

**Vedecká rada Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov
Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre**

Ing. Pavol Eliáš jun.

Autoreferát dizertačnej práce

**POPULAČNÁ A REPRODUKČNÁ BIOLÓGIA VYBRANÝCH
OHROZENÝCH DRUHOV FLÓRY SLOVENSKA**

na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor (PhD.)

v odbore doktorandského štúdia

41 – 31 – 9 fyziológia plodín a drevín

Nitra, 2004

Dizertačná práca bola vypracovaná v externej forme doktorandského štúdia na Slovenskej poľnohospodárskej univerzite v Nitre, Fakulte agrobiológie a potravinových zdrojov – Katedre botaniky

Predkladateľ: **Ing. Pavol Eliáš**
Katedra botaniky, FAPZ SPU v Nitre

Školiteľ: **doc. RNDr. Ladislav Košťál, CSc.**
Katedra botaniky, FAPZ SPU v Nitre

Školiteľ špecialista: **doc. RNDr. Tibor Baranec, CSc.**
Katedra botaniky, FAPZ SPU v Nitre

Oponenti: **prof. RNDr. Ladislav Šomšák, DrSc.**
Katedra pedológie PriF UK, Bratislava

doc. RNDr. Vladimír Řehořek, CSc.
Katedra systematické botaniky a geobotaniky, PříF MU Brno

RNDr. František Mercel, CSc.
Ústav ekológie lesa SAV, Pobočka biológie drevín, Nitra

Autoreferát bol rozoslaný dňa

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa o hod. na Katedre botaniky FAPZ SPU v Nitre, pred komisiou pre obhajoby dizertačných prác v odbore doktorandského štúdia 41 – 31 – 9 Fyziológia plodín a drevín, vymenovanou predsedom spoločnej odborovej komisie dňa

Predseda spoločnej odborovej komisie:

Doc. Ing. Marián Brestič, CSc.
Katedra fyziológie rastlín, FAPZ SPU v Nitre

1. ÚVOD

Rastliny, ako základná zložka prirodzených i človekom pozmenených a vytvorených ekosystémov, sú najviac ovplyvnené negatívnym pôsobením rôznych biotických i abiotických interakcií. Je to dôsledok modulárnej stavby neumožňujúcej výraznú zmenu životného priestoru v priebehu života jedinca. Napriek snahám jednotlivcov i špecializovaných organizácií, laikov i odborníkov dochádza stále k znižovaniu vitality a narúšaniu reprodukčného procesu u mnohých taxónov flóry Slovenska, čo v konečnom dôsledku vedie rozdrobovaniu a neskôr k zániku celých populácií.

Generatívna reprodukcia druhov predstavuje všeobecne najdôležitejší evolučný mechanizmus. V dôsledku rýchlych a výrazných zmien ekologických podmienok, v ktorých jedince žijú, sú regeneračné a adaptačné mechanizmy často neúčinné (Baranec et al., 1997). Vegetatívna reprodukcia a apomixia sa vyvinuli ako reakcia na negatívne vplyvy prostredia, ale zostávajú u väčšiny druhov len fakultatívnymi a umožňujú lokálnym populáciám zabezpečiť optimálnu populačnú hustotu. Tým sa celková diverzita druhu síce znižuje, ale druh prežíva (Solbring, 1991).

Z vyššie uvedených dôvodov vyplýva potreba študovať ohrozené druhy z aspektu populačnej a reprodukčnej biológie. Hustota populácií, pomer pohlaví a priestorová štruktúra jedincov v populáciách výrazne ovplyvňujú tvorbu generatívnych orgánov, priebeh opeľovania a tvorbu diaspór, podobne sa často uvádza negatívny vplyv mikroklimatických faktorov na sexuálnu reprodukciu ohrozených druhov drevín (Ďurišová, 1999). V poslednom období sa do pozornosti dostávajú i zmeny v populáciách ohrozených druhov spojené s globálnym otepľovaním a depozíciou polutantov (Shevtsova et al., 1997; Alsos, 2003).

2. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

2.1 *Fumana procumbens*

Údaje o *Fumana procumbens* sa v literatúre najčastejšie vyskytujú v súvislosti so systematikou, areálom, charakteristikou a taxonómiou čeľade *Cistaceae* (napr. Mayor Lopez, 1994; Nandi, Chase & Endress, 1998 a i.). Klíčením semien 54 taxónov z 5 rodov čeľ. *Cistaceae* sa zaoberali Thanos et al. (1992). U *Fumana procumbens* bola klíčivosť neošetrených semien okolo 12%, zatiaľ čo po obrúsení exokarpu až asi 52 %.

Bengtsson (1993) sa zaoberala populačnou dynamikou izolovaných populácií na ostrove Öland vo Švédsku. Autorka uvádza, že populačná dynamika, reprodukcia a prežitie tohoto druhu na jeho severnej hranici areálu závisí v prvom rade od rozsahu kolísania lokálnej klímy, dlhodobé prežitie populácií je teda závislé výhradne od budúcich klimatických trendov.

Krátkodobé prežitie je pravdepodobne závislé aj od pokračovania tradičného pasenia.

2.2 *Vaccinium uliginosum*

Početné práce týkajúce sa *V. uliginosum* sú venované reakcii na hnojenie a biochemickým rozborom vplyvu rôznych prvkov (N, P, K, C, mikroelementy, ťažké kovy a i.) na rast (Karlsson, 1985; Gerdol et al., 2002 atď.) a časovým fluktuáciám obsahu týchto prvkov v rôznych častiach rastlín (Li et al., 1990), ako aj chemickému zloženiu plodov (Fediuk et al., 2002).

Alsos (2003) sledovala genetickú diverzitu a veľkosť populácií brusnice barinnej v Nórsku (Svalbard). Zaznamenali disjunktné a relatívne malé populácie (2-1380 m²) s nízkou genetickou diverzitou v rámci jednotlivých populácií, avšak s vysokou genetickou diverzitou medzi populáciami (43,9%).

Veľká pozornosť bola venovaná reakcii tohto druhu na globálne zmeny klímy. Skúmal sa i vplyv UV-B žiarenia na regeneráciu, rast a reprodukciu *V. uliginosum*. Po odstránení vegetácie vo variante so zvýšeným UV-B žiarením brusnica barinná výrazne redukovala regeneráciu ramét, až o 50% oproti kontrole (Phoenix et al. 2000). Press et al. (1998) zistili zvýšenie množstva biomasy u brusnice barinnej pod vplyvom zvýšenej teploty (nárast až o 124%), vplyv zvýšeného prísunu zrážok na biomasu nebol zaznamenaný. V severnom Japonsku sledovali krátkodobý vplyv zvýšených teplôt na fenológiu a rast výhonkov Suzuki & Kudo (1997). Zvýšením teploty sa urýchlila diferenciácia listov a predĺžila sa doba ich starnutia, taktiež fenofáza kvitnutia začala o 10 dní skôr, ale celková biomasa sa nezvýšila. Pri dlhodobejšom štúdiu (Suzuki & Kudo, 2000) potvrdili predchádzajúce výsledky a zistili, že sa zvýšil i počet kvetov.

2.3 *Empetrum nigrum*

Literárne údaje o tomto druhu z nášho územia i zo zahraničnej literatúry sú spojené s hodnotením rašelinných a boreálnych spoločenstiev (Raučina a Janota, 1963; Talbot & Talbot, 1994) a spôsobov kultivácie rastlín a produkcie plodov (Raatikainen, 1988; Malinowska, 1991).

Pojar (1974) sledoval reprodukčnú dynamiku dvoch rašeliniskových spoločenstiev na juhozápade Britskej Kolumbie. Fenofáza kvitnutia v oboch spoločenstvách začínala na začiatku apríla a končila koncom apríla a začiatkom mája. Opelenie kvetov bolo anemomogamné a semená sa do prostredia rozširovali endozochóriou.

V poslednom období sa zameriava pozornosť na vplyv cudzorodých látok a globálnych zmien podnebia na populácie *E. nigrum*. *E. nigrum* sa javí ako aktívny akumulátor ťažkých kovov. Nikonov et al. (1994) zistili, že rastliny v blízkosti závodu „Severonikel“ vo zvýšenej miere kumulovali v listoch Ni (0,36 mg/kg) a Cu (0,27 mg/kg). Zistila sa i akumulácia rádioaktívneho prachu izotopov Pu a Am v listoch (Riekkinen & Jaakkola, 2001; Outola, 2003). Vplyv

globálneho otepľovania na rast a generatívnu reprodukciu *E. nigrum* var. *japonicum* v strednom a severnom Japonsku sledovali Suzuki & Kudo (2000) a Kudo & Suzuki (2003). Zvýšenie teploty na výskumných plochách viedlo k nárastu produkcie biomasy listov a výhonkov, nezistili však preukazné rozdiely v tvorbe kvetov a plodov.

2.4 *Empetrum hermaphroditum*

Početné údaje o druhu *Empetrum hermaphroditum* sú vzťahované k opisu, klasifikácii a hodnoteniu subarktických a vysokohorských spoločenstiev, ktorých je súčasťou (Matthews & Whittaker, 1987; Hansen, 2000 a i.). Dormanciu a klíčivosť semien tohto druhu v závislosti od stratifikácie sledovali Baskin et al. (2002). Značná pozornosť bola tiež venovaná banke semien tohto druhu (Grandström 1982; Molau. & Larsson, 2000) pričom sa zistilo, že taxón má perzistentnú banku s obratom semien v priemere viac ako 200 rokov. Často uvádzanú dominanciu vegetatívneho rozmnožovania u tohto druhu spochybnila štúdia Szmida et al. (2002). V 133 odobratých vzorkách z troch plôch identifikovali až 96 genotypov.

Mutikainen & Ojala (1993) zisťovali krátkodobé individuálne i kombinované vplyvy experimentálnych emisií a simulovaného požeru výhonkov a púčikov bylinožravcami v severnom Fínsku. Po odstránení kvetných púčikov došlo k asi 30% redukcii rastu a rozkonárenia jednoročných výhonkov v porovnaní s kontrolou, hoci sa odstránením kvetných púčikov eliminovala možná záťaž tvorby plodov. V nasledujúcej vegetačnej sezóne sa počet kvetných púčikov preukazne zvýšil. Po závlahe kyslými zrážkami sa preukazne štvornásobne zvýšil počet pohlavne sa rozmnožujúcich výhonkov v porovnaní s kontrolou. Phoenix et al. (2000) sledovali vplyv zvýšeného UV-B žiarenia (simulácia zmenšenia ozónovej vrstvy o 15%) pričom zistili, že je *E. hermaphroditum* značne tolerantné voči UV žiareniu. Parsons et al. (1994) zistili slabú reakciu *E. hermaphroditum* na fertilizáciu, naopak tento druh bol druhý v poradí pri reakcii na teplotu. Medziročnú variabilitu *E. hermaphroditum* v raste, reprodukcii a interakcie so susediacimi druhmi v severnom Fínsku študovali Shevtsova et al. (1995). Práca potvrdila existenciu komezalizmu i interšpecifickej kompetície medzi susediacimi druhmi. Pri ďalšom experimente Shevtsova et al. (1997) simulovali globálne otepľovanie. Na zvýšenie letnej teploty o 1-2 °C *E. hermaphroditum* reagovalo zvýšením tvorby vegetatívnych púčikov a tvorbou dlhších ramét. Z uvedeného predpokladajú, že otepľovanie klímy môže zvyšovať citlivosť vegetatívnych púčikov na nízke teploty.

3. CIEĽ PRÁCE

Cieľom dizertačnej práce bolo zistiť veľkosť populácií, štruktúru populácií a základné reprodukčné charakteristiky pre štyri vybrané druhy flóry

Slovenska – *Empetrum hermaphroditum*, *E. nigrum*, *Fumana procumbens* a *Vaccinium uliginosum*. Experimentálne boli práce zamerané na stanovenie týchto charakteristík:

- veľkosť a hustota vybraných miestnych populácií
- priestorová, veľkostná, veková a sexuálna štruktúra vybraných miestnych populácií
- počet semien v plodoch, hmotnosť plodov a semien, klíčivosť semien
- úspešnosť generatívnej reprodukcie
- vplyv vybraných biotických (u *F. procumbens*) a abiotických činiteľov (u *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* a *V. uliginosum*) na generatívnu reprodukciu

4. MATERIÁL A METÓDY

4.1 Analyzované druhy

***Fumana procumbens* (Dunal) Gren. et Godr.**

Sledované charakteristiky: veľkosť populácie, hustota populácie, priestorová, veľkostná a veková štruktúra populácie, počet semien v plode, hmotnosť semien, počet infikovaných semien, druhové spektrum mikromycét na semenách.

Lokality: populačná i reprodukčná biológia - NPR Čenkovská step, reprodukčná biológia - Nesvady (obe Podunajská nížina), vrch Kršlenica pri Plaveckom Podhradí, Čachtický hrad (obe Malé Karpaty), NPR Tematínske kopce (Považský Inovec), NPR Veľký vrch pri Oslanoch (Strážovské vrchy).

Definícia jedinca: jedinec stanovený ako súbor ramét vyrastajúcich z jednej bázy (genety).

Poznámka: V r. 1998 a 1999 boli na lokalite Čenkovská step vytýčené tri výskumné plochy o veľkosti 1x1 m. V oboch rokoch však boli opakovane úmyselne zničené neznámymi osobami (obyvatelia blízkej osady?), preto sme museli výskum populačnej dynamiky a reprodukcie populácie predčasne ukončiť.

***Vaccinium uliginosum* L.**

Sledované charakteristiky: veľkosť populácie, hustota populácie, priestorová, veľkostná a veková štruktúra populácie, počet zakoreňujúcich konárov, dĺžka najdlhšieho konára, počet kvetov na označenej raméte, počet plodov na označenej raméte, hmotnosť plodov, počet semien v plode, hmotnosť semien.

Lokality: NPR Klin (Námestovo, Západné Beskydy).

Definícia jedinca: jedinec stanovený odhadom, ako súbor ramét, ktoré boli aspoň čiastočne oddelené od iného, príp. iných súborov ramét.

***Empetrum nigrum* L.**

Sledované charakteristiky: veľkosť populácie, hustota populácie, priestorová, veľkostná, veková a sexuálna štruktúra populácie, počet kvetov na označenej raméte, počet plodov na označenej raméte, hmotnosť plodov, počet semien v plode, hmotnosť semien.

Lokality: PR Rudné (Suchá Hora, Západné Beskydy).

Definícia jedinca: jedinec stanovený odhadom, ako súbor ramét, ktoré boli aspoň čiastočne oddelené od iného, príp. iných súborov ramét.

***Empetrum hermaphroditum* (Lge.) Hagerup**

Sledované charakteristiky: veľkosť populácie, hustota populácie, priestorová, veľkostná, veková a sexuálna štruktúra populácie, počet kvetov na označenej raméte, počet plodov na označenej raméte, hmotnosť plodov, počet semien v plode, hmotnosť semien.

Lokality: NPR Chleb (Terchová, Krivánska Malá Fatra).

Definícia jedinca: jedinec stanovený odhadom, ako súbor ramét, ktoré boli aspoň čiastočne oddelené od iného, príp. iných súborov ramét.

4.2 Štúdium populačnej biológie

Na získavanie populačne-biologických údajov jednotlivých druhov bola použitá metóda náhodného výberu realizovaná na dvoch navzájom kolmých transektoch A a B (*E. nigrum*, *F. procumbens*, *V. uliginosum*) (tab. 1) alebo metóda náhodného výberu realizovaná v celej populácii (veľkostná štruktúra *E. nigrum*, všetky merania u *E. hermaphroditum*). Po celej línii transektov A a B resp. pri náhodne vybraných jedincoch boli vykonané merania uvedené nižšie.

Tabuľka 1. Rozmery transektov použitých na získavanie údajov o populáciách sledovaných druhov

Sledované druhy	Transekt			
	A		B	
	Dĺžka [m]	Šírka [m]	Dĺžka [m]	Šírka [m]
<i>Empetrum nigrum</i>	93	3	273	3
<i>Fumana procumbens</i>	225	1	117	1
<i>Vaccinium uliginosum</i>	560	1	346	1

Veľkosť a hustota populácií

Veľkosť miestnych populácií sa stanovila ako súčet počtu jedincov na ploche transektov A a B (*E. nigrum*, *F. procumbens*, *V. uliginosum*) resp. ako súčet počtu jedincov v celej populácii (*E. hermaphroditum*). Hustota miestnej

populácie bola stanovená ako počet jedincov na m² z celej plochy transektov A a B (*E. nigrum*, *F. procumbens*, *V. uliginosum*) resp. ako počet jedincov na m² z plochy celej lokálnej populácie (*E. hermaphroditum*).

Priestorová štruktúra populácií

Použili sme dištančnú metódu pričom sa vypočítala hodnota indexu disperzie podľa Clarka a Evansa (Eliáš, 1986) na základe údajov o vzdialenosti medzi najbližšími jedincami zistených na transektoch A a B v rokoch 1998 a 2001 (*E. nigrum* – v r. 1998, *F. procumbens* – v r. 1998, *V. uliginosum* – v r. 1998) alebo medzi 30 náhodne vybranými jedincami v celej populácii (*E. hermaphroditum* – v r. 2001). Merania sa vykonávali skladacím metrom s presnosťou na 10 mm. Index disperzie (R) sa vypočítal podľa vzorca: $R = ra/E(r)$

R - priestorová štruktúra

ra - priemerná vzdialenosť nameraná medzi najbližšími susedmi

E(r) - priemerná očakávaná vzdialenosť najbližších susedov pri predpokladanom náhodnom rozmiestnení, vypočítala sa podľa vzorca:

$E(r) = 1/2p^{1/2}$ pričom **p** je hustota populácie (počet jedincov na jednotku plochy)

Index disperzie indikuje typy priestorovej štruktúry populácie takto:

R=1 - náhodné rozmiestnenie

0<R<1 - skupinové rozmiestnenie (čím viac sa R blíži k 0, tým je zoskupovanie väčšie)

1<R<2 - pravidelné rozmiestnenie

U populácie *F. procumbens* sme na overenie správnosti použitej metodiky Clarka a Evansa vypočítali koeficient agregácie (kvadrátová metóda):

$k=V/x$ V - variácia

x – priemerný počet jedincov v kvadráte

Koeficient agregácie indikuje typy priestorovej štruktúry populácie takto:

k =1 - pravidelné rozmiestnenie

k>1 - skupinové rozmiestnenie

k<1 - náhodné rozmiestnenie

Veľkostná štruktúra populácií

Merania sa vykonávali skladacím metrom s presnosťou na 1 mm. Podľa rastových charakteristík a fyziognómie jednotlivých druhov sa hodnotili parametre :

- výška jedinca od povrchu pôdy – náhodný výber 45 ♂ a 45 ♀ jedincov *E. nigrum* a 30 jedincov *E. hermaphroditum* v rámci celej populácie u oboch druhov.
- dĺžka najdlhšieho konára na jedincovi – 57 jedincov *V. uliginosum* na piatich náhodne vybraných štvorcoch 1x1 m v rámci transektov A a B
- priemer bázy stonky – 191 jedincov *F. procumbens* v rámci transektov A a B.

Veková štruktúra populácií

Jednotlivé vekové skupiny boli upravené podľa Rabotnova (1950):

1. semenáčik - vyklíčená nová rastlina
2. juvenilné jedince - počas obdobia sledovania neplodiace mladé jedince
3. reprodukčne dospelé jedince – fertílne jedince tvoriace generatívne orgány
4. subsenilné jedince – hodnotené iba v populácii *Vaccinium uliginosum* ako jedince s nízkou produkciou plodov a s hrúbkou bázy ramét >4 mm
5. senilné jedince – bez generatívnej reprodukcie a s hrúbkou bázy ramét >4 mm

Sexuálna štruktúra populácií

Stanovená v r. 1998 u dvojdomého druhu *E. nigrum* ako pomer počtu samčích a samičích jedincov na ploche transektov A a B.

4. 3 Štúdium reprodukčnej biológie

Využili sa metodické postupy uplatnené v prácach Baranec (1996) a Baranec a kol. (1997), pričom sme sledovali:

- tvorba kvetov – počet kvetov bol zisťovaný na označených jedincoch (15 ♀ jedincov a 15 ♂ jedincov *E. nigrum* a 15 jedincov *E. hermaphroditum*, na každom jedincovi boli označené tri raméty) resp. na trvalých plochách (37 jedincov *V. uliginosum* na štyroch výskumných plochách, na každom jedincovi boli označené tri raméty) počas rokov 1998-2002
- tvorba plodov – počet plodov rovnako ako je uvedené v predchádzajúcom bode
- hmotnosť plodov – analyzovaná priemerná vzorka 100 plodov z každého druhu a každej populácie na elektronických váhach Kern 1000 v rokoch 1997 (*E. hermaphroditum* a *E. nigrum*), 1998 (*V. uliginosum*), 1999 (*F. procumbens*, *E. hermaphroditum* a *E. nigrum*) a 2002 (*E. hermaphroditum* a *E. nigrum*).
- počet semien v plodoch – analyzovaná priemerná vzorka 100 plodov z každého druhu a každej populácie, tak ako je uvedené v predchádzajúcom bode
- hmotnosť semien – analyzovaná priemerná vzorka 100 semien z každého druhu a každej populácie na elektronických váhach Kern 1000, tak ako je uvedené v bode „hmotnosť plodov“
- klíčivosť semien – stanovená pre každý druh v Petriho miskách v laboratórnych podmienkach pri teplote 20°C ako priemer klíčivosti opakovaní. U *F. procumbens* sme pre každú populáciu stanovovali klíčivosť nestratifikovaných semien zo zberu v r. 1999 v štyroch opakovaníach po 50 semien na vápenatom piesku. Semená *E. hermaphroditum* (odoberané v r. 1999), *E. nigrum* (odoberané v r. 1998) a *V. uliginosum* (odoberané v r. 1998) boli stratifikované v zrelých plodoch v chladničke pri teplote 4°C po obdobie 25 týždňov, klíčivosť semien bola stanovovaná na rašelinovom substráte odobratom z lokality Rudné pre každý druh v štyroch opakovaníach po 50 semien.
- stanovenie spektra patogénov semien *F. procumbens* – za infikované boli považované semená pokryté sivobielym mycéliom, tieto semená boli

kultivované na agarovom médiu (1,5 % agar) na Katedre mikrobiológie FAPZ SPU. Určenie spektra patogénov vykonal pracovník uvedenej katedry Ing. R. Labuda.

- generatívny reprodukčný potenciál (GRP) – stanovený v každom roku výskumu (1998-2002) ako pomer počtu plodov na označených ramétach k počtu kvetov na označených ramétach x 100 [%] pre populácie *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* a *V. uliginosum*.
- vplyv sumy teplôt a sumy zrážok na GRP – stanovované pre populácie druhov *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* a *V. uliginosum*. Priemerné mesačné zrážky a priemerné mesačné teploty za roky 1998-2002 boli poskytnuté SHMÚ zo staníc 11865 Žilina, 11869 Rabča a 11918 Liesek, uvedené miestne meteorologické stanice boli najbližšie k lokalitám výskumu. Sčítaním meteorologických údajov sme stanovili sumu teplôt a sumu zrážok za jednotlivé roky výskumu a tieto sme štatisticky porovnávali s úrovňou GRP za jednotlivé roky výskumu. Podobne sme porovnávali sumu teplôt a sumu zrážok za obdobie kvitnutia uvedených druhov s GRP, pretože sme predpokladali veľkú dôležitosť tohto časového úseku pre úspešnú generatívnu reprodukciu. Obdobie kvitnutia sme stanovili ako mesiac v ktorom kvitnutie začína až po mesiac, v ktorom prevažná väčšina kvetov odkvítá, pričom sme vychádzali z vlastných fenologických pozorovaní a údajov Ďurišovej (1999). Na základe uvedeného sme pre všetky tri druhy za obdobie kvitnutia stanovili mesiace apríl-máj.

4.4 Štatistická analýza a prezentácia výsledkov

Kvantitívne terénne údaje boli spracované programom Statgraphics Plus, ver. 3. Okrem štandardných štatistických výpočtov sme na vyjadrenie pevnosti vzťahov medzi určitými znakmi použili kanonickú korelačnú analýzu, čím sme stanovili korelačný koeficient „r“. Korelačný koeficient „r“ má rozsah hodnôt od 1 po -1, vyjadrujúci pozitívny alebo negatívny vzťah dvoch premenných. Grafy a tabuľky boli vypracované v programe Excel ver. 5 podľa výstupov z programu Statgraphics Plus.

5. VÝSLEDKY

5.1 Veľkosť a štruktúra populácií

Fumana procumbens

Veľkosť populácie deväťorky rozprestretej v roku 1998 na lokalite Čenkovská step bola 364 jedincov na 342 m², priemerná hustota populácie na m² (počet jedincov) bola 1,06 (min. 0, max. 45). Husto zapojený porast bez voľných plôšiek disponuje veľkou konkurenčnou silou a semenáčky tu zvyčajne rýchlo

uhynú. Podobne piesočnatá pôda rýchlo strácajúca vlhkosť môže výrazne ovplyvniť mortalitu jedincov, najmä klíčiacich semenáčikov.

Priestorová štruktúra populácie bola skupinovitá. Potvrdili to hodnoty indexu Clarka a Evansa i koeficientu agregácie ($R=0,48$, $k=27,04$). Čiastočne to súvisí s charakterom vegetácie na lokalite – rastliny sa sústreďujú na miestach bez súvisle zapojeného vegetačného krytu. Druhým činiteľom ovplyvňujúcim priestorovú štruktúru je spôsob rozširovania diaspór. *F. procumbens* sa rozmnožuje výlučne generatívne, tobolky a semená sa rozširujú anemochóriou (Kupper & Gams, 1975). V sledovanej populácii rastliny tvoria veľké množstvo plodov, ktoré po opadnutí väčšinou zostávajú v blízkosti materskej rastliny, len niektoré sú odnášané vetrom na väčšie vzdialenosti. Kombinácia oboch činiteľov potom spôsobuje charakteristickú mozaikovitú skupinovitú štruktúru populácie na sledovanej lokalite.

Veľkostná štruktúra populácie v roku 1998 bola asymetrická. Variačný koeficient mal hodnotu $c_v=86,9\%$. Najviac boli zastúpené malé jedince v triede 0 – 2 mm (73%). Najmenej boli zastúpené veľké jedince (v triede >10 bolo iba 2%). Tento stav bol spôsobený prítomnosťou veľkého počtu semenáčikov v analyzovanej populácii.

Podobná tendencia sa zistila i pri hodnotení vekovej štruktúry. Najviac boli zastúpené semenáčiky (38%), potom dospelé jedince (35%) a najmenej bolo juvenilných jedincov (27%). Nebol zistený žiaden senilný jedinec.

Vaccinium uliginosum

Veľkosť populácie brusnice barinnej na lokalite Klin bola 708 jedincov na 922 m², hustota populácie bola 0,768 jedincov na m².

Disperzia populácie, vypočítaná podľa disperzného indexu Clarka a Evansa, bola pravidelná ($R=1,3$), resp. rozmiestnenie jedincov bolo prechodom od skupinovitej k pravidelnej disperzii. Možným vysvetlením je vplyv neustáleho znižovania hladiny podzemnej vody, ktorá súvisí s melioračnými opatreniami na okolitých poľnohospodárskych pozemkoch. Vysušenie urýchľuje prirodzenú sukcesiu vrchoviska a mohlo spôsobiť expanziu polykormónov *V. uliginosum* na sledovanej lokalite. Nezanedbateľný môže byť i vplyv erikoidnej mykorízy.

Z hodnotenia získaných údajov vyplýva, že veľkostná štruktúra analyzovanej populácie bola asymetrická. Najväčší počet jedincov bol v triede 460-600 mm (38%), najmenej jedincov bolo v triede 0–150 mm (2 %). Variačný koeficient $c_v=32,01\%$ indikuje strednú hladinu variability populácie v tomto znaku.

Asymetrická bola i veková štruktúra populácie, prevládali generatívne jedince (83%). Na výskumných plochách sme nezaznamenali žiadne semenáčiky, juvenilné ani senilné jedince. Prítomnosť juvenilných jedincov bola sporadicky potvrdená na okrajoch populácie, semenáčiky ani senilné jedince sme nepozorovali ani na celej ploche rezervácie. Neprítomnosť semenáčikov *V.*

uliginosum môže súvisieť s endozoochórnym rozširovaním diaspór a redukciou životaschopných semien inváziou mikromycét Z našich výsledkov vyplýva, že u *V. uliginosum* napriek pomerne dobrej produkcii diaspór i vysokej klíčivosti semien prevláda vegetatívna reprodukcia, čo potvrdila i frekvencia jedincov v jednotlivých triedach vekovej štruktúry. Táto veková štruktúra populácie je stabilná minimálne desiatky rokov a zmena v prospech semenáčikov a juvenilných jedincov by bola pravdepodobne možná iba pri výraznom narušení pôvodného vegetačného krytu.

Empetrum nigrum* & *E. hermaphroditum

Veľkosť populácie dvojdomého *E. nigrum* na lokalite Rudné (priemerný počet jedincov oboch pohlaví) bola 195 jedincov na 1095 m², veľkosť ♂ populácie bola 110 jedincov na 1095 m², veľkosť ♀ populácie bola 85 jedincov na 1095 m². Priemerná hustota populácie (priemerný počet jedincov oboch pohlaví) bola 0,178 jedincov.m⁻², hustota ♂ populácie bola 0,1005 jedincov na m² a hustota ♀ populácie bola 0,077 jedincov.m⁻². Veľkosť populácie *E. hermaphroditum* na lokalite Chleb bola 38 jedincov na 130 m², priemerná hustota populácie bola 0,292 jedincov na m².

Zistili sme asymetrickú veľkostnú štruktúru populácie samčích i samičích jedincov *E. nigrum* s jedným maximom. Variačný koeficient mal u samčích jedincov hodnotu. $c_{v\delta} = 34,5\%$, u samičích $c_{v\eta} = 37,8\%$. V populácii prevládali jedince v triede 100-200 mm (56% ♂ jedincov, 59% ♀ jedincov), najmenší počet samčích jedincov bol zistený v triede >300 mm (6%). V triede 0-100 mm sa nezistili žiadne samičie jedince. Plazivé raméty oboch pohlaví *E. nigrum* v sledovanej populácii kopírujú mikrorelief stanovišťa, ktorý tak výrazne ovplyvňuje veľkostnú štruktúru Zriedkavo sme zaznamenali raméty opierajúce sa o kmeň *Pinus sylvestris*, resp. prerastajúce cez spodné konáre polykormónov *Pinus mugho* (tieto jedince dosahovali výšku u ♀ pohlavia až 495 mm, u ♂ pohlavia max. 323 mm).

Taký istý typ klonálnej stratégie rastu je charakteristický i pre *E. hermaphroditum*, preto sú nami zistené výsledky podobné. Veľkostná štruktúra bola asymetrická ($c_v=53,6\%$), opäť prevládali jedince v triede 100-200 mm (46% jedincov), najmenší počet jedincov bol zistený v triede >300 mm (10% jedincov). V porovnaní s predchádzajúcim druhom bolo v triede 0-100 mm až 27% jedincov (oproti 3% u oboch pohlaví *E. nigrum* spolu). Výrazný nárast jedincov vo veľkostnej triede 0-100 mm je pravdepodobne spojený s charakterom stanovišťa. Rast a reprodukcia rastlín v alpínskych podmienkach je silne ovplyvňovaná enviromentálnymi faktormi, preto predpokladáme, že vyšší počet jedincov vo veľkostnej triede 0-100 mm u *E. hermaphroditum* súvisí s extrémnejšími podmienkami biotopu, ktorý je vystavený intenzívnemu prúdeniu vzduchu, preto rastliny vytvárajú nižší a kompaktnější porast. Ďalším možným faktorom vplyvujúcim na veľkostnú štruktúru populácie je poškodzovanie rastlín zošľapovaním.

Sexuálna štruktúra populácie *E. nigrum* bola vyrovnaná. Pomer pohlaví bol 1,3 ♂ jedincov ku 1,0 ♀ jedincov v populácii (56% ♂, 44% ♀), teda iba mierne prevládajú samčie jedince. Veková štruktúra populácií *E. nigrum* (obe pohlavia) i *E. hermaphroditum* bola počas nášho výskumu rovnaká – zaznamenali sme iba generatívne jedince, nezaznamenali sme semenáčky, juvenilné ani senilné vekové štádiá. Opäť môžeme konštatovať, že uvedený stav je pravdepodobne zapríčinený jednak odnášaním diaspór z populácie plodožravcami (Van der Kloet & Nickerson, 1997) a tiež dlhodobou stabilitou vekovej štruktúry populácií nízkych kríčkov (Šutov & Smirnov, 1991). Neprítomnosť semenáčikov je zapríčinená nedostatkom vhodných miest na uchytenie sa tohto vekového štádia (Jacquemartová, 1996; Ďurišová, 1999).

Disperzia populácie *E. nigrum* vypočítaná pre obe pohlavia podľa disperzného indexu Clarka a Evansa bola skupinovitá ($R_{\text{♂}} = 0,818$; $R_{\text{♀}} = 0,740$, spolu $R = 0,779$). Skupinovitý typ priestorovej štruktúry podľa toho istého disperzného indexu sme zistili i u populácie *E. hermaphroditum* – $R = 0,320$. Nami stanovené skupinovité rozmiestnenie jedincov v populáciách oboch skúmaných druhov je charakteristické pre väčšinu rastlinných taxónov.

5.2 Generatívna reprodukcia

Fumana procumbens

Klíčivosť semien z lokality Čenkovská step v laboratórnych podmienkach bola 10%, až 28% semien bolo počas klíčenia napadnutých patogénnymi mikromycétami. Napadnuté semená neklíčili. Na overenie existencie perzistentnej banky semien sme analyzovali klíčivosť semien, ktoré boli 4 roky uložené pri izbovej teplote. Naše výsledky potvrdili možnosť existencie perzistentnej banky semien, i keď v niektorých vzorkách bola zaznamenaná veľmi nízka klíčivosť (Čachtice a Osľany – 2%).

Počet semien v jednej tobolke značne kolíše u každej zo 6 populácií analyzovaných v r. 1999. Najčastejšie sa v toboľkách nachádzalo 9 semien (20% toboľiek zo všetkých vzoriek), len 1 % toboľiek malo veľmi nízky resp. vysoký počet semien. Maximálne hodnoty variačného koeficientu boli v populácii Kršlenica (82,6%), najnižšie v populácii Nesvady (48,2%). Priemerne sa v jednej tobolke vyvinulo 5,7 (Nesvady) – 8,12 (Tematín) semien, priemerné hodnoty semien v jednej tobolke na oboch psamofytných lokalitách sú nižšie ako na skalnatých biotopoch, pravdepodobne ako dôsledok väčšej medzidruhovej konkurencie, vplyvu klimatických faktorov a substrátu.

Hubové infekcie napádajú semená priamo v plodoch, čo môže výrazne ovplyvniť samoobnovovaciu schopnosť populácie. Najviac infikovaných semien v roku 1999 bolo zaznamenaných na Čenkovskej stepi (68%), najmenej na lokalitách Kršlenica (20%) a Tematín (24%), predpokladáme súvis miery infekcie s orograficko-pedologickými vlastnosťami stanovišťa. Na semenách odobratých z lokality Čenkovská step sme determinovali 9 druhov – *Alternaria*

alternata, *A. daucii*, *Aspergillus clavatus*, *Epicoccum nigrum*, *Fusarium graminearum*, *Penicillium coalescens*, *P. funiculosum* a *P. glabratum*. Na dezinfikovaných semenách sme kontamináciu nezaznamenali, preto predpokladáme, že endogénna kontaminácia semien je nepravdepodobná.

Hmotnosť 100 semien *F. procumbens* varíovala v poradí 0,16 g (Čachtice) – 0,17 g (Čenkovská step) – 0,18 g (Nesvady, Tematín) – 0,20 g (Osľany) – 0,26 g (Kršlenica). Výrazný rozdiel v hmotnosti 100 semien na lokalite Kršlenica môže byť spôsobený charakterom lokality – južne orientovaný skalnatý hrebeň v lesnom poraste, výpar a dopad priameho slnečného žiarenia nie je taký intenzívny ako na ostatných sledovaných lokalitách.

Vaccinium uliginosum

Pri našom výskume bola priemerná klíčivosť semien po stratifikácii ($t=4^{\circ}\text{C}$) stanovovaná v laboratórnych podmienkach 49,5%. Je pravdepodobné, že variabilita v klíčivosti stratifikovaných semien súvisí so spomenutým pôsobením patogénnych plesní (stratifikovali sme celé plody).

V roku 1998 sme zistili počet vyvinutých semien v plode v rozpätí 4-50, priemerne 17,56 semien v jednom plode ($\pm 10,1$), variačný koeficient potvrdil veľkú variabilitu v tomto znaku ($c_v=57,53$). Najčastejšie boli zastúpené plody s počtom semien 11-20 (38%), potom nasledovali plody s počtom semien 0-10 (31%), plodov s počtom semien 41-50 bolo najmenej – iba 3%.

V skúmaných vzorkách *V. uliginosum* z lokality Klin varíovala hmotnosť jedného semena v rozpätí 0,1-0,3 mg, priemernú hmotnosť jedného semena sme stanovili na 0,275 mg. Priemerná hmotnosť analyzovaných plodov *V. uliginosum* bola 0,337 g, variačné rozpätie sme zistili od 0,07 do 0,8 g (variačný koeficient $c_v=37,64\%$), najviac boli zastúpené plody v hmotnostnej triede 0,21-0,40 g (58%), najmenší počet plodov bol v hmotnostnej triede 0,61-0,80 g – 2%. Z uvedených výsledkov vyplýva, že u *V. uliginosum* bola zistená veľká variabilita v počte vyvinutých semien v plode i v hmotnosti plodov, čo viaceró autorov považuje za odraz mikroklimatických podmienok lokality v konkrétnej vegetačnej sezóne (Pučnina, 1990; Ďurišová, 1999).

Úspešnosť generatívnej reprodukcie, resp. úspešnosť premeny kvetov na plody (GRP) bola na sledovanej lokalite u *V. uliginosum* pomerne variabilná, čomu zodpovedá i priemerná hodnota variačného koeficientu $c_v=29,56\%$. Maximálne hodnoty dosahovala v roku 1998 (61,76%), naopak minimálnu generatívnu reprodukciu sme zaznamenali v roku 1999 (24,88%).

Na objasnenie medziročných fluktuácií v úspešnosti generatívnej reprodukcie sme porovnávali vplyv sumy teplôt a sumy zrážok za jednotlivé roky a sumy teplôt a sumy zrážok za obdobie ontogenézy kvetov a kvitnutia v jednotlivých rokoch s hodnotami GRP. Z uvedených údajov zrejme, že suma teplôt za celý rok ovplyvňuje tvorbu kvetov a plodov iba minimálne, korelačný koeficient bol $r=0,148$. To naznačuje veľmi slabý pozitívny vzťah uvedených premenných, čo pravdepodobne súvisí s toleranciou tohto druhu k nízkym

teplotám (Scott & Rouse, 1995) a závislosti produkcie biomasy viac od veku ramét než od klimatických faktorov (Shevtsova et al., 1995; Gerdol et al., 2002). Výraznejší pozitívny vplyv na produkciu diaspór sa zistil pre sumu zrážok za celé obdobie roka, korelačný koeficient bol $r=0,465$.

Suma zrážok za obdobie kvitnutia vykazovala negatívnu koreláciu s hodnotami GRP ($r= - 0,429$), čiže zvýšenie sumy zrážok v období kvitnutia sa negatívne prejavilo na úspešnosti generatívnej reprodukcie. Naopak suma teplôt za obdobie kvitnutia ovplyvňovala generatívnu reprodukciu pozitívne ($r=0,566$), väčšia suma teplôt v uvedenom období zvyšovala pravdepodobnosť rastu GRP. Vplyv neskorých jarných mrazov na redukciu GRP sa prejavil v rokoch 1999 a 2001. Korelačné vzťahy medzi sumou teplôt za obdobie kvitnutia a sumou zrážok za obdobie kvitnutia a GRP úzko súvisia i s aktivitou opeľovačov, ktorá v optimálnych mikroklimatických podmienkach významnou mierou prispieva k úspešnosti generatívnej reprodukcie u *V. uliginosum* na lokalite Klin.

Empetrum nigrum & E. hermaphroditum

V našich experimentoch sme zisťovali klíčivosť semien pri teplote $t=20^{\circ}\text{C}$ po 25 týždňovej studenej stratifikácii ($t=4^{\circ}\text{C}$). Priemerná klíčivosť semien *E. nigrum* bola iba 15%, priemerná klíčivosť semien *E. hermaphroditum* bola taktiež pomerne nízka – 26%.

Zistili sme, že v plodoch *E. nigrum* na sledovanej lokalite bolo rozpätie 6-11 semien v plode, priemerne sa vyvinulo 8,77 semien v plode. Priemerná hodnota variačného koeficientu 10,81% naznačuje nízku medziročnú variabilitu tohto znaku.

Priemerná hmotnosť jedného semena *E. nigrum* na lokalite Rudné bola 0,625 mg, variačné rozpätie 0,5-0,7 mg. Hmotnosť plodov varírovala počas obdobia výskumu v rozsahu 0,02-0,75 g, výsledná priemerná hmotnosť plodov bola 0,324 g. Priemerná hodnota variačného koeficientu udáva pomerne vysokú mieru variability ($c_v=0,39,8\%$), najväčšia variabilita bola zaznamenaná vo vzorke z roku 1999 ($c_v=70,4\%$). Zistená variabilita mohla byť zapríčinená množstvom zrážok počas tvorby a dozrievania plodov v uvedenom roku, resp. kondíciou jednotlivých rastlín.

Analýzou plodov *E. hermaphroditum* z lokality Chleb sme zistili rozpätie 3-9 semien v plode, čo je priemerne 6,68 semien v plode. V porovnaní s *E. nigrum* bola priemerná hodnota variačného koeficientu mierne vyššia – $c_v=13,96\%$, i tak je variabilita tohto znaku na nízkej úrovni.

Priemerná hmotnosť jedného semena *E. hermaphroditum* z lokality Chleb bola 1,075 mg (variačné rozpätie 1,0-1,2 mg). Priemerná hmotnosť plodov *E. hermaphroditum* za sledované obdobie bola 0,257 g, rozpätie minimálnych a maximálnych hodnôt varírovalo od 0,09 do 0,61 g. Priemerný variačný koeficient za celé obdobie výskumu mal hodnotu $c_v=28,61\%$, i v tomto prípade sa najväčšia variabilita vzoriek zistila v roku 1999 ($c_v=40,96\%$). Príčiny sú

pravdepodobne rovnaké – deficit zrážok v období tvorby a dozrievania plodov, resp. kondícia rastlín.

Generatívny reprodukčný potenciál u *E. nigrum* počas obdobia výskumu dosiahol priemernú hodnotu 37,48%, pričom variabilita znaku bola $c_v = 34,84\%$. Najnižšie hodnoty GRP sme zaznamenali v roku 1999 (15,83%), naopak najvyššia úspešnosť generatívnej reprodukcie bola zaznamenaná v roku 2001 (50,97%).

Medzi počtom samčích kvetov a počtom samičích kvetov v jednotlivých rokoch sa zistila silná pozitívna korelačná závislosť $r = 0,77$, z čoho môžeme usudzovať, že tvorba kvetov u oboch pohlaví je na sledovanej lokalite ovplyvňovaná abiotickými i biotickými faktormi prostredia približne rovnocenne. Avšak priemerný počet samčích kvetov *E. nigrum* za celé obdobie výskumu bol približne 2,2 násobkom počtu kvetov samičích. Z porovnania interakcie sumy zrážok za celý rok a GRP vyplynulo, že tento ukazovateľ nemá na generatívny reprodukčný potenciál *E. nigrum* vplyv, korelačný koeficient dosiahol hodnotu $r = -0,011$. Naopak suma teplôt za celý rok ovplyvňuje generatívnu reprodukciu výraznejšie. Zistil sa stredne silný kladný vzťah medzi týmito znakmi ($r = 0,557$), takže zvyšovanie sumy teplôt stimulovalo produkciu plodov. Podobné výsledky vyplývajú i z porovnania sumy zrážok za obdobie kvitnutia a sumy teplôt za obdobie kvitnutia s hodnotami generatívneho reprodukčného potenciálu. Suma zrážok za obdobie kvitnutia mala slabý pozitívny efekt ($r = 0,281$), zatiaľ čo zvyšovanie sumy teplôt za obdobie kvitnutia výrazne podporovalo tvorbu plodov ($r = 0,718$).

Priemerná hodnota GRP u *E. hermaphroditum* počas obdobia výskumu bola 57,85%, úroveň variability GRP bola približne o polovicu nižšia ako u predchádzajúceho druhu ($c_v = 14,29\%$). Maximálne hodnoty sexuálnej reprodukcie sme zaznamenali v roku 2000 (68%), minimálna generatívna reprodukcia (47,09%) bola zaznamenaná v roku 1998. Interakcie medzi sumou zrážok za celý rok a sumou teplôt za celý rok a sexuálnou reprodukciou *E. hermaphroditum* vykazovali za sledované obdobie stredne silný pozitívny vzťah ($r = 0,510$ resp. $r = 0,484$). Podľa našich zistení však suma zrážok v období kvitnutia ovplyvňovala reprodukčný proces iba slabou ($r = 0,135$), zatiaľ čo suma teplôt za toto obdobie vykazovala stredný pozitívny vzťah k úrovni GRP ($r = 0,598$). Môžeme konštatovať, že zvyšovanie sumy zrážok za rok, sumy teplôt za rok i sumy teplôt za obdobie kvitnutia stimulovalo sexuálnu produktivitu rastlín, zatiaľ čo negatívny alebo pozitívny vplyv sumy zrážok za obdobie kvitnutia nebol dostatočne preukázaný.

Z porovnania charakteristík pohlavnej reprodukcie oboch skúmaných druhov jednoznačne vyplýva, že obojpohlavné *E. hermaphroditum* vytvára menej kvetov, ale úspešnosť generatívnej reprodukcie je vyššia – priemerná hodnota GRP za celé obdobie výskumu bola u tohto taxónu 57,85%, zatiaľ čo u *E. nigrum* iba 37,48%. Dvojdomé *E. nigrum* napriek vyššej alokácii zdrojov na generatívnu reprodukciu nedokázalo v priemere počas sledovaného obdobia

vytvoriť porovnateľný počet diaspór ako obojpohlavné *E. hermaphroditum*. U *E. hermaphroditum* sme tiež zaznamenali približne o polovicu nižšiu medziročnú variabilitu v hodnotách GRP ako u *E. nigrum* ($c_v=14,29\%$ resp. $c_v=34,84\%$). Okrem pomeru pohlaví za ďalší faktor ovplyvňujúci úspešnosť reprodukčného procesu považujeme veľkosť a hustotu populácií oboch druhov. Zistila sa lineárna závislosť medzi veľkosťou a hustotou populácie a GRP (korelačný koeficient $r=1$).

6. ZÁVERY

Veľkosť a hustota populácií všetkých sledovaných druhov boli obmedzené. Na presné stanovenie jedinca u klonálnych druhov je potrebné použiť analýzy izozýmou resp. DNA.

Priestorová štruktúra bola skupinovitá resp. pravidelná, čo je odrazom spôsobu propagácie jednotlivých druhov a interakcií s organizmami a prostredím.

Veľkostná štruktúra sledovaných druhov bola asymetrická, súvisí s fyziognómiou rastlín a je ovplyvňovaná faktormi prostredia (najmä u *E. hermaphroditum* a *E. nigrum*).

Veková štruktúra klonálnych druhov *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* a *V. uliginosum* je redukovaná na generatívne a subsenilné jedince, neprítomnosť semenáčikov a juvenilných jedincov súvisí s kompetíciou vo fytoocenózach. U *F. procumbens* absentuje senilné vekové štádium.

Klíčivosť semien *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* a *F. procumbens* je nízka, naopak u *V. uliginosum* je pomerne vysoká. Klíčivosť semien *F. procumbens* je negatívne ovplyvnená infekciou mikromycét, miera infekcie súvisí s orografickými vlastnosťami lokality.

Počet semien v plodoch *F. procumbens* a *V. uliginosum* bol veľmi variabilný. Oba druhy rodu *Empetrum* sa odlišovali počtom semien v plode, hmotnosťou semien a hmotnosťou plodov. Nízke hodnoty variačného koeficientu pre priemerný počet semien v plode vytvárajú predpoklad na využitie tohto znaku pri determinácii oboch taxónov, čo by si však vyžadovalo ďalší výskum.

Generatívna reprodukcia *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* a *V. uliginosum* je výrazne ovplyvňovaná klimatickými faktormi, determinujúcim časovým úsekom pre úspešnosť tvorby plodov je obdobie kvitnutia.

Kompaktnejšia a menšia populácia obojpohlavného *E. hermaphroditum* bola z hľadiska generatívnej reprodukcie úspešnejšia než priestorovo viac inzularizovaná a pohlavne oddelená populácia dvojdomého *E. nigrum*. Determinujúcim časovým úsekom pre rozdielnú úspešnosť resp. neúspešnosť pohlavného rozmnožovania oboch taxónov bolo pravdepodobne obdobie kvitnutia. Väčšie vzdialenosti medzi jedincami a priestorová separácia pohlaví

dvojdomeho *E. nigrum* v interakcii s uvedenými mikroklimatickými vlastnosťami stanovišťa sú tak zrejme hlavnou príčinou nižšej miery generatívnej reprodukcie tohto druhu.

7. PRÍNOS PRÁCE PRE ROZVOJ VEDNEJ OBLASTI A PRAX

Populácie sledovaných druhov sú priestorovo obmedzené a málo početné, klíčivosť semien je nízka, preto je potrebné venovať skúmaným druhom pozornosť aj zo strany orgánov štátnej ochrany prírody. Prevláda vegetatívna reprodukcia čo uľahčuje perspektívne posilňovanie populácií z materiálu dopestovaného ex situ. Zistenie mykotickej kontaminácie semien *Fumana procumbens* a stanovenie miery poškodenia týchto semien infekciou patogénnych húb umožňuje objasniť limitujúce faktory pôsobiace na rozvoj či stagnáciu populácie v in situ podmienkach.

Stanovenie sexuálnej štruktúry populácie *E. nigrum* je unikátny poznatok nielen pre región strednej Európy, ale i pre celú oblasť severného mierneho pásma. Zároveň sa potvrdili všeobecne uvádzané údaje o vyrovnanom počte jedincov oboch pohlaví v populáciách dvojdomych druhov.

Analýza produkcie semien a počtu semien v plodoch poskytuje cenné poznatky pre hodnotenie variability generatívnej reprodukcie sledovaných druhov. Zistená nízka medziročná variabilita v priemernom počte semien skúmaných zástupcov rodu *Empetrum* je taxonomicky významným zistením a možným východiskom pre determináciu oboch druhov na základe počtu semien v plode.

Zistila sa reálna produkcia kvetov a plodov v populáciách *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* a *V. uliginosum*. Porovnaním generatívneho reprodukčného potenciálu dvoch blízko príbuzných druhov rodu *Empetrum* s odlišným typom pohlavného systému sa potvrdila evolučná nevýhoda dvojdomych fylogenetických skupín rastlín, ktoré napriek vyššej alokácii zdrojov na reprodukciu nedosahujú úroveň produkcie diaspór porovnateľnú s rastlinami s obojpohlavnými kvetmi.

Z hľadiska perspektívneho využitia jedlých plodov *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* a *V. uliginosum* sú dosiahnuté poznatky o vplyve vybraných klimatických faktorov cenné pre obmedzenie faktorov limitujúcich ich možnú produkciu. Nepotvrdil sa v literatúre uvádzaný negatívny vplyv vyššej vlhkosti vzduchu na produkciu plodov u vetroopelivých taxónov *E. hermaphroditum* a *E. nigrum*, naopak, vyššie úhrny zrážok v období kvitnutia redukovali produkciu plodov *V. uliginosum*, hlavne z dôvodu absencie opel'ovačov.

8. LITERATÚRA CITOVANÁ V AUTOREFERÁTE

- Alsos, I. G. 2003: Conservation biology of the most thermophilous plant species in the Arctic. PhD. thesis, Tromsø University, 2003, 43 pp.
- Baranec, T. 1996: Monitoring reprodukčného procesu niektorých ohrozených druhov drevín čeľade *Rosaceae* L. v Tríbeči. In: Rosalia, roč. 11, 1996, s. 55-64.
- Baranec, T. a kol. 1997: Experimentálne štúdium biológie ohrozených druhov rastlín z aspektu ochrany ich genofondu. Záverečná správa projektu VEGA č. 1131/94, Nitra: VŠP, 1997, 66 s.
- Baskin, C.C. et al. 2002: Role of warm stratification in promoting germination of *Empetrum hermaphroditum* (*Empetraceae*), a circumboreal species with stony endocarp. In: Am. J. Bot., vol. 89, 2002, no. 3, p. 486–493.
- Bengtsson, K. 1993: *Fumana procumbens* in Öland-population dynamics of a disjunct species at the northern limit of its range. In: J. of Ecol., vol. 81, 1993, p. 745-758.
- Ďurišová, L., 1999: Štúdium reprodukčného procesu ohrozených druhov čeľadí *Ericaceae* a *Vacciniaceae*. Dizertačná práca, Nitra: SPU, 1999, 129 s.
- Eliáš, P. 1986: Fluktuácie v počte kvitnúcich rastlín v populácii *Verbascum speciosum* Schrad. In: Biológia, roč. 41, 1986, s. 469-469.
- Fediuk, K., Hidioglou, N., Madere, R. & Kuhnlein, H.V. 2002: Vitamin C in Inuit traditional food and women's diets. In: J. of Food Comp. Anal., vol. 15, 2002, no. 3, p. 221-235.
- Gerdol, R., Brancaloni, L., Marchesini, R. & Baragazza, L. 2002: Nutrient and carbon relations to in subalpine dwarf shrubs after neighbour removal of fertilization in northern Italy. In: Oecologia, vol. 130, 2002, p. 476- 483.
- Granström, A. 1982: Seed bank in five boreal stands originating between 1810 and 1963. In: Canadian Journal of Botany, vol. 60, 1981, p. 1815-1821.
- Hansen, E. S. 2000: A comparison among the lichen floras of three climatically different localities in South West Greenland. In: Mycotaxon, vol. 74, 2000, no. 2, p. 429-445.
- Jacquemart, A.L., 1996: *Vaccinium uliginosum* L. In: J. of Ecol., vol. 84, p. 771-785.
- Karlsson, P.S., 1985: Patterns of carbon allocation above ground in a deciduous (*Vaccinium uliginosum*) and an evergreen (*Vaccinium vitis-idaea*) dwarf shrub. In: Physiologia Plantarum, vol. 63, p. 1-7.
- Kudo, G. & Suzuki, S. 2003: Warming effects on growth, production, and vegetation structure of alpine shrubs: a five-year experiment in northern Japan. In: Oecologia, vol. 135, 2003, no. 2. p. 280-287 .
- Kupper, W. & Gams, H. 1975: *Fumana* (Dun.) Spach. In Hegi, G. (ed.), Illustrierte Flora von Mitteleuropa 5(1). Berlin-Hamburg: Verlag Paul Parey, 1975, p. 579-585.

- Li, J.H. et al. 2002: Phylogenetic relationships of *Empetraceae* inferred from sequences of chloroplast gene *matK* and nuclear ribosomal DNA ITS region. In: *Molecul. Phylogen. Evol.*, vol. 25, 2002, no. 2, p. 306-315.
- Malinowska, H., 1991: Container cultivation of crowberry (*Empetrum nigrum* L.). In: *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Ogronictwo*, vol. 19, 1991, p. 51-58.
- Mayor-Lopez, M., 1994: Fragmenta chorologica occidentalia. In: *Ann. Jard. Bot. Madr.*, vol. 52, 1994, no. 2, p. 208.
- Matthews, J. A., Whittaker, R. J., 1987: Vegetation succession on The Storbreen glacier foreland, Jotunheim, Norway: a review. In: *Arct. Alp. Res.*, vol. 19, 1987, no. 4, p. 385-395.
- Molau, U. & Larsson, E. L. 2000: Seed rain and seed bank along an alpine altitudinal gradient in Swedish Lapland. In: *Can. J. Bot.*, vol. 78, 2000, no. 6, p. 728-747.
- Mutikainen, P. & Ojala, A. 1993: Simulated herbivory and air pollution: growth and reproduction of an evergreen dwarf shrubs, *Empetrum nigrum*. In: *Acta Oecologica*, vol. 14, 1993, no. 6, p. 771-780.
- Nandi, O. I., Chase, M. W. & Endress, P K. 1998: A combined cladistic analysis of Angiosperms using *rbcL* and non-molecular data sets. In: *Ann. Missouri Bot. Gard.*, vol. 85, 1998, p. 137-212.
- Nikonov, V.V. et al.. 1994: Migration of nickel and cooper compounds and their accumulation in Al-Fe-humus podzolic soils under pine forests zone of influence of the Severonikel plant. In: *Eurasian Soil Science*, vol. 26, 1994, no. 2, p. 10-23.
- Outola, I. 2003: Effect of industrial pollution on the distribution of Pu and Am in soil and on soil-to-plant transfer of Pu and Am in a pine forest in SW Finland. In: *J. Rad. Nucl. Chem.*, vol. 257, 2003, no. 2, p. 267-274
- Parsons, A. N., Welker, J.M., Wookey, P.A., et al. 1994: Growth-responses of 4 sub-arctic dwarf shrubs to simulated enviromental-change. In: *J. of Ecol.*, vol. 82, 1994, no. 2, p. 307-318.
- Phoenix, G.K., Gwyn-Jones, D., Lee, J.A. & Callaghan, T.V. 2000: The impact of UV-B radiation on the regeneration of a sub-arctic heath community. In: *Plant Ecol.*, 2000, no. 146, p. 67-75.
- Pojar, J. 1974: Reproductive dynamics of four plant communities of southwestern British Columbia. In: *Can. J. Bot.*, vol. 52, 1974, p. 1819-1834.
- Press, M.C. et al. 1998: Responses of a subarctic dwarf shrub heath community to simulated environmental change. In: *J. of Ecol.*, vol. 86, 1998, no. 2, p. 315-327.
- Pučnina, L.V. 1990: Urožajnost' plodov *Vaccinium uliginosum* L. v Pinežskom gos. zapovednike. In: *Rastitel'nye Resursy*, vol. 26, 1990, no. 2, p. 179-182.
- Raatikainen, M. 1988: Estimates of wild berry yields in Finland. In: *Acta Botanica Fennica*, vol. 25, 1988, no. 136, p. 9-10.

- Rabotnov, T. A. 1950: The life cycle of perennial herbaceous plants in meadow communities. In: Trudy BIN AN SSSR. Ser. Geobot. no. 6, 1950, p. 7-197.
- Raučina, Š. & Janota, D. 1963: Rašeliniská na Slovensku, ich využitie a ochrana. In: Čs. ochrana prírody, roč.1, 1963, s. 17-55.
- Riekkinen, I. & Jaakkola, T. 2001: Effect of industrial pollution on soil-to-plant transfer of plutonium in a Boreal forest. In: Sc. Tot. Env., vol. 278, 2001, no. 1-3, p. 161-170.
- Scott, P.A. & Rouse, W.R. 1995: Impacts of increased winter snow cover on upland tundra vegetation - a case example. In: Climate Research, vol. 5, 1995, no. 1, p. 25-30.
- Shevtsova, A., Ojala, A., Neuvonen, S., Vieno, M. & Haukioja, E. 1995: Growth and reproduction of dwarf shrubs in a subarctic plant community: annual and above-ground interactions with neighbours. In: J. of Ecol., vol. 83, 1995, p. 263-275.
- Shevtsova, A. & Neuvonen, S. 1997: Responses of ground vegetation to prolonged simulated acid rain in sub-arctic pine-birch forest. In: New Phytol., vol. 136, 1997, p. 613-625.
- Solbring, O.T. (ed.) 1991: From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity. In: Report of a IUBS-SLOPE-UNESCO workshop. Cambridge: IUBS, 1991, 124 p.
- Suzuki, S & Kudo, G. 1997: Short-term effects on simulated environmental change on phenology, leaf traits, and shoot growth of alpine plants on a temperate mountain, northern Japan. In: Global Change Biology, vol. 3, 1997, Suppl. 1, p. 108-115.
- Suzuki, S. & Kudo, G. 2000: Responses of alpine shrubs to simulated environmental change during three years in the mid-latitude mountain, northern Japan. In: Ecography, vol. 23, 2000, p. 553-564.
- Šutov, V. V. & Smirnov, A. N. 1991: A trial of the analysis of age related composition of shoots of *Vaccinium uliginosum* L. coenopopulations in the Kostromskaya region. In: Rastitel'nye Resursy, vol. 27, 1991, no. 1. p. 43-52.
- Talbot, S.S. & Talbot, S.L. 1994: Numerical classification of the coastal vegetation of Attu Island, Aleutian Islands, Alaska. In: J. of Veg. Sc. vol. 5, 1994, p. 867-876.
- Thanos, C.A., Georghiou, K. et al. 1992: *Cistaceae*: a plant family with hard seeds. In: I. J. of Bot., vol. 41, 1992, no. 4-6, p. 251-263.
- Van der Kloet, S.P. & Nickerson, N.L. 1997: Incidence of fungi on *Vaccinia* testa and their potential effect on seed germination. In: Can. J. Bot., vol. 75, 1997, no. 4, p. 675-679.

9. ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁČ

- Eliáš, P. jun. - Baranec, T., 1998: Štruktúra populácie *Fumana procumbens* (Dunal) Gren. et Godr. v NPR Čenkovská step. In: Eliáš, P. (ed.): Populačná biológia rastlín V., Nitra: Sekos, 1998, s. 123-128.
- Baranec, T. - Eliáš, P. jun., 1998: Reprodukčná biológia druhov rodu *Empetrum* v Západných Karpatoch. In: Benčaťová, B. – Hrivnák, R.: Rastliny a človek, Zvolen, 1998, p. 41.
- Baranec, T. - Eliáš, P. jun. - Macková, D., 1998: Populačná biológia niektorých ohrozených druhov flóry Slovenska. In: Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie Biologické dni, Nitra: FPV UKF, 1998, s. 83-84.
- Baranec, T. - Ďurišová, Ľ. - Eliáš, P. jun. - Košťál, J. - Košťál, L., 1998: Reproductive biology of some endangered species from families *Ericaceae* and *Vacciniaceae*. In: Zima, M., Lacko-Bartošová, M.: Short communications volume II., Fifth ESA Congress, Nitra: SPU, 1998, p. 265-266.
- Baranec, T. - Ďurišová, Ľ. - Kuna, R. - Eliáš, P. jun. 1998: Reproductive biology of some endangered species in west Carpathian and north Panonian region. In: Lippaj János & Vas Károly International Scientific Symposium, Budapest, 1998, p. 2-3.
- Eliáš P. ml. - Baranec, T. - Ďurišová, Ľ., 1999: Štúdium populačnej a reprodukčnej biológie druhu *Empetrum nigrum* L. v PR Rudné (CHKO Horná Orava). In: Leskovjanská, A. (ed): Zborník zo 7.zjazdu SBS, Podlesok: SBS, 1999, p. 231 - 232.
- Baranec, T. - Ďurišová, Ľ. - Eliáš, P. jr., 1999: Population and reproductive biology of some mountains species in the West Carpathians (Slovakia). In: XVI International Botanical Congress, St.Louis, 1999, s.504.
- Baranec, T. - Ďurišová, Ľ. - Eliáš, P. ml., 1999: Reprodukčná a populačná biológia ohrozených rašeliniskových druhov z čeľadí *Empetraceae*, *Ericaceae* a *Vacciniaceae*. In: Šefer, J – Stanová V. (eds.): Rašelinská Slovenska, Bratislava: Daphne, 1999, p. 27-32.
- Baranec T. - Eliáš P. ml. - Ikrényi, I., 1999: Možnosti praktického využitia autochtónnej flóry Západných Karpát. In: Genetická ročenka, Nitra: SPU, 1999, p. 54-56.
- Baranec, T. - Hajdu, Š. - Eliáš, P. jr. - Ďurišová, Ľ, 1999: Flora of Slovakia as a potential genetics resource for Agriculture. In: Trendy v agropotravinárstve, Nitra: SPU, 1999, p. 22-23.
- Eliáš, P. jr. - Baranec, T., 2000: Population and reproductive biology of *Fumana procumbens* in Čenkovská step Natural Preserve. In: Lippaj János & Vas Károly International Scientific Symposium, Budapest: Szent Istvan Egyetem, 2000, p. 73.

- Eliáš, P. jr. - Baranec, T. - Štrba, P., 2000: Populačná biológia ohrozených rašeliniskových druhov *Empetrum nigrum* a *Vaccinium uliginosum* na severozápadnom Slovensku. In: Eliáš, P. (ed.): Plant Population Biology VI. Bratislava-Nitra: Sekos, 2000, p. 131-136.
- Baranec, T. - Eliáš, P. jr. - Štrba, P. - Ďurišová, L. - Vereščák, M., 2000: Výskum ohrozených druhov autochtónnej dendroflóry Slovenska. In: Lipták, J. – Lukáčik, I. (eds.): Arboréta – premenlivosť a introdukcia drevín. Zvolen: LVÚ, 2000, s. 143-144.
- Eliáš, P. ml. – Baranec, T. – Dolejšiová, K.: Reprodukčná biológia *Empetrum hermaphroditum* v NPR Chleb (NP Malá Fatra). In: Batiz, E., Baranec, T. (eds.): KITAIBELOVE BOTANICKÉ DNI „A Kárpát-medence flórajának megőrzése ex situ“, Račková dolina: SPU, 2001, p. 24 – 25.
- Eliáš, P. ml. - Baranec, T., 2002: Komparatívna analýza populácií *Fumana procumbens* na juhozápadnom Slovensku. In: Mlezivová, R. (ed.) Zborník príspevkov zjazdu ČBS, Lednice: ČBS, 2002, p. 88-89.
- Eliáš, P. ml. – Baranec, T. – Dolejšiová, K., 2002: Ekologické faktory a reprodukčná biológia *Empetrum hermaphroditum* vo Fatre. Mathias Belius Univ. Proc., Biological Series, vol. 2, No. 1, Supplementum, p. 253. ISBN 80-8055-735-7
- Eliáš, P. jun. – Labuda, R. – Baranec, T. 2003: Fungal infection of *Fumana procumbens* at southwestern Slovakia. In: Gergely, S. (ed.), Lippaj János & Vas Károly International Scientific Symposium, Budapest, 2003, p. 173.

10. SUMMARY

The population and reproduction biology of four endangered woody species of the slovak flora, *Empetrum hermaphroditum*, *E. nigrum*, *Fumana procumbens* and *Vaccinium uliginosum*, was studied during the years 1998-2002 in Slovakia. For each species one local population was choosed.

The detailed data for population biology were collected from two perpendiculars transects. The data for reproduction biology were obtained by using the method of marked individuals in permanent plots

The population size was the biggest in case of *F. procumbens* (364 individuals per 342 m²), the smallest in *E. nigrum* population (195 per 1095 m²). The population size of *E. hermaphroditum* and *V. uliginosum* was 38 individuals per 130 m² and 708 individuals per 922 m², respectively. The similar results were obtained for population density – 1,09 individuals.m⁻² in *F. procumbens* population and 0,178 individuals.m⁻² in case of *E. nigrum* population. The dispersion of individuals in population of *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* and *F. procumbens* was aggregated, while regular dispersion was found in case of *V. uliginosum* population. Size structure of population of all species was

asymmetric, one maximum was recorded. As concerning age structure of populations, the seedlings predominated in *F. procumbens* population and generative individuals prevailed in populations of other three species studied. In case of dioecious species *E. nigrum*, the sex ratio was balanced with feeble prevalence of male individuals (F:M = 0.77).

The weather during the flowering was the most important factor influencing the fruit set of *E. hermaphroditum*, *E. nigrum* and *V. uliginosum*. The fruit set of dioecious *E. nigrum* was markedly lower than this of hermaphroditic *E. hermaphroditum*. Average seed number in fruits of *E. nigrum* and *E. hermaphroditum* was 8,77 and 6,68 respectively. This fact can be useful for taxonomical study of *Empetrum* species. The germination rate of *V. uliginosum* was relatively high - 49,5%. Seed germination was low in case of *F. procumbens*, *E. nigrum* and *E. hermaphroditum* (10%, 15% and 26%, respectively). Low germination rate of *F. procumbens* was undoubtedly influenced by fungal infection because we found that 20 - 68% of seeds were damaged by fungal pathogens. The influence of environmental factor on seed and fruit weight is also discussed.