

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



## FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

Katedra dendrologie a šlechtění lesních dřevin

**Studium ekologie druhu *Campanula bohemica* (HRUBY) a  
důvody jeho ohrožení v Krkonoších**

**Study of the ecology of *Campanula bohemica* (Hruby) and the  
reasons for its endangering in Krkonoše Mts.**

Bakalářská práce

**Jan Juklík**

**Vedoucí diplomové práce: Mgr. Ing. Michaela Klaudisová, Ph.D.**

**Konzultant diplomové práce: Doc. RNDr. Michal Hejzman, Ph.D.**

**Praha 2009**

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „*Studium ekologie druhu *Camapanula bohemica* (Hruby) a důvody jeho ohrožení v Krkonoších*“ vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny prameny.

V Černošicích dne 29. 4. 2009

.....

## Poděkování

Děkuji Mgr. Ing. Michaele Klaudisové, PhD., za vedení bakalářské práce, za ochotu a odborné rady, cenné připomínky a trpělivost, které mi během zpracování bakalářské práce věnovala. Také bych chtěl poděkovat bc. Pavlu Brázdilovi za pomoc při statistickém zpracování dat. Především děkuji své mamince za podporu při studiu.

## ABSTRACT

*Campanula bohemica* HRUBY is an endemic taxon in the Giant mountains. It is declared as strongly endangered in amended list of specially protected species of plants in Collection of Laws, 395/1992, as strongly endangered according to The Red List of vascular plants in Czech Republic (PROCHÁZKA, et al. 2001). *Campanula bohemica* is under protection of European important locality of Giant mountains. This species can be found in the Giant mountains from approximately 800 to 1500 metres height.

The study of germination of seeds of *C. bohemica* took place in 2008 in laboratory conditions of the Research Institute of Plant Production in Prague-Ruzyn. An impact of various temperatures on the dynamics and overall germinability of seeds was observed, an impact of various storage conditions of seeds (temperature and humidity) on their germinability.

## OBSAH:

<u>1. ÚVOD</u> .....	7
<u>2. LITERÁRNÍ REŠERŠE</u> .....	8
<u>2.1. Charakteristika rodu <i>Campanula</i></u> .....	8
<u>2.1.1. Charakteristika vybraných druhů z rodu <i>Campanula</i></u> .....	8
<u>2.1.1.1. <i>Campanula rotundifolia</i> L. subsp. <i>rotundifolia</i></u> .....	8
<u>2.1.1.2. <i>Campanula gelida</i> KOVANDA</u> .....	9
<u>2.2. <i>Campanula bohemica</i> HRUBY (zvonek český)</u> .....	9
<u>2.2.1. Původ názvu</u> .....	10
<u>2.2.2. Biologická charakteristika</u> .....	10
<u>2.2.3. Rozšíření</u> .....	11
<u>2.2.4. Endemismus druhu <i>Campanula bohemica</i></u> .....	11
<u>2.2.5. Variabilita</u> .....	12
<u>2.2.6. Ekologie a cenologie</u> .....	13
<u>2.2.7. Ohrožení druhu</u> .....	14
<u>2.2.7.1. Výskyt spárkaté zvěře v oblasti růstu <i>C. bohemica</i></u> .....	14
<u>2.2.7.2. Složení přirozené potravy jelení zvěře v oblasti Krkonoš</u> .....	15
<u>2.2.7.3. Složení přirozené potravy srnčí zvěře v oblasti Krkonoš</u> .....	15
<u>2.3. Biologické vlastnosti semen</u> .....	15
<u>2.3.1. Rozmnožování zvonku</u> .....	15
<u>2.3.2. Šíření semen</u> .....	15
<u>2.3.3. Půdní banka semen</u> .....	16
<u>2.3.4. Dormance semen</u> .....	16
<u>2.3.4.1. Primární dormance</u> .....	17
<u>2.3.4.2. Sekundární dormance</u> .....	18
<u>2.3.5. Klíčení semen</u> .....	19
<u>2.3.6. Klíčivost semen</u> .....	19
<u>2.4. Faktory ovlivňující klíčivost a dormanci</u> .....	20
<u>2.4.1. Vnější podmínky klíčení</u> .....	20
<u>2.4.1.1. Voda</u> .....	20
<u>2.4.1.2. Kyslík</u> .....	20
<u>2.4.1.3. Teplota</u> .....	20
<u>2.4.1.4. Světlo</u> .....	21
<u>2.4.2. Vnitřní podmínky klíčení</u> .....	21
<u>2.4.2.1. Nepropustnost povrchových vrstev pro vodu</u> .....	21
<u>2.4.2.2. Nepropustnost povrchových vrstev pro plyny</u> .....	21
<u>2.4.2.3. Mechanická pevnost testy</u> .....	21
<u>2.4.2.4. Nevyvinutost embrya</u> .....	22
<u>2.4.2.5. Vysoký obsah inhibičních látek</u> .....	22
<u>2.4.2.6. Vliv mateřské rostliny</u> .....	22
<u>3. CÍL</u> .....	23
<u>4. METODIKA</u> .....	24
<u>4.1. Charakteristika lokality sběru semen</u> .....	24
<u>4.2. Technika sběru semen</u> .....	25
<u>4.3. Stratifikace</u> .....	25
<u>4.4. Testy klíčivosti</u> .....	25
<u>4.5. Laboratorní experimenty</u> .....	26
<u>4.5.1. Vliv podmínek skladování a různých teplot na klíčení</u> .....	26
<u>4.5.2. Stanovení hmotnosti tisíce semen</u> .....	26

4.6 Zpracování a vyhodnocení výsledků .....	26
<u>5. VÝSLEDKY</u> .....	27
5.1. Vliv podmínek skladování a teplot na klíčivost .....	27
5.1.1. Vliv podmínek skladování na klíčivost .....	27
5.1.2. Vliv teplot a podmínek skladování na klíčivost .....	28
5.1.3. Vliv teplot a podmínek skladování na dynamiku klíčení .....	29
<u>6. DISKUSE</u> .....	33
<u>7. ZÁVĚR</u> .....	34
<u>8. POUŽITÁ LITERATURA</u> .....	35

# 1. ÚVOD

*Campanula bohemica* je neoendemitem Krkonoš, vyskytující se v nadmořských výškách cca 800 – 1500 m n. m. Taxon je v Krkonoších rozšířen na druhově pestrých květnatých loukách, travnatých a kamenitých svazích, v antropicky narušených ekotonových společenstvech lemů turistických cest a v okolí turistických center v hřebenové části Krkonoš. V polské části pohoří je druh velmi vzácný, vázaný pouze na kary. Na české straně Krkonoš má několikanásobně více lokalit vzhledem k přítomnosti druhotných obhospodařovaných květnatých luk. Jedním ze společenstev, kde se *C. bohemica* v minulosti hojněji vyskytovala jsou i druhově chudé smilkové porosty. Právě v těchto porostech dochází v současnosti mj. k častému žíru spárkatou zvěří, jež může být kromě opuštění od pravidelného obhospodařování a nadměrné eutrofizace stanovišť jednou z příčin poklesu početnosti lokalit tohoto druhu v Krkonoších. Ke stanovení účinných možností jak zvýšit početnost druhu *C. bohemica* na svých přirozených stanovištích je třeba mj. zkoumat klíčivost *C. bohemica* v laboratorních i přírodních podmínkách, dále možnosti šíření diaspor a následného klíčení *C. bohemica* v různých rozdílně obhospodařovaných vegetačních typech, i zhodnotit vliv pastvy spárkaté zvěře na horské travní porosty s výskytem tohoto druhu.

## 2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1. Charakteristika rodu *Campanula*

Rod *Campanula* obsahuje asi 300 druhů rozšířených v mírném pásmu severní polokoule, zvláště ve Středozeří nebo také v horách tropů (KOVANDA in SLAVÍK, 2000). U nás je původních čtrnáct druhů a pět zavlečených. Mimo nich se v zahradách pěstuje mnoho okrasných trvalek a skalniček, které zatím nikde nezplaněly a proto se v květeně neuvádí (VIEWEGH).

Rostliny rodu *Campanula* - zvonek jsou vytrvalé případně jednoleté nebo dvouleté byliny s jednoduchými listy.

Květy jsou uspořádány v latách, hroznech, klasech nebo strboulech, někdy jsou jednotlivé. Kalich je členěný do 1/4 – 1/2, kališní cípy jsou trojúhelníkovité až čárkovité, u některých druhů jsou mezi cípy přívěsky.

Koruna je zvonkovitá, trubkovitě zvonkovitá nebo nálevkovitě zvonkovitá, modrá (v různých odstínech) nebo fialová, vzácně bílá nebo žlutá, u pěstovaných rostlin i růžová nebo červená. Nitky tyčinek jsou při bázi rozšířené, kryjící nektarium, prašníky volné. Semeník je 3pouzdrý, vzácně 5pouzdrý. Tobolky tenkostěnné, někdy mírně dřevnatějící, otvírající se 3(-5) děrami při bázi nebo při vrcholu. Semena jsou drobná, četná, elipsoidní, někdy zploštělá nebo s lemem (KOVANDA in SLAVÍK, 2000).

#### 2.1.1. Charakteristika vybraných druhů z rodu *Campanula*

Morfologická charakteristika druhů *Campanula gelida* KOVANDA a *Campanula scheuchzeri* VILL. má za úkol přiblížit problematiku druhů příbuzných *Campanula bohemica* HRUBY. Charakteristiky všech tří druhů vychází z prací Kovandy (KOVANDA, 2000).

##### 2.1.1.1. *Campanula rotundifolia* L. subsp. *rotundifolia*

Vytrvalé byliny. Kořen tenký, větvený, oddenek tenký, plazivý, větvený. Lodyha větvená (často už od báze), přímá nebo krátce vystoupavá, 20-40(-60) cm vysoká, oblá, v dolní části pýřitá nebo vzácně lysá. Rovnoměrně řídce olistěná (výjimečně listy nahloučené v dolní části lodyhy). Přízemní listy dlouze řapíkaté, v době květu často chybějí (žijí obvykle 2-3 roky), čepel okrouhlá, ledvinitá až tupě srdčitá, jemně vroubkovaná až celokrajná. Dolní lodyžní listy zřetelně řapíkaté s čepelí úzce kopinatou až podlouhlou, oddáleně pilovitou až celokrajnou, na okraji brvitou, při rozkvětu většinou ještě zelenou, ostatní listy zúženou bázi



přisedlé, úzce kopinaté až čárkovitě kopinaté, lysé, nejhořejší čárkovité, zřídka všechny listy (kromě 1-3 nejdolnějších) čárkovité. Květenství je volné, bohatě hroznovité nebo latovité, většinou mnohokvěté, poupata vzpřímená. Kališní cípy jsou úzce čárkovité až čárkovitě kopinaté, rovné, zděli 1/7-3/5 koruny, přitisklé, odstálé nebo rozestálé, vzácně nazpět zahnuté, při bázi 0,8-1,2 mm široké. Koruna je zvonkovitá až nálevkovitá, (10-)12-18(-20) mm dlouhá, s cípy rozestálými, řidčeji rovnými nebo nazpět ohnutými, k bázi znenáhla zúžená, blankytně modrá. Prašníky zděli nebo poněkud kratší než nitky. Semeník je lysý, výjimečně s několika roztroušenými papilami. Tobolky čihovité až kuželovitě zúžené, otevírající se 3 děrami při bázi, blanité, nicí, 2-3(-5) mm dl. Semena elipsoidní, (0,5-)0,6-1,0(-1,1) mm dlouhá, kvete V-IX(-X). (KOVANDA, 2000).

### **2.1.1.2. *Campanula gelida* KOVANDA**

Vytrvalé, trsnaté byliny. Kořen tenký, větvený, oddenek tenký, plazivý, větvený. Lodyha přímá nebo krátce vystoupavá, (8-)12-18(-20) cm vysoká, tuhá, v dolní části hranatá, na hranách brvitá (vz. i mezi hranami chlupatá nebo celá lysá). Přízemní listy dlouze řapíkaté, k vidění po celý život rostliny (přezimující nebo nově vytvářené), čepel okrouhlá až okrouhle ledvinitá, celokrajná nebo oddáleně vroubkovaně pilovitá. Lodyžní listy jsou v dolní části lodyhy volně nahloučené, dolní řapíkaté s čepelí úzce obvejčitou nebo úzce kopinatou, tupou, při bázi brvitou, ostatní víceméně přisedlé, úzce kopinaté nebo čárkovitě kopinaté, lysé. Květy jednotlivé nebo v chudokvětém (2-4květém) hroznu, poupata vzpřímená. Kališní cípy jsou trojúhelníkovitě kopinaté, rovné, zděli 2/5-3/5 koruny, při bázi 2,2-3,1 mm široké. Koruna zvonkovitá až trubkovitá, 17-20(-22) mm dlouhá, s cípy vzpřímenými až rozestálými, k bázi obloukovitě zúžená, fialově modrá. Prašníky zděli nebo nepatrně delší než nitky. Semeník lysý. Tobolky čihovité až kuželovité, (4-)5-6(-7) mm dlouhé, blanité, nicí, otvírající se 3 děrami při bázi. Semena elipsoidní, 0,7-0,9(-1,1) mm dlouhá. Kvete VII-VIII. (KOVANDA in SLAVÍK, 2000).

## **2.2. *Campanula bohemica* HRUBY (zvonek český)**

Zvonek český je vytrvalý horský druh, který v zemi přežívá oddenkem. Od zvonku okrouhlostého, se kterým je zaměnitelný, se odlišuje výrazně hranatými lodyhami a většími květy. Vzácně dochází ke křížení těchto dvou druhů, vzniklý kříženec se nazývá zvonek Pilousův. Zvonek český se často i dost hojně vyskytuje v Krkonoších, na naší i na polské straně. Jeho modré květy zbarvují louky od Pece pod Sněžkou po Luční boudu či okolí Svatého Petra. Lze ho nalézt zhruba od 800 metrů nad mořem po Sněžku. Daří se mu

především na slunných květnatých horských loukách, jejichž půda je vlhká a dostatečně zásobená živinami. Nachází se i na okrajích kosodřevinných porostů (JEŽEK, 2008).

Zvonek český (*C. bohémica* HRUBY) je jedním z 19 druhů rodu zvonek (*Campanula* L.) volně rostoucích na území České republiky (VIEWEGH). Je krkonošskou endemitní rostlinou, rostoucí v tundrové oblasti hor. Je zařazen mezi silně ohrožené v seznamu zvláště chráněných druhů rostlin v novelizované vyhlášce Sbírký zákonů č. 395/1992, jako silně ohrožený je uveden také v Červeném seznamu cévnatých rostlin a v červeném seznamu Správy KRNP. Taxon byl navržen k ochraně ve směrnici o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin EU v síti NATURA 2000. Od roku 2004 je zvonek český prioritním druhem NATURY 2000 a předmětem ochrany Evropsky významné lokality Krkonoše (PETRÁSOVÁ, 2006).

### 2.2.1. Původ názvu

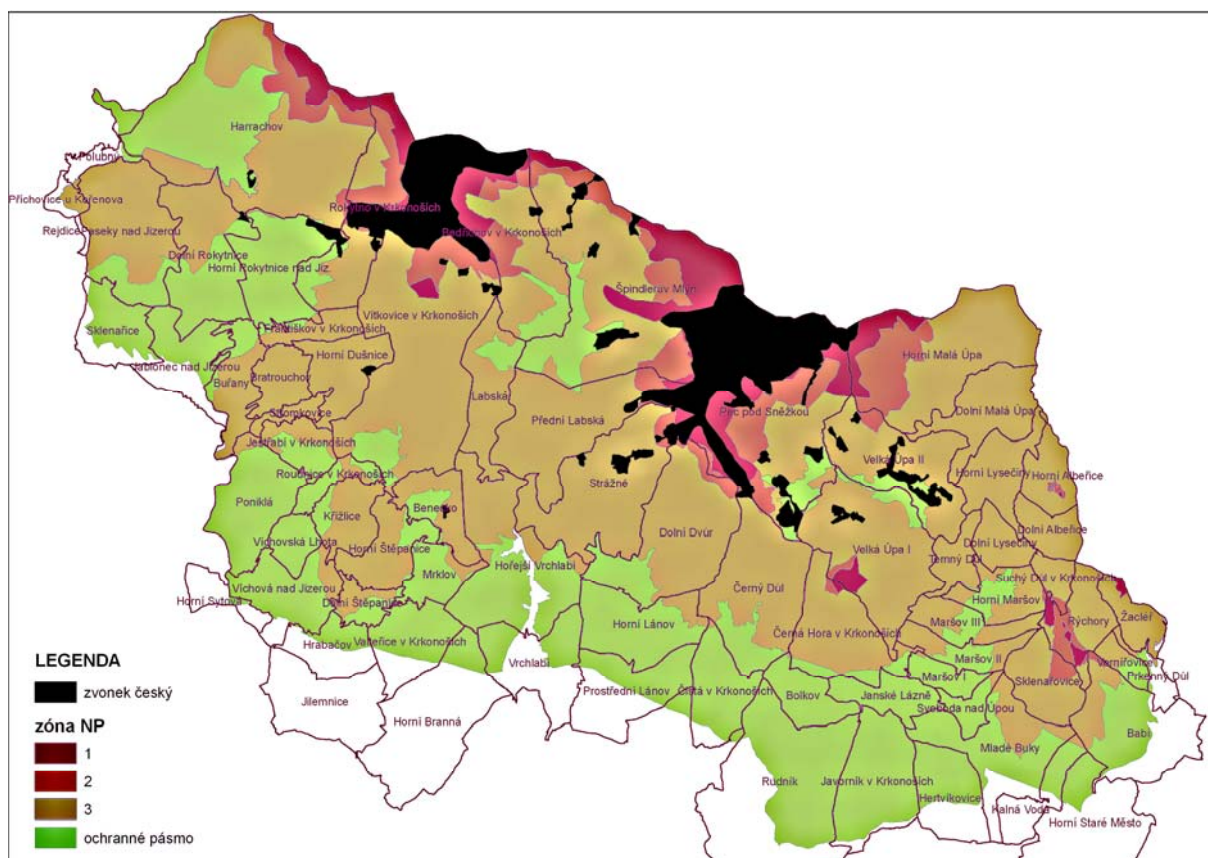
Rodové jméno *Campanula* pochází z latinského *campana* (zvon) což stejně jako český název zvonek poukazuje na morfologii koruny. Druhový přívlastek *bohémica* – (český) ev. *corcontica* – (krkonošský) zřetelně poukazuje na endemismus druhu.

### 2.2.2. Biologická charakteristika

KOVANDA (2000) charakterizuje *C. bohémica* takto: Vytrvalé byliny. Kořen tenký, větvený. Oddenek tenký, plazivý, větvený. Lodyhy jednotlivé nebo po několika, kratičce vystoupavé až přímé, (10-)15-25(-40) cm vysoké, tuhé, v dolní části zřetelně hranaté, na hranách brvitě (řidčeji lysé nebo i mezi hranami chlupaté). Přízemní listy dlouze řapíkaté, v době květu odumřelé často chybějí, čepel okrouhle srdčitá, vroubkovaná až víceméně celokrajná. Lodyžní listy většinou v dolní části lodyhy volně nahloučené, dolní řapíkaté s čepelí úzce podlouhlou nebo úzce kopinatou, tupou, oddáleně pilovitou až celokrajnou, při bázi brvitou, střední listy zúženou bázi přisedlé, úzce kopinaté až čárkovitě kopinaté, celokrajné, horní přisedlé, čárkovitě kopinaté až čárkovité. Květy v chudém (2-5květě) hrozně nebo jednotlivé, poupata vzpřímená, někdy (zvláště po dešti) obloukem skloněná. Kališní cípy trojúhelníkovitě kopinaté, rovné, zděli 1/4-3/5 koruny, rozestálé až nazpět zahnuté, při bázi 2,1-3,0 mm široký. Koruna je zvonkovitá až trubkovitá, 16-23(-25) mm dlouhá, s cípy rozestálými, při bázi víceméně polokulovitá, fialově modrá. Prašníky zděli nebo nepatrně delší než nitky. Semeník lysý. Tobolky podlouhle kuželovité, (5-)6-8(-10) mm dlouhé, blanité, nicí, otevírají se 3 děrami při bázi. Semena elipsoidní, (0,7-)0,8-1,0 mm dlouhá, kvete VII-VIII(-IX) (KOVANDA, 2000), (KUBÁT, 2002).

### 2.2.3. Rozšíření

*Campanula bohemica* roste pouze v Krkonoších, na české i polské straně pohoří, přičemž v Polsku se vyskytuje pouze na dvou lokalitách. Objevuje se hojně cca od 800 do 1500 m n. m., nejnižší výskyt byl zaznamenán v 705 m n. m. (Přední Labská), nejvyšší 1602 m n. m. (Sněžka) (CHEJNOVÁ et al., 2000). Mapa výskytu je přiložena. Taxon byl v Krkonoších v minulosti dosti početný, nyní prochází regresí. Vyskytuje se i v antropogenně ovlivněných plochách podél turistických cest, horských bud a odpočívadel v 1. a 2. zóně KRNAP ve východních Krkonoších (PETRÁSOVÁ, 2006).



Obr. 1: Rozšíření zvoneku českého v Krkonoších

Zdroj: KRNAP

### 2.2.4. Endemismus druhu *Campanula bohemica*

Zvonek český je krkonošským endemitem, který neroste nikde jinde na světě. V době ledové se rozšířila tundra v celém prostoru mezi alpským a skandinávským ledovcem, takže v tomto prostoru mohla migrovat chladnomilná společenstva na vzdálenost tisíce kilometrů. (SÝKORA et al., 1983) Přibližně před 20 tisíci lety skončilo poslední výrazné zalednění Evropy, oteplilo se a ledovce ustoupily k severu. Svahy většiny evropských

středohor pokryly lesy. V té době se tundra na nejvyšších hřebenech Krkonoš stala izolovaným ostrovem. Tehdy zde začaly v dlouhodobé izolaci vznikat svéráznými biologickými procesy některé nové druhy rostlin (i živočichů) dodnes známých pouze z Krkonoš. Výjimečnost zvonku českého souvisí právě s jeho specifickým vznikem (JEŽEK, 2008). Zvonek je nejbližše příbuzný s alpským zvonkem Scheuchzerovým (*Campanula scheuchzeri* VILL.), který se v nepočtené populaci nastěhoval do Sudet (PETRÁSOVÁ, 2006). Jeho zdejší izolované populace se pak za několik tisíc let vyvinuly v samostatný druh s jedním endemickým poddruhem v Krkonoších (*Campanula bohémica* HRUBY) a druhým v Jeseníkách (*Campanula gelida* KOVANDA). V současné době jsou morfologicky zřetelné taxony brány jako samostatné druhy (KOVANDA 2000 in PETRÁSOVÁ, 2006). Morfologická různorodost ve vztahu k taxonu *Campanula scheuchzeri* VILL. a blízká příbuznost mezi druhy *Campanula bohémica* a *Campanula gelida* naznačuje, že oba druhy *Campanula bohémica* a *Campanula gelida* přišly do Sudet relativně brzy. Několik klonů mohlo přežít v krytých místech v blízkosti ledových mas a sněhových závějí tak jako roste lokálně *Campanula scheuchzeri* v Alpách i dnes. Současné území rozšíření druhu *Campanula gelida* se shoduje s jedním z předpokládaných útočišť.

Podle moderní klasifikace endemismu jsou oba druhy *Campanula bohémica* a *Campanula gelida* jasně přiřazovány k schizoendemismu. Tento termín zahrnuje vikariotní taxony, které vznikly postupnou specializací na stejné ploidní úrovni v rozdílných částech území (PETRÁSOVÁ, 2006).

### 2.2.5. Variabilita

*Campanula bohémica* je jen málo odlišná od podobného hojně rozšířeného alpského zvonku *Campanula scheuchzeri*. Oba druhy mají společné tyto diagnostické znaky: tvar hlavního kořene a rhizomů, typ lodyžního ochlupení, typ olistění, tvar kališních lístků a velikost tobolky. Rozdíl je pouze ve tvaru lodyžních listů (ostré u *Campanula scheuchzeri*, víceméně tupé u *Campanula bohémica*) a v poloze květních pupat (převísle u *Campanula scheuchzeri*, vzpřímené u *Campanula bohémica*). Rozdíly mezi *Campanula scheuchzeri* a *Campanula bohémica* jsou mnohem menší než rozdíly mezi *Campanula bohémica* a dalšími zástupci skupiny *Vulgares* (*Campanula rotundifolia* sensu. lat). V minulosti bylo s krkonošským materiálem dlouho nakládáno jako s identickým s *Campanula scheuchzeri*, protože v herbářových položkách chyběla květní pupata, bez kterých nelze taxony rozeznat aniž by byl známý jejich původ (KOVANDA, 1977).

## 2.2.6. Ekologie a cenologie

*Campanula bohemica* roste na vlhkých půdách horských luk s dostatečnou zásobou živin – svaz *Polygono-Trisetion* (CHYTRÝ et al., 2001). Druh roste v acidofilních travnatých společenstvech na skeletovitých bohatě zásobených humusových půdách. Hlavní rozšíření je především na druhově bohatých horských loukách svazu *Calamagrostion villosae* a v smilkových porostech v náhorní tundrové oblasti. Druh byl zaznamenán ve svazu *Juncion trifidi*, velmi vzácně byl taxon nalezen na skalách v Kotelných jamách (PETRÁSOVÁ, 2006).

Tento druh roste ve společenstvech řádu *Arrhenatheretalia*, *Calluno-Ulicetalia*, *Caricetalia curvulae* a *Calamagrostietalia villosae*. Nejzazší výskyt byl zaznamenán od 705 (Přední Labská) do 1602 m n. m. (Sněžka) na různých stanovištích (CHEJNOVÁ et al., 2000):

Ledovcové kary obohacené eolitickými sedimenty (*Thesio alpini-Nardetum phleetosum alpini*) – přirozená stanoviště.

Pravidelně obhospodařované louky od montánního stupně do nejvyšších antropicky vzniklých nelesních enkláv (1335 m n. m.) – sekundární výskyt.

Druhově chudá vřesoviště výchozů tvrdých skal (*Arnico montanae-Callunetum*) – výskyt spíše způsoben mělkostí půdy.

Nízké, druhově chudé smilkové porosty (*Carici fylloae-Nanletum typicum*) na hřebenech hor – výskyt způsoben obhospodařováním porostů v minulosti (Modrý důl, Labská louka), blízkostí ledovcových karů a přítomností turistických cest, které jsou jedním z migračních koridorů mezi přirozenými stanovišti ledovcových karů a nižšími květnatými sekundárními loukami.

Lemy turistických cest v nejvyšších polohách pohoří (*podél České cesty*: Horní Mísečky – pramen Labe, *podél Slezské cesty*: Přední Rennerovky – Luční bouda). V lemech cest jsou sukcesní nebo degradovaná společenstva, na něž navazují ve vyšších polohách porosty asociace *Cetrario-Festucetum supinae*, *Caricifyllae-Nardetum* a *Polygono-Deschampsietum flexuosae*, v nižších polohách asociace *Myrtillo-Pinnetum mughi* a *Crepidocalamagrostietum villosae*. Jedná se o nelesní, antropicky ovlivněné porosty s nízkou, málo zapojenou vegetací, s velkou intenzitou osvětlení i přítomností komprimofilních (*Poa annua*, *Plantago major*) a alchtonních druhů (*Hypericum maculatum*, *Senecio hercynius*, *Epilobium angustifolium*, *Festuca rubra* agg., *Ranunculus acris*) (CHEJNOVÁ et al., 2000).

### 2.2.7. Ohrožení druhu

Zvonek český je dosud místy hojný a to i přesto, že byl v posledních desetiletích zaznamenán jeho ústup. Vzácnost druhu, v tomto případě relativní pojem, je dána zejména faktem, že roste výlučně v Krkonoších. Zvonek český je ohrožen změnami v obhospodařování luk a opuštěním tradičních postupů, které fungovaly v Krkonoších po staletí. Dlouhodobým působením došlo k vytvoření hodnotných a druhově bohatých luk, v nichž je zvonek český doma. Bohužel právě tyto louky prodělaly v druhé polovině 20. století velký ústup a s nimi i tento druh. Určitým rizikem je také přítomnost zvonku okrouhlostého, který spolu s lidmi proniká do stále výše položených území Krkonoš. Častější křížení těchto dvou druhů by mohlo ohrozit původní čisté populace zvonku českého (JEŽEK, 2008).

Zvonek český je prohlášen za silně ohrožený v seznamu zvláště chráněných druhů rostlin v novelizované vyhlášce Sbírkou zákonů č. 395/1992, za silně ohrožený podle Červeného seznamu cévnatých rostlin České republiky (PROCHÁZKA et al., 2001) a je uveden v Červeném seznamu Správy KRNAP (ANONYMUS 1996). Taxon byl navržen k ochraně ve směrnici o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin EU v síti NATURA 2000 (HARČARIK 2000). Od roku 2004 je zvonek český prioritním druhem NATURY 2000 a předmětem ochrany Evropsky významné lokality Krkonoše.

Jedním ze společenstev, kde se *C. bohemica* v minulosti hojněji vyskytovala jsou i druhově chudé smilkové porosty. Právě v těchto porostech dochází v současnosti mj. k častému žíru spárkatou zvěří, jež může být kromě opuštění od pravidelného obhospodařování a nadměrné eutrofizace stanovišť jednou z příčin poklesu početnosti lokalit tohoto druhu v Krkonoších.

#### 2.2.7.1. Výskyt spárkaté zvěře v oblasti růstu *C. bohemica*

Území výskytu zvonku českého spadá z mysliveckého hlediska na území tří honiteb - Prameny Úpy, Prameny Labe a Prameni Mumlavý. V těchto honitbách se v nadmořské výšce nad 800m n.m. vyskytuje ze spárkaté zvěře pouze jelen lesní (*Cervus elaphus*) a srnec obecný (*Capreolus capreolus*), přičemž srnec obecný se z hlediska výskytu zvonku českého pohybuje spíše v nižších polohách. V zimě je nadmořská výška jeho výskytu limitována hranicí cca 1000 m n.m., v letních měsících může vystoupit až do cca 1200 m n.m. Současný normovaný stav jelena lesního je 12,2 ks na 1000 ha lesních porostů, pro srnce obecného je to 24,3 ks na 1000 ha honitby (FLOUSEK, 2009).

### **2.2.7.2. Složení přirozené potravy jelení zvěře v oblasti Krkonoš.**

Podrobným složením potravy spárkaté zvěře v Krkonoších se zabývali mimo jiné i FIŠER et LOCHMAN (1969). Z jejich výzkumů vyplývá, že významné procento podílu bylin v potravě jelena lesního činí celoročně pouze 1,06%. V letních měsících, v době květu zvonku českého podíl bylinné složky potravy dělá 10,76%, přičemž asi třetinu z tohoto procenta dělají kapradiny a přesličky. Zbylé 2/3 připadají na byliny blíže neurčené, což se může týkat i zvonku českého. Mimo bylinnou složku tvoří složení potravy jelena lesního v letních měsících ze 71,98% trávy a 13,45% polokeře, především borůvka (*Vaccinium myrtillus*). Na listnaté a jehličnaté dřeviny připadají v letních měsících necelá tři procenta. (FIŠER et LOCHMAN, 1969)

### **2.2.7.3. Složení přirozené potravy srnčí zvěře v oblasti Krkonoš.**

Celoroční podíl bylinné složky v potravě srnce obecného (*Capreolus capreolus*) dělá 41,06%. V letních měsících se tento podíl vyšplhá na 54,02%. Co se týká ostatních složek potravy, druhou nejvýznamnější složkou jsou polokeře (17,01%) s významným zastoupením borůvky (*Vaccinium myrtillus*), listnaté dřeviny a keře (13,63%) a jehličnaté dřeviny (4,95%). Zbylá část (0,36%) připadá na plodnice hub (FIŠER et LOCHMAN, 1969).

Z bylinné složky potravy lze identifikovat zhruba 2/3 druhů bylin, třetina tvoří blíže neurčitelné druhy bylin, kam můžou spadat i rostliny zvonku českého (FIŠER et LOCHMAN, 1969).

## **2.3. Biologické vlastnosti semen**

### **2.3.1. Rozmnožování zvonku**

Druh *Campanula bohemica* se rozmnožuje výlučně amfimikticky, apomixie nebyla pozorována. Je entomofilní, květy jsou otevřené, snadno přístupné i větším druhům hmyzu. Opylení je zpravidla provedeno včelami a čmeláky (KOVANDA, 1970). Všechny zvonky jsou jak alogamické, tak autogamické (KOVANDA in SLAVÍK, 2000).

### **2.3.2. Šíření semen**

Zvonek český, stejně jako všechny ostatní zvonky nedisponuje žádnými speciálními prostředky k šíření semen. Jeho velmi početná semena, jsou lehká a šíří se především větrem. Účinnost anemochorie závisí i na relativním umístění výtrusných pórů tobolky vzhledem k tobolce a k zemi. Nicí tobolky zvonku českého se otvírají třemi otvory při bázi, čímž je

zamezeno volnému vypadávání semen. Tedy stejně jako u většiny zvonků jsou otvory umístěny nad tobolkou a aby semena vypadla, musí být rostlina nejdříve rozhoupána větrem (KOVANDA, 1970).

SLAVÍKOVÁ (1986) uvádí, že v případě anemochorie mohou být diaspority zanášeny větrem na vzdálenosti několika set až tisíc metrů, v nepřímé úměře k hmotnosti semen.

### **2.3.3. Půdní banka semen**

Zralá semena se po rozšíření od mateřské rostliny hromadí na povrchu půdy a odtud se různými způsoby (činností živočichů nebo propadáváním do půdních prasklin) dostávají do její povrchové vrstvy (MIKULKA et al., 2005). Část jich může, jsou-li vhodné podmínky, vyklíčit ihned, většinou se však shromažďují v latentním stavu jako zdroj potenciální vegetace (SLAVÍKOVÁ, 1986). Tímto způsobem je zajištěno šíření diaspor v čase což přináší stejné výhody jako šíření semen v prostoru (MIKULKA et al., 2005).

Zásoba diaspor v půdě se nazývá často „banka semen“. Každým rokem do ní dopadají kontinuálně nové diaspority, takže je v půdě smíchána ve formě diaspor vegetace minulá s přítomnou. Půdní zásoba semen je zdrojem, ze kterého rychle vyrostou noví jedinci nových druhů, jestliže se změní podmínky stanoviště. Tím je možno vysvětlit rychlé rozšíření hned během první vegetační sezóny např. „pasekových“ druhů rostlin na místě, kde byl vykácen les nebo velký počet druhů plevelů během prvního roku na půdě opuštěného pole. Přímým počítáním na poli na ploše 1 m<sup>2</sup> a do hloubky 15 cm bylo zjištěno v půdě 30 000 až 150 000 semen a plodů, reprezentujících např. až 47 druhů vyšších rostlin. Počet diaspor, které jsou přítomny v půdě, mnohonásobně převyšuje počet vyrostlých jedinců. Např. bylo zjištěno, že na polní pokusné ploše počet všech semenáčků plevelů, které vyklíčily, představoval pouze 3-6% semen z celkové zásoby semen v 10cm vrstvě půdy téže plochy. Většinou se diaspority hromadí pouze v povrchové vrstvě půdy, do hlubších vrstev jejich počet velmi rychle ubývá (SLAVÍKOVÁ, 1986).

### **2.3.4. Dormance semen**

Některá semena neklíčí proto, že v místě nebo čase, kde se zrovna nacházejí, nejsou pro klíčení vhodné podmínky. Většina semen však neklíčí, protože jsou ve stavu dormance (MIKULKA et al., 2005).

Dormance představuje stav klidu, kdy semena (diaspority) oddělená od mateřské rostliny neklíčí ani tehdy, jsou-li vystavena podmínkám vhodným pro klíčení. Dormantní



semena jsou živá, ale nejsou aktivní (MIKULKA et al., 2005). Jejich metabolismus téměř ustává, je snížen na minimum. Schopnost rostlin přežít v latentní stavu ve formě diaspor je výsledkem dlouhodobé evoluce rostlin a jejich adaptace na vnější podmínky. Dormance umožňuje rostlině překonat období, které je nepříznivé pro její růst a vývoj. Je tedy adaptací rostliny na nepříznivé podmínky prostředí (SLAVÍKOVÁ, 1986). Z tohoto důvodu se vyvinuly různé mechanismy blokad, stejně jako jsou rozdíly v klimatických podmínkách a typech stanovišť, ve kterých rostliny rostou (BASKIN et BASKIN, 2004), dokonce v rámci jednoho rodu mohou být jednotlivé druhy s různou dormancí (SLAVÍKOVÁ, 1986).

Dormantní semeno nemá potenciál klíčit v určitém časovém období, za žádné kombinace příznivých faktorů pro jeho klíčení. K tomu, aby se semena opět aktivovala a byla schopna za vhodných podmínek klíčit je většinou potřeba, aby byla po určitý čas vystavena podmínkám, které vyvolávají ukončení dormance. Jsou to převážně vlhkostní, teplotní a světelné podmínky, panující v období před nástupem hromadného klíčení v přírodě (MIKULKA et al., 2005). Dormanci semen ovlivňuje široká škála činitelů prostředí. Všechny tyto činitele mohou představovat blokaci klíčení. Postupným odstraněním těchto bloků dochází ke splnění podmínek k přerušení dormance, přičemž záleží i na určitém sledu, má-li být proces účinný.

Existuje několik členění typů dormance podle různých autorů a různých faktorů. Obecné základní rozdělení udává dva druhy dormance - primární (vrozenou) a sekundární (vyvolanou).

#### **2.3.4.1. Primární dormance**

Primární, nebo též vrozená dormance je geneticky určenou vlastností semene (SLAVÍKOVÁ, 1986). Tento typ dormance mají ty druhy rostlin, jejichž semena jsou neklíčivá ihned po dozrání na mateřské rostlině. Dormance tohoto typu se projevuje většinou bez ohledu na panující podmínky prostředí a chrání semena, aby nevyklíčila před nástupem nepříznivých podmínek. Například, aby semena druhů vzcházejících na jaře nevyklíčila již na podzim. K ukončení tohoto typu dormance je třeba vystavit semena po určitou dobu zvláštním podmínkám, které daný druh k překonání dormance potřebuje (MIKULKA et al., 2005). Bývá to často nízká teplota (tj. stratifikace) nebo střídání teploty. Dormanci může jindy ukončit dozrání embrya, narušení osemení a různé další faktory. Dormance řady našich druhů se přeruší působením mrazů v zimním období. Je to vůbec nejčastější způsob ukončení dormance. Takové druhy klíčí až na jaře (v druhém roce po uzrání semen), tj. v době, kdy

jsou již zajištěny dobré teplotní i vlhkostní podmínky pro vyklíčení rostliny (SLAVÍKOVÁ, 1986).

Semena mnohých druhů potřebují k vyklíčení zvláštní podnět, bez něhož nevyklíčí, ani když dormance již skončila. Bývá to často vystavení světlu nebo pravidelnému střídání teploty, k jakému dochází v povrchových vrstvách půdy během dne a noci. Mnohé druhy potřebují pro vyklíčení jiné specifické podněty (MIKULKA et al., 2005).

#### **2.3.4.2. Sekundární dormance**

Sekundární dormance (někdy též vyvolaná dormance) spočívá v tom, že zralá semena neklíčí a zůstávají ve stadiu latentního klidu proto, že podmínky na stanovišti nejsou dostatečně vhodné pro jejich klíčení (SLAVÍKOVÁ, 1986). Vzniká u klíčivých semen (tj. těch, která primární dormanci již ukončila, nebo ji nikdy neměla) ležících v půdě, jako reakce na určité, většinou nepříznivé podmínky. Sekundární dormance může být vnucená nebo indukovaná (MIKULKA et al., 2005).

Vnucená dormance – je stav, kdy semeno je udržováno působením vnějších podmínek. Po odeznění těchto podmínek dojde brzy i k ukončení dormance. Semeno může být udržováno ve stavu dormance nedostatkem vhodných podmínek pro růst (voda, přísun kyslíku, vhodná teplota) nebo faktorů bránících klíčení (vysoká koncentrace oxidu uhličitého). Takto mohou semena setrvat v dormantním stavu velmi dlouhá období a vyklíčit za příznivých podmínek, nebo po obdržení chybějících zdrojů.

Indukovaná dormance – je stav fyziologicky podobný primární dormanci. To znamená, že sekundárně dormantní semena nevyklíčí ihned po nástupu příznivých podmínek, ale k ukončení dormance potřebují projít obdobím podmínek vhodných pro ukončení dormance. K indukci sekundární dormance je zapotřebí zvláštních podmínek podobných těm, které panují v období vnucené dormance. Obecně lze říci, že u druhů vzcházejících na jaře je sekundární dormance indukována při vyšší teplotě půdy v létě a trvá zpravidla od poloviny léta až do zimy. Zabraňuje vyklíčení semen těchto rostlin na podzim. Naopak u druhů vzcházejících na podzim bývá sekundární dormance indukována v podmínkách nízkých půdních teplot v zimě. Trvá od konce zimy až do léta a zabraňuje vyklíčení semen na jaře (MIKULKA et al., 2005). Indukovaná dormance může vzniknout v semenech s nehlubokou fyziologickou dormancí a často ji lze spojovat s pravidelnými ročními dormantními cykly v půdní bance semen, kde se střídá období klíčení a sekundární dormance (BASKIN et BASKIN, 2004).

### 2.3.5. Klíčení semen

Klíčení je obnovení metabolické aktivity semen vedoucí k prodlužování buněk radikuly a hypokytolu embrya. Semena v endogenní dormanci mohou klíčit až po jejím odeznění. Semenům bez endogenní dormance postačí ke klíčení zbobtnání ve vodě, jsou-li přitom splněny další vnější podmínky (teplota, obsah kyslíku a u některých druhů intenzita světla). Příjmem vody do koloidního systému semen během bobtnání je narušen klid semen (dormance) související s odvodněním cytoplazmy. Bobtnat mohou i mrtvá semena, neschopná klíčit. U semen s živým embryem však dochází k aktivaci dýchání a stupňování enzymatické a hormonální aktivity. Ta je nezbytná k mobilizaci látek uložených v rezervních orgánech semen (v endospermu, dělohách, popř. v perispermu) a využívaných pro výživu klíčícího embrya. To vše se děje ještě před tím, než dojde k viditelnému klíčení, tj. k růstu radikuly embrya skrz prasklou testu semene.

Klíčení začíná vždy růstem kořínku, ten přitom roste zprvu jen prodlužováním buněk vytvořených v embryu a po určitou dobu nejprve brzdí růst nadzemních částí klíčící rostliny (PROCHÁZKA et al., 1998). V případě *Campanula bohemica* HRUBY se jedná o klíčení epigeické, kdy jsou dělohy vyneseny rostoucím hypokotylem nad povrch půdy a představují první asimilační orgány (PROCHÁZKA et al., 1998).

### 2.3.6. Klíčivost semen

Klíčovostí rozumíme počet klíčících semen schopných dalšího vývoje. Zjišťujeme ji laboratorní zkouškou během stanovené doby na lůžku. Podle normy se v určených dnech nejprve stanoví v první etapě energie (rychlost) klíčení. Ve druhé etapě se určí vlastní klíčivost. Vyjadřuje se nejčastěji v procentech.

Celá řada rostlinných druhů dosahuje klíčivosti teprve tehdy, když semena vyschnou. Jak se vysycháním dosahuje plné klíčivosti je nejasné (HESS in PROCHÁZKA et al., 1998). Semena ztrácejí i v optimálních podmínkách po určité době životnost, což je spojeno s degradací DNA. K optimálním podmínkám skladování patří kromě snížení obsahu vody v semenech především snížení teploty. Vysoká teplota a vlhkost během skladování mohou působit velmi škodlivě, neboť kromě ztrát vzniklých „prodýcháním“ zásob semene hrozí nebezpečí, že teplo uvolněné při dýchání semen poškodí probuzený zárodek.

Životnost semen má v závislosti na druhu rostlin odlišnou dobu trvání. Ztráta klíčivosti během doby skladování semen souvisí především s poruchami transkripce a translace nukleových kyselin, a tím i s poklesem enzymatické aktivity. K tomu dochází

dříve u semen, jež byla sklizena nedostatečně vyzrálá nebo byla skladována za nevhodných podmínek (PROCHÁZKA et al., 1998).

## **2.4. Faktory ovlivňující klíčivost a dormanci**

### **2.4.1. Vnější podmínky klíčení**

#### **2.4.1.1. Voda**

Voda je nezbytná pro zbobtnání semen, jež předchází jejich klíčení. Testa (osemení) je pro vodu nejvíce prostupná kolem pupku semene. Ve vodě často tvoří nejprve záhyby. Rychlost absorpce vody je největší hned poté, co semena přišla v půdě do styku s vodou. Příjem vody v této první etapě nezávisí na životních pochodech a zvyšuje se se vzestupem teploty. Závislost příjmu vody na osmotickém tlaku roztoku, v němž semena bobtnají, je nepřímá.

Největší úroveň hydratace je v embryu. Jakmile v něm vzroste obsah vody nad 60%, začnou se v semeni aktivovat metabolické systémy, a tím i příprava na objemový růst embryonálních buněk. Příjem vody do embrya pak souvisí také s transportem organických sloučenin ze zásobních částí semen. Když pak kořínek embrya prorazí osemení, dojde k dalšímu zvýšení rychlosti příjmu vody.

Hranice mezi fyzikálním procesem bobtnání semen a jejich biochemicko-fyziologickou aktivitou není ostrá. Voda může často působit jako agens zvyšující míru a rychlost klíčení. Může vyluhovat ze semen látky inhibiční povahy a bezprostředně po zbobtnání semen navodí i biochemické procesy, které předcházejí vlastnímu klíčení. Tak lze vysvětlit „náskok“, který mají v klíčení semen zbobtnalá a vysušená proti semenům suchým, nikdy nezbobtnalým. Naopak nepříznivě mohou působit na klíčení některé retardanty a vysoká koncentrace solí v půdě (PROCHÁZKA et al., 1998).

#### **2.4.1.2. Kyslík**

Energie nezbytná ke klíčení se získává při oxidační fosforylaci. Kyslík je proto nezbytnou podmínkou klíčení (PROCHÁZKA et al., 1998).

#### **2.4.1.3. Teplota**

Teplota se uplatňuje při klíčení semen jako při růstu rostlin. Rozlišujeme kardinální teplotní body (minimum, optimum, maximum). Většina semen klíčí v laboratorních podmínkách při konstantní teplotě, semena některých druhů však nejsou schopna klíčit bez

kolísání teplot, které je v přírodě obvyklé. Optimum a maximum klíčení leží obvykle o něco níže než optimum a maximum růstu (PROCHÁZKA et al., 1998).

#### **2.4.1.4. Světlo**

Světlo obvykle není nezbytnou podmínkou klíčení. Některá semena však klíčí rychleji na světle než ve tmě (ŠEBÁNEK in PROCHÁZKA, 1998).

Fotoblastické chování semen má adaptační význam. Pozitivně fotoblastická semena, stimulovaná světlem, nemívají dostatek zásobních látek a klíčící rostliny proto musí rychle dosáhnout podmínek, kterou jsou vhodné pro jejich autotrofní existenci. (PROCHÁZKA et al., 1998).

#### **2.4.2. Vnitřní podmínky klíčení**

##### **2.4.2.1. Nepropustnost povrchových vrstev pro vodu**

Rozhodující překážkou klíčení je vrstva palisádového sklerenchymu, jenž znemožňuje prostupnost vody testou. I po deseti letech mohou zůstat ojedinělá semena živá, ale nezobtnalá. Semena dobře zobtnavá a semena „tvrdá“ nemají žádné patrné rozdíly ve struktuře testy. U tvrdých semen je možno navodit zobtnání narušením palisádového sklerenchymu. Může se to dít chemicky (např. kyselinou sírovou) nebo mechanicky pískem či rozbitým sklem (skarifikace). V přirozených podmínkách může jít o narušení činností mikroorganismů (PROCHÁZKA et al., 1998).

##### **2.4.2.2. Nepropustnost povrchových vrstev pro plyny**

V některých případech jsou vnější vrstvy semene („endosperm“, „nucellus“ nebo „testa“) či plodu („perikarp“) nepropustné pro kyslík a oxid uhličitý, takže embryo není schopno růst. U semen některých druhů je nutno dokonce odloupnout celé osemení, aby se umožnila výměna plynů a tím i klíčení (PROCHÁZKA et al., 1998).

##### **2.4.2.3. Mechanická pevnost testy**

V některých případech testa, ač nebrání zobtnání, může být tak tuhá, že její odpor rostoucí zárodek nemůže překonat. Snížení této mechanické pevnosti je možno dosáhnout střídavým vysušováním a zavlažováním semen (PROCHÁZKA et al., 1998).

#### **2.4.2.4. Nevyvinutost embrya**

Někdy semena neklíčí po odloučení od mateřské rostliny i za příznivých vnějších podmínek proto, že nemají ještě dobře vyvinuté embryo (PROCHÁZKA et al., 1998).

#### **2.4.2.5. Vysoký obsah inhibičních látek v semenech a plodech a hormonální regulace klíčení**

Přirozené inhibiční látky jsou často obsaženy v dužnině plodů (bez jejich přítomnosti by mohlo docházet k předčasnému klíčení). Inhibiční látky jsou obsaženy i v suchých plodech, kde mohou zpomalovat klíčení. Tyto inhibiční látky je přitom možno vyplavit vodou nebo je adsorbovat na aktivní uhlí. Jedno a totéž osivo může pak ukázat různé hodnoty klíčivosti podle toho, jaké množství je na lůžku klíčidla rozprostřeno. Je-li rozprostřeno hustě, je klíčení nižší, protože se hromadí inhibiční látky vyluhované vodou. Prokázala se přítomnost abscisové kyseliny na zavedení dormance v průběhu zrání semene. Zásahy rušící dormanci (teplota) zvyšují především citlivost ke giberelinům, aniž musí docházet ke zvýšení jejich biosyntézy. Stupeň dormance semen není závislý na aktuální výši hladiny kyseliny abscisové, ale na jejím dřívějším působení v průběhu zrání. Klíčení a stupeň dormance nejsou tedy bezprostředně kontrolovány interakcí a poměrem hladiny kyselina abscisová/gibereliny, ale efekty, které jsou časově a často i lokálně odděleny (PROCHÁZKA et al., 1998).

#### **2.4.2.6. Vliv mateřské rostliny**

Klíčení semen může být ovlivněno i podmínkami za nichž se semena vyvíjela na mateřské rostlině. Obecně může být klíčivost semen ovlivněna pozicí zrajícího semene v rámci květenství, květu nebo plodu, dále stářím mateřské rostliny v době indukce kvetení a stářím mateřské rostliny v době zrání semene (5-15 závěrečných dnů je v tomto ohledu kritických). Výrazně se na následné klíčivosti podílejí vnější podmínky působící na mateřskou rostlinu v době zrání. Sem patří především teplota, vodní stres, délka dne a kvalita slunečního záření.

Často je charakter klíčení spojen s heterokarpií, tj. se vznikem semen rozdílných vlastností na téže rostlině nebo v rámci téhož druhu, ale z různých podmínek pěstování (stanoviště). Většina uváděných vlivů mateřské rostliny má adaptační charakter. Omezuje rizika spojená s hromadným klíčením v extrémních podmínkách (PROCHÁZKA et al., 1998).

### 3. CÍL

Cílem bakalářské práce bylo prozkoumat vliv teploty a skladování na klíčivost semen zvonku českého (*C. bohemica*)

Práce je rozdělena na tyto dílčí cíle:

- Stanovit vliv různých teplot na dynamiku a celkovou klíčivost semen.
- Zjistit vliv různých podmínek uskladnění semen (teplota a vlhkost) na jejich klíčivost, popř. ukončení primární dormance.

## 4. METODIKA

Praktický výzkum klíčivosti semen *Campanula bohemica* HRUBY, probíhalo v lednu a únoru roku 2008 v laboratoři Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze Ruzyni.

### 4.1. Charakteristika lokality sběru semen

V září roku 2007 byl proveden sběr semen z lokality Harrachova louka. Semena zvonku českého (*C. bohemica*) byla sbírána na ploše v I. zóně Krkonošského národního parku na lokalitě Harrachova louka. Tato lokalita se pne přes rozbíhající se vrcholové části krkonošské náhorní plošiny anemo-orografického systému Mumlavy, v subalpínské vegetační zóně. Nadmořská výška louky je v rozmezí 1339 – 1421 m n. m. Lokalita sběru semen leží nad horní hranicí lesa ve výšce 1370 m. Půdními typy jsou podzoly vyvinuté na středně zrnitých žulách nebo granodioritech (HEJCMAN et al., 2005). Z geomorfologického hlediska je tato lokalita součástí krkonošského etchplénu. Rostlinná společenstva dominující na minerálním podloží jsou, s výjimkou klečové vegetace, fytocenózy svazu *Nardo – Caricion rigidae* a *Juncion trifidi*. Konkrétně byly mapovány tyto dominantní druhy *Calamagrostis villosa*, *Calluna vulgaris*, *Carex bigelowii*, *Deschampsia ceaspitosa*, *D. flexuosa* a *Nardus stricta* (WAGNEROVA, 2001).

Lokalita se nachází v blízkosti hranice s Polskem, v polesí vesnice Horní Mísečky v okrese Semily v blízkosti pramene Labe v západní části Krkonoš, které spolu s Jizerskými horami tvoří Sudety (v severní části České republiky) a tvoří spolu přirozenou hranici s Německem a Polskem. Průměrná roční teplota je 2 °C a roční srážkový průměr je 1380mm. Lokalita byla od sedmnáctého století využívána k pastvě dobytka a ke kosení až do druhé světové války.

Tabulka 1: Specifikace lokality

Lokalita	Zeměpisné souřadnice	Nadmořská výška
Harrachova louka	50° 45' 32" s.š., 15° 32' 28" v.d.	1370 m.n.m.



## 4.2. Technika sběru semen

Semena z rostlin v oblasti Harrachovy louky byla sklepávána do papírových sáčků. Poté byla semena uchována ve zkumavce uzavřené kouskem mikrotenového sáčku při pokojové teplotě.

## 4.3. Stratifikace

Semena byla na v říjnu roku 2007 napočítána. Celkem 3000 semen bylo po 50 kusech uskladněno v 60 zkumavkách uzavřených kouskem mikrotenového pytlíku připevněného gumičkou. 30 zkumavek bylo uschováno v lednici o teplotě ( $4^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) a 30 v mrazícím boxu o teplotě ( $-18^{\circ}\text{C}$ ). 10. 1. 2008 byly zkumavky z lednice otevřeny a semena byla navlhčena několika kapkami vody a poté opět uzavřena a uschována v lednici.

Tabulka 2: Varianty uskladnění semen

Označení	C.b.
Lednice	30 x 50 semen
Mrazák	30 x 50 semen

## 4.4. Testy klíčivosti

21. 1. 2008 byla všechna semena převezena do Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze Ruzyni, kde bylo zahájeno klíčení. Klíčivost semen byla studována v laboratoři. Semena z každé zkumavky byla přemístěna na filtrační papír do Petriho misky o průměru 90 mm, rovnoměrně rozprostřena a ovlhčena 4,5 ml vody. Každá miska byla řádně označena lihovým fixem. Poté byly misky se semeny přemístěny do 6 klimaboxů nastavených na teploty 5, 10, 15, 20, 25 a  $30^{\circ}\text{C}$  s regulovatelným světelným režimem (16 L : 8 D) V každém klimaboxu tak bylo umístěno 10 Petriho misek se semeny *C. bohemica*, přičemž 5 misek obsahovalo semena navlhčená a z lednice a druhých 5 misek obsahovalo semena uschovávaná v mrazícím boxu.

Ve dnech 22.1. až 27. 2. byla semena každodenně kontrolována a naklíčená zaznamenávána do protokolu. V klimaboxech s vyššími teplotami bylo nutno Petriho misky zakapávat vodou, z důvodu vysychání filtračního papíru.

Pro každou teplotu a stratifikaci bylo testováno 50 semen v 5 opakováních.

## **4.5 Laboratorní experimenty**

### **4.5.1 Vliv podmínek skladování a různých teplot na klíčení semen zvonku českého**

U druhu *C. bohemica* byl zjišťován vliv podmínek skladování a různých teplot na klíčivost semen. Vzorky semen umístěné v lednici a v mrazáku byly dány na Petriho misky o průměru 90 mm na filtrační papír, který byl ovlhčen 4,5 ml vody, a umístěny v 5 opakování do klimaboxů. Test klíčivosti byl proveden v těchto teplotách: 5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C při fotoperiodě (16 L : 8 D).

Počet semen na klíčidlech byl 50 kusů, vždy po pěti opakováních. Klíčivost semen byla zjišťována po dobu 37 dní.

### **4.5.2 Stanovení hmotnosti tisíce semen**

Pro stanovení hmotnosti tisíce semen odpočítáno 250 semen ve 4 opakováních. Semena byla pak zvážena na přesných vahách OHAUS ExplorerPRO, model EP64CM.

## **4.6 Zpracování a vyhodnocení výsledků**

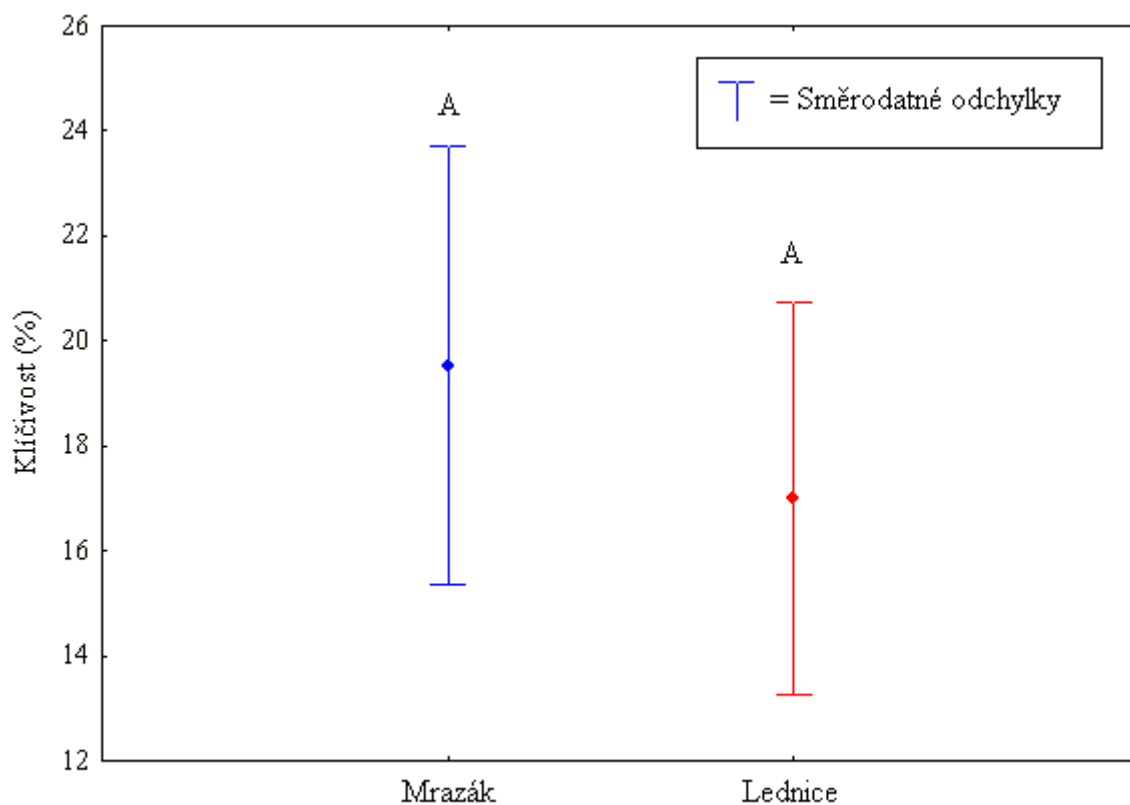
Získaná data byla statisticky vyhodnocena. Hodnoty byly spočteny pomocí Microsoft Excel. Pro statistické hodnocení výsledků byl použit program STATISTICA 6.1 (StatSoft, 2002). K testování dat jsem využíval jednocestné analýzy variance (ANOVA) a následných mnohonásobných porovnáních pomocí Tukeyho testu k určení rozdílů mezi jednotlivými pokusnými variantami.

## 5. VÝSLEDKY

### 5.1. Vliv podmínek skladování a teplot na klíčivost *C. bohemica*.

#### 5.1.1. Vliv podmínek skladování na klíčivost *C. bohemica* Hruby.

Graf č. 1: Porovnání celkové klíčivosti při různých způsobech uskladnění semen.



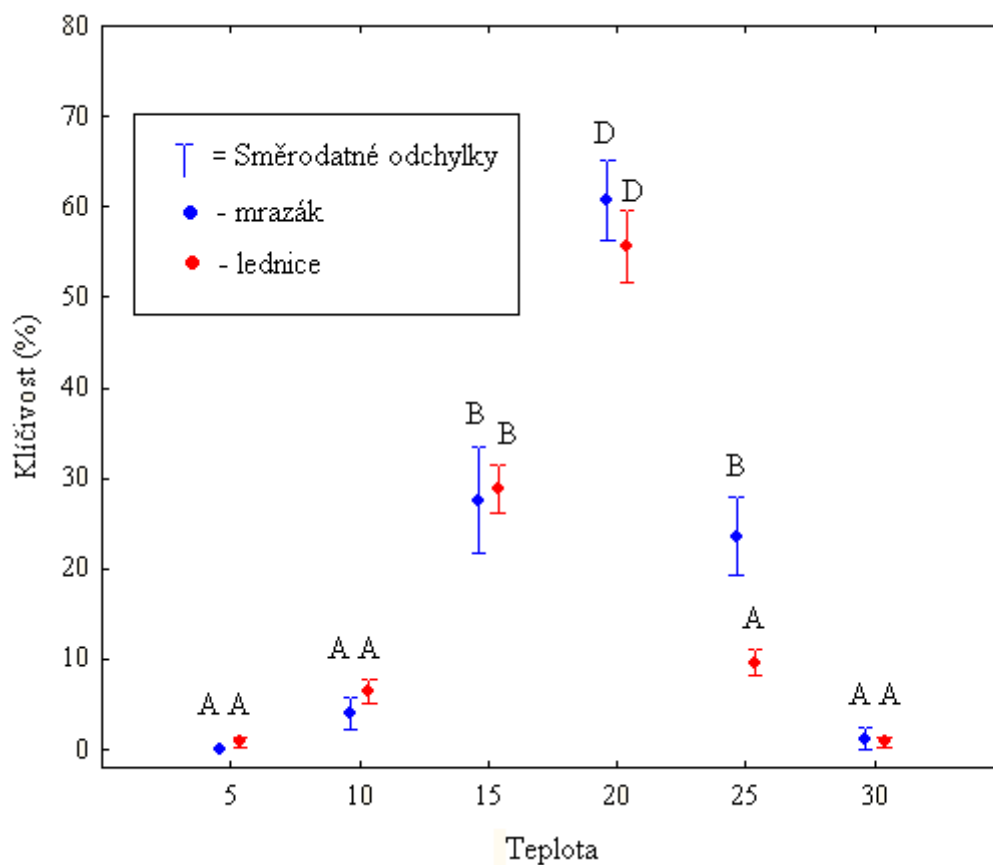
Tabulka 3: Rozdíl v celkové klíčivosti v závislosti na způsobu skladování semen pro všechny teploty

Mrazák		Lednice		
Celková klíčivost (%)	Průkaznost	Celková klíčivost (%)	Průkaznost	Průkaznost mezi stratifikacemi
19,5	A	17,67	A	NS

Porovnání celkové klíčivosti semen bez ohledu na teplotu ukazuje vyšší klíčivost semen z mrazáku (19,5%) než semen z lednice (17,67%). Rozdíl mezi stratifikacemi není na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  statisticky signifikantní.

### 5.1.2. Vliv teplot a podmínek skladování na klíčivost *C. bohemica* Hruby.

Graf č. 2: Porovnání celkové klíčivosti při různých způsobech uskladnění semen pro jednotlivé teploty.

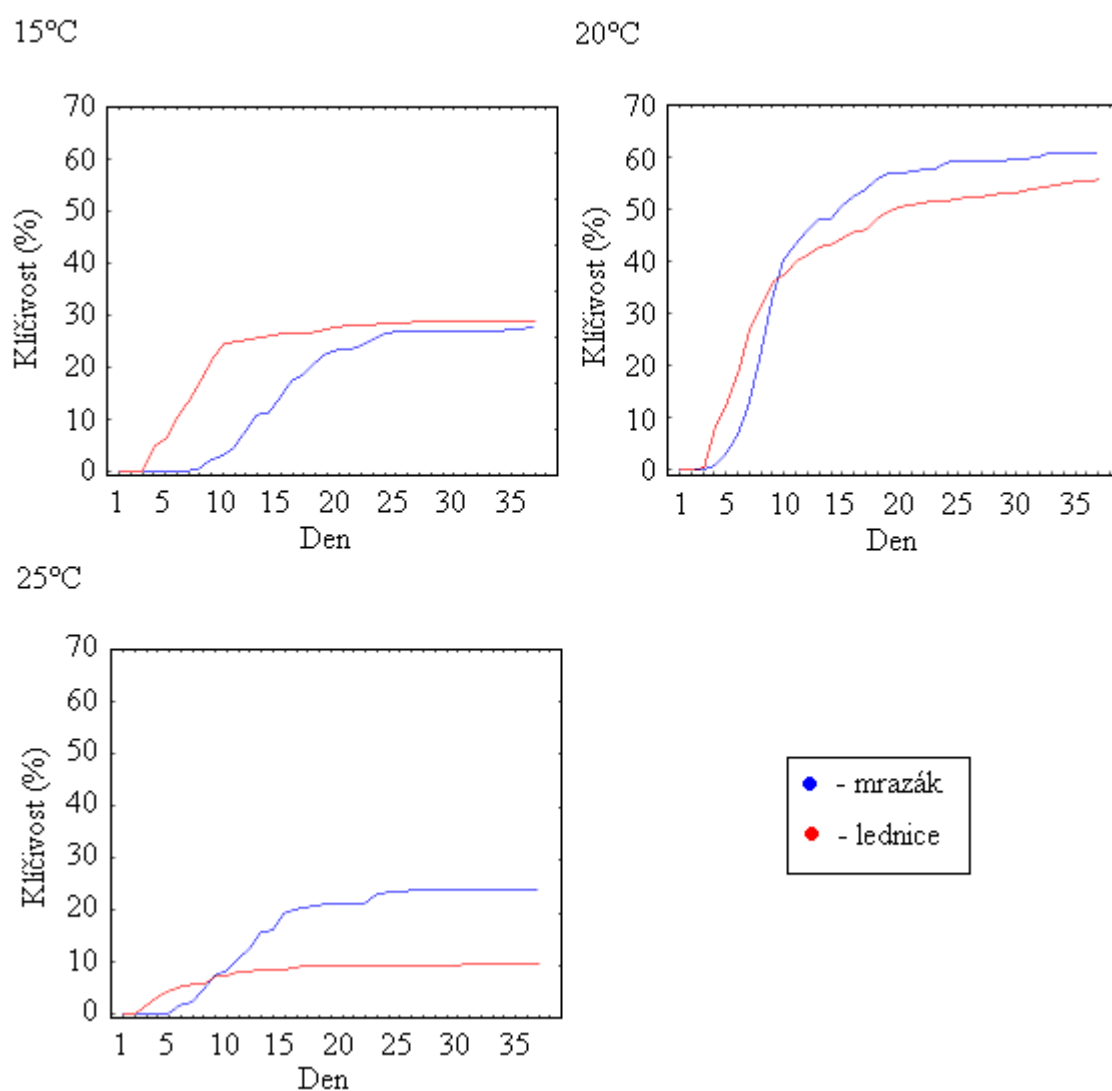


Tabulka 4: Porovnání celkové klíčivosti pro jednotlivé stratifikace a teploty.

Teplota (°C)	Mrazák		Lednice		Průkaznost mezi stratifikacemi
	Průměrná klíčivost (%)	Průkaznost	Průměrná klíčivost (%)	Průkaznost	
5	0	A	0,8	A	NS
10	4	A	6,4	A	NS
15	27,6	B	28,8	B	NS
20	60,8	D	55,6	D	NS
25	23,6	B	9,6	A	**
30	1,2	A	0,8	A	NS

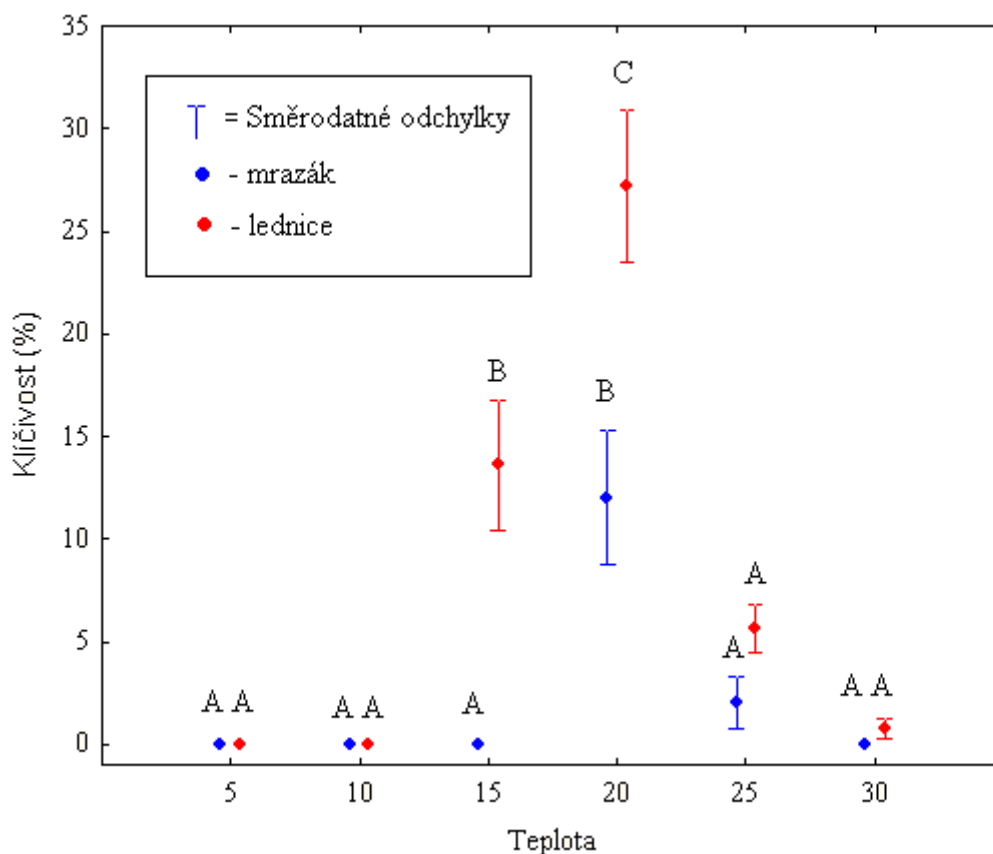
Semena zvonku českého (*C. bohemica*) klíčí ze zkoumaných teplot nejlépe při 20°C s průměrnou klíčivostí cca 58%. Vliv stratifikace není signifikantní. Rozdílnost mezi stratifikacemi se na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  projevila pouze při teplotě 25°C, kdy semena z varianty „mrazák“ měla klíčivost 23,6% a semena z varianty „lednice“ pouze 9,6%.

### 5.1.3. Vliv teplot a podmínek skladování na dynamiku klíčení *C. bohemica* Hruby.



Obr. 2.: Porovnání vývoje klíčení pro teploty 15, 20 a 25°C

Graf č. 3: Porovnání dynamiky klíčení po 7 dnech

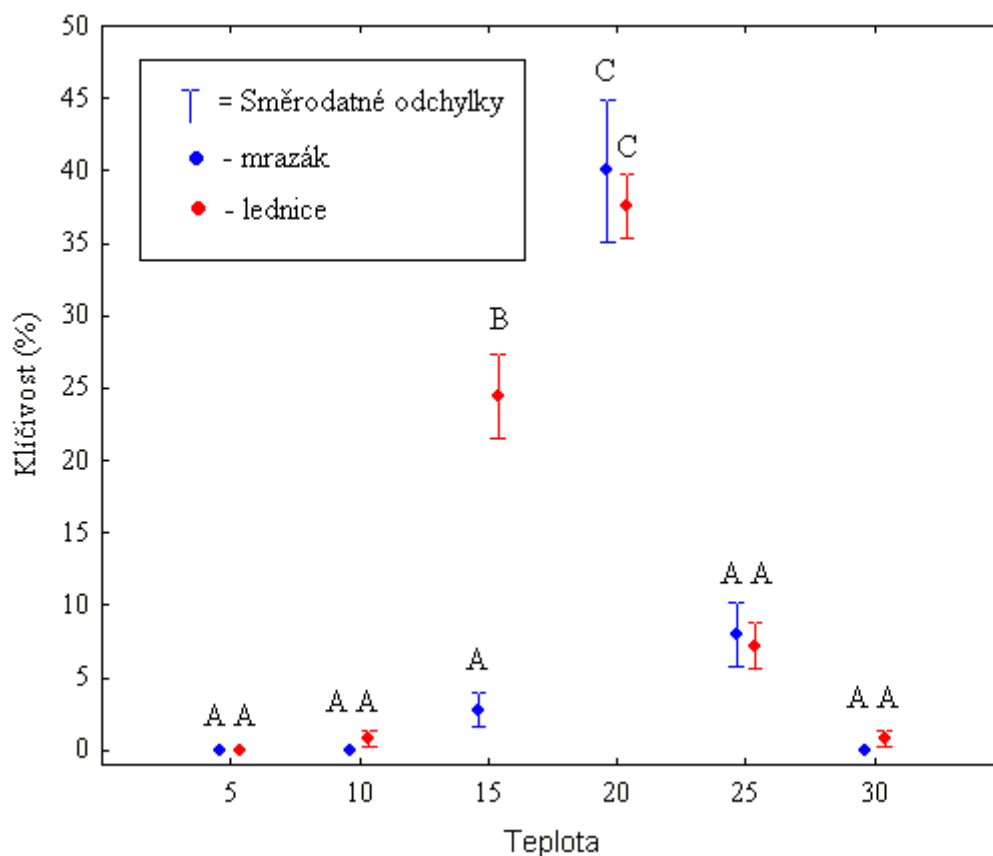


Tabulka 5: Porovnání dynamiky klíčení po 7 dnech pro jednotlivé stratifikace a teploty.

Teplota (°C)	Mrazák		Lednice		Průkaznost mezi stratifikacemi
	Průměrná klíčivost (%)	Průkaznost	Průměrná klíčivost (%)	Průkaznost	
5	0	A	0	A	NS
10	0	A	0	A	NS
15	0	A	13,6	B	**
20	12	B	27,2	C	**
25	2	A	5,6	A	NS
30	0	A	0,8	A	NS

Porovnání dynamiky klíčení po 7 dnech vykazuje rozdíly mezi stratifikacemi při teplotách 15 a 20°C, kdy semena z varianty „lednice“ klíčí na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  lépe. U ostatních teplot je klíčivost pro oba typy uskladnění mizivá, statisticky nevýznamná.

Graf č. 4: Porovnání dynamiky klíčení po 10 dnech



Tabulka 6: Porovnání dynamiky klíčení po 10 dnech pro jednotlivé stratifikace a teploty.

Teplota (°C)	Mrazák		Lednice		Průkaznost mezi stratifikacemi
	Průměrná klíčivost (%)	Průkaznost	Průměrná klíčivost (%)	Průkaznost	
5	0	A	0	A	NS
10	0	A	0,8	A	NS
15	2,8	A	24,4	B	**
20	40	C	37,6	C	NS
25	8	A	7,2	A	NS
30	0	A	0,8	A	NS

Porovnání dynamiky klíčení po 10 dnech vykazuje rozdíly mezi stratifikacemi při teplotách 15°C, kdy semena z varianty „lednice“ klíčí na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  lépe. Nejlepší klíčivost je pro obě stratifikace při 20°C, za kterou vyklíčilo ve variantě „mrazák“ 40% semen

a ve variantě „lednice 37,6% semen. V teplotě 25°C semena klíčí, ovšem klíčivost je stejně jako u teplot 5, 10 a 30°C statisticky nevýznamná pro oba typy uskladnění semen.



## 6. DISKUSE

Tato práce rozšiřuje poznatky o klíčivosti zvonku českého. V předchozích pracích na téma zvonku českého se klíčivostí zabývala pouze KOVANDA (2000) a PETRÁSOVÁ (2006).

KOVANDA (2000) ve své práci uvádí, že semena klíčí snadno a rychle. Naproti tomu PETRÁSOVÁ (2006) udává podrobné informace o klíčivosti zvonku českého. Ve své práci mimo jiné uvádí, že stratifikace nemá vliv na klíčivost semen zvonku českého. Ke stejným výsledkům jsem došel v této práci i já, s výjimkou teploty 25°C, kde se klíčivost semen uskladněných v mrazícím boxu významně lišila od semen daných na 11 dní do lednice a zakapaných vodou.

PETRÁSOVÁ (2006) dále uvádí, že klíčivost v laboratorních podmínkách při teplotě 23°C byla pro variantu „mrazák“ 48,11%. V mé práci nebyla testována klíčivost pro teplotu 23°C, ale pro 20 nebo 25°C. Klíčivost varianty „mrazák“ pro 20°C byla 60,8% a pro teplotu 25°C 23,6%.

Naproti tomu pro variantu „lednice“ uvádí PETRÁSOVÁ (2006) při teplotě klíčivost 58,19%, mé výstupy pro 20°C jsou 55,6% a pro teplotu 25°C jsou 9,6%.

Po sedmi dnech klíčila lépe semena z varianty „lednice“, po deseti dnech se klíčivost zhruba vyrovnala. Je těžké rozhodnout, zda se jedná o dormanci, spíše by se mohlo jednat o zpomalení klíčivosti způsobené vystavením semen nízkým teplotám.

Z hlediska nadmořské výšky výskytu srnce obecného a početnosti spárkaté zvěře a složení přirozené potravy jelene lesního i srnce obecného není pravděpodobné, že by mělo spásání na ohrožení zvonku českého významnější vliv. Stejného názoru je i FRANTIŠEK KRAHULEC (III. 2009, pers. comm.) a STANISLAV BŘEZINA (II.2009, pers. comm.).

## 7. ZÁVĚR

- Optimální teplota pro klíčení zvonku českého se pohybuje okolo 20°C.
- Druh v zásadě nereaguje na různé podmínky uskladnění. Jedinou výjimkou je teplota 25°C, kdy se klíčivost v obou stratifikacích liší.
- Vliv stratifikace na klíčení se projevuje pouze v rámci ranné fáze klíčení. Semena, která neprošla před zahájením klíčení fází zvýšených teplot a kontaktu s vodou v lednici klíčila později, což může ukazovat na vliv dormance.

## 8. POUŽITÁ LITERATURA

- ANONYMUS (1996): Červený seznam Správy Krkonošského národního parku. Vrchlabí.
- BASKIN, C. C., BASKIN, J. M., (2004): A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14: 1 – 16
- FIŠER, Z., LOCHMAN J., (1969): Studium přirozené potravy jelení a srnčí zvěře v oblasti Krkonoš. *Opera Corcontica* 6:139-161
- FLOUSEK, J.: Plán péče o Krkonošský národní park a jeho ochranné pásmo [pracovní verze]. Správa KRNAP 2009, Vrchlabí, 178 s.
- HEJCMAN M., PAVLŮ V., GAISLER J., KLAUDISOVÁ M., NEŽERKOVÁ P., PAVLŮ L. (2005): Spread and control of *Calamagrostis villosa* above the upper tree limit in the Giant Mts., Czech Republic. In: Lillak R., Viiralt R., Linke A., Geherman V. (Eds.): Integrating Efficient Grassland Farming and Biodiversity – Grassland science in Europe 10. Proceedings of the 13th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation, Tartu, Estonia 61–64.
- HARČARIK J. (2000): *Campanula bohemica*. Návrh na zařazení do sítě NATURA 2000. Směrnice č. 92/43/EEC. Evropský program NATURA 2000.
- CHEJNOVÁ S., PETRÁS P. et KRAHULEC K. (2001): Fytocenologická charakteristika druhu *Campanula bohemica* HRUBY a *Campanula rotundifolia* subsp. *rotundifolia* L. v Krkonoších. *Opera Corcontica*, 37: 211–217.
- CHYTRÝ M., KUČERA T. et KOČÍ M. (eds.) (2001): Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- JEŽEK J.: Příroda kolem nás, Jaroměř, online: <http://jarojaromer.cz/priroda/?cat=3>
- KOVANDA M. (1970): Polyploidy and Variation in the *Campanula rotundifolia* Complex I. *Rozpr. ČSAV, Praha, ser. math. –natur.*, 80/2: 1–95.
- KOVANDA M. (1977): Polyploidy and Variation in the *Campanula rotundifolia* Complex. Part II. (Taxonomic). *Folia Geobot. Phytotax.*, Praha, 12: 23-89.
- KOVANDA M. (2000): *Campanulaceae*. In SLAVÍK B. (ed.), *Květena České republiky*, Academia, Praha, 6: 726-748.
- KOVANDA M. (2002): *Campanula* L. In KUBÁT K. et al. (ed.), *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha, str. 613.
- KUBÁT K. et al. (eds.) (2002): *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha.

- MIKULKA, J., KNEIFELOVÁ, M., MARTÍNKOVÁ, Z., SOUKUP, J., UHLÍK, J. (2005): Plevelné rostliny. Profi Press s.r.o., Praha, 148 s.
- PETRÁSOVÁ S.: Petrášová S. (2006): Monitoring zvláště chráněných druhů rostlin na antropogenně ovlivněných plochách 1. a 2. zóny KRNAP ve východních Krkonoších (Ekologie zvláště chráněného krkonošského endemického druhu *Campanula bohemica* HRUBY). Disertační práce. Univerzita Pardubice. 162s.
- PROCHÁZKA F. (ed.) (2001): Černý a červený seznam cévnatých rostlin České republiky (stav v roce 2000). Příroda 18: 1–166.
- PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, L., KREKULE, L., ŠEBÁNEK, J. (1998): Fyziologie rostlin. Academia, Praha, 484 s.
- SLAVÍK, B. (ed.) (2000): Květena České republiky. 6. – Ed. Academia, Praha. 770s.
- SLAVÍKOVÁ, J., (1986): Ekologie rostlin. SPN, Praha, 368 s.
- SÝKORA, B., (1983): Krkonošský národní park. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 280s.
- STATSOFT (2002): Statistica for Windows 6.1. StatSoft, Tulsa.
- VIEWEGH, J. rukopis nepublikováno
- WAGNEROVÁ Z., (2001): Influence of the dwarf pine plantations (of the age over 20, 40, 60 and 90 years) on the vegetation cover. – Opera Corcontica, 38: 163-170