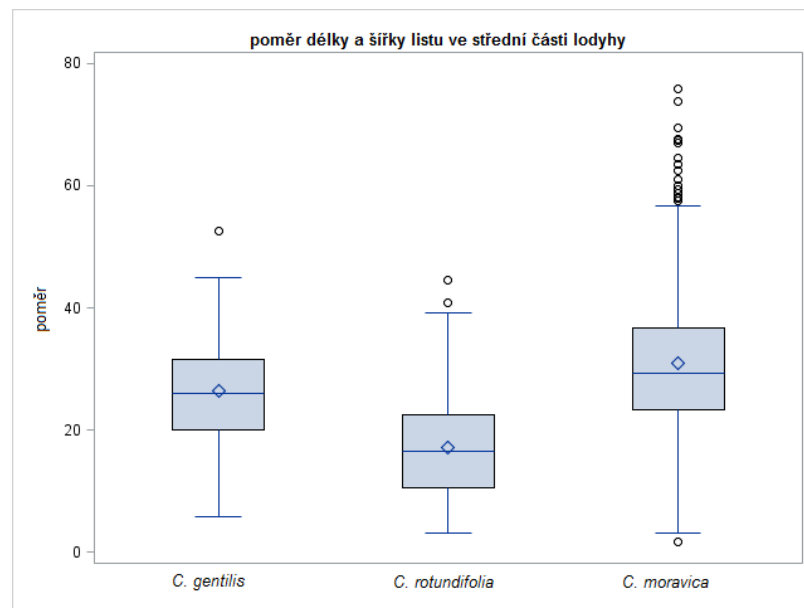
Tab. IVf: Poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (program SAS 9.3).

poměr délky a šířky l. v horní č. lodyhy	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>
Max	52,8	74,6	98,8
90%	40,8	39,2	54,6
75%	35,5	31,3	44,9
50% Median	29,7	23,8	36,15
25%	24,1	17,2	29
10%	19	13,2	23,7
Min	12,8	5,9	4,8

Obr. IVe: Délka listu ve střední části lodyhy (program SAS 9.3).
Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max,
jednotlivé body – odlehlé hodnotyObr. IVf: Poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (program SAS 9.3).
Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max,
jednotlivé body – odlehlé hodnoty

Tab.IVg: Poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (program 9. 3).

poměr délky a šířky l. ve střední č. lodyhy	<i>C. gentilis</i>	<i>C. rotundifolia</i>	<i>C. moravica</i>
Max	52,6	44,6	75,8
90%	38,4	28,1	46,6
75%	31,6	22,5	36,7
50% Median	26	16,4	29,35
25%	20,1	10,5	23,2
10%	15,9	7,1	18,6
Min	5,8	3,1	1,7



Obr. IVg: Poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty

Tab. IVh: Hodnoty jednotlivých znaků pro *C. moravica*, *C. rotundifolia* a *C. gentilis*. Barevně zvýrazněno sedm nejtěsněji korelovaných znaků, oddělujících *C. moravica* od *C. rotundifolia* a *C. gentilis*.

znak	taxon	Max	90%	75%	50% Median	25%	10%	Min
lodyha (cm)	<i>C. moravica</i>	83,0	63,2	52,3	37,2	26,1	19,3	7,7
	<i>C. gentilis</i>	55,9	38,8	30,5	21,3	16,6	13,4	5,3
	<i>C. rotundifolia</i>	87,4	40,7	34,5	25,6	18,2	13,3	5,7
d_květ (cm)	<i>C. moravica</i>	79,8	27,4	18,4	9,8	5,1	2,5	0,2
	<i>C. gentilis</i>	42,2	18,6	12,2	7,9	4,1	2,1	0,4
	<i>C. rotundifolia</i>	47,3	25,7	16,7	8,8	3,8	2,0	0,4
větvení (počet)	<i>C. moravica</i>	39	11	8	5	3	1	0
	<i>C. gentilis</i>	18	10	6	5	3	2	0
	<i>C. rotundifolia</i>	23	10	7	4	2	1	0
délka_C (cm)	<i>C. moravica</i>	2,2	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	0,7
	<i>C. gentilis</i>	1,9	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1	0,7
	<i>C. rotundifolia</i>	2,0	1,7	1,6	1,4	1,2	1,1	0,8
d_C_cíp (cm)	<i>C. moravica</i>	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3
	<i>C. gentilis</i>	0,9	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
	<i>C. rotundifolia</i>	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3
š_C_cíp (cm)	<i>C. moravica</i>	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3
	<i>C. gentilis</i>	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3
	<i>C. rotundifolia</i>	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2
d_K_cíp (cm)	<i>C. moravica</i>	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1
	<i>C. gentilis</i>	0,9	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2
	<i>C. rotundifolia</i>	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1
š_K_cíp (cm)	<i>C. moravica</i>	0,18	0,12	0,11	0,09	0,07	0,07	0,03
	<i>C. gentilis</i>	0,14	0,11	0,09	0,09	0,08	0,07	0,05
	<i>C. rotundifolia</i>	0,20	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,04
l_dole (počet)	<i>C. moravica</i>	44	29	22	16	10	7	1
	<i>C. gentilis</i>	41	29	22	15	10	6	3
	<i>C. rotundifolia</i>	43	19	14	9	6	4	2
l_zbyt (počet)	<i>C. moravica</i>	78	44	36	29	21	15	5
	<i>C. gentilis</i>	45	35	29	23	18	12	6
	<i>C. rotundifolia</i>	101	31	25	18	9	6	2
d_l_hor (cm)	<i>C. moravica</i>	9,7	6,2	5,0	3,8	3,0	2,2	1,0
	<i>C. gentilis</i>	8,0	4,7	3,8	2,9	2,3	1,9	0,9
	<i>C. rotundifolia</i>	8,7	5,2	4	3,5	2,6	1,9	0,8
š_l_h (cm)	<i>C. moravica</i>	1,22	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07	0,03
	<i>C. gentilis</i>	0,42	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,05
	<i>C. rotundifolia</i>	0,58	0,27	0,20	0,14	0,11	0,08	0,03
květy (počet)	<i>C. moravica</i>	86	25	15	9	5	3	1
	<i>C. gentilis</i>	63	20	13	8	5	3	1
	<i>C. rotundifolia</i>	90	26	14	8	4	2	1
b_č (cm)	<i>C. moravica</i>	1,7	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,5
	<i>C. gentilis</i>	1,6	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,6
	<i>C. rotundifolia</i>	1,6	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,5
nitka (cm)	<i>C. moravica</i>	0,41	0,25	0,22	0,18	0,14	0,11	0,02
	<i>C. gentilis</i>	0,38	0,24	0,21	0,19	0,17	0,15	0,02
	<i>C. rotundifolia</i>	0,48	0,25	0,22	0,19	0,16	0,13	0,05
prašník (cm)	<i>C. moravica</i>	0,64	0,49	0,45	0,40	0,36	0,32	0,20
	<i>C. gentilis</i>	0,54	0,44	0,41	0,38	0,34	0,31	0,23
	<i>C. rotundifolia</i>	0,59	0,46	0,42	0,38	0,34	0,29	0,12

d _l _stř (cm)	<i>C. moravica</i>	10,2	7,4	6,2	4,8	3,7	2,9	1,6
	<i>C. gentilis</i>	7,6	5,4	4,5	3,5	2,7	2,2	1,3
	<i>C. rotundifolia</i>	9,3	5,5	4,7	3,7	2,9	2,2	1,2
š _l _stř (cm)	<i>C. moravica</i>	2,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
	<i>C. gentilis</i>	0,8	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
	<i>C. rotundifolia</i>	1,1	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
lod/květ (poměr)	<i>C. moravica</i>	145,5	13,1	7,4	3,8	2,2	1,3	0,3
	<i>C. gentilis</i>	59,3	10,8	5,7	3,0	1,8	1,2	0,2
	<i>C. rotundifolia</i>	45,4	10,6	6,4	2,9	1,7	1,1	0,3
d/š l. hor (poměr)	<i>C. moravica</i>	98,8	54,6	44,9	36,2	29,0	23,7	4,8
	<i>C. gentilis</i>	58,2	40,8	35,5	29,7	24,1	19,0	12,8
	<i>C. rotundifolia</i>	74,6	39,2	31,3	23,8	17,2	13,2	5,9
d. C/C cíp (poměr)	<i>C. moravica</i>	4,3	3,2	2,9	2,6	2,4	2,2	1,3
	<i>C. gentilis</i>	4,0	3,3	3,0	2,8	2,6	2,4	1,8
	<i>C. rotundifolia</i>	4,0	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	1,3
d. C/K cíp (poměr)	<i>C. moravica</i>	9,0	4,7	3,9	3,2	2,7	2,3	1,1
	<i>C. gentilis</i>	6,9	4,9	4,2	3,4	2,8	2,4	1,6
	<i>C. rotundifolia</i>	9,8	4,5	3,7	3,1	2,5	2,2	1,6
d./š. C cíp (poměr)	<i>C. moravica</i>	8,7	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5
	<i>C. gentilis</i>	1,4	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
	<i>C. rotundifolia</i>	2,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
d.C/š. K cíp (poměr)	<i>C. moravica</i>	49,6	8,2	7,2	6,0	5,1	4,3	0,7
	<i>C. gentilis</i>	10,6	7,5	6,7	5,7	4,8	4,1	2,9
	<i>C. rotundifolia</i>	14,0	7,9	7,0	6,0	5,1	4,4	2,6
d./š. K cíp (poměr)	<i>C. moravica</i>	11,1	7,3	6,1	4,9	3,9	3,3	0,7
	<i>C. gentilis</i>	10,5	6,8	5,6	4,7	3,9	3,0	1,7
	<i>C. rotundifolia</i>	11,0	7,3	6,1	4,9	4,1	3,4	0,4
d./š. l. stř (poměr)	<i>C. moravica</i>	75,8	46,6	36,7	29,4	23,2	18,6	1,7
	<i>C. gentilis</i>	52,6	38,4	31,6	26,0	20,1	15,9	5,8
	<i>C. rotundifolia</i>	44,6	28,1	22,5	16,4	10,5	7,3	3,1
l dole /zb (poměr)	<i>C. moravica</i>	1,0	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
	<i>C. gentilis</i>	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
	<i>C. rotundifolia</i>	0,8	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

8. SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

8.1 TABULKY:

- Tab. 1:** Taxonomické zařazení *C. rotundifolia* agg. Upraveno podle: Eddie et al. (2003), Cosner et al. (2004), Roquet et al. (2008, 2009), Haberle et al. (2009), Wendling (2011), Olesen et al. (2013). (S – sever, J – jih, V – východ)
- Tab. 2:** Odhadovaná datace diverzifikace čeledi Campanulaceae, získaná molekulárním datováním fylogenetických stromů vytvořených na základě sekvencí z cpDNA (rbcL, trnL-F) metodami Penalized Likelihood a Bayesian Relaxed Molecular Clock. Převzato z Roquet et al. (2009), upraveno. Campanula core – triby Campanula s. str. a Rapunculus. (x – oddělení, * vznik, Z – západ, V – východ, S – sever)
- Tab. 3:** Série komplexu *C. rotundifolia* gg. v sekci Heterophylla a jejich zástupci v České republice. Podle Kovanda (1967).
- Tab. 4:** Taxony z okruhu *C. rotundifolia* agg. v České republice. Podle Kovanda (1967, 2002).
- Tab. 5:** Přehled měřených znaků, jejich označení, popis a jednotky.
- Tab. 6:** Přehled studovaných lokalit *C. rotundifolia* agg., spolu s počty rostlin použitých v cytometrických (počet rostlin FCM) a morfometrických (počet rostlin MORFO) analýzách
- Tab. 7:** Poměrné průměrné hodnoty fluorescence standardu (*Bellis perennis*) a diploidních, tetraploidních a hexaploidních cytotypů jednotlivých taxonů. Variační koeficient (CV) jednotlivých analýz se pohyboval v rozmezí 1,18 – 2,14 %. (SD: směrodatná odchylka)
- Tab. 8:** Poměrné průměrné hodnoty fluorescence standardu (*Bellis perennis*) a potenciálně aneuploidních jedinců jednotlivých taxonů. Variační koeficient (CV) jednotlivých analýz se pohyboval v rozmezí 1,18 – 2,14 %. (SD: směrodatná odchylka)
- Tab. 9:** Počet lokalit a rostlin *C. moravica* studovaných průtokovou cytometrií v jednotlivých státech.
- Tab. 10:** Ploidie zjištěné na lokalitách *C. moravica*, které byly v minulosti udávány jako cytotypově smíšené. Lokalita č. 1 byla již v minulosti podrobně studována (442 rostlin, J. Rauchová, nepubl. data).
- Tab. 11:** Druhově a ploidně smíšené lokality *C. rotundifolia* agg.
- Tab. 12:** Cytotypově a druhově smíšená lokalita Dreveník ve Spišské kotlině. (SD: směrodatná odchylka)
- Tab. 13:** Počet rostlin použitých na morfometrické analýzy.
- Tab. 14:** Korelované znaky a hodnota Spearmanova neparametrického korelačního koeficientu (program SAS 9.3.).
- Tab. 15:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů všech druhů pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 16:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro všechny cytotypy všech druhů pro všechny znaky ($k = 28$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 17:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů všech druhů po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 18:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech druhů bez rozlišení ploidního stupně pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 19:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro všechny druhy bez rozlišení ploidního stupně a pro všechny znaky ($k = 12$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 20:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů všech druhů bez rozlišení ploidního stupně po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi
- Tab. 21:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů bez ohledu na druh pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 22:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro všechny druhy bez rozlišení ploidního stupně a pro všechny znaky ($k = 18$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 23:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy všech cytotypů bez ohledu na druh po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 24:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy tetraploidních cytotypů všech druhů pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 25:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro tetraploidní cytotypy všech druhů pro všechny znaky ($k = 26$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 26:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy tetraploidních cytotypů všech druhů po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.

- Tab. 27:** Kanonické korelační koeficienty u cytotypů *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 28:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro oba cytotypy druhů *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky ($k = 13$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 29:** Kanonické korelační koeficienty pro oba cytotypy druhů *C. rotundifolia* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 30:** Kanonické korelační koeficienty druhů *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 31:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky ($k = 6$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 32:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy *C. rotundifolia* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 33:** Kanonické korelační koeficienty u tetraploidních cytotypů *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 34:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro všechny tetraploidní cytotypy *C. rotundifolia* a *C. moravica* pro všechny znaky ($k = 6$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 35:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy tetraploidních cytotypů *C. rotundifolia* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 36:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy cytotypů *C. moravica* a *C. gentilis* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 37:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro cytotypy *C. moravica* a *C. gentilis* po vyloučení binárních znaků ($k = 2$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 38:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy cytotypů *C. moravica* a *C. gentilis* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 39:** Kanonické korelační koeficienty druhů *C. gentilis* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 40:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy druhů *C. gentilis* a *C. moravica* po vyloučení binárních znaků ($k = 5$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 41:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy druhů *C. gentilis* a *C. moravica* pro všechny měřené znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 42:** Kanonické korelační koeficienty u tetraploidních a hexaploidních cytotypů *C. moravica* pro všechny znaky. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 43:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro oba cytotypy *C. moravica* pro všechny znaky ($k = 23$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 44:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy tetraploidních a hexaploidních cytotypů *C. moravica* po vyloučení binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 45:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy odlišující *C. moravica* od *C. gentilis* a *C. rotundifolia* s vyloučením binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 46:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy pro skupiny *C. moravica* a *C. gentilis*, *C. rotundifolia*, bez binárních znaků ($k = 11$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 47:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy odlišující na základě sedmi nejtěsněji korelovaných znaků *C. moravica* od *C. gentilis* a *C. rotundifolia* ($k = 28$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 48:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy odlišující na základě sedmi znaků s nejvyššími absolutními korelacemi *C. moravica* od *C. gentilis* a *C. rotundifolia*.
- Tab. 49:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy odlišující *C. rotundifolia* od *C. moravica* a *C. gentilis*, s vyloučením binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 50:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy odlišující *C. rotundifolia* od *C. moravica* a *C. gentilis*, bez binárních znaků ($k = 21$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.
- Tab. 51:** Kanonické korelační koeficienty u analýzy odlišující *C. rotundifolia* od *C. moravica* a *C. gentilis*, s vyloučením binárních znaků. Zvýrazněno sedm hodnot s nejvyššími absolutními korelacemi.
- Tab. 52:** Výsledky neparametrické klasifikační diskriminační analýzy odlišující *C. gentilis* od *C. moravica* a *C. rotundifolia*, bez binárních znaků ($k = 7$). V závorce uveden procentuální podíl zařazených jedinců.

- Tab. 53:** Porovnání lokalit *C. moravica* se známými karyologickými údaji (Gadella 1964, Kovanda 1967, 1970a, 1983, Mráz 2005) s výsledky zjištěnými průtokovou cytometrií v letech 2011 a 2012. Lokality č. 46 a č. 127 – locus classicus pro předpokládané tetraploidní, resp. hexaploidní poddruhy *C. moravica*. Lokality s odlišnými údaji zvýrazněny.
- Tab. Ia:** Lokality *C. rotundifolia* agg. v České republice, Slovenské republice a v Rakousku s GPS souřadnicemi, ploidním stupněm zjištěným pomocí průtokové cytometrie (ploidie FCM) a s počty rostlin analyzovanými průtokovou cytometrií (celkem FCM r.) a použitými na morfometrické analýzy (celkem MORFO r.). U některých populací *C. gentilis* byl ploidní stupeň převzatý z Rauchová (2007). V posledním řádku je uveden součet lokalit a rostlin použitých pro morfometrické a cytometrické analýzy.
- Tab. Ib:** Lokality *C. rotundifolia* agg. v České republice, Slovenské republice a v Rakousku s uvedeným zdrojem a popisem. Sběr na lokalitách autorka, není-li uveden jiný zdroj: AK: Adam Knotek, FK – Filip Kolář, JS – Jan Suda, KH – Katka Hanušová, KŠ – Kristýna Šemberová, MH – Martin Hanzl, MP – Monika Pospíšilová, PP – Petr Petřík. (J – jih, S – sever, V – východ, Z – západ)
- Tab. IVa ,b, c, d, e, f, g:** Hodnoty sedmi nejčastějších nejtěsněji korelovaných znaků odlišujících *C. moravica* od *C. rotundifolia* a *C. gentilis* zjištěných kanonickou diskriminační analýzou.
- Tab. IVa:** Délka lodyhy v centimetrech (program SAS 9.3).
- Tab. IVb:** Délka korunních cípů v centimetrech (program SAS 9.3).
- Tab. IVc:** Počet listů v dolní části lodyhy.
- Tab. IVd:** Počet listů na zbytku lodyhy (program SAS 9.3).
- Tab. IVe:** Délka listu ve střední části lodyhy v centimetrech (program SAS 9.3).
- Tab. IVf:** Poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (program SAS 9.3).
- Tab. IVg:** Poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (program 9. 3).
- Tab. IVh:** Hodnoty jednotlivých znaků pro *C. moravica*, *C. rotundifolia* a *C. gentilis*. Barevně zvýrazněno sedm nejtěsněji korelovaných znaků, oddělujících *C. moravica* od *C. rotundifolia* a *C. gentilis*.

8.2 OBRÁZKY:

- Obr. 1:** Fylogeneze Campanulaceae (Campanuloideae), odvozená ze spojených sekvencí atpB, matK a rbcL DNA. Koláčové diagramy indikují vztahy dobře podpořené některou použitou metodou: Maximum Parsimony (MP, vlevo), Maximum Likelihood (ML, vpravo) s bootstrapovou podporou >75 nebo s Bayesovskou hodnotou > 0,95 (PP, dole). Šedě jsou označeny severoamerické druhy. Převzato z: Wendling et al. (2011).
- Obr. 2:** Rozšíření komplexu *C. rotundifolia* agg. (převzatoz: Meusel et Jäger 1992)
- Obr. 3:** Pylová zrna diploidního (a), tetraploidního (b) a potenciálně triploidního (c) cytotypu *C. rotundifolia*. Fotografováno při stejném měřítku (10 μ m), vzorek (c) měřen z herbářové položky, bez ověření počtu chromozomů. Převzato z: Laane et al. (1983).
- Obr. 4a, b:** *C. rotundifolia* subsp. *rotundifolia* (vlevo) a *C. rotundifolia* subsp. *sudetica* (vpravo) (převzato z: Slavík 2000, upraveno).
- Obr. 4c, d:** *C. gentilis* (vlevo) (převzato z: Slavík 2000, upraveno) a *C. moravica* (vpravo) (převzato z: Király et al. 2011, upraveno).
- Obr. 5a:** Diploidní *C. rotundifolia* z lokality č. 40 (Staniměřice). Velikost rostliny cca 20 cm.
- Obr. 5b:** Diploidní *C. rotundifolia* z lokality č. 109 (Pocoucov a Ptáčov). Velikost rostliny cca 40 cm.
- Obr. 5c:** Tetraploidní *C. rotundifolia* z lokality č. 79 (Na Černčí). Velikost rostliny cca 70 cm.
- Obr. 6a:** Diploidní *C. gentilis* z lokality č. 76 (Bořeň). Velikost rostliny cca 15 cm.
- Obr. 6b:** Diploidní *C. gentilis* z lokality č. 88 (Milá). Velikost rostliny cca 30 cm.
- Obr. 6c:** Tetraploidní *C. gentilis* z lokality č. 119 (Řeporyje – Placatá skála). Velikost rostliny cca 30 cm.
- Obr. 7:** Tetraploidní (červeně) a hexaploidní (modře) cytotypy *C. moravica*. Podle Kovanda (1970b), upraveno.
- Obr. 8a:** Tetraploidní *C. moravica* z lokality č. 24 (Šášov). Velikost rostliny cca 50 cm.
- Obr. 8b:** Tetraploidní *C. moravica* z lokality č. 90 (Štramberk). Velikost rostliny cca 40 cm.
- Obr. 8c:** Hexaploidní *C. moravica* z lokality č. 34 (Čachtický hradný vrch). Velikost rostliny cca 10 cm.
- Obr. 8d:** Hexaploidní *C. moravica* z lokality č. 32 (Omšenie – Baba). Velikost rostliny cca 40 cm.
- Obr. 8e:** Hexaploidní *C. moravica* z lokality č. 2 (Návdavky u Němčan). Velikost rostliny cca 110 cm.
- Obr. 9a:** Znaky měřené na květech fixovaných v 70%ethanolu na příkladu 4x *C. moravica* z lokality č. 12 (Levoča – Šibeník).
- Obr. 9b:** Papily na semeníku na příkladu květů 4x *C. rotundifolia* (lokality č. 125: Krásná Lhota u Příbrami) fixovaných v 70%ethanolu. Vlevo lysý semeník, vpravo papilózní semeník. Měřítko: 2 mm.
- Obr. 9c:** Znaky měřené na herbářové položce na příkladu 6x *C. moravica* z lokality č. 1 (Hády u Brna). Měřítko: 5 cm.
- Obr. 10:** Cytotypová struktura *Campanula rotundifolia* agg. zjištěná metodou průtokové cytometrie na lokalitách v České republice, Slovenské republice a v Rakousku.
- Obr. 11:** Rozšíření ploidii *C. rotundifolia* agg. na lokalitách studovaných v letech 2011 – 2013 průtokovou cytometrií
- Obr. 12a:** Histogram relativní velikosti genomu analýzy dvou jedinců *C. moravica* a standardu *Bellis perennis* (S) studovaných průtokovou cytometrií. Hexaploidní cytotyp (6x) z lokality č. 32 (Omšenie – Baba) a tetraploidní cytotyp (4x) z lokality č. 59 (Strážov).
- Obr. 12b:** Histogramy relativní velikosti genomu 10 jedinců s potenciálními aneuploidy studovanými průtokovou cytometrií. Vlevo diploidní (2x) a tetraploidní (4x) cytotyp s potenciálním aneuploidem (A) *C. rotundifolia* z lokality č. 122 (Pochválovská skála) a standardem *Bellis perennis* (S). Vpravo hexaploidní cytotyp (6x) *C. moravica* s potenciálním aneuploidem (A) a standardem *Bellis perennis* (S) z lokality č. 2 (Návdavky u Němčan).
- Obr. 13:** Lokality *C. moravica* analyzované v letech 2011 – 2012 průtokovou cytometrií.
- Obr. 14:** Histogram relativní velikosti genomu 10 rostlin hexaploidní *C. moravica* (6x) a standardu *Bellis perennis* (S) analyzovaných průtokovou cytometrií na typové lokalitě (č. 46: Vinohrady – Dědice, Radslavice) nominálního poddruhu *C. moravica* subsp. *moravica*.
- Obr. 15:** Rozšíření diploidních cytotypů *C. rotundifolia* (modré trojúhelníky) a hexaploidních cytotypů *C. moravica* (zelená kolečka) na druhově a ploidně smíšené lokalitě Babí lom (č. 63 + 133). Celkem bylo průtokovou cytometrií analyzováno 206 rostlin.
- Obr. 16:** Histogramy relativní velikosti genomu zjišťované pomocí průtokové cytometrie. A: diploidní (2x), B: triploidní (3x), C: tetraploidní (4x), pentaploidní (5), hexaploidní (6x) a D: oktoploidní (8x) cytotypy a standard *Bellis perennis* (S) na cytotypově a druhově smíšené lokalitě Dreveník (č. 14 + 92) na Slovensku. Směsné analýzy 5 rostlin.
- Obr. 17:** Rozšíření cytotypů na druhově a cytotypově smíšené lokalitě Dreveník (č. 14 + 92) na Slovensku.

- Obr. 18:** PCA, program PAST 2.17. 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % variability. 3. komponenta vyj. 11,75 % variability není zobrazena.
- Obr. 19:** Kanonická diskriminační analýza jednotlivých cytotypů *C. rotundifolia* agg.: *C. moravica* (4x modrozelená a 6x zelená kolečka), *C. rotundifolia* (2x oranžové a 4x červené trojúhelníky) a *C. gentilis* (2x modré a 4x fialové čtverce). 1. kanonická osa vysvětluje 69,81 % celkové variability, 2. kanonická osa 14,59 % celkové variability.
- Obr. 20:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) jednotlivých taxonů *C. rotundifolia* agg.: *C. moravica* (sv. modrá kolečka), *C. rotundifolia* (oranžové trojúhelníky) a *C. gentilis* (fialové čtverce). 1. kanonická osa vysvětluje 81,11 % celkové variability, 2. kanonická osa 18,89 % celkové variability.
- Obr. 21:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) jednotlivých ploidních úrovní *C. rotundifolia* agg.: 2x (modré čtverce), 4x (červené trojúhelníky) a 6x (zelená kolečka). 1. kanonická osa vysvětluje 85,64 % celkové variability, 2. kanonická osa 14,36 % variability.
- Obr. 22:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) tetraploidních cytotypů *C. rotundifolia* agg.: 4x *C. gentilis* (fialové čtverce), 4x *C. rotundifolia* (červené trojúhelníky) a 4x *C. moravica* (modrozelená kolečka). 1. kanonická osa vysvětluje 60,37 % celkové variability, 2. kanonická osa 39,63 % celkové variability.
- Obr. 23:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) cytotypů *C. rotundifolia* a *C. moravica*: 2x (oranžové trojúhelníky) a 4x *C. rotundifolia* (červené trojúhelníky) a 4x (modrozelená kolečka) a 6x *C. moravica* (zelená kolečka). 1. kanonická osa vysvětluje 83,36 % celkové variability, 2. kanonická osa 10,03 % celkové variability.
- Obr. 24:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. rotundifolia* (oranžová) a *C. moravica* (modrozelená).
- Obr. 25:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. rotundifolia* (oranžová) a *C. moravica* (modrozelená) po vyloučení nejtěsněji korelovaného znaku (papilnatost semeníku).
- Obr. 26:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) tetraploidních cytotypů *C. rotundifolia* (červená) a *C. moravica* (modrozelená).
- Obr. 27:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) cytotypů *C. gentilis* a *C. moravica*: 2x (modré čtverce) a 4x *C. gentilis* (fialové čtverce) a 4x (modrozelená kolečka) a 6x *C. moravica* (zelená kolečka). 1. kanonická osa vysvětluje 69,87 % celkové variability, 2. kanonická osa 20,67 % celkové variability.
- Obr. 28:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. gentilis* (fialová) a *C. moravica* (modrozelená).
- Obr. 29:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) 4x (modrozelená) a 6x (zelená) cytotypů *C. moravica*.
- Obr. 30:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. moravica* (modrozelená) a skupiny *C. gentilis* a *C. rotundifolia* (šedá).
- Obr. 31:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. rotundifolia* (červená) a skupiny *C. moravica* a *C. gentilis* (šedá).
- Obr. 32:** Kanonická diskriminační analýza (program SAS 9.3) *C. gentilis* (fialová) a skupiny *C. rotundifolia* a *C. moravica* (šedá).
- Obr. 33a:** Ploidní variabilita zjištěná na lokalitách, které byly v minulosti podrobeny karyologickému studiu (Gadella 1964, Kovanda 1967, 1970a, 1983, Mráz 2005) a určeny jako *C. moravica*.
- Obr. 33b:** Ploidní variabilita na základě publikovaných dat (Gadella 1964, Kovanda 1967, 1970a, 1983, Mráz 2005) – cf. rozdíly oproti obr. 33a.
- Obr. Ia:** Mapa lokalit *C. rotundifolia* agg. v České republice a v Rakousku.
- Obr. Ib:** Mapa lokalit *C. rotundifolia* agg. ve Slovenské republice.
- Obr. IIIa:** PCA s vyznačenými diploidními cytotypy *C. rotundifolia* agg. (modře). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.
- Obr. IIIb:** PCA s vyznačenými tetraploidními cytotypy *C. rotundifolia* agg. (červeně). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.
- Obr. IIIc:** PCA s vyznačenými hexaploidními cytotypy *C. rotundifolia* agg. (zeleně). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.
- Obr. IIId:** PCA s vyznačenými diploidními cytotypy *C. gentilis* (modré čtverce). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.
- Obr. IIIe:** PCA s vyznačenými tetraploidními cytotypy *C. gentilis* (fialové čtverce). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.
- Obr. IIIf:** PCA s vyznačenými diploidními cytotypy *C. rotundifolia* (oranžové trojúhelníky). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.
- Obr. IIIg:** PCA s vyznačenými tetraploidními cytotypy *C. rotundifolia* (červené trojúhelníky). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.
- Obr. IIIh:** PCA s vyznačenými tetraploidními cytotypy *C. moravica* (modrá kolečka). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.

- Obr. III:** PCA s vyznačenými hexaploidními cytotypy *C. moravica* (zelená kolečka) a pentaploidním cytotypem *C. moravica* (žluté kolečko). 1. komponenta (y) vyjadřuje 42,77 % celkové variability, 2. komponenta (x) vyj. 19,51 % celkové variability.
- Obr. IVa, b, c, d, e, f, g:** Hodnoty sedmi nejčastějších nejtěsněji korelovaných znaků
- Obr. IVa:** Délka lodyhy v centimetrech (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty
- Obr. IVb:** Délka korunních cípů v centimetrech (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty
- Obr. IVc:** Počet listů v dolní části lodyhy (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty
- Obr. IVd:** Počet listů na zbytku lodyhy (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty
- Obr. IVe:** Délka listu ve střední části lodyhy (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty
- Obr. IVf:** Poměr délky a šířky listu v horní části lodyhy (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty
- Obr. IVg:** Poměr délky a šířky listu ve střední části lodyhy (program SAS 9.3). Vodorovná čára: medián, krabice: 25 – 75 %, úsečka: Min – Max, jednotlivé body – odlehlé hodnoty

ilustrační obrázek na str. 2: Hexaploidní *C. moravica* u Čachtického hradu (lokalita č. 34).

9. POUŽITÁ LITERATURA

- Alsos I. G. et Engelskjon T. (2002):** Conservation genetics and population history of *Betula nana*, *Vaccinium uliginosum* and *Campanula rotundifolia* in the arctic archipelago of Svalbard. – Arctic, Antarctic and alpine research 4: 408-418.
- Anonymus (2009):** *Campanula* L. – Harangvirág. In: Király G. (ed.) (2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. – Aggteleki Nemzeti Park Ig., Jósza, 616p.
- Bingham A. R. et Ranker T. A. (2000):** Genetic diversity in alpine and foothill populations of *Campanula rotundifolia* (Campanulaceae). – International Journal of Plant Sciences: 403-411.
- Bělohoubek J. (1996):** Floristický výzkum libčeveských vrchů v Českém středohoří – zkrácená podoba diplomové práce. – Severočeskou přírodou 29: 45-54. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Böcher T. W. (1936):** Cytological studies on *Campanula rotundifolia*. – Hereditas 22: 269-277. doi: 10.1111/j.1601-5223.1936.tb02651.x
- Boissier P.-E. (1875):** Flora Orientalis sive enumeratio plantarum in Oriente a Graecia et Aegypto and Indiae fines hucusque observatarum Vol. 3: Calyciflorae Gamopetalae. – Basileae; Genevae.
- Brochmann C., Brysting A. K., Alsos I. G., Borgen L., Grundt H. H., Scheen A.-C. et Elven R. (2004):** Polyploidy in arctic plants. – Biological Journal of the Linnean Society 82: 521-536. doi: 10.1111/j.1095-8312.2004.00337.x
- Cosner M. E., Raubeson L. A. et Jansen R. K. (2004):** Chloroplast DNA rearrangements in Campanulaceae: phylogenetic utility og highly rearranged genomes. – BMC Evolutionary Biology 4: 27.
- Cui L., Wall P. K. Leebens-Mack J. H., Lindsay B. G., Soltis D. E., Doyle J. J., Soltis P. S., Carlson J. E., Arumuganathan K., Barakat A., Albert V. A., Ma H et dePamphilis C. W. (2006):** Widespread genome duplications throughout the history of flowering plants. – Genome Research 16: 738-749. doi:10.1101/gr.4825606
- Čechová J. (1999):** Botanický inventarizační průzkum PP Navdavy u Němčan. – Ms.[depon. In: AOPK ČR, Praha] [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Danihelka J. et Grulich V. (1996):** Výsledky floristického kursu v Břeclavi (1995). – Zprávy České botanické společnosti 31, příloha 1996/1: 1-86. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- DeCandolle A. (1830):** Monographie des Campanulées. – Paris, 452 p.
- Doležel J., Greilhuber J. et Suda J. (2007):** Estimation of nuclear DNA kontent in plants using flow cytometry. – Nature Protocols 2(9): 2233-2244.
- Eddie W. M. M., Shulkina T., Gaskin J., Haberle R. C. et Jansen R. K. (2003):** Phylogeny of Campanulaceae s. str. inferred from ITS sequences of nuclear ribosomal DNA. – Annals of the Missouri Botanical Garden 90: 554-575.
- Fedorov A. A. et Kovanda M. (1976):** *Campanula*. – In: Tutin T. G. et Webb D. A. (eds.) (1976): Flora Europaea. Vol. 4.: 74-93, Cambridge University Press.
- Gadella T. W. J. (1964):** Cytotaxonomic studies in the genus *Campanula*. – Wentia 11: 1-104.
- Galloway L. F., Etterson J. R. et Hamrick J. L. (2003):** Outcrossing rate and inbreeding depression in the herbaceous autotetraploid *Campanula americana*. – Heredity 90, 308-315.
- Geslot A. (1973):** Contribution a l'étude cytotonomique de *Campanula rotundifolia* dans les Pyrénées francaises et espagnoles. – Phytion 15 (1-2): 127-143.
- Goliašová K., Michalková E. et Mráz P. (2008):** *Campanula* L. – In: Goliašová K. et Šípošová H. (eds.) (2008): Flóra Slovenska VI/1. Veda, Bratislava, 239-349.
- Grulich V. (1989):** Výsledky floristického kursu ČSBS v Uherském Hradišti 1987, p: 1-124. – Odbor kultury ONV, Uherské Hradiště. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Grulich V. [ed.] (2003a):** Výsledky floristického kursu České botanické společnosti v Kroměříži (10.-16. července 2000). – Zprávy České botanické společnosti 38, příloha 2003/2: 175-224. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Grulich V. [ed.] (2003b):** Výsledky floristického kursu České botanické společnosti v Novém Jičíně (4.-10. července 1999). – Zprávy České botanické společnosti 38, příloha 2003/2: 89-174. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Grüll F. (1989):** Inventarizační průzkum vegetačních poměrů CHPV Netopýrky. – Ms. [depon. In: AOPK ČR, Brno] [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>

- Haberle R. C., Dang A., Lee T., Penafior C., Cortes-Burns H., Oestreich A., Raubeson L., Cellinese N., Edwards E. J., Sang-Tae-Kim, Eddie W. M. M. et Jansen R. K. (2009):** Taxonomic and biogeographic implications of a phylogenetic analysis of the Campanulaceae based on three chloroplast genes. – *Taxon* 58 (3): 715-734.
- Hammer, Ř., Harper, D.A.T. et Ryan, P.D. (2001):** PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. – *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9, http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Hantáková L. (1991):** Semixerotermní nelesní společenstva Hané. – Ms. [dipl. pr., depon. In: PŘF UP, Olomouc] [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Hubac J-M. (1961):** Etude morphologique et cytologique d'une forme hexaploide du *Campanula rotundifolia* L. s.l. du Massif Central. – *Bulletin de la Societe Botanique de France* 108 (1-2): 16-17.
- Hülber K., Sonnleitner M., Flatscher R., Berger A., Dobrovsky R., Niessner S., Nigl T., Schneeweiss G. M., Kubešová M., Rauchová J., Suda J. et Schönswetter P. (2009):** Ecological segregation drives fine-scale cytotype distribution of *Senecio carniolicus* in the Eastern Alps. – *Preslia* 81: 309-319.
- Husband B. C. (2004):** The role of triploid hybrids in the evolutionary dynamics of mixed-ploidy populations. – *Biological Journal of the Linnean Society* 82: 537-546. doi: 10.1111/j.1095-8312.2004.00339.x
- Chytrý M. et Sádlo J. (1997):** *Tilia*-dominated calcicolous forests in the Czech Republic from a Central European perspective. – *Annals of Botany (Roma)* 55: 105-126. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Kalůsková J. (2012):** Genetická variabilita a evoluční vztahy českých endemických zástupců rodu *Dianthus*. – Ms. [Diplom. práce, depon. In: Knihovna katedry botaniky PŘF UK, Praha].
- Király G., Virók V. et Molnár A. V. (2011):** Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Ábrák. – Aggteleki Nemzeti Park Ig., Jósvalfő, 675 p.
- Koblížek J., Sutorý K., Řepka R., Unar J. et Ondráčková S. (1998):** Floristická charakteristika vybraných lokalit širšího okolí energetické soustavy Dukovany – Dalešice. – Přírodovědný sborník Západomoravského muzea v Třebíči 37: 1-99. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Kolář F., Štech M., Trávníček P., Rauchová J., Urfus T., Vít P., Kubešová M. et Suda J. (2009):** Towards resolving the *Knautia arvensis* agg. (Dipsacaceae) puzzle: primary and secondary contact zones and ploidy segregation at landscape and microgeographic scales. – *Annals of Botany* 103: 963-974.
- Kovačič S. S (2004):** The genus *Campanula* L. (Campanulaceae) in Croatia, circum-Adriatic and west Balkan region. – *Acta Botanica Croatica* 63 (2): 171-202.
- Kovačič S. S. et Nikolić T. T. (2006):** Relations of the western Balkan endemic *Campanula* L. (Campanulaceae) lineages based on comparative floral morphometry. – *Plant Biosystems* 140(3): 260-272. doi:10.1080/11263500600947665
- Kovanda M. (1966a):** Some chromosome counts in the *Campanula rotundifolia* complex. – *Preslia* 38/1: 48-52. [online][cit. 5.7.2011], dostupné z: <http://www.chromosomes.sav.sk>
- Kovanda M., (1966b):** Some chromosome counts in the *Campanula rotundifolia* complex II. – *Folia Geobotanica Phytotaxonomica* 1/3: 268-273. [online][cit. 5.7.2011], dostupné z: <http://www.chromosomes.sav.sk>
- Kovanda M. (1967):** Polyploidie a variabilita v komplexu *Campanula rotundifolia*. – Ms. [Kandid. práce, depon. In: Knihovna katedry botaniky PŘF UK, Praha]
- Kovanda M. (1968):** New taxa and combinations in the subsection *Heterophylla* (Witas) Fed. of the genus *Campanula* L. – *Folia Geobotanica Phytotaxonomica*, Praha 3: 407-411.
- Kovanda M. (1970a):** Polyploidy and variation in the *Campanula rotundifolia* complex. Part I. (general). – *Rozpravy Československé Akademie Věd* 80/2: 5-95. [online][cit. 5.7.2011], dostupné z: <http://www.chromosomes.sav.sk>
- Kovanda M. (1970b):** Polyploidy and variation in the *Campanula rotundifolia* komplex. Part II (taxonomic) I. Revision of the groups *Saxicolae*, *Lanceolatae*, and *Alpicolae* in Czechoslovakia and adjacent regions. – *Folia Geobotanica Phytotaxonomica*, Praha, 5: 171-208.
- Kovanda M. (1977):** Polyploidy and variation in the *Campanula rotundifolia* Complex. Part II. (taxonomic) 2. Revision of the Groups *Vulgares* and *Scheuchzerianae* in Czechoslovakia and adjacent regions. – *Folia Geobotanica Phytotaxonomica*, Praha 12/1: 23-89 (+ Plates 1-4).
- Kovanda M. (1983):** Chromosome numbers in selected Angiosperms (1). – *Preslia* 55/3: 193-205. [online][cit. 5.7.2011], dostupné z: <http://www.chromosomes.sav.sk>

- Kovanda M. (2000):** *Campanula* L. – zvonek. In: Slavík B. (ed): Květena České republiky 6: 726-748. – Academia, Praha
- Kovanda M. (2002a):** *Campanula* L. In: Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J. et Štěpánek J. (ed.): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha, 928 p.
- Kovanda M. (2002b):** A range extension for *Campanula moravica*. – Thaiszia – Journal of Botany, Košice, 12: 179-183.
- Koutecký P., Štěpánek J. et Baďurová T. (2012):** Differentiation between diploid and tetraploid *Centaurea phrygia*: mating barriers, morphology and geographic distribution. – Preslia 84: 1-32.
- Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J. et Štěpánek J. (eds.) (2002):** Klíč ke České republiky. – Academia, Praha, 928 p.
- Kubíková J. (1976):** Geobotanické vyhodnocení chráněných území na severovýchodě Prahy. – Bohemia centralis 5: 61-105. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Kubíková J. (2004):** Vegetace a květena chráněných území v Dalejském údolí. – Natura Pragensis 15: 51-75. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Laane M. M., Croft B. E. et Wahlstrom R. (1983):** Cytotype distribution in the *Campanula rotundifolia* complex in Norway, and cyto-morphological characteristics of diploid and tetraploid groups. – Hereditas 99: 21-48.
- Liber Z., Kovačič S., Nikolić T., Likić S. et Rusak G. (2006):** Relations between western Balkan endemic *Campanula* L. (Campanulaceae) lineages: Evidence from chloroplast DNA. – Plant Biosystems 142: 40-50.
- Levin D. A. (1975):** Minority cytotype exclusion in local plant populations. – Taxon 24 (1): 35-43.
- Maad J., Armbruster W. S. et Fenster C. B. (2013):** Floral size variation in *Campanula rotundifolia* (Campanulaceae) along altitudinal gradients: patterns and possible selective mechanisms. – Nordic Journal of Botany 31 (3): 361-371.
- Mable B. K. (2003):** Breaking down taxonomic barriers in polyploidy research. – Trends in plant science 8(12): 582-590.
- Magadum S., Banerjee U., Murugan P., Gangapur D et Ravikesavan R. (2013):** Gene duplication as a major force in evolution. – Journal of genetics 92(1): 155-161.
- Mandáková T., Jolyb S., Krzywinski M., Mummenhoff K. et Lysak M. A. (2010):** Fast diploidization in close mesopolyploid relatives of *Arabidopsis*. – The Plant Cell 22 (7): 2277-2290. doi: <http://dx.doi.org/10.1105/tpc.110.074526>
- Marhold K. et Suda J. (2002):** Statistické zpracování mnohorozměrných dat v taxonomii (Fenetické metody). – Karolinum Praha, 159 p.
- Marhold K., Kudoh H., Pak J-H., Watanabe K., Španiel S. et Lihová J. (2010):** Cytotype diversity and genome size variation in eastern Asian polyploid *Cardamine* (Brassicaceae) species. – Annals of Botany 105: 249-264. doi:10.1093/aob/mcp28
- McIntre P. J. (2012):** Polyploidy associated with altered and broader ecological niches in the *Claytonia perfoliata* (Portulacaceae) species complex. – American journal of Botany 99 (4): 655-662.
- Meusel H. & Jäger E. J. (1992):** Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäische Flora. – Karten Bd. III. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York.
- Mráz P. (2005):** Reports (4-11), 101-103. – In: Mráz P. (ed.), Chromosome number and DNA ploidy level reports from Central Europe – 1, Biologia (Bratislava) 60 /1. [online][cit. 5.7.2011], dostupné z: <http://www.chromosomes.sav.sk>
- Mráz P., Šingliarová B., Urfus T. et Krahulec F. (2008):** Cytogeography of *Pilosella officinarum* (Compositae): altitudinal and longitudinal differences in ploidy level distribution in the Czech Republic and Slovakia and the general pattern in Europe. – Annals of Botany 101: 59-71. doi:10.1093/aob/mcm282
- Mráz P., Bouchier R. S., Treier U. A., Schaffner U. et Müller-Schärer H. (2011):** Polyploidy in phenotypic space and invasion context: A morphometric study of *Centaurea stobe* s.l. – International Journal of Plant Sciences 172 (3): 386-402. doi: 10.1086/658151
- Mráz P. (2012):** Význam polyploidie, hybridizácie a asexuálneho rozmnožovania v evolúcii cievnatých rastlín. – Ms. [online][cit. 20.6.2012], dostupné z: <http://is.muni.cz/do/rect/habilitace/1431/Mraz/habilitace>
- Olesen J. M., Alarcón M., Ehlers B. K., Aldaroso J. J. et Roquet C. (2013):** Pollination, biogeography and phylogeny of oceanic island bellflowers (Campanulaceae). – Perspectives in plant ecology, evolution and systematics 14: 169-182.

- Otto J. (1990):** DAPI staining of fixed cells for high-resolution flow cytometry of nuclear DNA. In: Darynkiewicz Z. et Crissman H. A. (eds.) (1991): *Methods in cell biology* 33: 105-110. [online][cit. 5.6.2013], dostupné z: http://www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=Gl3FM4EeyEkC&oi=fnd&pg=PA105&dq=DAPI+staining+of+fixed+cells+for+high-resolution+flow+cytometry+of+nuclear+DNA&ots=iPIQ-cQUiM&sig=Ng3jqL4l2TY11jw_J4j_3fM-M&redir_esc=y#v=onepage&q=DAPI%20staining%20of%20fixed%20cells%20for%20high-resolution%20flow%20cytometry%20of%20DNA&f=false
- Otto S. P. et Whitton J. (2000):** Polyploid incidence and evolution. – *Annual Review of Genetics* 34: 401-437.
- Park J.-M., Kovačič S., Liber Z., Eddie W. M. M. et Schneeweis G. M. (2006):** Phylogeny and biogeography of Isophyllous species of *Campanula* (Campanulaceae) in the Mediterranean area. – *Systematic Botany* 31 (4): 862-880.
- Plačková I. (2011):** Alozymy – jejich funkce, význam a použití. – *Zprávy České Botanické Společnosti, Praha, Materiály* 25: 43-59.
- Rafajová M. (1998):** Přirozená a polopřirozená vegetace údolí Jevišovky. – Ms. [dipl. pr., depon. In: *Knih. kat. bot., PpF MU, Brno*] [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Rauchová J. (2007):** Karyologická, fenetická a genetická diferenciacie českého subendemického taxonu *Campanula gentilis* Kovanda. – Ms. [Diplom. práce, depon. In: *Knihovna katedry botaniky PpF UK, Praha*]
- Roquet C., Llorens S., Aldaroso J. J., Susanna A., Alcarón M. L. et Garcia-Jacas N. (2008):** Natural delineation, molecular phylogeny and floral evolution in *Campanula*. – *Systematic botany* 33 (1): 203-217.
- Roquet C., Sanmartín I., Garcia-Jacas N., Sáez L., Susanna A., M. L. Wikström N. et Aldaroso J. J. (2009):** Reconstructing the history of Campanulaceae with a Bayesian approach to molecular dating and dispersal-vicariance analyses. – *Molecular phylogenetics and evolution* 52: 575-587.
- Shetler S. G. (1979):** Pollen-collecting hairs of *Campanula* (Campanulaceae), I: Historical review. – *Taxon* 28 (1/3): 205-215.
- Schönschwetter P., Suda J., Popp M., Weiss-Schneeweiss H. et Brochmann C. (2007a):** Circumpolar phylogeography of *Juncus biglumis* (Juncaceae) inferred from AFLP fingerprints, cp DNA sequences, nuclear DNA content and chromosomes numbers. – *Molecular Phylogenetics and Evolution* 42: 92-103.
- Schönschwetter P., Lachmayer M., Lettner C., Prehler D., Rehnitz S., Reich D. S., Sonnleitner M., Wagner I., Hülber K., Schneeweiss G. M., Trávníček P. et Suda J. (2007b):** Sympatric diploid and hexaploid cytotypes of *Senecio carniolicus* (Asteraceae) in the Eastern Alps are separated along an altitudinal gradient. – *Journal of Plant Research* 120:721-725. doi 10.1007/s10265-007-0108-x
- Slavík B. (1974):** Nástin květeny Pacovska I. – *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, přírodní vědy* 14/2: 73-101. [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Slavík B. (ed) (2000):** Květena České republiky 6. – *Academia Praha*
- Soltis D. E. et Soltis P. S. (1999):** Polyploidy: recurrent formation and genome evolution. – *Tree* 14 (9): 348-352.
- Soltis D. E., Albert V. A., Leebens-Mack J., Bell C. D., Paterson A. H., Zheng C., Sankoff D., dePamphilis C. W., Wall P.K. et Soltis P. S. (2009):** Polyploidy and angiosperm diversification. – *American Journal of Botany* 96 (1): 336-348. doi: 10.3732/ajb.0800079
- Sonnleitner M., Flatscher R., García P. E., Rauchová J., Suda J., Schneeweiss G. M., Hülber K. et Schönschwetter P. (2010):** Distribution and habitat segregation on different spatial scales among diploid, tetraploid and hexaploid cytotypes of *Senecio carniolicus* (Asteraceae) in the Eastern Alps. – *Annals of Botany* 106: 967-977. doi:10.1093/aob/mcq192
- Stace C. A. (2000):** Cytology and cytogenetics as a fundamental taxonomic resource for the 20th and 21st century. – *Taxon* 49: 451-477.
- Stefanovič S., Lakušič D., Kuzmina M., Mededovič S., Tan K. et Stefanovič V. (2008):** Molecular phylogeny of *Edraianthus* (Grassy Bells, Campanulaceae) based on non-coding plastid DNA sequences. – *Taxon* 57 (2): 452-475.
- Stevens J. C., Wilson J. et McAllister H. A. (2012):** Biological flora of the British Isles: *Campanula rotundifolia*. – *Journal of Ecology* 100, 3: 821-839.
- Suda J. (2011):** Průtoková cytometrie a její využití v botanice. – *Zprávy České Botanické Společnosti, Praha, Materiály* 25: 21-42.
- Suda J. et Lysák M. A. (2001):** A taxonomic study of the *Vaccinium* sect. *Oxycoccus* (Hill.) W. D. J. Koch (Ericaceae) in the Czech republic and adjacent territories. – *Folia Geobotanica* 36: 303-320.

- Suda J., Weiss-Schneeweiss H., Tribsch A., Schneeweiss G. M., Trávníček P. et Schönswetter P. (2007):** Complex distribution patterns of di-, tetra-, and hexaploid cytotypes in the European high mountain plant *Senecio carniolicus* (Asteraceae). – *American Journal of Botany* 94(8): 1391–1401.
- The Angiosperm Phylogeny Group (2009):** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. – *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161: 105–121. doi: 10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x
- Trávníček P., Eliášová A. et Suda J. (2010):** The distribution of cytotypes of *Vicia cracca* in Central Europe: the changes that have occurred over the last four decades. – *Preslia* 82: 149–163.
- Trávníček P., Kubátová B., Čurn V., Rauchová J., Krajníková E., Jersáková J. et Suda J. (2011):** Remarkable coexistence of multiple cytotypes of the *Gymnadenia conopsea* aggregate (the fragrant orchid): evidence from flow cytometry. – *Annals of Botany* 107: 77–87.
- Unar J. (2002):** Vegetační a floristické poměry NPP Rudické propadání. – Ms. [depon. In: CHKO Moravský kras, Blansko] [online][cit. 3.7.2011], dostupné z: <http://www.florabase.cz>
- Vít P. (2006):** Variabilita endemických zástupců rodu *Sorbus* L. v ČR: morfometrické, karyologické a molekulární zhodnocení. – Ms. [Diplom. práce, depon. In: Knihovna katedry botaniky PŘF UK, Praha].
- Vít P., Lepší M. et Lepší P. (2012):** There is no diploid apomict among Czech *Sorbus* species: a biosystematic revision of *S. eximia* and discovery of *S. barrandienica*. – *Preslia* 84: 71–96.
- Watson J. V. (1991):** Introduction to flow cytometry. – Cambridge University Press, Cambridge. [online][cit. 4.6.2013], dostupné z: http://www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=ETJnkIxm9MC&oi=fnd&pg=PP1&dq=introduction+to+flow+cytometry&ots=LdoI10fq8X&sig=DjFkPZBJUtGnFNgReD0lRi1h8pE&redir_esc=y#v=onepage&q=coefficient%20of%20variation&f=false
- Weiss H., Dobeš C., Schneeweiss G. M. et Greimler J. (2002):** Occurrence of tetraploid and hexaploid cytotypes between and within populations in *Dianthus* sect. Plumaria (Caryophyllaceae). – *New Phytologist* 156: 85–94.
- Weiss-Schneeweiss H., Emadze K., Jang T.-S. et Schneeweiss G. M. (2013):** Evolutionary consequences, constraints and potential of polyploidy in plants. – *Cytogenetic and Genome Research* 140: 137–150.
- Wendling B. M., Galbreath K. E. et DeChaine E. G. (2011):** Resolving the evolutionary history of *Campanula* (Campanulaceae) in western North America. – *PloS ONE* 6 (9): e23559.

internetové zdroje:

<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> – [online][cit. 16.6.2013]
www.IPNI.org – International Plant Names Index – [online][cit. 18.7.2013]