Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Katedra botaniky

Biosystematická studie hadcového endemita *Cerastium alsinifolium* - zhodnocení nebezpečí hybridizace se sympatrickým *C. arvense*

Kateřina Seifertová

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Jan Suda, PhD.

Praha 2006

Abstrakt

V bakalářské práci se zabývám kriticky ohroženým druhem *Cerastium alsifolium* Tausch (rožec kuřičkolistý), který se vyskytuje pouze na hadcích v CHKO Slavkovský les. Práce je z převážné části literární rešerší a je doplněna o měření obsahu jaderné DNA druhů *C. alsinifolium* a *C. arvense* pomocí průtokové cytometrie.

Cerastium alsinifolium vykazuje na stanovištích značnou morfologickou variabilitu, což bývá vysvětlováno hybridizací se sympatrickým *C. arvense*. Tato hypotéza ovšem nikdy nebyla potvrzena.

V literární rešerši sleduji vybrané vlastnosti rožců, které by mohly mít výpovědní hodnotu i pro zkoumaný taxon. Rod *Cerastium* je kosmopolitně rozšířená polyploidní skupina, ve které v rámci jednotlivých druhů panuje značná variabilita a poměrně snadno mezi nimi dochází k hybridizaci.

V druhé části se zaměřuji na dosud publikované poznatky o *C. alsinifolium*. Jako druh byl poprvé rozpoznán roku 1828 I. F. Tauschem. Jeho fylogenetické postavení v rámci rodu *Cerastium* je nejisté. Často je řazen do okruhu *C. arvense*, někdy bývá dokonce považován jen za jeho poddruh. Pravděpodobnější se jeví ale varianta příbuzenství s *C. alpinum*, což je podepřeno rozdílným obsahem DNA *C. alsinifolium* a *C.arvense.*

Praktickou částí práce bylo měření obsahu jaderné DNA, což by mělo být výchozím bodem pro budoucí diplomovou práci. Průtoková cytometrie je metoda založená na měření optických vlastností částic unášených v proudu kapaliny a má mnoho aplikací. Mezi její hlavní výhody patří rychlost, nedestruktivnost, přesnost, možnost použití nedělících se buněk či odhalení směsných vzorků.

Bylo ověřeno, že se oba sympatricky vyskytující rožce liší velikostí genomu, a to o 18% (pro *C. alsinifolium* 2C=3,89 pg, pro *C. arvense* 2C = 3,29 pg). Tento poznatek je klíčový pro jednoznačnou determinaci rožců ve Slavkovském lese, na což může navázat další výzkum.

Obsah:

1. Úvod 1

2. Literární rešerše 2

2.1. Specifita hadcového podkladu 2

2.2. Rod *Cerastium* 3

2.2.1. Rozšíření, klasifikace, rožce v ČR 3

2.2.2. Hadec a *Cerastium* 4

2.2.3. Morfologická a jiná variabilita 4

2.2.4. Počet chromozomů 5

2.2.5. Obsah DNA 5

2.2.6. Hybridizace 6

2.2.7. Reprodukční systém 7

2.3. *Cerastium alsinifolium* Tausch 7

2.3.1. Synonyma 7

2.3.2. Popis druhu 8

2.3.3. Výskyt 8

2.3.4. Stanoviště 10

2.3.5. Historie popisu *Cerastium alsinifolium* 11

2.3.6. Fylogenetické vztahy 12

2.3.7. Ohrožení 13

2.3.8. Riziko hybridizace 13

2.3.9. Morfologické rozdíly mezi *C. alsinifolium* a *C. arvense* 13

2.4. Metodické přístupy vhodné pro řešení problematiky 14

2.4.1. Průtoková cytometrie 14

2.4.2. Statistické metody 14

2.4.2.1. Diskriminační analýza 14

2.4.2.2. Shluková analýza 15

3. Metodika 16

4. Výsledky 17

5. Diskuse 18

6. Otázky pro diplomovou práci 19

7. Seznam literatury 20

8. Příloha 23

1. Úvod

Mezi intenzivně se rozvíjející odvětví ochrany přírody patří i ochranářská genetika (conservation genetics), která se zabývá také genetickým managementem malých populací – v rámci tohoto tématu se objevují dílčí okruhy jako ztráta genetické diverzity, genetický drift, inbrední a outbrední deprese či akumulace škodlivých mutací (Schaal et Leverich 2005).

Cerastium alsinifolium Tausch (rožec kuřičkolistý, hadcový; nomenklatura sjednocena dle Kubáta 2002) se vyskytuje na malé ploše ve Slavkovském lese. Mikroevoluce tohoto endemita je zatím stále nejasná, stejně jako některé jeho biologické vlastnosti. Mezi nejdůležitější otázky, na které je nutné hledat odpověď, patří možnost jeho hybridizace se sympatrickým rodem *C. arvense* L. - taková situace by představovala značné riziko eroze genofondu.

2. Literární rešerše

2.1. Specifita hadcového podkladu

Hadec (serpentinit) je přeměněná hornina, složená vesměs z druhotných křemičitanů železa a hořčíku. Vznikla složením původních olivínů a pyroxenů v žilné vyvřelině. Vzhledem k chloritickému rázu většiny minerálů má převážně tmavozelenou barvu, místy přerušovanou světlejšími pruhy vláknitého serpentinu. Svým vzhledem je proto přirovnávám k hadí kůži (odtud český název). Mezi společné znaky hadcových lokalit patří nízká produktivita rostlin, vysoká míra endemismu a vegetační typy odlišné od sousedních areálů (Brady et al. 2005).

Půdy na tomto substrátu obvykle rychle propouštějí vodu, jsou tedy většinou suché a poměrně teplé. Mají většinou mírně alkalickou reakci a obsahují malé množství vápenatých, draselných a sodných iontů a také málo dusičnanů a fosforečnanů. Větráním horniny se tvoří uhličitan hořečnatý, který není vybalancován vápenatými ionty a působí na vegetaci toxicky, zvláště v alkalickém prostředí (Slavíková 1986).

Významný pro metabolismus rostlin je především poměr vápníku a hořčíku menší než 1, vysoký podíl železa a obsah těžkých kovů (chrom, nikl). Ve své studii pracovali Nyberg Berlund et al. (2003) se serpentinitovými a neserpenitovými půdami a naměřili tyto hodnoty - u neserpentinitových půd byla průměrná koncentrace Ca:Mg v rozmezí 1,4 -8,0, zatímco poměr Ca:Mg u hadcových půd nepřesáhl 0,3.

Vysoké koncentrace hořčíku mohou mít toxický efekt na růst rostliny a rovněž mohou vést k nižšímu příjmu vápníku. Vyšší koncentrace niklu může inhibovat dělení buněk v kořenových meristémech u netolerantních rostlin, má negativní vliv na fotosyntézu, respiraci a regulaci transpirace. Účinek koncentrace kovu na rostlinu je však výsledkem působení mnoha faktorů, na příklad pro nikl má zásadní význam pH - při pH pod 6,0 je dosažení hranice toxického působení na rostlinu nepravděpodobné (Nyberg Berlund et al. 2003).

Rostlinné druhy, které jsou svým výskytem vázány na hadcový podklad, se nazývají obligátní serpentonofyty. V naší květeně je to např. *Asplenium cuneifolium* Viv., *Asplenium adulterinum* Milde, *Minuartia smejkalii* Dvořáková, *Dianthus carthusianorum* L. subsp. *capillifrons* (Borbás) Neuman, *Knautia arvensis* subsp. *serpentinicola* Smejkal ined.

Na hadcovém podkladu roste i mnoho druhů rostlin, které jsou na specifické podmínky pouze adaptovány, jsou k nim tolerantní, ale svým metabolismem nejsou na chemické a fyzikální vlastnosti hadce přímo vázány. Tyto fakultativní serpentinofyty bývají převážně

teplomilné druhy. Vytvářejí se u nich též jiné morfologické znaky než u normálních rostlin - takové hadcové formy rostlin se nazývají serpentinomorfózy. Bývá to nejčastěji nanismus (nižší vzrůst rostlin) nebo chlupatější listy a stonky.

Kruckerberg a Rubinowitz (1985) vytvořili hypotézu, že geny vhodné pro přežití na hadci se průběhem selekce akumulují, zatímco ostatní geny z původních neserpenitových populací jsou eliminovány. Naproti tomu studie na *Silene dioica* (Westerbergh et Saura 1992) prokázala, že adaptace na sepentinit se neodrazila v genetické struktuře populace – hadec tyto populace izoloval, aby přetrvávaly jako hadcový relikt a mohly být vystaveny genetickému driftu.

2.2. Rod *Cerastium*

2.2.1. Rozšíření, klasifikace, rožce v ČR

Rod *Cerastium* patří do čeledi *Caryophyllaceae* Juss., podčeledi *Alsinoideae* a zahrnuje pravděpodobně více než 100 druhů, většinou malé jednoleté nebo vytrvalé byliny, málokdy mírně dřevnaté. Těžištěm rozšíření je Eurasie (zvláště mírný pás), menší počet druhů roste v Severní a Jižní Americe, Africe, na Madagaskaru. Analýza cpDNA předpokládá původ ve Starém světě a nejméně dvě migrace do Severní Ameriky (Scheen et al. 2004). Areály druhů mohou být veliké (*C. glomeratum*, *C. fontanum, C. holosteoides*) i velmi omezené (*C. gibraltaricum*, *C. lerchenfeldianum*).

Moderní systém vychází z E. Fenzla (1840) a jedním z nejlepších je klasifikace B.K. Schischkina z roku 1936 (Khalaf et Stace 2000):

Subgenus *Dichodon* (Bartl.) Fenzl

Subgenus *Eucerastium* (Boiss.) Pax (= *Cerastium)*

- Section *Strephodon* Ser.
- Section *Schizodon* (Fenzl) Schischk.
- Section *Orthodon* Ser. (=*Cerastium*)
  - Subsection *Fugacia* (Fenzl) Pax et K. Hoffm.
  - Subsection *Perennia* (Fenzl) Pax et K. Hoffm. (= *Cerastium*)
    - Series *Lasiostemona* (Fenzl) Schisk.
    - Series *Leiostemona* (Fenzl) Schisk.
    - Series *Alpina* (Borza) Schisk.
    - Series *Arvensia* (Hayek) Schisk. (= *Cerastium*)
    - Series *Grandiflora* (Borza) Schisk.

V naší květeně se vyskytují následující rožce (Smejkal et Hrouda, 2002):

Cerastium alsinifolium Tausch – rožec kuřičkolistý

Cerastium arvense – rožec rolní

subsp. *arvense* – rolní pravý

Cerastium biebersteinii DC. – rožec Biebersteinův

Cerastium brachypetalum Pers. – rožec krátkoplátečný

Cerastium dubium (Bastard) Guépin – rožec pochybný

Cerastium fontanum Baumg. – rožec prameništní

Cerastium glomeratum Thuill. – rožec klubkatý

Cerastium glutinosum Fr. – rožec lepkavý

Cerastium holosteoides Fries – rožec obecný

subsp. *triviale* (Spenner) Möschl – obecný luční

Cerastium litigiosum De Lens – rožec sporný

Cerastium lucorum (Schur) Möschl – rožec hajní

Cerastium pumilum Curtis – rožec nízký

Cerastium semidecandrum L. – rožec pětimužný

Cerastium tenoreanum Ser. – rožec Tenoreův

Cerastium tomentosum L. – rožec plstnatý

2.2.2. Hadec a *Cerastium*

Tolerance k hadcovému podkladu se u rodu *Cerastium* může vyvinout poměrně snadno, v Evropě se setkáme s nejméně 15 druhy *Cerastium*, které mají serpentinitové populace. Příkladem může být hadcová forma rožce moesijského (*Cerastium moesiacum* Friv. f. *serpentini*), kterou v západním Srbsku našel F.A. Novák a která v kultuře záhy přešla v normální typ.

Velmi podobně reagoval na hadec rožec obecný na Českomoravské vrchovině a ve Finsku, kde byla tatáž odrůda zjištěna ve žlaznaté formě (*Cerastium holosteoides* Fries ampl. Hylander subsp. *vulgare* Hartman var. *serpenticola* (Domin) f. *eglandulosum* com. et f. n. = *C. caespitosum* Gilib. var. *eucaespitosum* Graebner f. *serpentini* Novák; Novák 1960).

2.2.3. Morfologická a jiná variabilita

Quiroga et al. (2002) studovali morfologickou variabilitu v Andách a našli statisticky významné rozdíly. Po roce kultivace si populace některé morfologické znaky udržely, ovšem většina rozdílů byla po kultivaci méně patrná, což autoři připsali fenotypické plasticitě. Ve

studovaných populacích byla genetická variabilita poněkud vyšší než u ostatních dvouděložných bylin.

Morfologickou variabilitu studovali také např. Brysting a Elven (2000) v rámci komplexu *C. alpinum* - *C. arcticum*.

Hagen et al. (2001) při studiu *C. arcticum* a *C. nigrescens* neočekáváně zjistili, že úroveň intrapopulační molekulární variability u autogamního *C. arcticum* vzrůstá směrem na sever. Ostatní autogamní byliny v severoatlantickém regionu vykazují směrem na sever více inbreedingu (klesá aktivita opylovačů).

2.2.4. Počet chromozomů

Základní chromozómové číslo rodu *Cerastium* je pravděpodobně x = 9, ale druh s 2n = 18 není znám (Boşcaiu et al. 1999), případně jím může být *C. lithospermifolium* Fisch. – tento údaj byl ale publikován pouze jednou Krogulevichem v roce 1971 (Brysting 2000, Hagen et al. 2002).

Rostliny s 36 chromozomy mohou být někdy označeny jako tetraploidi, jindy jako diploidi (sekundární chromozómové číslo by pak bylo x = 18, jednalo by se o paleotetraploidy, kteří se v současnosti chovají jako diploidi; Boşcaiu et al. 1999).

Cerastium alsinifolium má dle údajů Měsíčka a Jarolímové (1992) 72 chromozómů, jedná se tedy o oktoploida (tetraploida). Počet chromozómů u *Cerastium arvense* subsp. *arvense* a *Cerastium alpinum* je s největší pravděpodobností také 72, databáze Index to Plant Chromosome Numbers (Solomon 2006) ovšem uvádí i následujícími počty chromozómů: *Cerastium arvense* subsp. *arvense* 64 (Dobeš et Hahn 1997), 72 (Boşcaiu et al. 1999), 36,72 (Bechi 1998), 72 (Boşcaiu 2000). U *Cerastium alpinum* se setkáme s následujícími čísly: 72 (Love, Love 1982; Poganet et al. 1986, Boşcaiu et al. 1998, Boşcaiu 2000), 36 (Starlingeret al. 1994).

Khalaf a Stace (2000) uvádí, že *Cerastium tomentosum* var. *tomentosum* obsahoval 1-9 B chromozomů, *C. grandiflorum* 1-5. Ani Brysting (2000) nevylučuje možnou přítomnost B chromozómů v polyploidním komplexu *C. alpinum*-*C. arcticum,* důvodem, proč je ovšem těžké ji zjistit, jsou malé rozměry chromozómů.

2.2.5. Obsah DNA

Boşcaiu et al. (1999) zjistili, že v okruhu *C. alpinum* obsah jaderné DNA stoupá od diploida přes tetraploida k hexaploidovi (autoři považují za diploida 2n = 36), v tomto případě od *C. eriophorum*, *C. alpinum* k *C. transsylvanicum* či *C. arcticum*, v poměru 1 : 1,4 : 2,4 (tedy ne 1:2:3), což znamená, že obsah DNA vztažený na základní chromozómové číslo klesá

se stoupající ploidní úrovní. Zatímco v okruhu *C. arvense* je obsah jaderné DNA tetraploida dvojnásobný než je tomu u diploida. Byla pozorována korelace mezi obsahem DNA na chromozóm a velikostí chromozómu – diploidi měli větší chromozómy než polyploidi. Dalším zajímavým zjištěním je, že variabilita v obsahu DNA u *Cerastium* se stejným chromozómovým číslem (2n = 36) je 15%.

Údaje o obsahu DNA v rodě *Cerastium* byly poprvé publikovány roku 1999 (Boşcaiu et al. 1999). Další hodnoty naměřili Bennett a Leitch (2005), kteří stejně jako předchozí autoři použili metody průtokové cytometrie (barvivo DAPI) a Feulgenovy mikrodensitometrie.

Tab. 1: Obsah jaderné DNA u vybraných druhů *Cerastium* (Bennett et Leitch 2005)

	Počet chromozómů	Ploidie	1C (Mpb)	1C (pg)	2C (pg)	4C (pg)	Metoda
Cerastium alpinum L.	72	4	1,813	1,9	3,7	7,4	FC:DAPI
Cerastium alpinum L.	72	4	1,970	2,0	4,0	8,0	Fe
Cerastium arcticum Lange s. str.	108	6	3,126	3,2	6,4	12,8	FC:DAPI
Cerastium arvense L. ssp. *glandulosum* (Kit.) Soo	36	2	0,666	0,7	1,4	2,7	FC:DAPI
Cerastium arvense L. ssp. *Arvense*	72	4	1,274	1,3	2,6	5,2	FC:DAPI
Cerastium banaticum (Rochel) Heuff.	36	2	1,470	1,5	3,0	6,0	Fe
Cerastium banaticum (Rochel) Heuff.	36	2	1,529	1,6	3,1	6,2	FC:DAPI
Cerastium carinthiacum Vest.	36	2	1,480	1,5	3,0	6,0	FC:DAPI
Cerastium eriophorum Kit. in Schult.	36	2	1,264	1,3	2,6	5,2	Fe
Cerastium eriophorum Kit. in Schult.	36	2	1,274	1,3	2,6	5,2	FC:DAPI
Cerastium fontanum Baumg.	144	8	3,469	3,5	7,1	14,2	FC:DAPI
Cerastium latifolium L.	36	2	1,421	1,5	2,9	5,8	Fe
Cerastium latifolium L.	36	2	1,470	1,5	3,0	6,0	FC:DAPI
Cerastium transsylvanicum Schur ex Grieseb. & Schenk	108	6	3,038	3,1	6,2	12,4	FC:DAPI
Cerastium transsylvanicum Schur ex Grieseb. & Schenk	108	6	3,048	3,1	6,2	12,4	Fe

2.2.6. Hybridizace

V rodě *Cerastium* byla opakovaně prokázána čstá mezidruhová hybridizace (dokonce i mezi různými ploidními úrovněmi). Khalaf a Stace (2000) křížili skupinu *C. tomentosum* se skupinami *C. arvense*, *C. banaticum*, *C. carinthiacum* a *C. alpinum* a dospěli k následujícímu

– hybridi produkovali ve 49% kombinací životaschopná semena, z nichž 24% dalo vzniknout dospělým rostlinám. Všechna křížení oktoploid x oktoploid vytvářela životaschopná semena.

Brysting (2000) našla na lokalitě v jihozápadním Grónsku jedince se 130-132 chromozomy, což neodpovídá euploidní sérii založené na x = 9; rostliny se odlišovaly morfologicky i molekulárně. Vysvětluje to jako možný výsledek hybridizace mezi neredukovanými gametou *C. alpinum* (2n = 72) a redukovanou gametou *C. arcticum* či *C. nigrescens* 2n = 108).

Na základě podrobné analýzy sympatrických populací druhů *C. arcticum* a *C. nigrescens* dospěli Hagen et al. (2002) ke zjištění, že 8,4% jedinců představuje produkty hybridizace. Kromě primárních kříženců se navíc podařilo odhalit i zpětné hybridy s *C. nigrescens*.

Dalšími potenciálními hybridy byly rostliny s intermediálním počtem chromozomů 2n = 90 mezi *C. alpinum* x *C. nigrescens* (Brysting 2000), intermediátní v některých fenotypových znacích, v jiných podobnější jednomu či druhému rodiči. Ve své studii nenašli autoři důkaz pro úplný přechod mezi dvěmi druhy - nalezli dva dobře definované druhy (morfologicky i molekulárně) a došli k závěru, že sice hybridizují, ovšem s nízkou frekvencí, takže nedochází k setření rozdílů mezi druhy. Mezidruhový gene flow je pravděpodobně usnadněn v takových lokalitách, kde je vysoká hodnota ekologického stresu a/nebo přírodních disturbancí. Přestože hybridizace nevyústila v zhroucení jednoty druhu, hybridi příležitostně dají vzniknout další generaci či dochází ke zpětnému křížení.

2.2.7. Reprodukční systém

Cerastium zahrnuje autogamní druhy opylované hmyzem. Lundqvist (1990) zjistil u *C. arvense* subsp. *strictum* jednolokusovou sporofytickou inkompatibilitu, která je spjata s trinukleátním pylem, suchou bliznou, reakcí pylu na povrchu blizny, stálostí polyploidů).

2.3. *Cerastium alsinifolium* Tausch

2.3.1. Synonyma

Druh *Cerastium alsinifolium* může být popsán i následujícími synonymy (viz historie níže): *C. serpyllifolium* Tausch, *C. tauschianum* Wolfner, *C. kablikianum* Wolfner, *C. arvense* L. var. *subherbaceum* Čelak. et var. *glabrescens* Čelak., *C. arvense* subsp. *alsinifolium* (Tausch) Dostál a *C. caesarosylvaticum* Toman.

2.3.2. Popis druhu

Jedná se o velmi proměnlivý druh, a to jak v charakteru vzrůstu, ve tvaru listů a v intenzitě odění, tak i ve vytváření (prezenci či absenci) sterilních úžlabních listnatých prýtů. *Cerastium alsinifolium* je vytrvalá trsnatá nebo polštářovitá bylina s poléhavými, kořenujícími, v horní části vystoupavými nebo přímými květonosnými lodyhami a různě četnými přízemními sterilními prýty (často mohou chybět). Lodyžní listy jsou světle zelené, mohou být lysé nebo častěji řídce pýřitě chlupaté a někdy také žlaznaté, maximálně 3,5krát delší než široké. Vidlany jsou řídké 5-12květé, dolní listeny jsou celé bylinné nebo jen s kratičkou blanitou špičkou, horní jsou vždy blanitě lemované. Bílé korunní lístky jsou alespoň o polovinu delší než kališní, semena jsou hnědá s vyniklými špičatými bradavkami (Smejkal 1967, 1990, Smejkal et Hrouda 2002).

Cerastium alsinifolium kvete od dubna do června, v menším rozsahu i během léta (Klaudisová, Čeřovský 1999), Smejkal (1990) uvádí červen až srpen. Je entomogammní a autogamní, rozmnožuje se také vegetativně.

2.3.3. Výskyt

Cerastium alsinifolium je endemitem velmi malé oblasti v CHKO Slavkovský les u Mariánských Lázní, vyskytuje se pouze na hadcích v okolí obcí Mnichov a Prameny. Majoritní část CHKO tvoří přírodní komplex Raušenbašská lada, který zahrnuje celou jižní polovinu centrální části tzv. Mnichovských hadců.

Počet lokalit je zhruba 13, celková rozloha těchto uzemí je asi 15 km^2 (7 km x 2 km). Hlavními místy výskytu jsou NPR Pluhův bor, NPP Křížky, NPP Úpolínová louka, PR Planý vrch, PR Vlček a PP Dominova skalka, mezi další lokality patří Medvědí rozhledy a Pramenské pastviny. Jindřich Suza uvedl roku 1927 výskyt *Cerastium alsinifolium* i na hadcích u Rojetína u Tišnova, jedná se však o omyl – došlo k záměně tohoto druhu s *C. holosteoides* Fries (Smejkal 1990).

Tab. 2: Lokality *Cerastium alsinifolium* Tausch

	Status	Vyhlášeno	Nadmořská výška (m n. m.)	Výměra (ha)
Dominova skalka	PP	1989	724-747	6,61
Křížky	NPP	1962	788-817	4,0
Planý vrch	PR	1966, novelizováno 1987	766	11,26
Pluhův bor	NPR	1969	662-766	87,23
Vlček	PR	1966	784-883	62,29
Upolínová louka pod Křížky	NPP	1990	785-804	17,7
Medvědí rozhledy	-	-	800-820	1,62
Pramenské pastviny	-	-	782-792	0,5

Na většině lokalit převládají kambizemně, které mohou přecházet do kambizemních rankerů až litozemí. V prameništích je půda tvořena kambickými gleji, místy varietami typických glejů (Zahradnický, Mackovčin et al. 2004).

Dominova skalka na hadcovém substrátu Vlčího hřbetu je odlesněným hadcovým výchozem s prstencem hadcových borů. Nejvýznamnější biotopem jsou skalky s *Aplenium cuneifolium*, *A. adulterinum*, *Botrychium lunaria* a *Galium sudeticum*. Najdeme zde i fragmenty vřesovišť s *Erica herbacea* a *Arnica montana* či poměrně mladý hadcový bor (*Asplenio cuneifolii-Pinetum*), na části území dominují výsadby smrku a modřínu.

Rovněž Křížky jsou výrazným hadcovým výchozem. Ve štěrbinách a na úpatí skalek rostou *Asplenium cuneifolium* a *A. adulterinum* a *Galium sudeticum*. Vřesoviště jsou tvořena *Erica herbacea*, *Calluna vulgaris*, místy *Polygaloides chamaebuxus*. Z lučních druhů zde roste *Platantera bifolia*, *Arnica montana*, *Botrychium lunaria*, z lesních *Dianthus sylvaticus*. Zvláštností je zakrslý *Juniperus communis*.

Na zbytcích starých hadcových lomů se rozkládá přírodní rezervace Planý vrch. Roste tu společně *Asplenium cuneifolium*, *A. adulterinum* a *A. trichomanes*. Většinu plochy zaujímají hadcové bory, v podrostu s *Erica herbacea*, *Carex montana*, *Polygaloides chamaebuxus*, *Knautia arvensis* subsp. *serpenticola*. Vyskytuje se zde i *Juniperus communis* a ve smrkových výsadbách *Orthilia secunda* či *Blechnum spicant*.

Pluhův bor je hadcový bor přirozeného charakteru s řadou skalních výchozů. V podrostu najdeme *Erica herbacea*, *Polygaloides chamaebuxus*, *Dianthus sylvaticus*, vzácně *Rubus saxatilis*. Na skalkách roste *Asplenium cuneifolium*, *A. adulterinum*, *Polypodium vulgare* var. *serpentini*, *Botrychium lunaria*, *Anthericum liliago*, na prameništích *Pinguicula vulgaris*.

Vlček představuje hadcový bor pralesovitého charakteru s typickým bylinným porostem a serpentinofyty na skalních výchozech. Na podmáčených místech je dominantní *Molinia caerulea*, v podrostu ses setkáme s *Picea abies*, v bylinném patře *Pteridium aquilinum*, *Erica herbacea*, *Calluna vulgaris*, *Dianthus sylvaticus*, *Polygaloides chamaebuxus*. Hadcové výchozy osidluje *Asplenium cuneifolium*, *A. adulterinum*, *Huperzia selago*.

Úpolínová louka pod Křížky zahrnuje podmáčené a rašelinné louky a je lokalitou *Salix myrtilloides* v porostech *Sphagnum fallax*, *S. terres*, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*. Na převládajících úpolínových loukách (*Calthion*) roste *Trollius altissimus*, *Iris sibirica*, *Carex umbrosa*, *Dactylorhiza longebracteata*, *D. majalis*, *Salix myrtilloides*. Na chudých smilkových loukách se vyskytuje *Pedicularis sylvatica*, *Scorzonera humilis*, *Lathyrus linifolius*, *Pinguicula vulgaris*. Jedno z pramenišť má slatinný charakter a roste zde *Parnassia palustris*, *Tomenthypnum nitens* (Zahradnický, Mackovčin et al. 2004).

Medvědí rozhledy navazují jako izolované skalky na Mnichovské hadce. Jedná se o výraznou hadcovou skalku s výskytem specifických skalních hadcových společenstev. Území je navíc zajímavé vzhledem ke svojí výrazné izolovanosti od ostatních hadcových lokalit. Typickými rostlinami jsou *Asplenium cuneifolium, Asplenium adulterinum, Huperzia selago.*

Na Pramenských pastvinách se vyskytují sekundární keříčkovobylinná společenstva a hadcová skalní vegetace *Asplenion serpentini*. Dále zde roste *Polygala chamaebuxus*, *Lathyrus linifolius*, *Arnica montana*, *Antennaria dioica* (Holub 2004).

2.3.4. Stanoviště

Cerastium alsinifolium roste pouze na mělkých hadcových půdách, většinou poměrně suchých – na travnatých, kamenitých a skalnatých stráních, vřesovinách, krátkostébelných loukách, skalní teráskách a štěrbinách, ve světlých borech, ojediněle na okrajích svahových lučních pramenišť. Obtížně snáší konkurenci ostatních rostlin, preferuje neúplně zapojené porosty, často narušované jak lidskou činností, tak i živočichy.

Roste nejčastěji ve společenstvech svazů *Asplenion serpentini* a *Asplenio cuneifolii-Armerion serpentini*, případně *Hyperico perforati-Scleranthion perennis*, popsána byla subasociace *Rubo idaei-Poetum nemoralis cerastietosum alsinifoliae* Müller-Stoll et Toman 1984, řazená autory do třídy *Sedo-Scleranthetea*. Zřídka vstupuje i do jiných cenóz, zejména ze svazů *Violion caninae* a *Genistion* (Klaudisová at Čeřovský 1999).

Cerastium alsinifolium je diagnostickým druhem svazu *Asplenion serpentini* ze třídy *Asplenietea trichomanis* (Chytrý et Tichý 2003). Mezi další diagnostické druhy tohoto svazu

je řazeno *Asplenium adulterinum*, *Asplenium cuneifolium* (zároveň dominující druh), *Frullania tamarisci*, *Metzgeria furcata*, *Frullania dilatata*. Konstantními druhy jsou *Asplenium cuneifolium*, *Hypnum cupressiforme* agg., *Silene vulgaris*, *Asplenium adulterinum*, *Festuca ovina*, *Campanula rotundifolia* agg., *Calamagrostis arundinacea*.

2.3.5. Historie popisu *Cerastium alsinifolium*

Historií pohledů na *C. alsinifolium* se ve svých článcích zabývali Novák (1960) a Toman (2003): Druh popsal roku 1828 Ignaz Friedrich Tausch (Diagnoses plantarum novarum aut minus cognitarum), v Ottově Katalogu (Catalogus florae Bohemicae nach dem natürlichen Pflanzensystem geordnet, 1851) byl ale omylem uveden pod jménem *C. serpyllifolium* Tausch. Filip Maxmilián Opiz (I. Nachtrag zu meinem: Seznam rostlin květeny České, 1853) objasnil, že jsou oba druhy totožné. Zajímavé je ale i to, že Opiz oddělil *C. arvense* jako druh *Leucodonium arvense* (L.), zatímco *C. alsinifolium* ponechal v rodu *Cerastium*.

W. Wolfner *C. serpyllifolium* z Tauschova herbáře s popisem *C. alsinifolium* Tausch srovnal ve spojení s dokladovým exemplářem pro *C. alsinifolium* od Josefiny Kablíkové. U prvního (*C. serpyllifolium* Tausch) si nebyl jist, zda se neshoduje s popsaným druhem *C. alsinifolium* Tausch a zda označení *C. serpyllifolium* nebylo už dříve použito pro jiný druh. Zavedl proto pro nepojmenovaný druh název *C. tauschianum* Wolfner (Noch etwas über *Cerastium serpyllifolium* und *C. alsinifolium* Tausch, 1854) a druhý (*C. alsinifolium* Kablík) popsal podrobně jako *C. kablikianum* Wolfner.

Zastánce širšího pojetí druhu Ladislav Čelakovský nezohlednil práci Wolfnera a ani dostatečně neznal *C. alsinifolium* Tausch a v Prodromu (1887) zařadil druh do rodu *C. arvense* L. jako var. *subherbaceum* (*C. kablikianum* Wolfner) a var. *glabrescens* Nailr. (*C. alsinifolium* Tausch). Toto označení bylo dále používáno.

Čelakovský neuvedl *C. alsinifolium* ani v prvním (1879) ani ve druhém vydání (1887) Analytické květeny. Později ale (1889) zjistil, že *C. alsinifolium* Tausch je samostatný druh, *C. tauschianum* Wolfner naproti tomu nadbytečné synonymum a *C. kablikianum* Wolfner pouhou formou druhu *C. alsinifolium* Tausch, která nemůže být hodnocena jako odrůda.

V roce 2003 navrhl M. Toman nové členění populací rodu *Cerastium* ve Slavkovském lese. Podle tohoto autora nelze název *Cerastium alsinifolium* použít pro populace rostoucích na hadcích ve Slavkovském lese, protože toto jméno bylo ve skutečnosti založeno na populaci rostoucí na amfibolitech údolí Teplé u železniční stanice Louka. Pod jménem *C. kablikianum* Wolfner uznává jako samostatný druh populace rostoucí na hadcích i mimo ně. Protože pro

hadcové populace nelze použít ani jeden z výše uvedených názvů, je zde nakonec pro ně navrženo nové jméno *C. caesareosylvaticum* Toman, v rámci něhož autor popisuje několik vnitrodruhových taxonů. Na tento článek reaguje Šída (2004) a vytýká autorovi, že dokladový materiál pro *C. kablikianum* spadá do variability *C. arvense* a *C. caesareosylvaticum* Toman zcela odpovídá Tauschovu pojetí *C. alsinifolium*

2.3.6. Fylogenetické vztahy

Dosud nebyla jednoznačně vyřešena otázka příslušnosti *Cerastium alsinifolium* k větší fylogenetické skupině v rámci rodu *Cerastium*. Kvůli neznalosti rostliny a pod vlivem autority Čelakovského se mnoho botaniků přiklánělo k okruhu *C. arvense*. Už Opiz (1853) ale pochopil podstatný rozdíl mezi těmito druhy a zařadil *C. alsinifolium* na poslední místo rodu *Cerastium*. Gartner (1939) popřel, že *C. alsinifolium* patří do okruhu *C. arvense*, protože představuje samostatný druh. Dále uvedl, že *C. alsinifolium* má mnoho společných vlastností s východosibiřským *C. subciliatum* Gartner, s kterým může mít příbuzenské vztahy.

Novák (1960) předkládá hypotézu, že v době, kdy na počátku pleistocénu nebo některém z pozdějších glaciálů, ustupovaly horské druhy z Alp do nižších poloh, se typ blízký dnešnímu okruhu *Cerastium alpinum* rozšířil až do Slavkovského lesa a nalezl zde refugium. Přizpůsobil se novému klimatu i podkladu a vytvořil nový druh. Podle téhož autora není ještě dnes nijak zvlášť ustálený a je velmi variabilní ve velikosti, vzrůstu, odění, hustotě olistění, tvaru listů, přítomnosti či absenci jalových větévek v paždí lodyžních listů atd.

Novák (1960) také experimentálně ověřil, že se v případě *Cerastium alsinifolium* nejedná o serpentinomorfózu. Pro pokus se rozhodl roku 1928 a navrhl jej tak, že nasel po 300 semenech do 25 různých zemin. Nejlépe klíčily rožce na černé zahradní půdě (145 rostlin, tj. 48%), naproti tomu na hadcové půdě ze Slavkovského lesa (Vlčí Kámen) jich vyklíčilo jen 58 (19%), na hadcové půdě z pohoří Zlatiboru jen 10 (3%), na říčním písku 86 (27%; ovšem do měsíce rostliny zahynuly). Další růst byl nejlepší na zahradní půdě, kde se morfologie rožce ani po deseti letech vůbec nezměnila. Stav rostlin pěstovaných na čisté hadcové půdě, směsích v různém poměru (1:3, 1:1, 3:1) s vápencovou a čisté půdě vápencové se se stoupajícím podílem vápence postupně zhoršoval.

Semena z rostlin pěstovaných na čisté vápencové půdě byla sebrána a znovu naseta do vápencové půdy, tento postup byl osmkrát opakován. Po osmém vysemenění byly rostliny velmi zeslabeny, většina z nich netvořila v paždí lodyžních listů svazečky lístků, byla lysá, ale v květech, plodech a semenech se nezměnila. Celkovým vzhledem připomínaly *C. glabratum* Hartm., jiné spíše *C. alpinum* L. nebo *C. carinthiacum* Vest., ale podstatnými morfologickými

znaky se nepřiblížily žádnému známému druhu tak, aby bylo možno prohlásit identitu nebo aspoň blízkou podobnost.

Ve své studii o *Galium pumilum* srovnávají Krahulcová a Štěpánková (1998) neobvyklou distribuci Galium sudeticum s dalšími druhy rozšířenými hlavně v arkto-alpínské oblasti, které mají vikarianty na izolovaných hadcových lokalitách – *Potentilla crantzii* subsp. *serpentini* (Borbás) Hayek a *P.crantzii* (Crantz) Beck subsp. *crantzii*, *Minuartia smejkalii* Dvořáková a *M. gerardii* (Willd.) Hayek, *Polygala amara* subsp. *brachyptera* (Chodat) Hayek a také *C. alsinofolium* Tausch, *C. alpinum* L.).

2.3.7. Ohrožení

Cerastium alsinifolium je zařazen do kategorie C1, tedy mezi kriticky ohrožené druhy. Do této kategorie spadají především velmi vzácné a zároveň podstatně ohrožené druhy s výskytem omezeným jen na jednu nebo několik málo lokálních stanovišť (Procházka 2001).

Ve své malé oblasti výskytu je dosti častý, vzácnost je dána omezeným areálem (Rybka et al. 2004). Ohrožení úzce souvisí především s jeho nižší konkurenční zdatností, často je vytlačován konkurenčně schopnějšími druhy (ostružiníky, třtina), které se zejména na živinami a vláhou bohatších stanovištích šíří až expanzivně. Ohrožuje jej i sběratelský zájem botaniků na některých navštěvovaných lokalitách

Ochranářským cílem je udržení všech stávajících lokalit v optimálním stavu - z aktivních opatření ve prospěch rožce probíhá vyřezávání náletových dřevin, dalším vhodným zásahem je narušování souvislého drnu konkurujících druhů, které vede k uvolnění prostoru pro růst a šíření rožce. Na nelesních stanovištích pomáhá tomuto záměrnému rozvolňování porostu extenzivní pastva koz a ovcí. Důležitou součástí péče o druh je i pravidelné sledování velikosti populací.

2.3.8. Riziko hybridizace

Dosud nevíme, zda dochází k hybridizaci s *C. arvense* či nikoliv. Bylo by to jedno z možných vysvětlení velké variability uvnitř druhu. Některé prameny tuto informaci uvádějí jako možnost (Rybka et al. 2004), jiné téměř jako jistotu (Smejkal 1990, Holub 2004).

Smejkal dokonce na základě studia herbářových dokladů nevylučuje ani možnost výskytu kříženců *C. alsinifolium* a *C. holosteoides* (Smejkal 1990).

2.3.9. Morfologické rozdíly mezi *C. alsinifolium* a *C. arvense*

Mezi *C. alsinifolium* a *C. arvense* existují následující morfologické rozdíly (Smejkal 1990, Smejkal et Hrouda 2002):

Tab. 3: Morfologické rozdíly mezi *Cerastium alsinifolium* a *C. arvense*

Cerastium alsinifolium	*Cerastium arvense*
kalich 3-5 mm	kalich 5-8 mm
listy nanejvýš 3,5x delší než široké	listy více než 5x delší než široké
dolní listeny obvykle celé bylinné	všechny listeny se zřetelnou bělavou blanitou špičkou
rostliny světle zelené	rostliny šedavě zelené
často bez sterilních olistěných větévek v paždí listů květonosných lodyh	obvykle se sterilními olistěnými větévkami v paždí listů květonosných lodyh
koruna 0,05-0,25	koruna 0,05-0,3 mm
prašníky 0,6-0,8 mm	prašníky 0,8 – 1,2 mm

2.4. Metodické přístupy vhodné pro řešení problematiky

2.4.1. Průtoková cytometrie

Průtoková cytometrie (flow cytometry) je metoda založená na měření optických vlastností izolovaných částic (jader, buněk) unášených v úzkém proudu kapaliny. Má mnoho aplikací (nejen v botanice, ale i imunologii, molekulární biologii, genetice, zoologii atd.), může být použita ke stanovení ploidie, detekci mixoploidie či aneuploidie, analýze buněčného cyklu, určení absolutního obsahu DNA nebo velikosti genomu atd.

Přes všechny výhody je nutno zmínit i některé nedostatky – měření je třeba provádět s čerstvým rostlinným materiálem, u některých druhů mohou být problémem i sekundární metabolity. Na druhé straně mezi hlavní přednosti této metody patří jednoduchá a rychlá příprava vzorků, vysoká přesnost, možnost analyzovat mitoticky neaktivní buňky a směsné vzorky, nedestruktivnost a nízké náklady (Doležel et Bartoš 2005).

2.4.2. Statistické metody

2.4.2.1. Diskriminační analýza

Diskriminační analýza je soubor několika podobných metod, které sloužící k testování hypotéz a které mohou být rozděleny do dvou skupin. Cílem klasifikační diskriminační analýzy je klasifikace objektů do skupin, má odvodit jednu či více rovnic ke klasifikaci objektu. Kanonická diskriminační analýza se používá k interpretaci rozdílů mezi předem stanovenými skupinami objektů a snaží se nalézt odpověď na otázky, zda a do jaké míry je možné odlišit stanovené skupiny objektů na základě určitých znaků a které z těchto znaků k odlišení přispívají nejvíce. Na znaky použité k analýze jsou kladeny následující požadavky – musí být binární, nesmí vzniknout kombinací ostatních, nesmí být vzájemně silně korelovány atd. (Marhold et Suda 2002).

2.4.2.2. Shluková analýza

Shluk (cluster) je skupina objektů, které uvnitř nějaké větší skupiny nemají nahodilý ani rovnoměrný výskyt a jejich vzájemná vzdálenost, resp. nepodobnost s objekty, které patří do jiných shluků. Těžiště (centroid) je hypotetický prvek, jehož souřadnice ve znakovém prostoru jsou dány průměrnými hodnotami souřadnic jednotlivých objektů. Můžeme je dělit dle různých kritérií – dle způsobu tvorby shluků na aglomerativní (postupné spojování objektů do větších hluků) a divizivní (postupné rozdělování větších shluků na menší až na jednotlivé objekty), dle uspořádání shluků na hierarchické (hierarchické uspořádání) a nehierarchické (jen primární skupiny), dle překryvu shluků na překrývající a nepřekrývající se, dle postupu shlukování na sekvenační (shlukování v krocích) a simultánní (shlukování najednou).

3. Metodika

Z hadcových lokalit Dominova skalka a Křížky bylo ve spolupráci s CHKO Slavkovský les odebráno 12 typických rostlin *Cerastium arvense* a 11 rostlin, které odpovídaly popisu *Cerastium alsinifolium*. V Petriho misce obsahující 1 ml ledového pufru Otto I bylo žiletkou rozsekáno přibližně 0,5 cm^2 listu rožce společně s odpovídající plochou listu Glycine max cv. Polanka (2C = 4,5 pg). Suspenze byla přefiltrována přes nylonovou síť (velikost oka 42 μm) do kyvety a po přidání 100 μl pufru Otto I promíchána. Dále bylo přidáno 10 ml směsi pufru Otto II, propidium jodidu a RNasy a znovu promícháno. Vzorek byl analyzován na průtokovém cytometru Partec CyFlow.

Tab. 4: Složení roztoků použitých při cytometrické analýze

Otto I	4,2 g 0,1 M monohydrát kyseliny citrónové + 1 ml 0,5% Tween 20 (polyoxyethylensorbitan monolaurát), objem doplněn na 200 ml, filtrace přes filtr s velikostí oka 0,22 μm
Otto II	28,65 g 0,4M $Na_2HPO_4.12H_2O$, objem doplněn na 200 ml, filtrace přes filtr s velikostí oka 0,22 μm
směs Otto II, propidium jodidu a RNasy	20 ml Otto II + 1 ml roztoku propidium jodidu (50μg/ml) + 1 ml roztoku RNasy (50μg/ml)

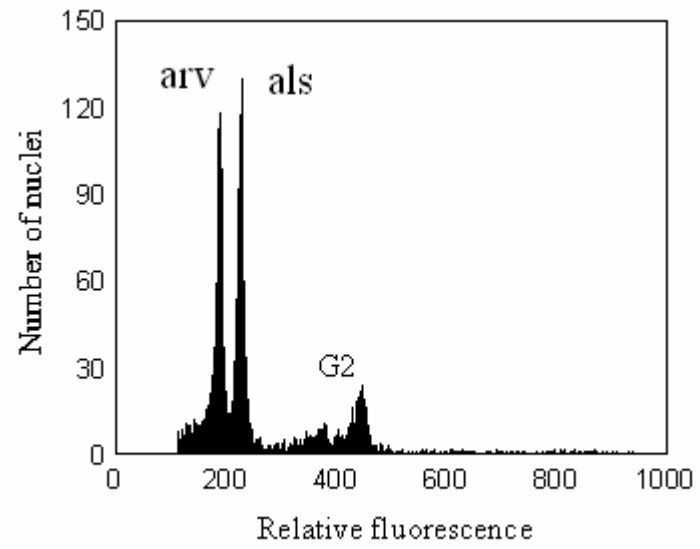
4. Výsledky

Genom typických jedinců C. alsinifolium (2C = 3,89 pg) byl v průměru o 18% větší nežli genom příbuzného C. arvense (2C = 3,29 pg). Bylo ověřeno, že oba typy měli shodně 72 chromozómů (Jarolímová, unpubl.).

Tab. 5: Absolutní velikost genomu rodů *Cerastium alsinifolium* a *C. arvense*

	Velikost genomu (pg)	
	Cerastium alsinifolium	*Cerastium arvense*
Dominova skalka	3,89	3,29
	3,9	3,27
	3,87	3,29
	3,91	3,29
	3,89	3,32
	3,88	3,29
Křížky	3,91	3,25
	3,88	3,29
	3,83	3,31
	3,89	3,29
	3,92	3,27
		3,31
Průměr	3,89	3,29
Směrodatná odchylka	0,02	0,02

Jednoznačné odlišení rožců na základě obsahu jaderné DNA ilustruje směsný vzorek *C. alsinifolium* a *C. arvense*:



Obr. 1: Relativní fluorescence jader *Cerastium alsinifolium* a *C. arvense* (současná analýza obou druhů)

5. Diskuse

Analýza, přestože byla uskutečněna s omezeným počtem rostlin, potvrdila hypotézu, že se druhy *Cerastium alsinifolium* a *Cerastium arvense* od sebe liší obsahem jaderné DNA. Na základě této vlastnosti může být jednoznačně určeno, do kterého taxonu daný jedinec patří. Rozdílná velikost genomu také podporuje teorii o příslušnosti *C. alsinifolium* spíše k okruhu *C. alpinum* než *C. arvense*.

Námi naměřená hodnota 2C u *Cerastium arvense* (2C = 3,29 pg) a výsledky Boşcaiu et al. (1999) či Bennetta a Leitcha (2005), kteří uvádí 2C = 2,6 pg, se značně liší. Kolektiv Boşcaiu použil jako standard *Nicotiana tabacum* (1C = 4,5pg) a Bennett a Leitch si na základě jejich článku pro svá měření zvolili za standart *Cerastium eriophorum* (4C = 5,20 pg). V obou případech bylo použito barvivo DAPI. Značný rozdíl mezi výsledky může poukazovat na použití odlišné metodiky, eventuelně nepřesnost při měření.

6. Otázky pro diplomovou práci

Okolo endemita *C. alsinifolium* existuje mnoho nezodpovědných otázek týkajících se jeho biologie, vztahů se sympatrickým *C. arvense* a postavení ve fylogenezi rodu *Cerastium* atd. Některé z nich by měly být řešeny v budoucí diplomové práci.

Nejdůležitějším bodem je potvrzení či vyvrácení možnosti hybridizace mezi druhy *C. alsinifolium* a *C. arvense.* Hybridi by měli být odhaleni průtokovou cytometrií podle odlišné velikosti genomu (tito jedinci budou navíc podrobeni karyologické analýze, aby mohly být vyloučeny další příčiny tohoto stavu, např. aneuploidie).

Jednoznačná determinace obou druhů bude východiskem i pro nalezení druhově specifických morfologických znaků obou druhů, případně jejich kříženců. Zkoumání morfologické variability bude provedeno na vegetativních i generativních orgánech a získaná data vyhodnocena statistickými metodami.

Ze stejných předpokladů bude vycházet i určení proporcionálního zastoupení, rozmístění a případné stanovištní diferenciace *Cerastium alsinifolium* a *C. arvense* na lokalitách, kde se vyskytují sympatricky. Je otázkou, zda se potvrdí domněnka, že *C. alsinifolium* může růst i na nehadcových substrátech.

Pokud budou nalezeni hybridi, je třeba zjistit, jak často vznikají v populacích primární či zpětní kříženci či zda je frekvence hybridních rostlin na lokalitách s odlišných zastoupením rodičovských typů také rozdílná.

Bližší poznání biologie endemita *Cerastium alsinifolium* by mělo vést i k účinnější ochraně tohoto druhu.

7. Seznam literatury

1. Anderberg A.: Den virtuella floran. Poslední aktualizace 1999. Přístup 27.3. 2006. Odkaz http://linnaeus.nrm.se/flora/di.

2. Bennett M.D., Leitch I.J. (2005): Nuclear DNA Amounts in Angiosperms: Progress, Problems and Prospects. Annals of Botany 95: 45-90.

3. Boşcaiu M., Vicente O., Ehrendorfer F. (1999): Chromosome numbers, karyotypes and nuclear DNA contents for perennial polyploid groups of *Cerastium* (*Caryophyllaceae*). Plant Systematics and Evolution 218: 13-21.

4. Brady K.U., Kruckeberg, A.R. Bradshaw, H.D. Jr. (2005): Evolutionary Ecology of Plant Adaptation to Serpentine Soils. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 36: 243-266.

5. Brysting A.K. (2000): Chromosome number variation in the *polyploid Cerastium alpinum – C. arcticum* complex. Nordic Journal of Botany 20: 149-156.

6. Brysting A.K., Elven R. (2000): The *Cerastium alpinum – C. arcticum* complex (*Caryophyllaceae*): numerical analysis of morphological variation and a taxonomic revision of *C. arcticum* lange s.l. Taxon 49: 189-216.

7. Doležel J., Bartoš J. (2005): Plant DNA Flow Cytometry and Estimation of Nuclear Genome Size. Annals of Botany 95: 99-110.

8. Hagen A.R., Giese H., Brochmann C. (2001): Trans-Atlantic dispersal and phylogeography of *Cerastium arcticum* (*Caryophyllaceae*) inferred from RAPD and SCAR markers. American Journal of Botany 88: 103-112.

9. Hagen A.R., Saether T., Borgen L., Elven E., Stabbetorp O.E., Brochmann C. (2002): The artic-alpine polyploids *Cerastium alpinum* and *C. nigrescens* (*Caryophyllaceae*) in a sympatric situation: breakdown of species integrity? Plant Systematics an Evolution 230: 203-219.

10. Holub J., Procházka F. (2000): Red List of vascular plants of the Czech Republic. Preslia 72:187-230.

11. Holub P.: Evropsky významné lokality v České republice. Poslední aktualizace 2004. Přístup 2.3. 2006. Odkaz http://stanoviste.natura2000.cz.

12. Chytrý M., Tichý L. (2003): Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision. Masarykova Univerzita, Brno. 231 pp.

13. Khalaf M. K. & Stace C. A. (2000): Breeding systems and relationships of the *Cerastium tomentosum* group. Preslia 72: 323-344.

14. Klaudisová A., Čeřovský J. (1999): *Cerastium alsinifolium* Tausch. In: Čeřovský J., Feráková V., Holub J., Maglocký Š., Procházka F. (1999): Červená kniha ohrožených a vzácných druhů rostlin a živočichů ČR a SR. Vol. 5. Vyšší rostliny: 91. Príroda, Bratislava. 324 pp.

15. Krahulcová A., Štěpánková J. (1998): Serpentine and polyploid differentiation within Galium pumilum agg. (Rubiaceae) in Eastern Europe. Folia Geobotanica 33: 87-102.

16. Kruckerberg A.R., Rubinowitz D. (1985): Biological aspect of endemism in higher plants. Annual Review of Ecology and Systematics 16: 447-479. In: Krahulcová A., Štěpánková J. (1998): Serpentine and polyploid differentiation within Galium pumilum agg. (Rubiaceae) in Eastern Europe. – Folia Geobot. 33: 87-102.

17. Kubát K., Hrouda J., Chrtek J., Kaplan Z., Kirschner J., Štěpánek J. (eds., 2002): Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha. 927 pp.

18. Lundqvist A. (1990): One-locus sporophytic S-gene system with traces of gametophytic pollen control in *Cerastium arvense* ssp. *strictum* (*Caryophyllaceae*). Hereditas 113: 203-215.

19. Měsíček J., Jarolímová V. (1992): List of chromosome numbers of the Czech vascular plants. Academia, Praha.144 pp.

20. Marhold K., Suda J. (2002): Statistické zpracování mnohorozměrných dat v taxonomii (Fenetické metody). Karolinum, Praha. 159 pp.

21. Novák F. A. (1960): Fylogeneze serpentinových typů. Preslia 32: 1-8.

22. Nyberg Berlund A.-B., Dahlgren S., Westerbergh A. (2003): Evidence for parallel evolution and site-specific selection of serpentine tolerance in *Cerastium alpinum* during the colonization of Scandinavia. New Phytologist 161:199-209.

23. Nyberg Berlung A.B., Westerbergh A. (2001): Two postglacial immigration lineages of polyploid *Cerastium alpinum* (*Caryophyllaceae*). Hereditas 134:171-183.

24. Procházka F. (2001): Černý a červený seznam cévnatých rostlin České republiky (stav v roce 2000). Příroda 18: 1-166.

25. Quiroga M.P., Premoli A.C., Ezcurra C. (2002): Morphological and isozyme variation in *Cerastium arvense (Caryophyllaceae*) in the southern Andes. Cannadian Journal of Botany 80: 786-795.

26. Rybka V., Rybková R., Pohlová R. (2004): Rostliny ve svitu evropských hvězd. Sagittaria, Olomouc, Praha. 88 pp.

27. Schaal B.A., Leverich W. J. (2005): Conservation genetics: theory and practice. Annals of Missouri Botanical Garden 92: 1-11.

28. Scheen A.C., Brochmann C., Brysting A.K., Elven R., Morris A., Soltis D.E. Soltis P.S. Albert V.A. (2004): Northern hemisphere biogeography of *Cerastium* (*Caryophyllaceae*): Insights from phylogenetic analysis of non-coding plastid nucleotide sequences. American Journal of Botany 91: 943-952.

29. Slavíková J. (1986): Ekologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 368 pp.

30. Smejkal M., Hrouda L.: *Cerastium* L. – rožec. In Kubát K., Hrouda J., Chrtek J., Kaplan Z., Kirschner J., Štěpánek J. (eds., 2002): Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha. 927 pp.

31. Smejkal M. (1967): Určovací klíč a přehled československých druhů a poddruhů rodu *Cerastium* L. Zprávy Československé botanické společnosti 2: 137-146.

32. Smejkal M. (1990): *Cerastium* L. – rožec. In.: Hejný S., Slavík B. (eds.) Květena České republiky 2: 136-151. Academia, Praha. 540 pp.

33. Solomon J.: Index to Plant Chromosome Numbers (IPCN). Poslední aktualizace 2006. Přístup 29.3. 2005. Odkaz http://mobot.mobot.org/W3T/Search/ipcn.html.

34. Šída O. (2005): *Cerastium caesareosylvaticum* Toman. Zprávy České Botanické společnosti 40: 101-103.

35. Toman M. (2003): Charakteristische ausdauernde Arten der Gatung *Cerastium* im Südöstlichen Teil von Slavkovsky les (Kaiserwald, Tschechische Republik) und die Problematik der Art *Cerastium alsinifolium*. Časopis Národního muzea, Řada přírodovědná 172: 81-108.

36. Westerbergh A., Saura A. (1992): The effect of serpentine on the population structure of *Silene dioica* (*Caryophyllaceae*). Evolution 45: 1537-1548. In: Krahulcová A., Štěpánková J. (1998): Serpentine and polyploid differentiation within Galium pumilum agg. (Rubiaceae) in Eastern Europe. Folia Geobotanica 33: 87-102.

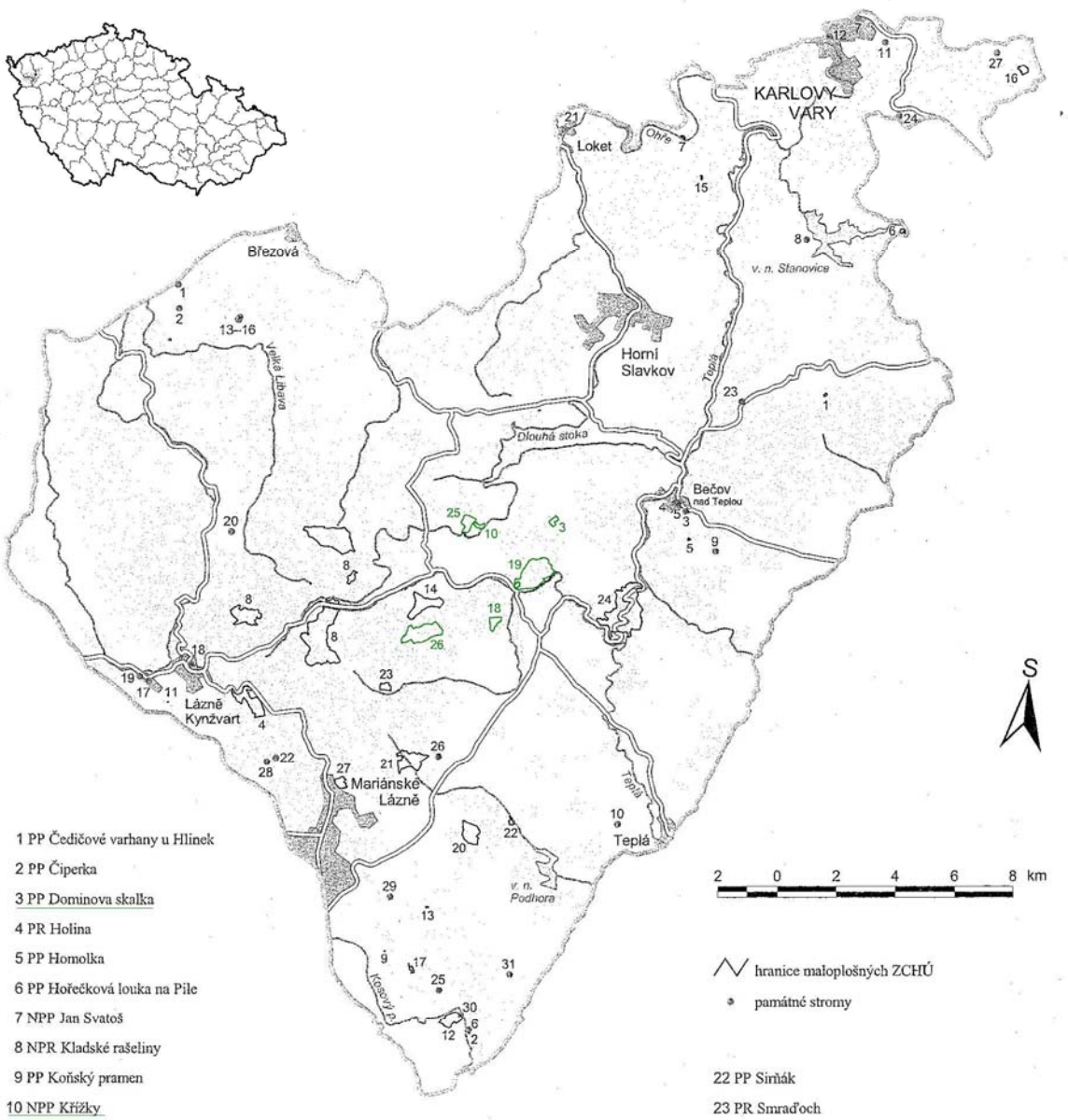
37. Zahradnický J., Mackovčin P. (eds., 2004): Chráněná území ČR – Plzeňsko a Karlovarsko, svazek XI. AOPaK ČR a Ekocentrum Brno, Praha. 588 pp.

8. Příloha

Obr. 2: ***Cerastium alsinifolium***

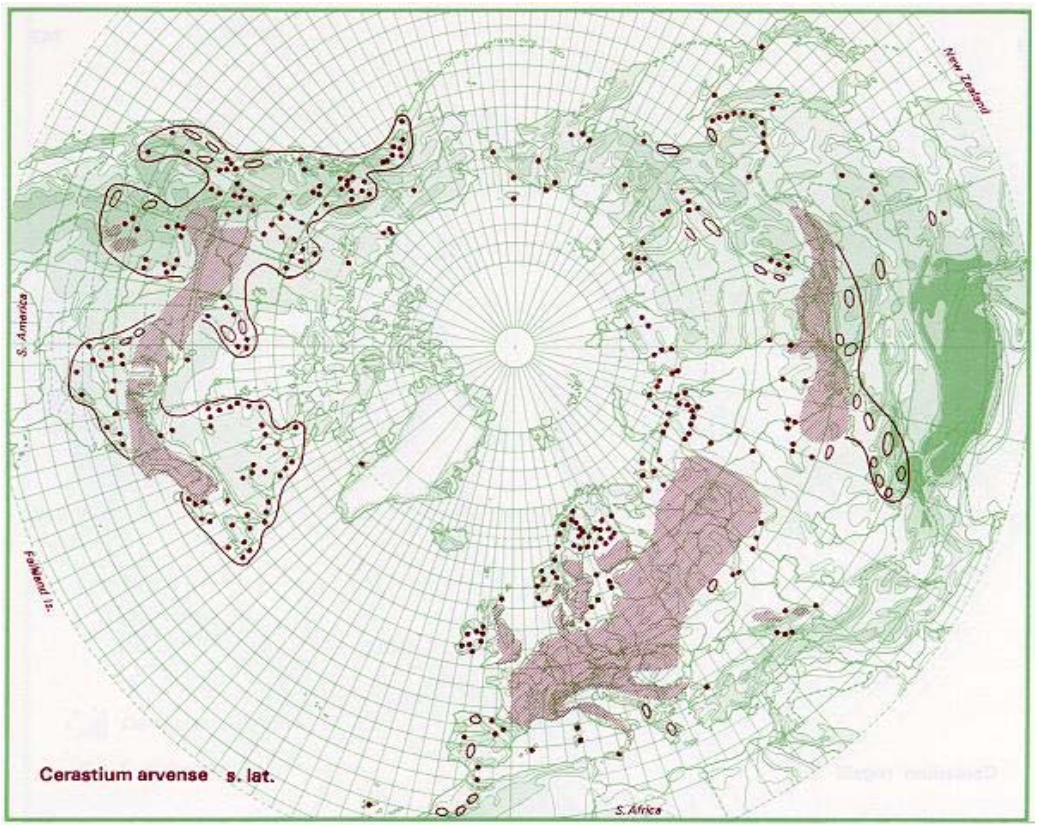
Obr. 3: Květ

Obr. 4: Květ

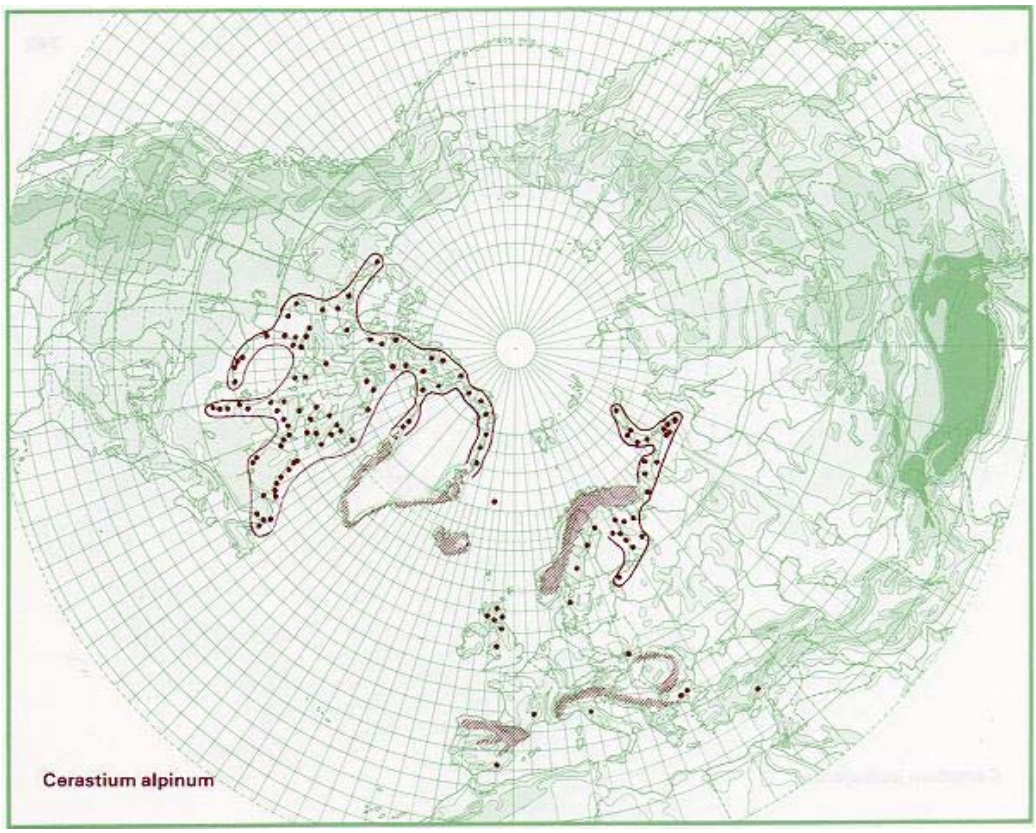


1 PP Čedičové varhany u Hlinek
2 PP Čiperka
3 PP Dominova skalka
4 PR Holina
5 PP Homolka
6 PP Hořečková louka na Pile
7 NPP Jan Svatoš
8 NPR Kladské rašeliny
9 PP Koňský pramen
10 NPP Křížky
11 PP Kynžvartský kámen
12 PR Lazurový vrch
13 PP Milhostovské mofety
14 PR Mokřady pod Vlčkem
15 PP Moučné pytle
16 PP Olšová vrata
17 PP Pístovská louka
18 PR Planý vrch
19 NPR Pluhův bor
20 PR Podhorní vrch
21 PR Prameniště Teplé
22 PP Siňák
23 PR Smraďoch
24 PR Údolí Teplé
25 NPP Upolínová louka pod Křížky
26 PR Vlček
27 PR Žižkův vrch

Obr. 5: CHKO Slavkovský les



Obr. 6: Rozšíření *Cerastium arvense* s.lat. (Anderberg 1999)



Obr. 7: Rozšíření *Cerastium alpinum* (Anderberg 1999)