

Ekologie rostlin

Populační biologie

Přehled témat

- **Jedinec, populace, definice, demografie.**
- **Životní formy a cykly jednoletých, dvouletých, vytrvalých a klonálních druhů.**
- **Způsoby opylování, tvorba semen, způsoby jejich disperze, tvorba semenné banky, dormance semen.**
- **Kolonizace, expanze a invaze rostlin, alelopatie.**
- **Vnitrodruhová a mezidruhová kompetice, parazitismus, mutualismus, herbivorie, karnivorie.**
- **Koncepce C-R-S a r-K strategií**
- **Metapopulace.**

Organismus

- Unitární



- Modulární



Organismus

- **Unitární**

- forma (tvar) pevně určena
- Pevně dána vývojová stádia
- Stanoveny rozměry

- **Modulární**

- stavební prvky
- větvení
- vývojový program není pevně stanoven
- proměnlivý počet základních stavebních prvků
- Každý modul má parametry unitárního organismu (list, větvička s pupenem)
- Taxonomie vázána na moduly

Typy modulárních organismů



Rozpadavé

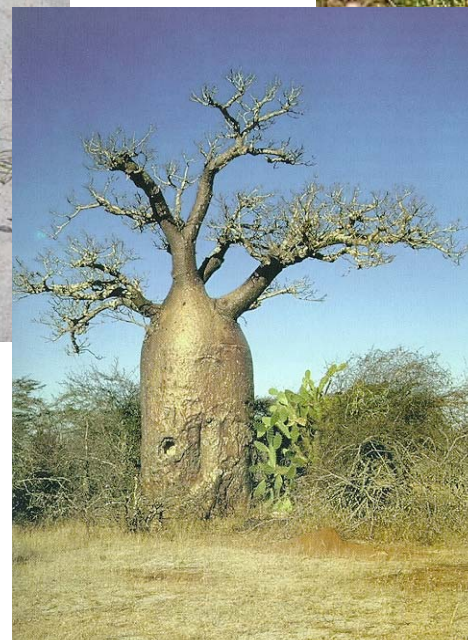


Výběžkaté

**Volně se
rozvětující**



Trsnaté



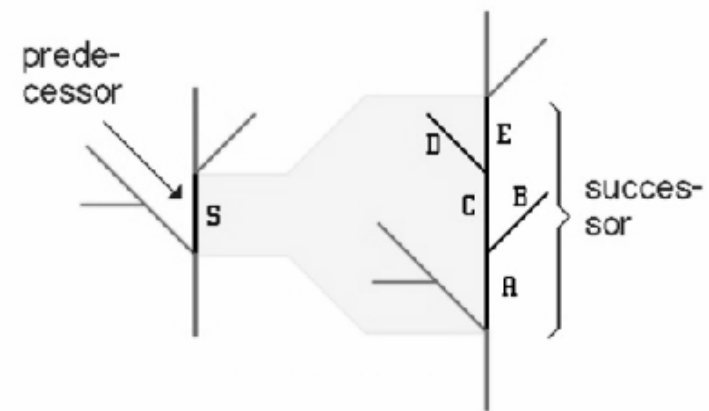
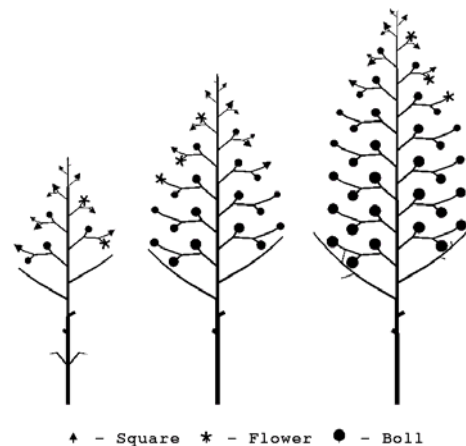
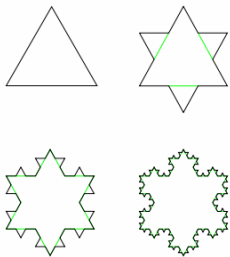
**Mnohonásobně
větvené,
vytrvalé**

Fraktální geometrie

- Umožňuje matematický popis přírody
- Modularita na více úrovních
- Důležitou vlastností převážné většiny přírodních útvarů je jejich geometrická nepravidelnost. V klasické geometrii se prakticky vždy dostáváme do problémů, jakým způsobem zjistit např. délku, povrch nebo objem nepravidelných útvarů. Tvary pobřežních linií, pohoří, říčních sítí, oblak, stromů můžeme jen stěží aproximovat pomocí tvarů, které nám nabízí klasická geometrie, jako jsou přímky, obdélníky, kružnice, kužely apod.



Kochova vločka



Pojetí jedince

- **Jedinec jako RAMETA –**
individuální jednotka (výhon)
potenciálně schopná
samostatné existence
- **Jedinec jako GENETA –**
klonální kolonie ramet
rostoucí v těsné blízkosti;
všechny části této rostliny
jsou stejného genetického
obsahu

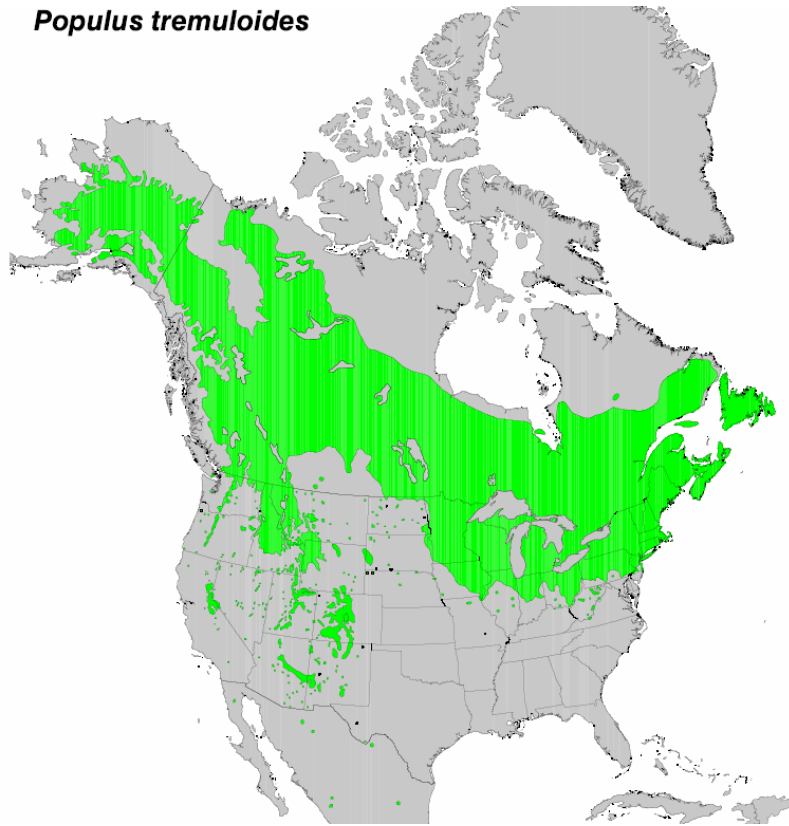


Největší genetou na světě je porost
druhu *Populus tremuloides*
Wasatch Mountains, Utah

rozloha: 46 ha
předpokládané stáří: 80.000 let.

Pojetí jedince

Populus tremuloides





Geneta

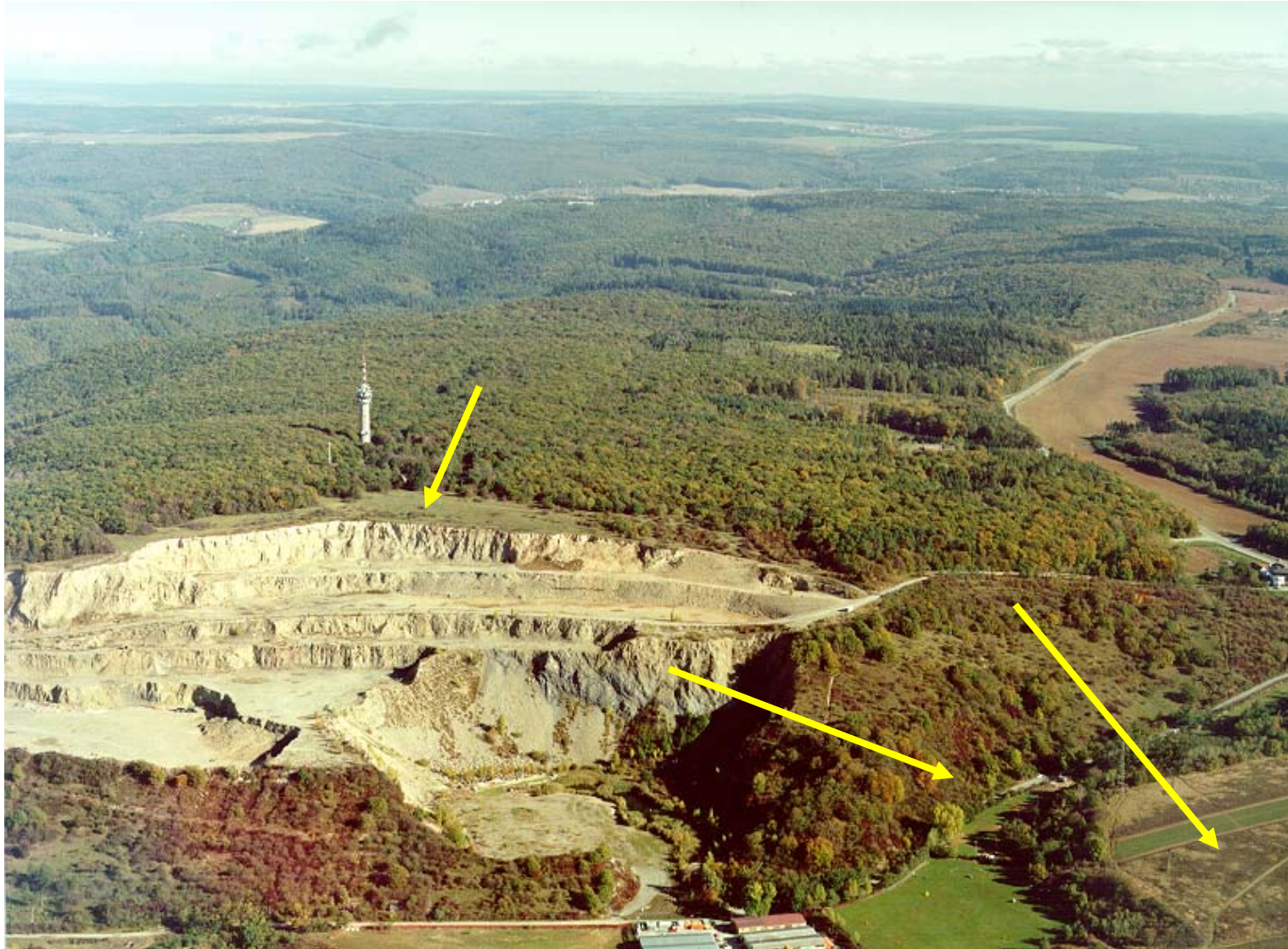
- Soubor modulů (prýtů) stejné genetické informace
- Vegetativní množení
- Jedinec jako geneta (studium variability)



Rameta

- Jediný prýt (výhon)
- Možnost samostatné existence
- Jedinec jako rameta - prýt = výhodné pro kvantitativní charakteristiky

Velikost genet



Některé vlastnosti modulárních organismů

- Odolnost vůči pastvě
- Maximální adaptace na změny podmínek na jednom místě - opadavost listů v nepříznivých veg. podmínkách
- Tvorba diaspor s dormancí
- Výhoda klonálního růstu při snižování rizika zničení jednotlivých prýtů
- Omezení pohyblivosti - mobilita genů pouze semeny a pylem...

Soubor jedinců – populace



Soubor jedinců téhož genetického základu a původu, která se společně vyskytuje na témže stanovišti.

Panmiktická populace – teoretický případ populace, v níž mají všichni jedinci stejnou pravděpodobnost společné reprodukce.

Prostor vymezující populaci není pevně stanoven – lokální populace versus jihomoravská, česká, evropská (předpoklad spojitého areálu)

Co studuje populační biologie?

- Meziroční změny uvnitř populací
- Délka životního cyklu
- Reprodukční potenciál
- vzájemné vztahy mezi jedinci
- Limitní hustota jedinců atd.

- **Využití:** Ochrana přírody, pěstování potravin a technických plodin, produkce dřevní hmoty atd.

Vlastnosti populací

Populace lze chápat jako otevřený živý systém, jemuž jsou vlastní určité populační charakteristiky:

- Rozmístění (disperze) jedinců
 - Hustota (denzita) populace
 - Množivost (natalita)
 - Úmrtnost (mortalita)
- Poměr pohlaví (sex ratio, pohlavní index – význam pouze u dvoudomých rostlin)
 - Věková struktura

Rozmístění (disperze)

Uspořádání jedinců:

- **Rovnoměrné** (vysazování, jinak vzácné – dokonalé využití zdroje, velká kompetice)



Rozmístění (disperze)

Uspořádání jedinců:

- **Shlukovitě** (ochrana proti nepříznivým ekologickým podmínkám, způsob šíření, vhodný hostitel...)



Rozmístění (disperze)

Uspořádání jedinců:

- **Náhodné** (organismy s malou vzájemnou kompeticí)



Hustota (denzita)

Absolutní hodnota často vyjádřená abundancí (fytocenologické snímky). Zjišťování počtu jedinců vzácnější. Obecněji vyjadřované v relativních číslech.

Kolísání početnosti v čase – ovlivňováno následujícími třemi faktory...

Množivost (natalita)

- množivost = počet nových jedinců vyprodukovaných populací za jednotku času
- maximální (optimální podmínky) natalita \times realizovaná (skutečná) natalita

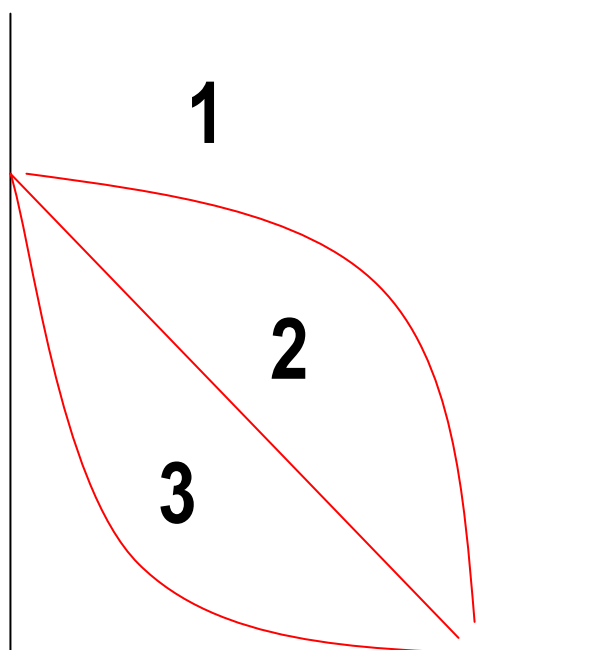
Úmrtnost (mortalita)

Počet uhynulých jedinců v populaci za jednotku času

Minimální x realizovaná mortalita

Křivky přežívání

Křivka přežívání – používá se pro zachycení rozdílné mortality v odlišných věkových kategoriích populace



- 1. Nízká - vysoká mortalita (krátkověké druhy)
- 2. Konstantní mortalita (dvouletky a víceletky)
- 3. Vysoká - nízká mortalita (dlouhověké trvalky)

Kohorta



Kohortní tabulka přežívání



**1-3 m vysoká
dřevina**
Listy 7-12 cm
Pochází
z aridních
oblastí
Austrálie,
pěstovatelná
v Mediteránu

Table 1.1 Life table and fecundity schedule for a population of the shrub *Acacia suaveolens*, in Australia (data from T. Auld & D. Morrison pers. comm.).

Age (yr)	Number	Survival	Mortality	Mortality rate,	Survival rate,
x	N_x	l_x	d_x	d_x/l_x	$1 - (d_x/l_x)$
				q_x	p_x
0	1000	1	0.174	0.174	0.826
1	826	0.826	0.145	0.176	0.824
2	681	0.681	0.159	0.233	0.767
3	522	0.522	0.122	0.234	0.766
4	400	0.4	0.093	0.233	0.768
5	307	0.307	0.076	0.248	0.752
6	231	0.231	0.057	0.247	0.753
7	174	0.174	0.043	0.247	0.753
8	131	0.131	0.015	0.115	0.885
9	116	0.116	0.013	0.112	0.888
10	103	0.103	0.012	0.117	0.883
11	91	0.091	0.011	0.121	0.879
12	80	0.08	0.009	0.113	0.888
13	71	0.071	0.009	0.127	0.873
14	62	0.062	0.007	0.113	0.887
15	55	0.055	0.007	0.127	0.873
16	48	0.048	0.005	0.104	0.896
17	43	0.043	-	-	-

Demografie populace

Popisuje populaci v jediném okamžiku

Věková struktura

Rozdělení přežívajících jedinců do věkových tříd

Předreproduktivní (juvenilní) stádium

Reproduktivní

(Postreproduktivní stádium)

Věková struktura mnohdy zjišťována nepřímou – počet výhonů, celková biomasa atd.

Definice populace pro účely jejího studia

- Hranice zřetelné nebo určené potřebou (cílem)
- Hustota populace - počet jedinců na jednotku plochy
- Určení počtu jedinců v populaci
 - - výčet
 - - vzorek

Onosma visianii



Z příbuzenstva hadinců, kamejky,
kostivalu

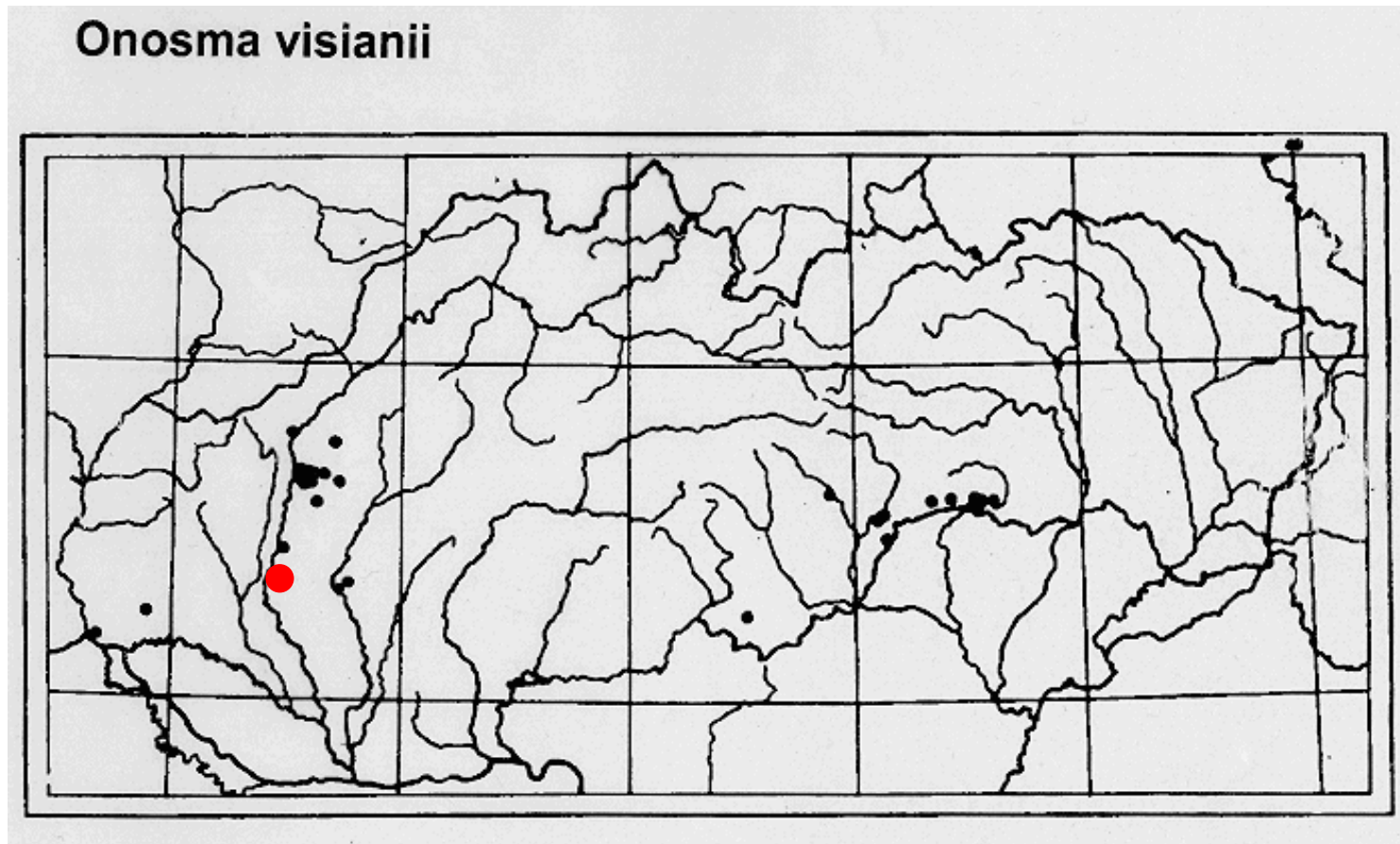
Monokarpická dvouletka

Stepní běžec

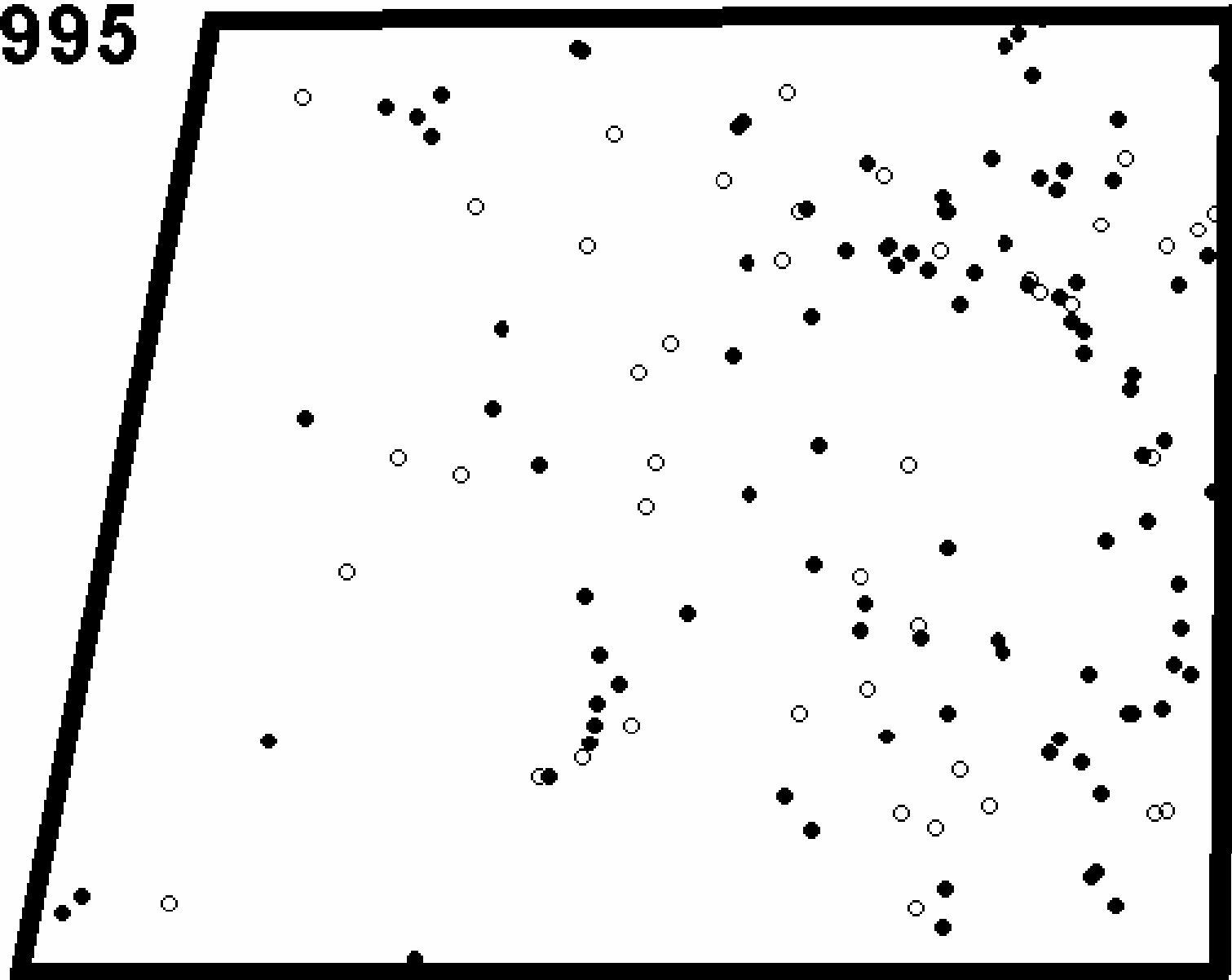
Stanoviště: výslunné erodované
dolomitové svahy

Onosma visianii

Rozšíření na Slovensku



1995



Obecné demografické parametry

$$N_{t+1} = N_t + B - D + I - E$$

- N_t - počet jedinců v čase t
- N_{t+1} - počet jedinců v čase $t+1$ (po roce)
- B - počet nových jedinců
- D - počet odumřelých jedinců
- I - počet imigrujících diaspor (imigrantů)
- E - počet diaspor přesouvajících se mimo populaci (emigrantů)

Statická struktura populace

(sledování v jediném okamžiku)

- **Genetická** (frekvence alel v populaci)
- **Prostorová** (definuje rozdíly v hustotě a uspořádání jedinců)
- **Věková** (popisuje relativní počty jedinců jednotlivých věkových skupin)
- **Velikostní** (kategorie podle velikosti)
- **Sexuální** (u dvoudomých rostlin)

Onosma visianii

Detailní věková struktura populace rozdělená do věkových tříd

Year	Age of plants				
	Seedlings	2 years old	3 years old	Not known	Flowerings
1992	-	-	-	175	12
1993	24	-	-	142	22
1994	17	8	-	115	31
1995	15	8	8	67	42

Onosma visianii

Základní struktura populace

Year	Rosettes	Flowerings
1992	175	12
1993	166	22
1994	140	31
1995	98	42

Dynamické změny populace

Popisuje časové změny ve struktuře populace

Poměr N_{t+1} / N_t

Dynamická struktura populace

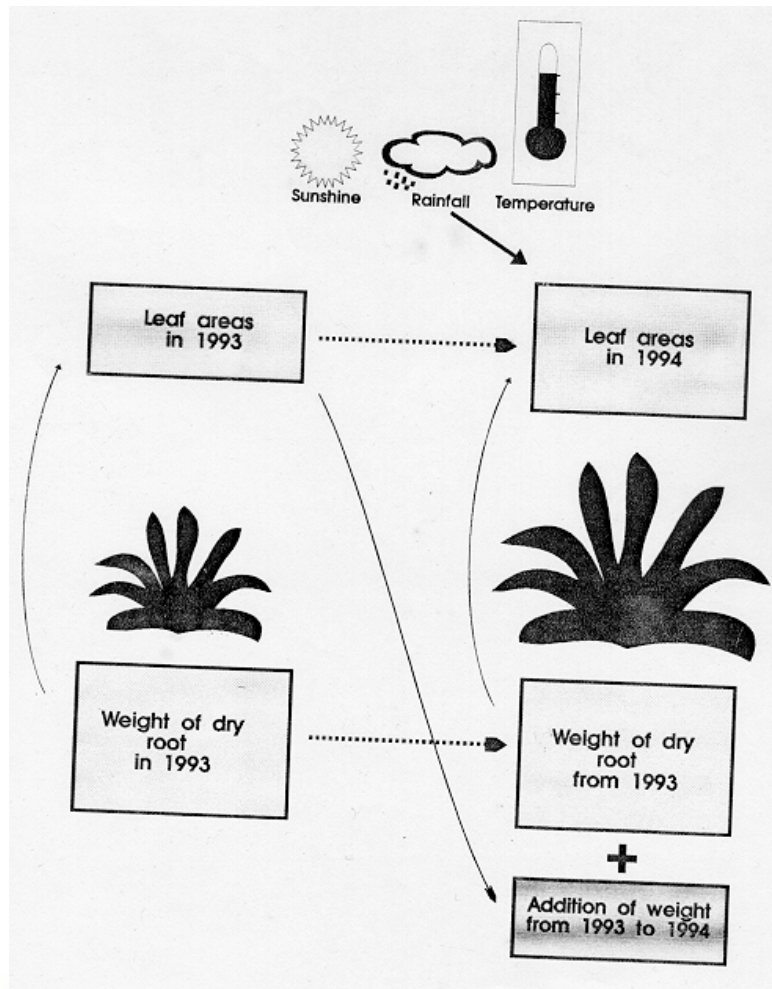
(sledování v průběhu celého životního cyklu)

- stanovené intervaly pozorování
- možno použít omezeně u populací s krátkým životním cyklem
- Nutná stejnověkost populace
- Stanovuje se počet jedinců, počet uhynulých jedinců, průměrný počet uhynulých za den atd.
- Nemohou vyklíčit nové rostliny v průběhu pozorování
- Pozornost věnována stáří rostlin a počtu přežívajících či plodnosti jedinců

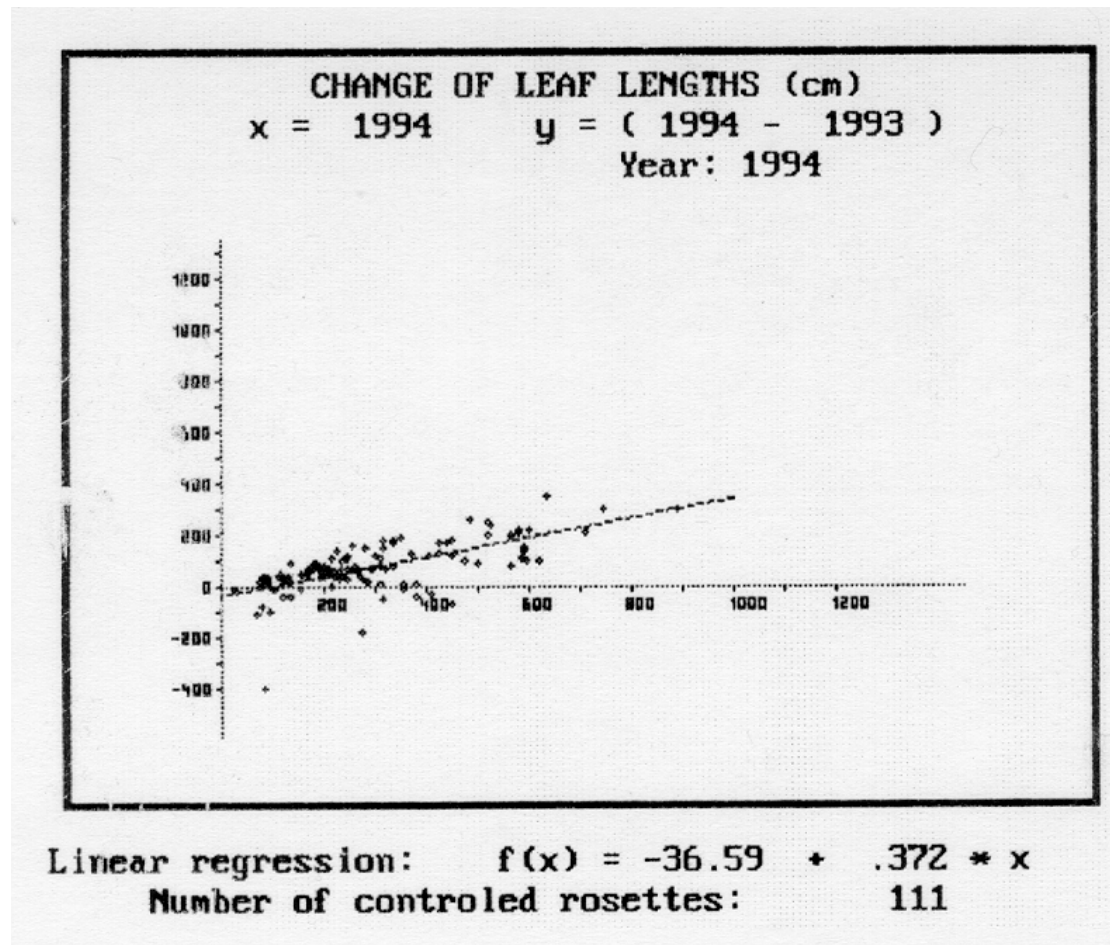
Onosma visianii

Velikost rostlin ovlivňuje:

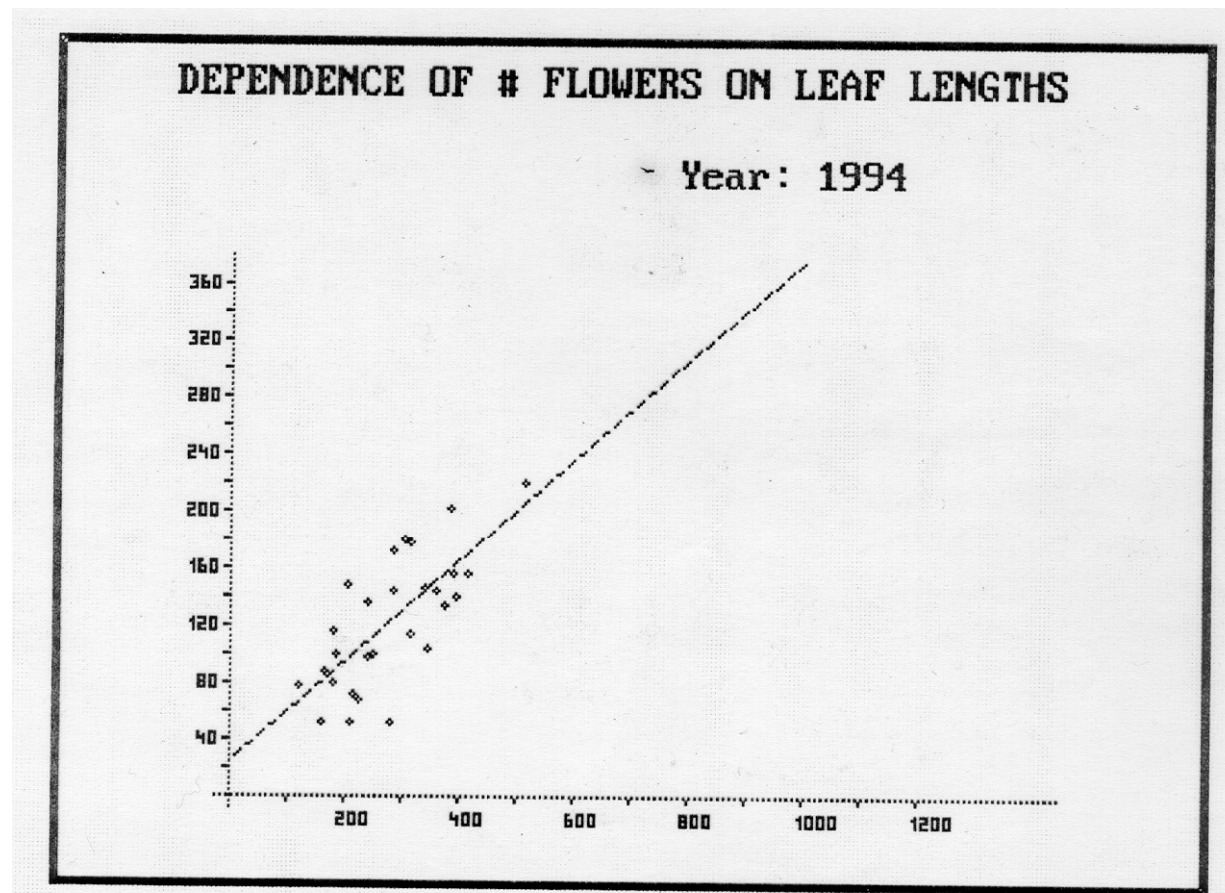
- fenologická fáze
- aktuální klimatické podmínky



Onosma visianii



Onosma visianii



Linear regression: $f(x) = 23.7 + .035 * x$
Number of controled rosettes: 28

Způsoby sběru terénních dat

Označení jednotlivých rostlin štítky

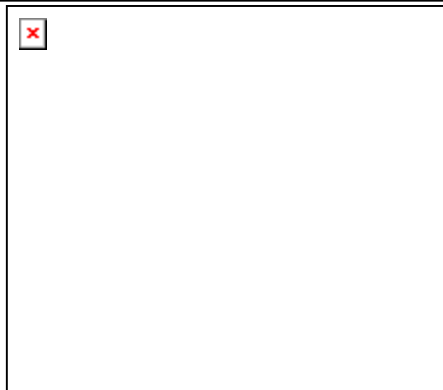
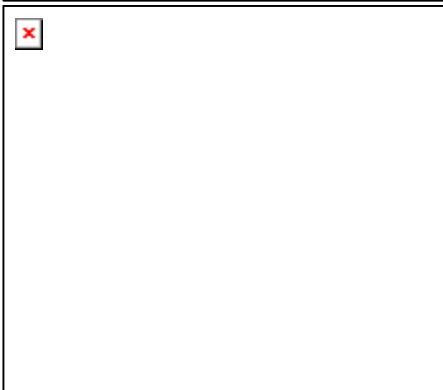
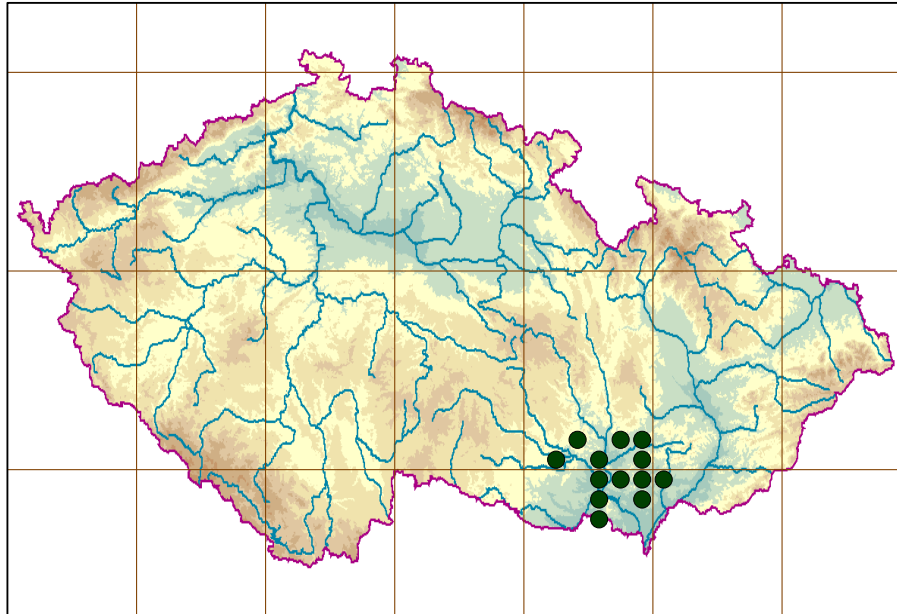
1. nad zemí (snadné u stromů, u bylin pouze na vytrvávajících částech po krátkou dobu)
2. Pod zemí (nutnost dohledání pomocí detektoru kovů; možnost ovlivnění kořenového systému)

Zaměření rostlin

1. Pomocí přesné GPS (přesnost až 5 cm; nevýhodu nutnost otevřeného prostoru)
2. Pomocí sítě pevných bodů (min. 2 body)
3. Pomocí lineárního transektu

Katrán tatarský – *Crambe tataria*

(S) *Crambe tataria*



C2 – silně ohrožený druh

NATURA 2000

Jak sledovat tento druh?

Zadání: Extenzivní monitoring druhu pomocí leteckých fotografií

? Mobilita ?

? Délka životního cyklu ?

? Semelparie / iteroparie ?



jednoletý semenáček



jedno- až dvouletá
rostlina



víceletá rostlina s pěti listy



**Letecké fotografie =
aktuální počet
kvetoucích jedinců a
zachycení stavu
vegetačního krytu**

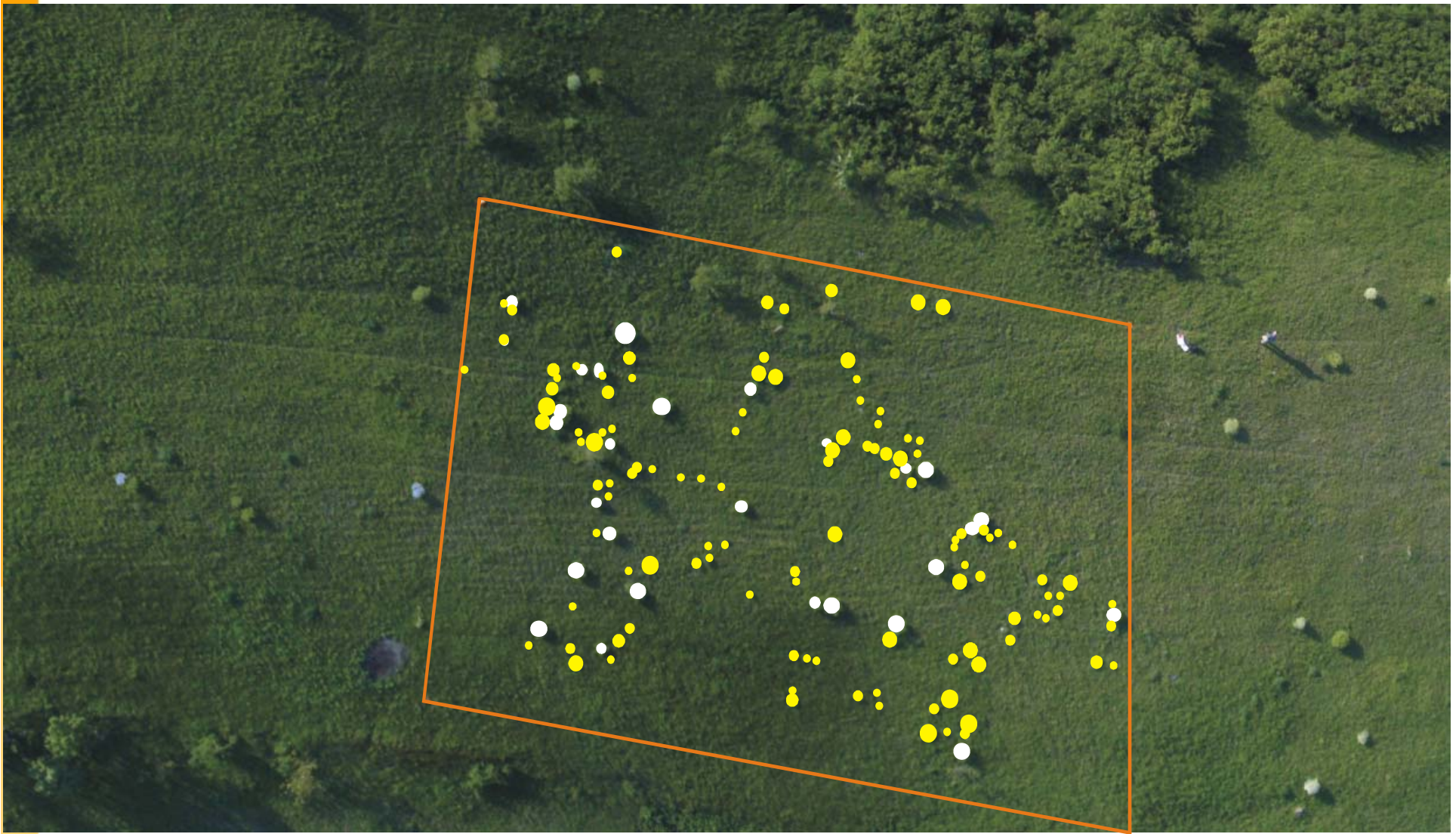
***Jak vypovídá o stavu
populace?***







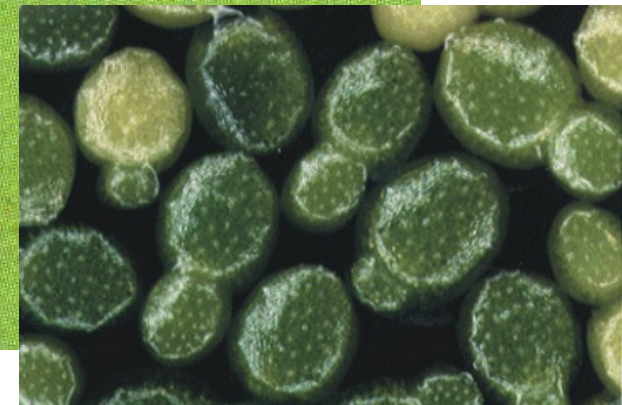




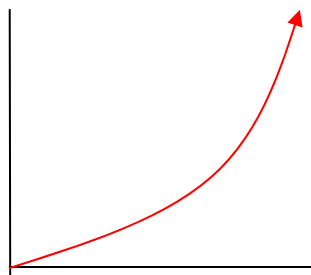
Volná ekologická nika



**Limitní počet jedinců
= nosná kapacita prostředí K**



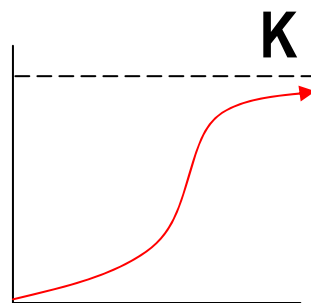
Model růstu populace



Při neomezených možnostech růstu - **exponenciální růst** závisí na reprodukční rychlosti a počtu jedinců

Křivka tvaru J

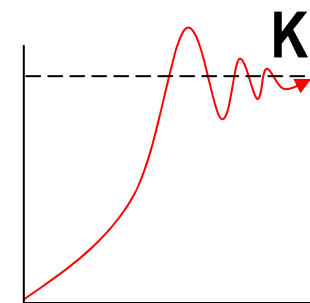
Maximální reprodukční potenciál - rychlost prostředím neomezeného růstu



Při možnostech omezených nosnou kapacitou prostředí K - **sigmoidní růst** limitující vlivy prostředí

Křivka tvaru S

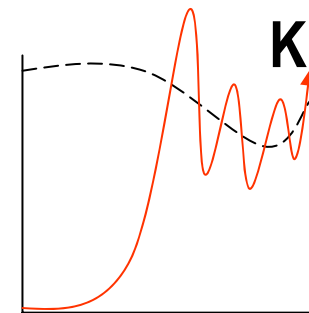
Při dosažení K vyčerpán jeden ze zdrojů prostředí



Růst populace je regulován zpětnými vazbami
Zpomalené odezvy prostředí umožňují **kolísání kolem nosné kapacity prostředí**

Omezení použití zjednodušených modelů pro rostlinné populace

- Předpoklad navzájem rovnocenných jedinců (biomasa, stáří, výška, listová plocha atd.)
- Během vývoje rostlin je specifická rychlost růstu konstantní
- Konstantní je i nosná kapacita prostředí (K) v průběhu vegetační sezóny



Modelování populací

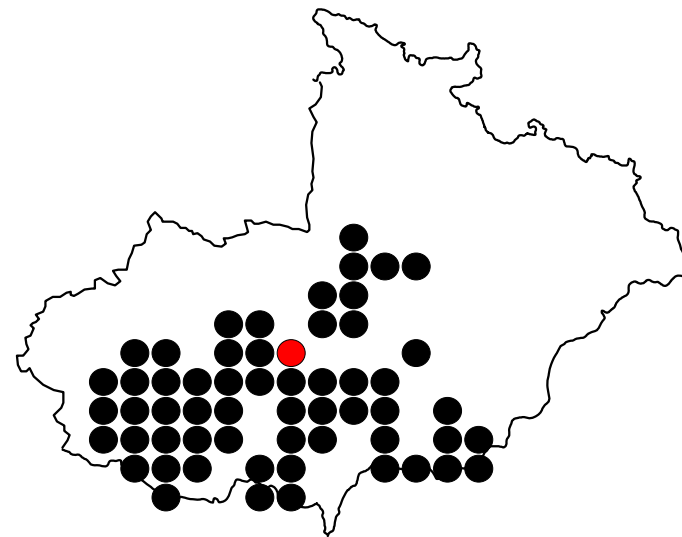
- Změny velikosti a struktury populací lze predikovat pomocí **přechodových (demografických) matic**
- Model umožňuje odpověď za jeden nebo více časových intervalů
- Používá se pravděpodobnost, se kterou druh zůstává nebo se přesunuje do jiné třídy

Software pro přechodové matice

- PopTools: <http://www.cse.csiro.au/poptools/>
- PopTools is a versatile add-in for PC versions of Microsoft Excel (97, 2000 or XP) that facilitates analysis of matrix population models and simulation of stochastic processes.

Pulsatilla grandis

*Druh xerofilních pastvin
závislost na mírném narušování povrchu
anemochorie
silně ohrožený
zvláště chráněný; NATURA 200*



Pulsatilla grandis

Sledování populace:



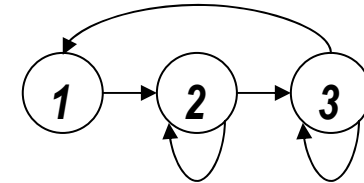
*označíme rostliny
zjistíme produkci semen
sledujeme počet kvetoucích
a sterilních jedinců
zanedbáme semennou banku*

*V 0. roce zjistíme 200 sterilních
a 500 kvetoucích rostlin*

Pulsatilla grandis



**Zjednodušený
životní cyklus:**
vývoj, přežívání,
reprodukce



V nultém roce zjistíme:

500 kvetoucích rostlin

200 juvenilních rostlin

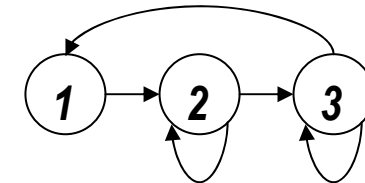
4000 semen z kvetoucích rostlin

Pulsatilla grandis

Rok 0	4000	200	500
-------	------	-----	-----

	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny	Rok 1
Semena	0	0	3600	3600
Juvenilní rostliny	40	100	0	140
Kvetoucí rostliny	0	50	400	450

Zjednodušený životní cyklus:
vývoj, přežívání, reprodukce



V prvním roce zjistíme:

400 kvetoucích rostlin přežilo a kvetlo znovu, 50 semenáčků poprvé kvetlo, 100 nekvetoucích rostlin zůstalo nekvetoucími rostlinami a ze semen vyrostlo 40 semenáčků. Z vykvetlých rostlin vzniklo 3600 semen

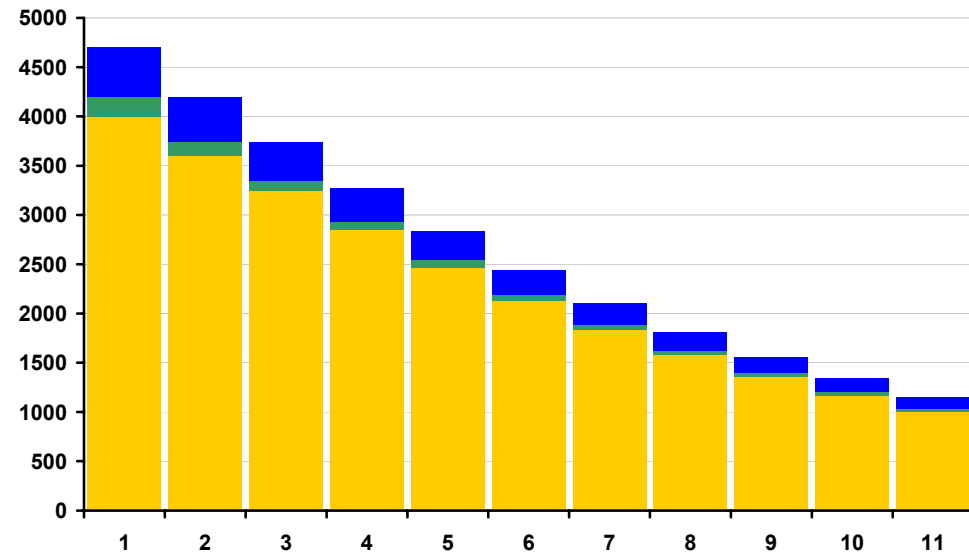
Rok 0	4000	200	500	
	x	x	x	

	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny	Rok 1
Semena	0	0	7.2	= 3600
Juvenilní rostliny	0.01	0.5	0	= 140
Kvetoucí rostliny	0	0.25	0.8	= 450

Pulsatilla grandis

Modelování časové řady

roky	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
0	4000	200	500
1	3600	140	450
2	3240	106	395
3	2844	85	343
4	2466	71	295
5	2127	60	254
6	1829	51	218
7	1572	44	187
8	1350	38	161
9	1159	32	138
10	995	28	119



Populace vymírá!!!

Pulsatilla grandis

Rok 0	4000	200	500	
	x	x	x	
	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny	Rok 1
Semena	0	0	7.2	= 3600
Juvenilní rostliny	0.01	0.5	0	= 140
Kvetoucí rostliny	0	0.25	0.8	= 450

Které prvky matice lze nejnázem ovlivnit a které mají největší fluktuaci?

Senzitivita a elasticita matice

Senzitivita – čím větší je senzitivita prvku matice, tím je větší změna v počtu jedinců při jednotkové změně prvku matice

Elasticita – udává význam procentické, nikoliv jednotkové změny prvku pro nárůst velikosti populace.

Pulsatilla grandis

Rok 0	4000	200	500	
	x	x	x	
	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny	Rok 1
Semena	0	0	7.2	= 3600
Juvenilní rostliny	0.01	0.5	0	= 140
Kvetoucí rostliny	0	0.25	0.8	= 450

Které prvky matice lze nejnázve ovlivnit a které mají největší fluktuaci?

Senzitivita matice

	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
Semena	0	0	0.006843
Juvenilní rostliny	4.379826	0.124035	0
Kvetoucí rostliny	0	0.175193	0.824626

Elasticita matice

	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
Semena	0	0	0.051339
Juvenilní rostliny	0.051339	0.072695	0
Kvetoucí rostliny	0	0.051339	0.773287

Pulsatilla grandis

Využití přechodových matic:

Jak se bude chovat populace v simulovaných podmínkách?

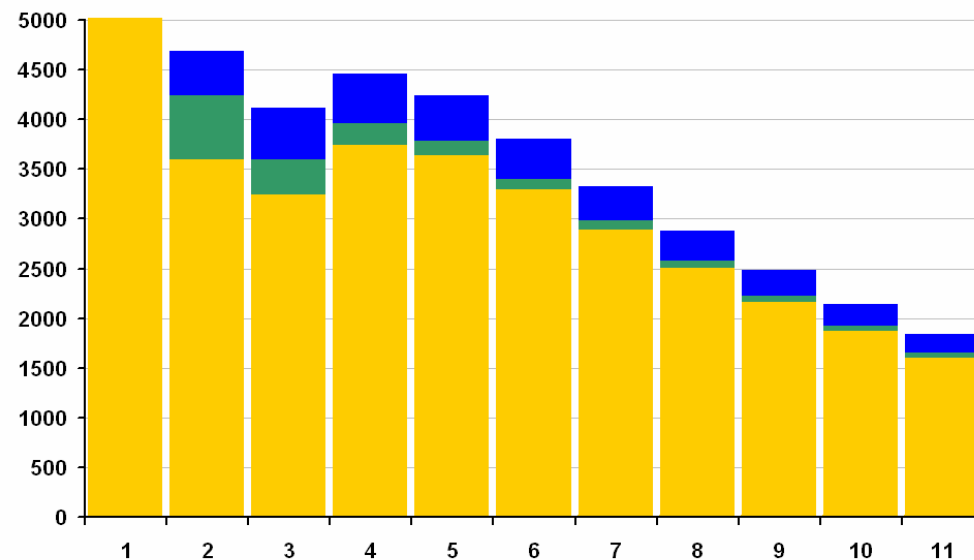
1. Zarůstání stařinou
2. Dosev semen z jiné lokality
3. Sečení (pastva)



Pulsatilla grandis

0. rok – výsev 50.000 semen

roky	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
0	54000	200	500
1	3600	640	450
2	3240	356	520
3	3744	210	505
4	3636	143	457
5	3288	108	401
6	2887	87	348
7	2503	72	300
8	2159	61	258
9	1857	52	222
10	1596	45	190

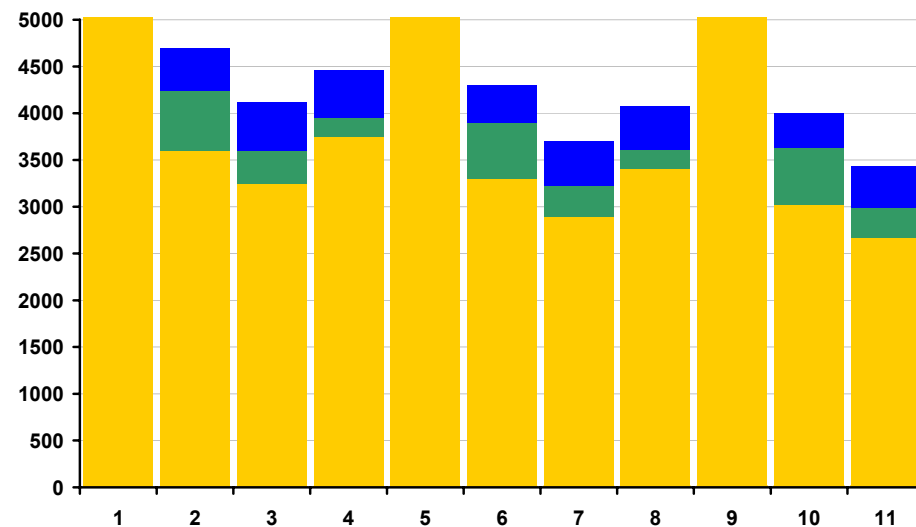


Populace stále vymírá!!!

Pulsatilla grandis

Každý čtvrtý rok výsev 50.000 semen

roky	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
0	54000	200	500
1	3600	640	450
2	3240	356	520
3	3744	210	505
4	53636	143	457
5	3288	608	401
6	2887	337	473
7	3403	197	462
8	53329	133	419
9	3018	600	368
10	2653	330	445



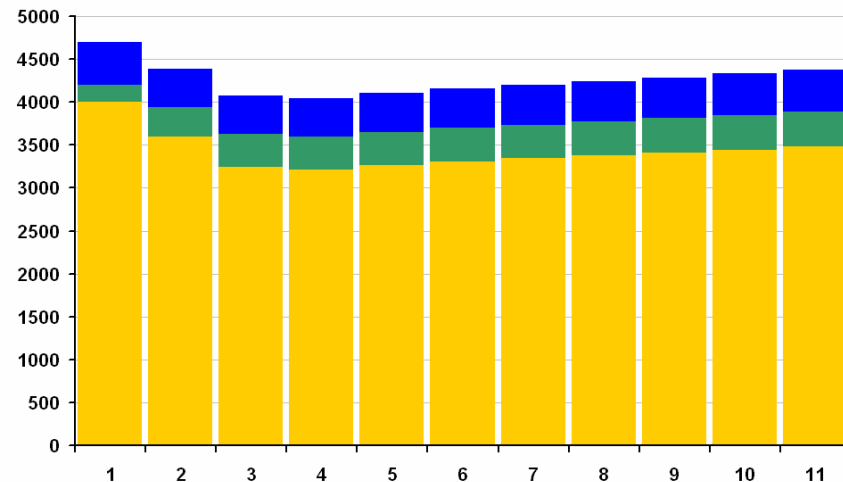
Populace stále pomalu vymírá.

Pulsatilla grandis

Podpoření přežívání semenáčků –
změna charakteru lokality
(sečení)

roky	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
0	4000	200	500
1	3600	340	450
2	3240	386	445
3	3204	387	453
4	3258	386	459
5	3304	388	464
6	3338	392	468
7	3369	396	472
8	3402	400	477
9	3435	404	482
10	3469	408	487

Rok 0	4000	200	500	
	x	x	x	
	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny	Rok 1
Semena	0	0	7.2	= 3600
Juvenilní rostliny	0.06	0.5	0	= 340
Kvetoucí rostliny	0	0.25	0.8	= 450



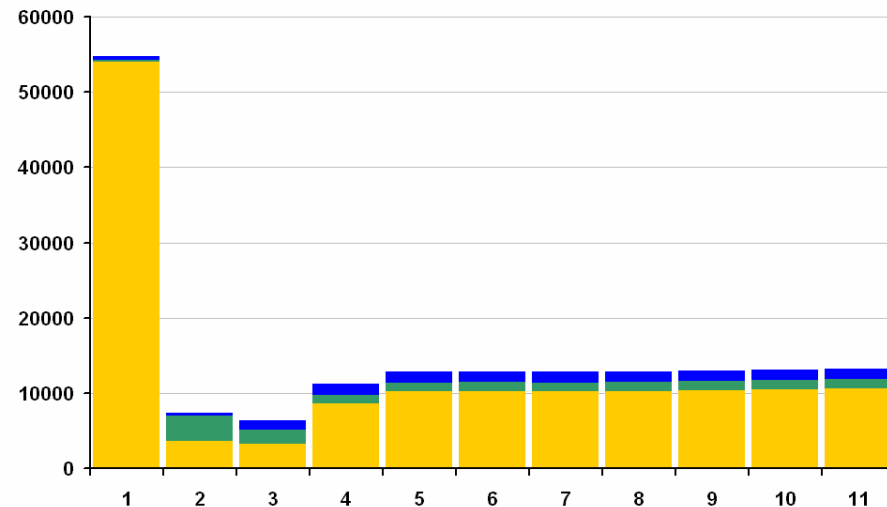
Populace se časem stabilizuje

Pulsatilla grandis

Podpoření přežívání semenáčků –
změna charakteru lokality + výsev
50.000 semen

Rok 0	4000	200	500	
	x	x	x	
	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny	Rok 1
Semena	0	0	7.2	= 3600
Juvenilní rostliny	0.06	0.5	0	= 340
Kvetoucí rostliny	0	0.25	0.8	= 450

roky	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
0	54000	200	500
1	3600	3340	450
2	3240	1886	1195
3	8604	1137	1428
4	10278	1085	1426
5	10270	1159	1412
6	10169	1196	1420
7	10221	1208	1435
8	10329	1217	1450
9	10438	1228	1464
10	10542	1240	1478



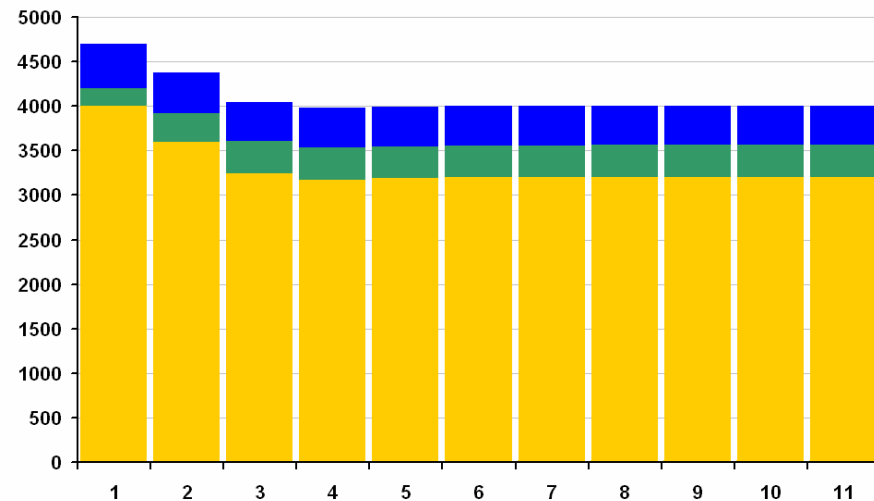
Optimistický vývoj populace

Pulsatilla grandis

Stabilizujeme dvě nezávislé populaci pro pokus simulace odběru a výsevu semen:

roky	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
0	4000	200	500
1	3600	322	450
2	3240	361	441
3	3172	360	443
4	3187	356	444
5	3198	355	444
6	3199	355	444
7	3198	355	444
8	3198	355	444
9	3197	355	444
10	3197	355	444

Rok 0	4000	200	500	
	x	x	x	
	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny	Rok 1
Semena	0	0	7.2	= 3600
Juvenilní rostliny	0.0555	0.5	0	= 322
Kvetoucí rostliny	0	0.25	0.8	= 450

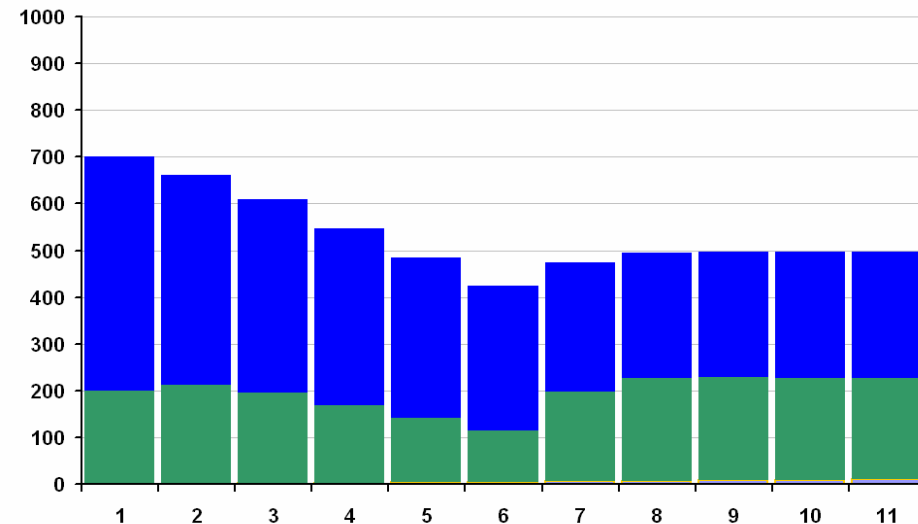


Pulsatilla grandis

Z první populace odebereme prvních 5 let každý rok 2000 semen:

Rok 0		2000	200	500		
		x	x	x		
		Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny	=	Rok 1
Semena		0	0	7.2	=	1600
Juvenilní rostliny		0.0555	0.5	0	=	211
Kvetoucí rostliny		0	0.25	0.8	=	450

roky	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
0	2000	200	500
1	1600	211	450
2	1240	194	413
3	972	166	379
4	727	137	345
5	2480	109	310
6	2231	192	275
7	1981	220	268
8	1930	220	269
9	1940	217	271
10	1948	216	271

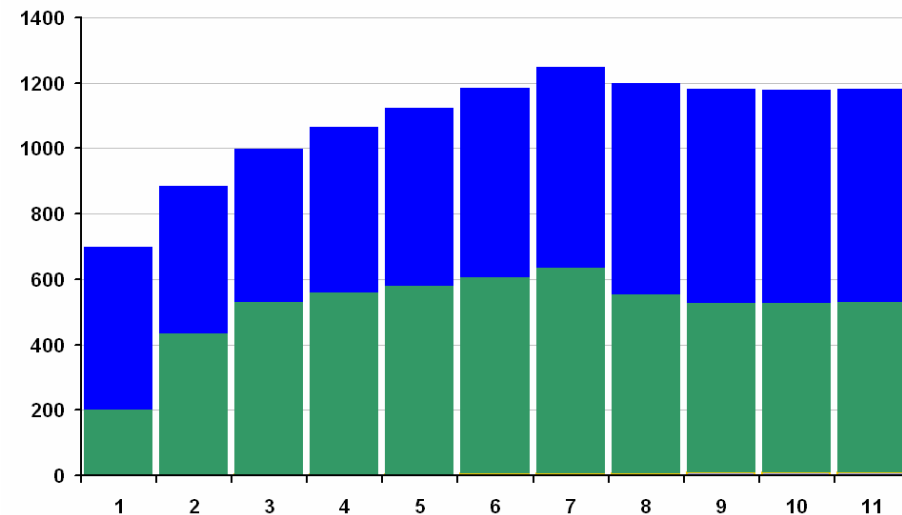


Pulsatilla grandis

Do druhé populace přidáme prvních 5 let každý rok 2000 semen:

Rok 0	6000	200	500	
	x	x	x	
	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny	Rok 1
Semena	0	0	7.2	= 5600
Juvenilní rostliny	0.0555	0.5	0	= 433
Kvetoucí rostliny	0	0.25	0.8	= 450

roky	Semena	Juvenilní rostliny	Kvetoucí rostliny
0	6000	200	500
1	5600	433	450
2	5240	527	468
3	5371	554	506
4	5646	575	544
5	5915	601	579
6	4168	629	613
7	4416	546	648
8	4665	518	655
9	4714	518	653
10	4703	521	652



Životní cyklus rostlinného jedince

Životní cyklus rostliny

- Sled růstově vývojových částí

Základní schéma:

Semeno, spora

<semenná banka>

<dormance>

<klíčení>

Semenáček

<zředlování>

dospělé rostliny

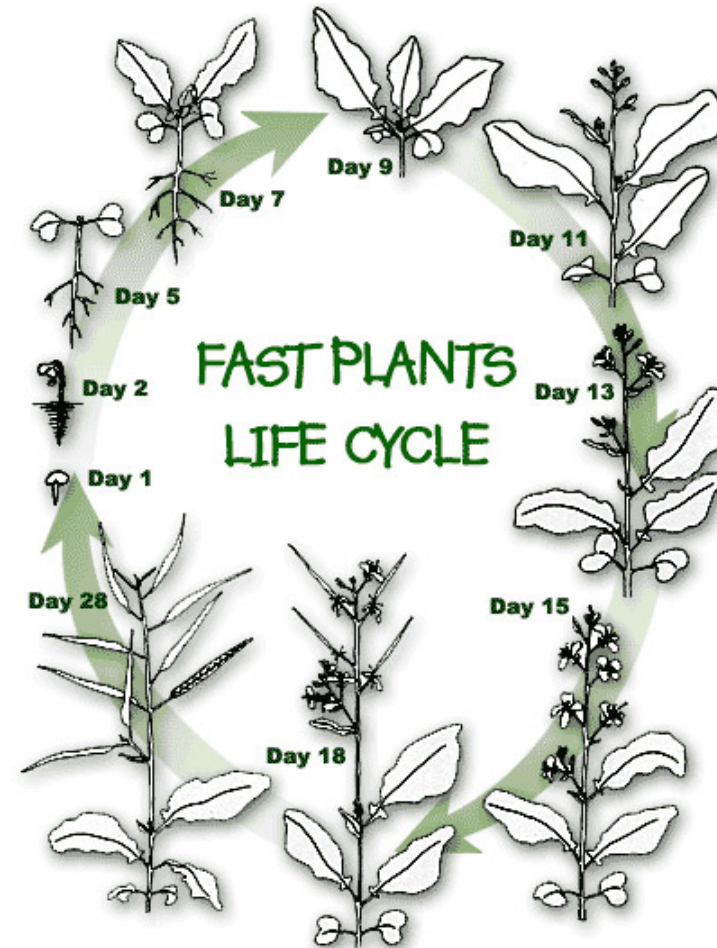
<vegetativní propagace>

<generativní reprodukce>

semeno

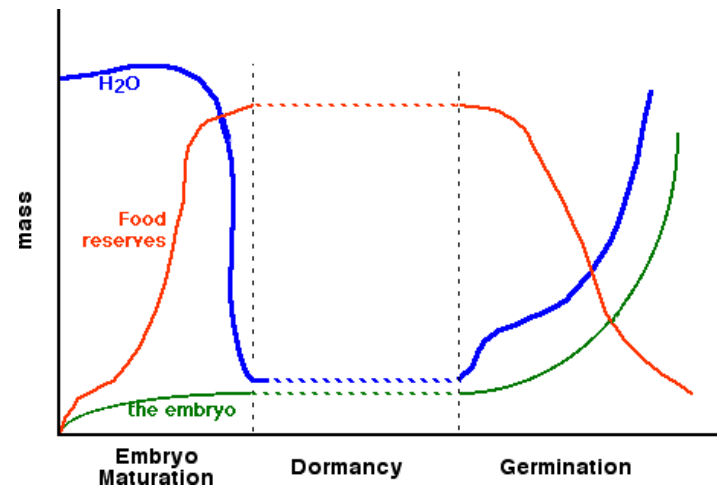
<transport a spad semen>

<semenná banka>



Semenná banka

- Dormance semen - různě stará semena (jedinci) klíčí v jediný rok.
- V samotném důsledku nejsou jednoletky jednoletými organismy!
- Mnohdy jde o velmi dlouhověké rostliny - plevele (desítky až stovky let), lotos (více než 2000? let)
- Umělé prodloužení viability semen: zmrazení, sucho (vakuum, plyny nemají signifikantní vliv)



Dormance

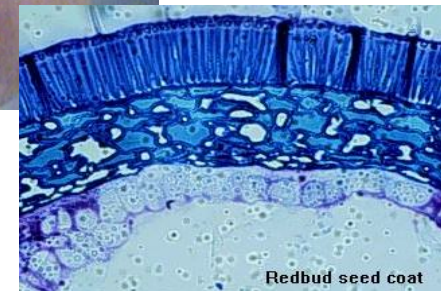
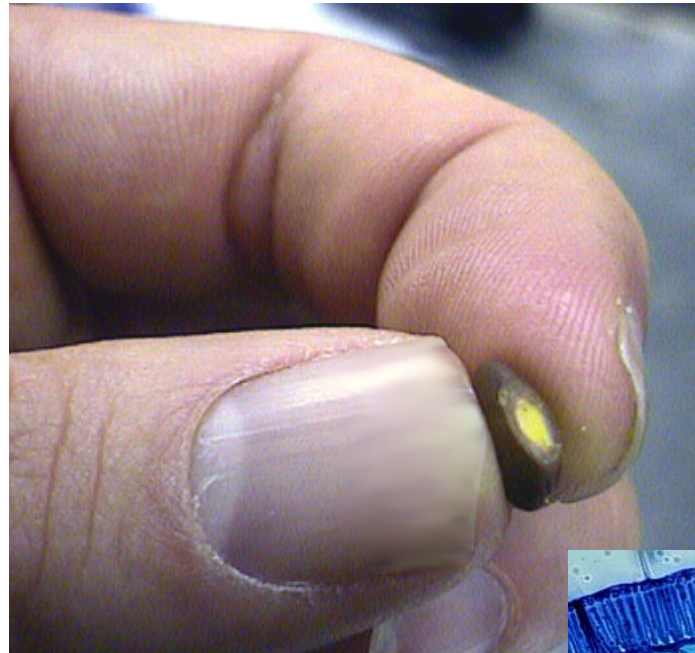
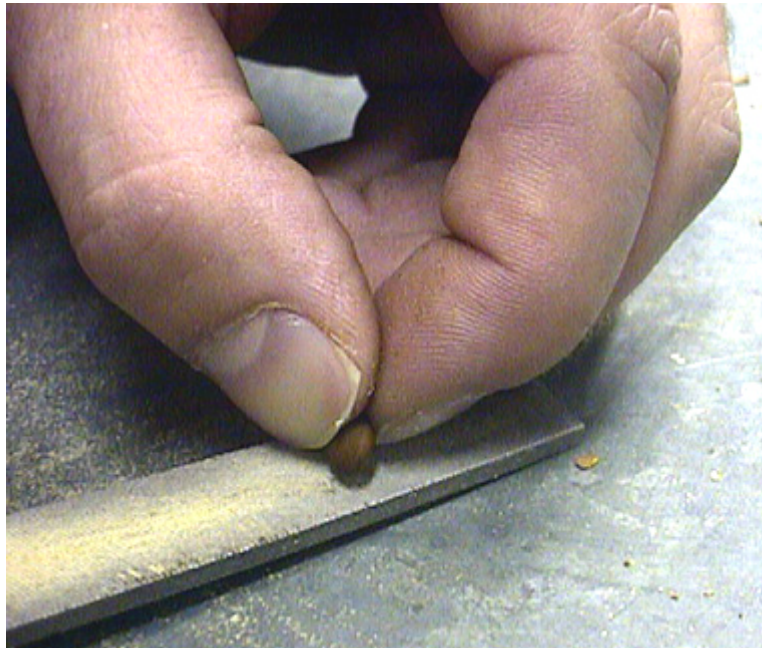
Různé druhy dormance

- **Primární:** fyzikální, chemická, morfologická, fyziologická nebo kombinovaná
- **Sekundární:** chrání semeno před klíčením v nevýhodných podmínkách (teplotní extrém, sucho, nedostatek nebo přebytek kyslíku, trvalá tma nebo světlo atd.)

Dormance

Fyzikální (tvrdosemennost)

- osemení je odolné vůči vodě; neklučí, dokud není mechanicky porušeno; narušení se provádí komerčně kys. sírovou nebo mechanicky; *Cistaceae*, *Fabaceae*, *Geraniaceae*, *Malvaceae*, *Rhamnaceae*.



Dormance

Chemická

- chemické látky v osemeni blokují klíčení. Bývá přerušena delším vyluhováním ve vodě nebo vystavením semene proudu vody (prudký dešť).

Morfologická

- Embryo není v okamžiku šíření semene dostatečně vyvinuto; klíčení nastává teprve po dosažení kritické velikosti embrya; *Apiaceae*, *Orchidaceae*, *Orobanchaceae*, *Ranunculaceae*

Fyziologická dormance

- Fyziologické pochody zabraňují klíčení; *Apiaceae*, *Iridaceae*, *Liliaceae*, *Papaveraceae*, *Ranunculaceae*; pozitivně reagují na vlhkou a teplou periodu následující po studené a suché periodě.

Morfo-fyziologická dormance

- Kombinace předešlých; *Apiaceae*, *Araceae*, *Fumariaceae*, *Liliaceae*, *Magnoliaceae*

Kombinovaná dormance

- Tvrdosemennost kombinovaná s fyziologickou dormancí; *Tilia*, *Rhus*.

Přerušení dormance

- **Některé signály, které způsobují přerušení dormance**
 - (1) světlo -- mnohá semena klíčí ve tmě nebo jen na světle
 - (a) absolutní množství
 - (b) červená část FAR
 - (2) teplota -- zprostředkovává informaci o ročním období a intenzitě nadzemní kompetice mezi sousedními rostlinami
 - (a) denní maximum
 - (b) teplotní fluktuaace
 - (3) dostupnost vody
 - (4) oheň
 - (5) CO₂ v půdě –
indikuje množství potenciálních kompetitorů v okolí;
CO₂ vzniká respirací kořenů



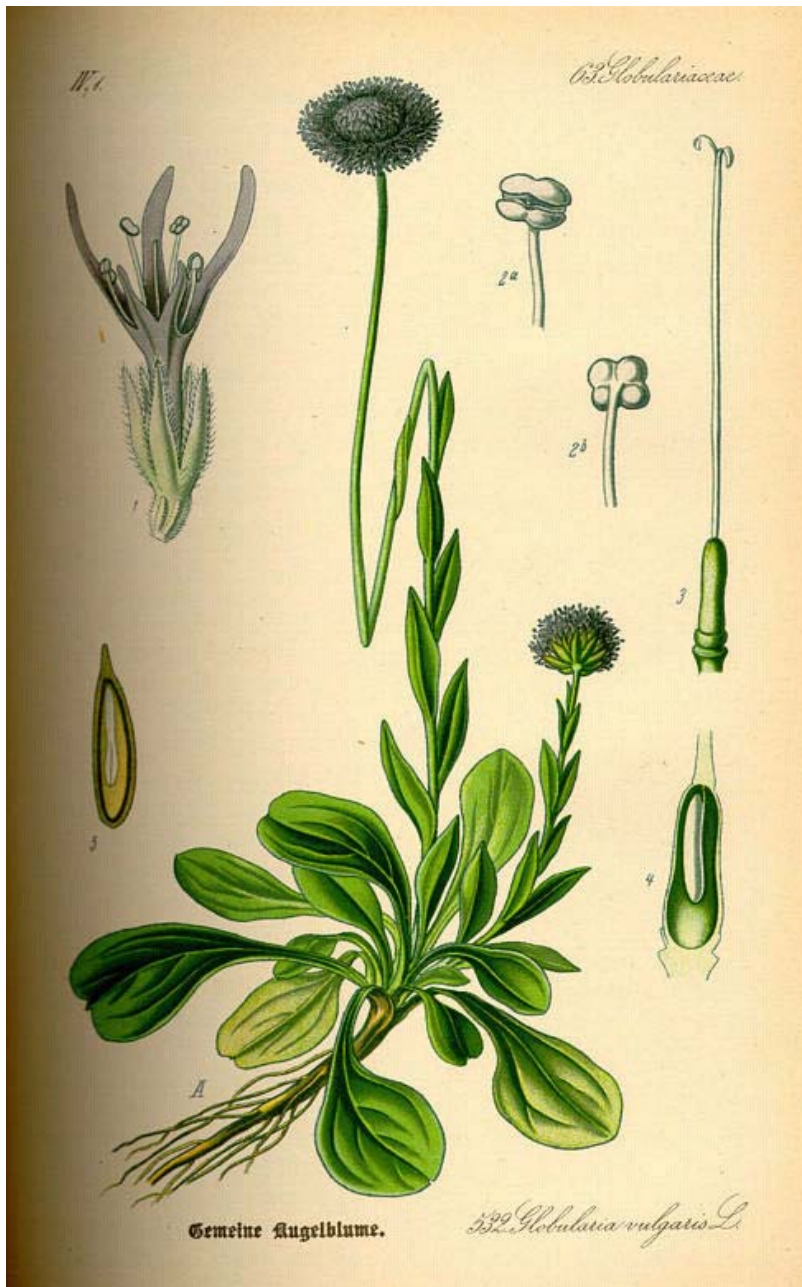
Dormance vegetativních částí

- Spící pupeny na oddenku mohou zůstat velmi dlouho dormantní
- Dormantní podzemní hlízy (*Chaerophyllum prescottii*)
- Spící cibule
- Spící pupeny listnatých stromů



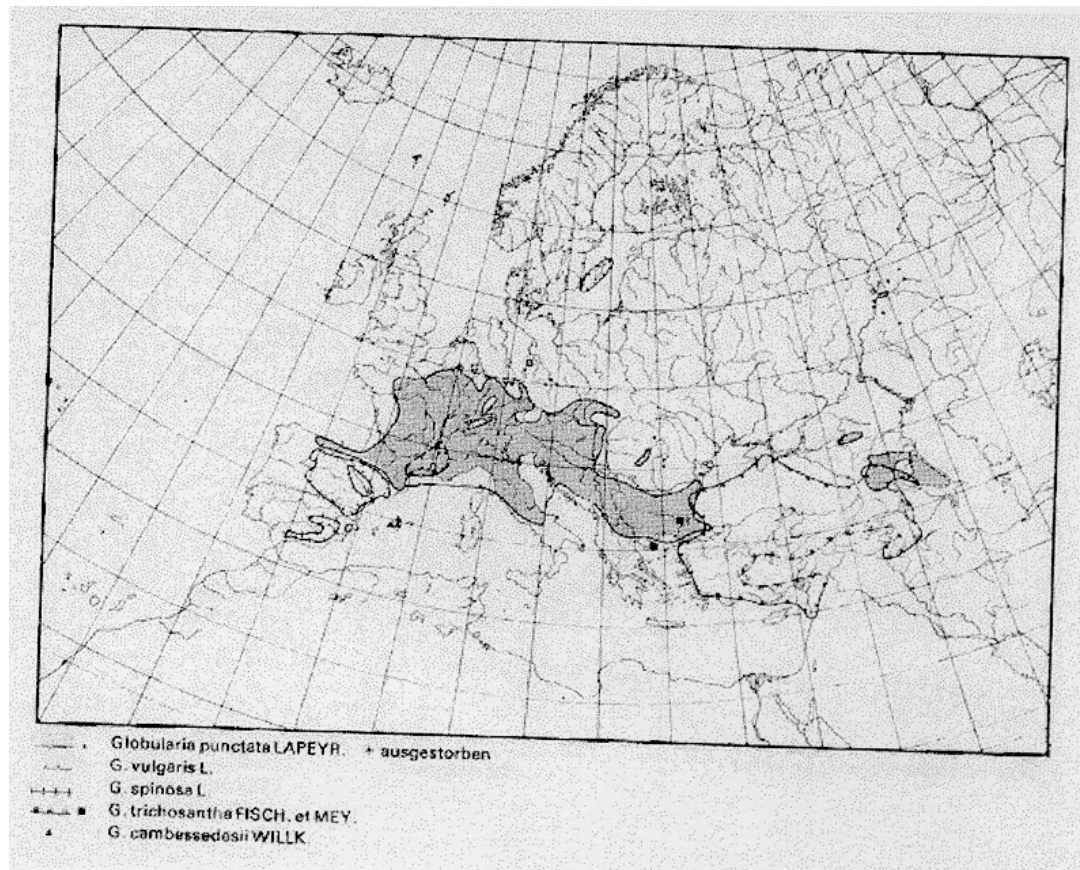
Globularia punctata

Popis životního cyklu druhu na základě demografické studie



Globularia punctata

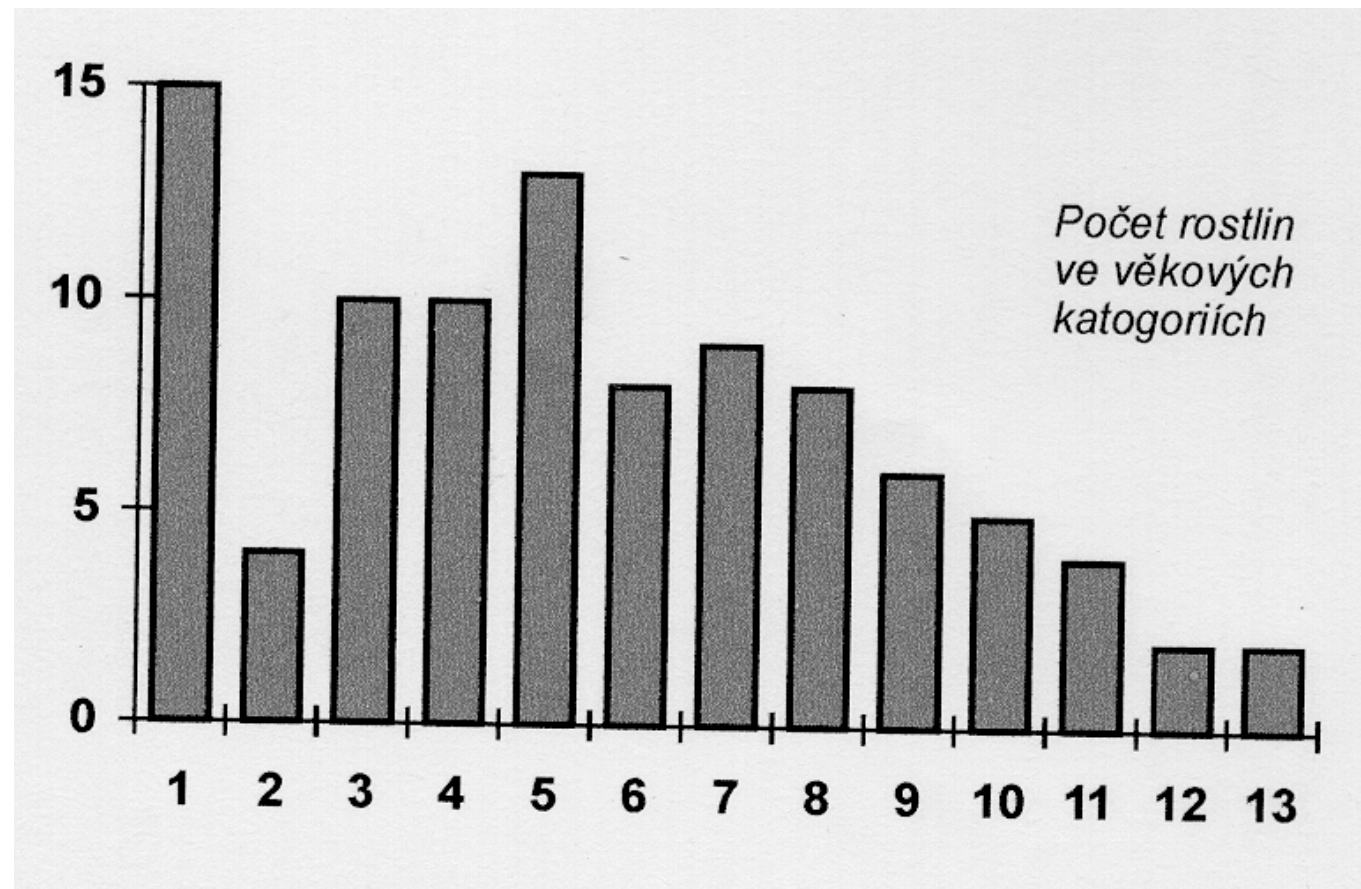
Příklad analýzy životního cyklu populace



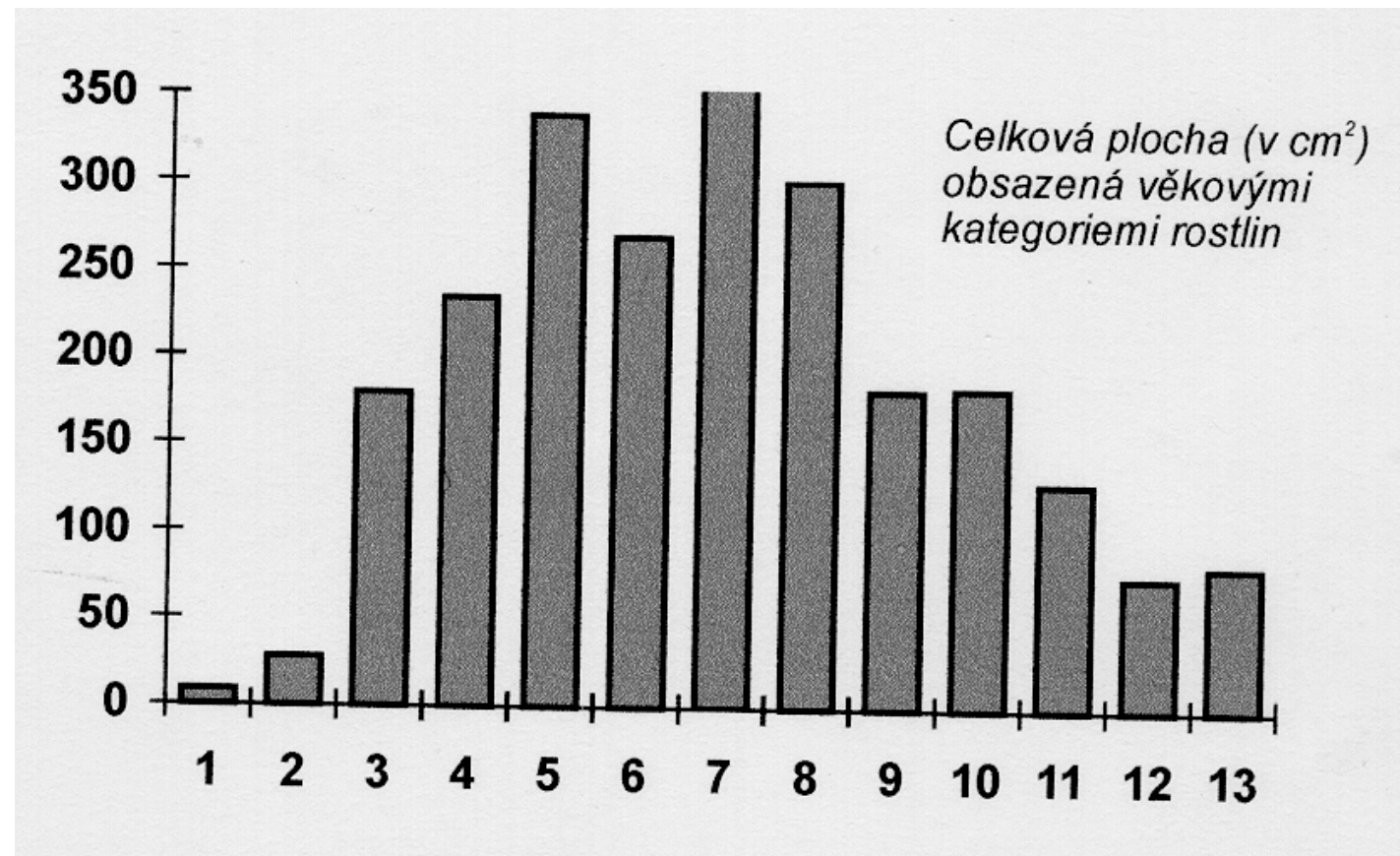
Dřevina - polokeřík
suché trávníky,
dolomitové svahy

Lokalita: Temátné kopce
Převažující substrát: dolomitová drť
Sklon: 5° **Orientace:** JJZ
Plocha populace: 1,44 m²
Počet analyzovaných rostlin: 96

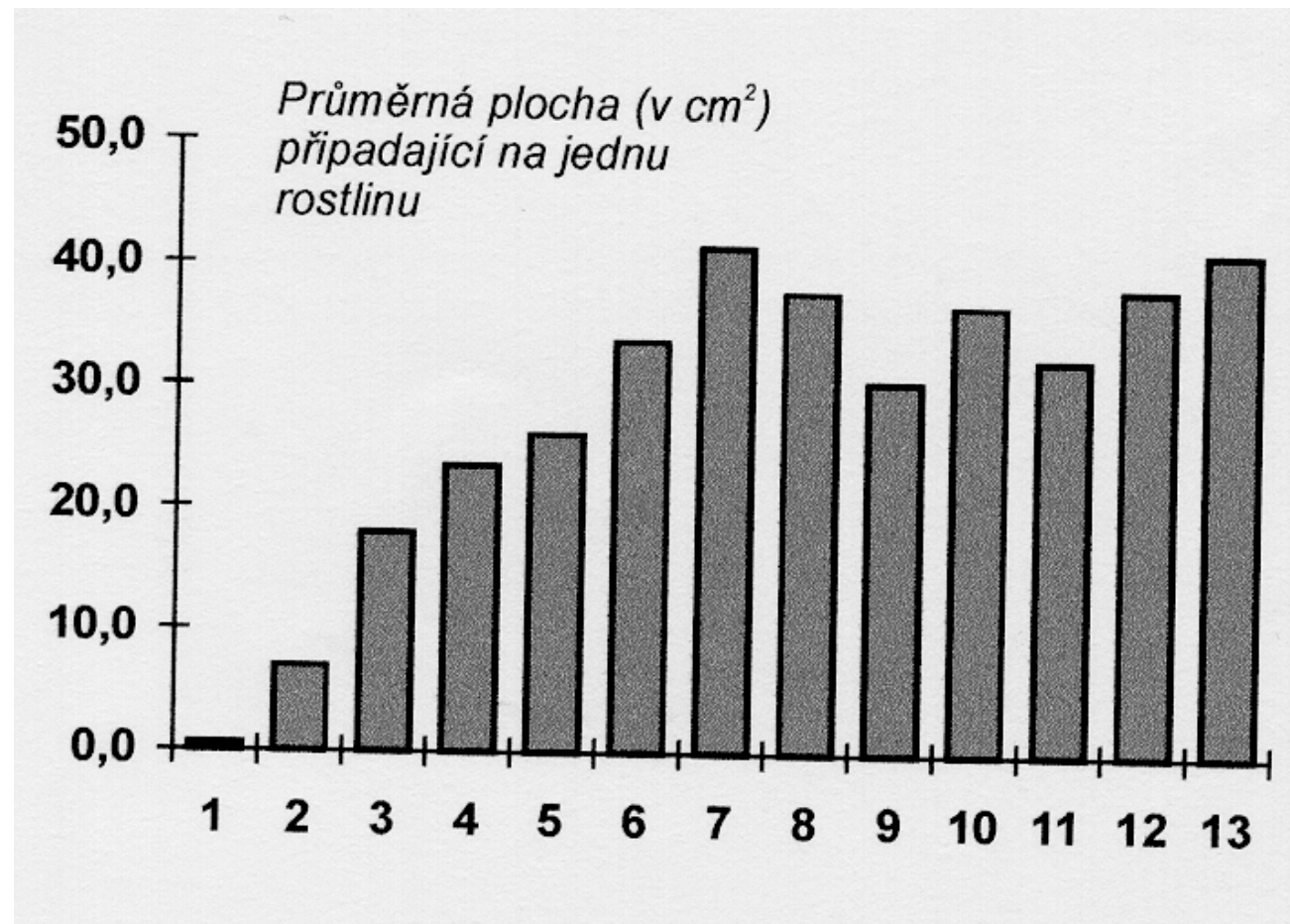
Globularia punctata



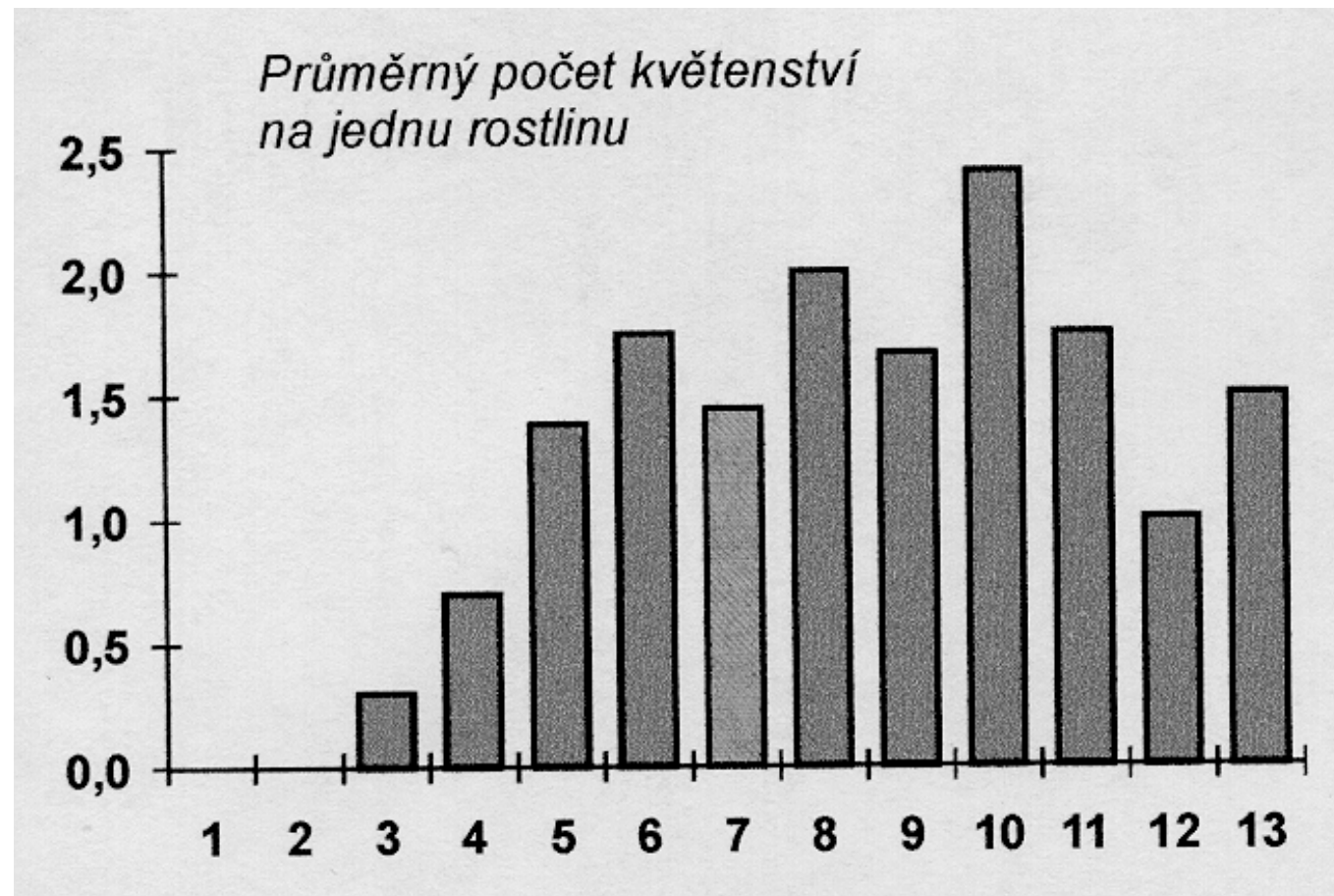
Globularia punctata



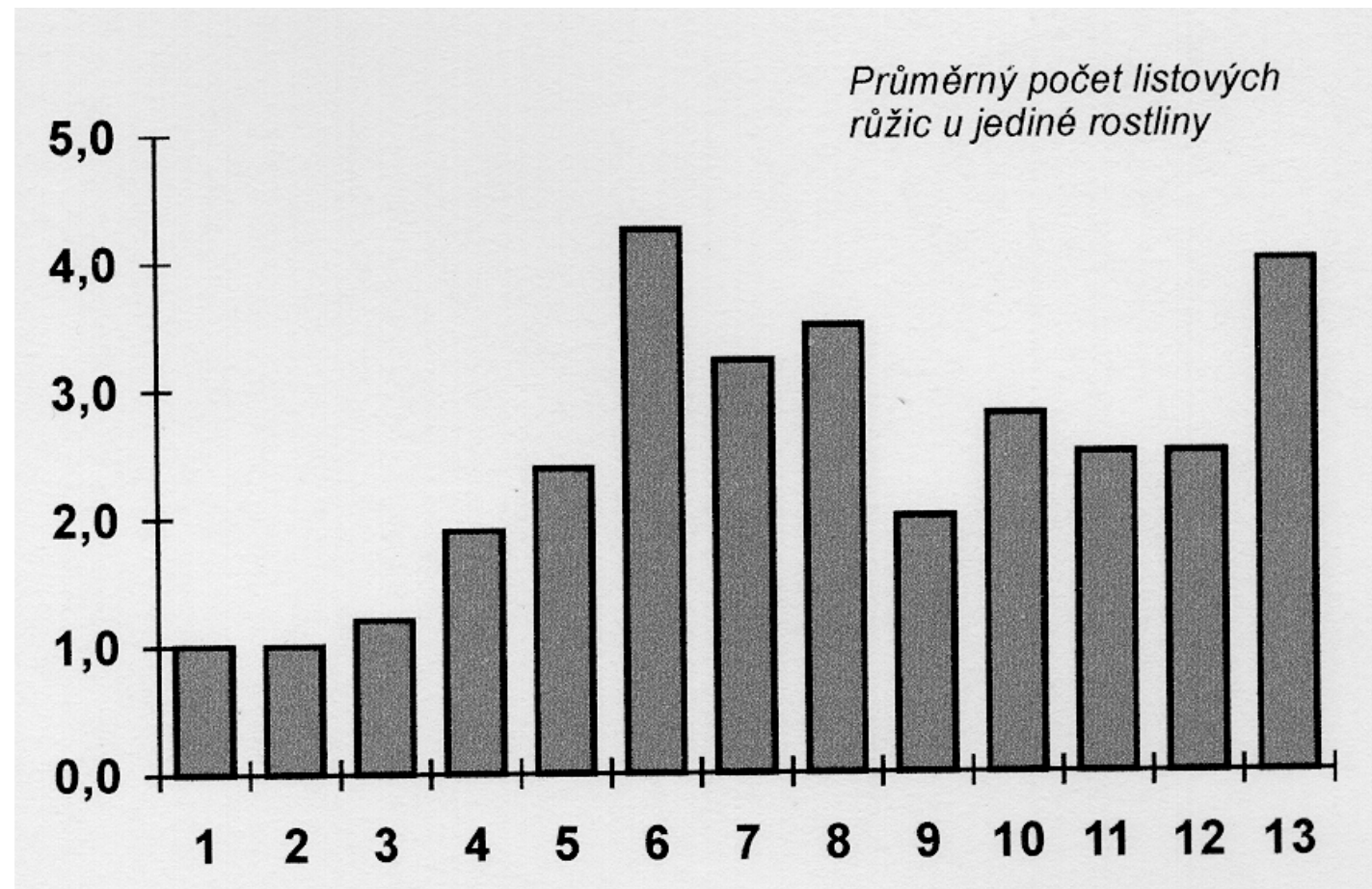
Globularia punctata



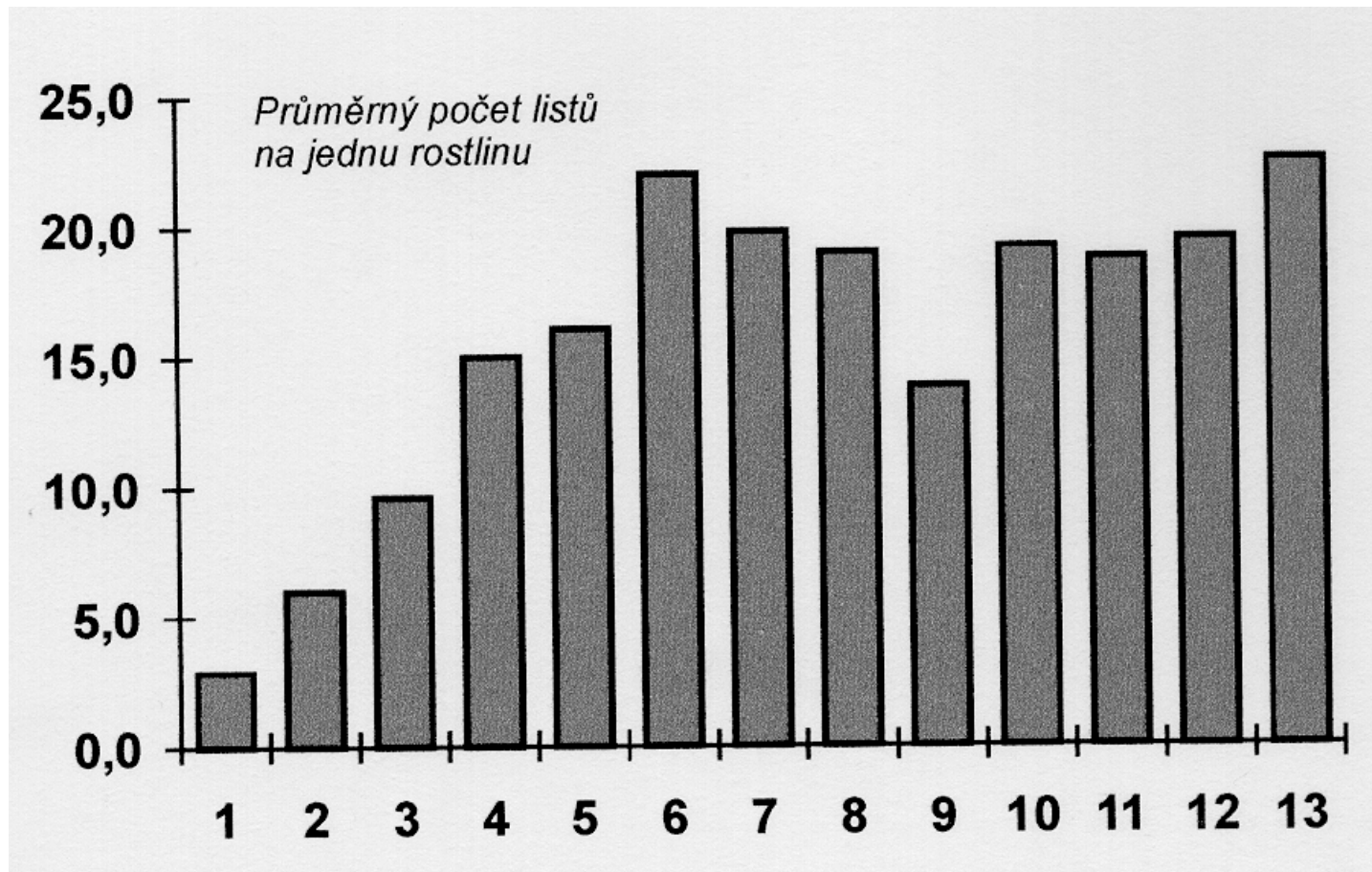
Globularia punctata



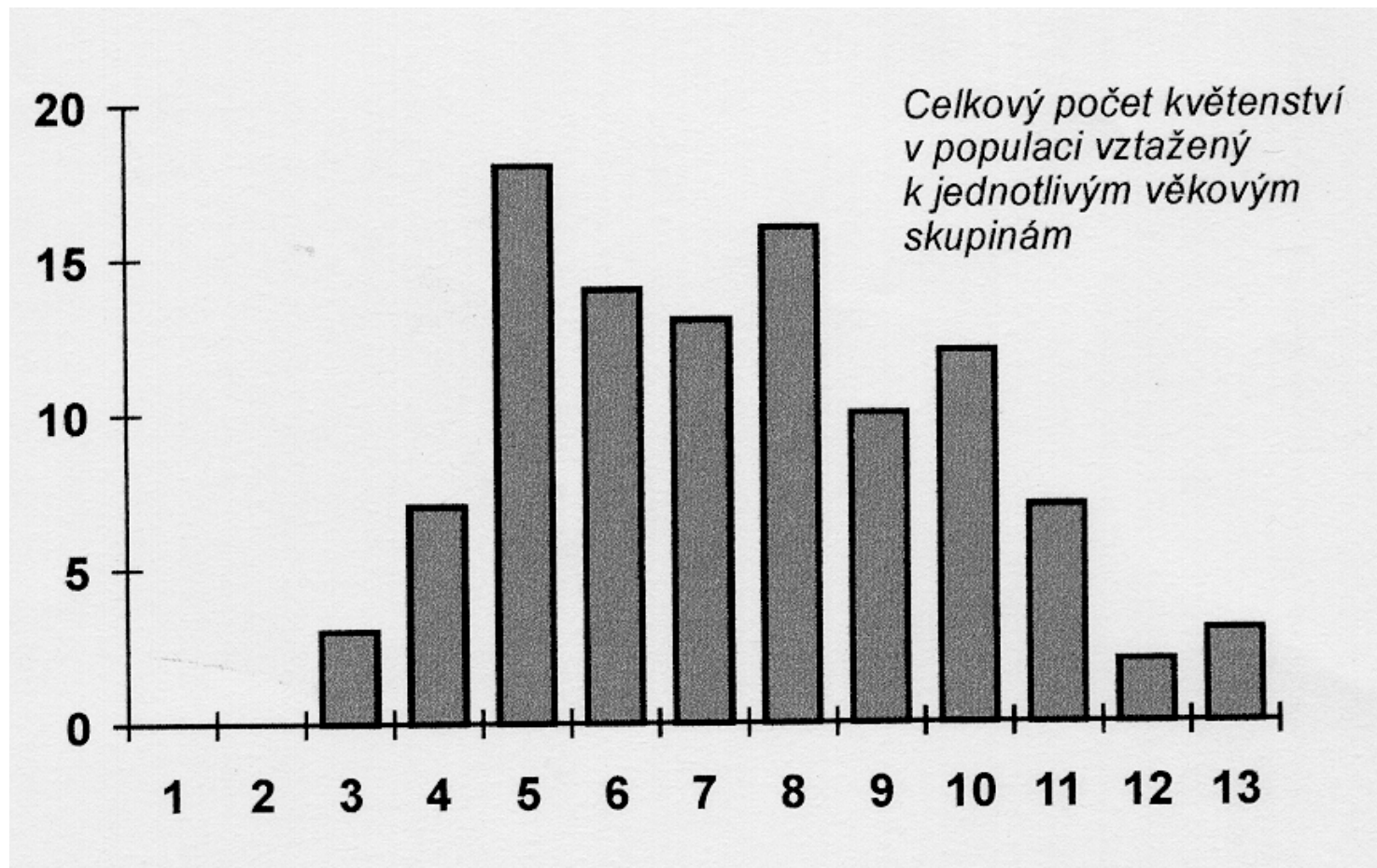
Globularia punctata



Globularia punctata



Globularia punctata



Vývojové fáze

Základní rozdělení:

- Vegetativní fáze (heterotrofní klíčení, autotrofní růst juvenilního jedince)
- Generativní fáze (kvetení, opylení, oplození, produkce semen)
- Senescence (stárnutí, postreprodukční fáze, ztráta schopnosti generativního rozmnožování)

Jiná pojetí:

- Rozlišování i podle jiných (např. morfologických nebo fyziologických) znaků - rašení pupenů, tvorba stolonů, počet listů, prodlužování stonku, mikromorfologické změny v růstovém vrcholu atd.

Sezónní vývojové fáze

- Vývojové fáze rostlin se každoročně opakují – tzv. **fenofáze** (sezónní fáze vývoje)
- **FENOLOGIE** - sleduje různé fáze životního cyklu (rašení listů, kvetení, zrání plodů, žloutnutí listů atd.)
- Vegetativní fenofáze (rašení listů)
- Generativní fenofáze (kvetení a zrání plodů)
- **Mírné pásmo** - střídání teplé a studené periody
- **Tropy** - střídání suché a vlhké periody

Indukce vývoje generativních orgánů

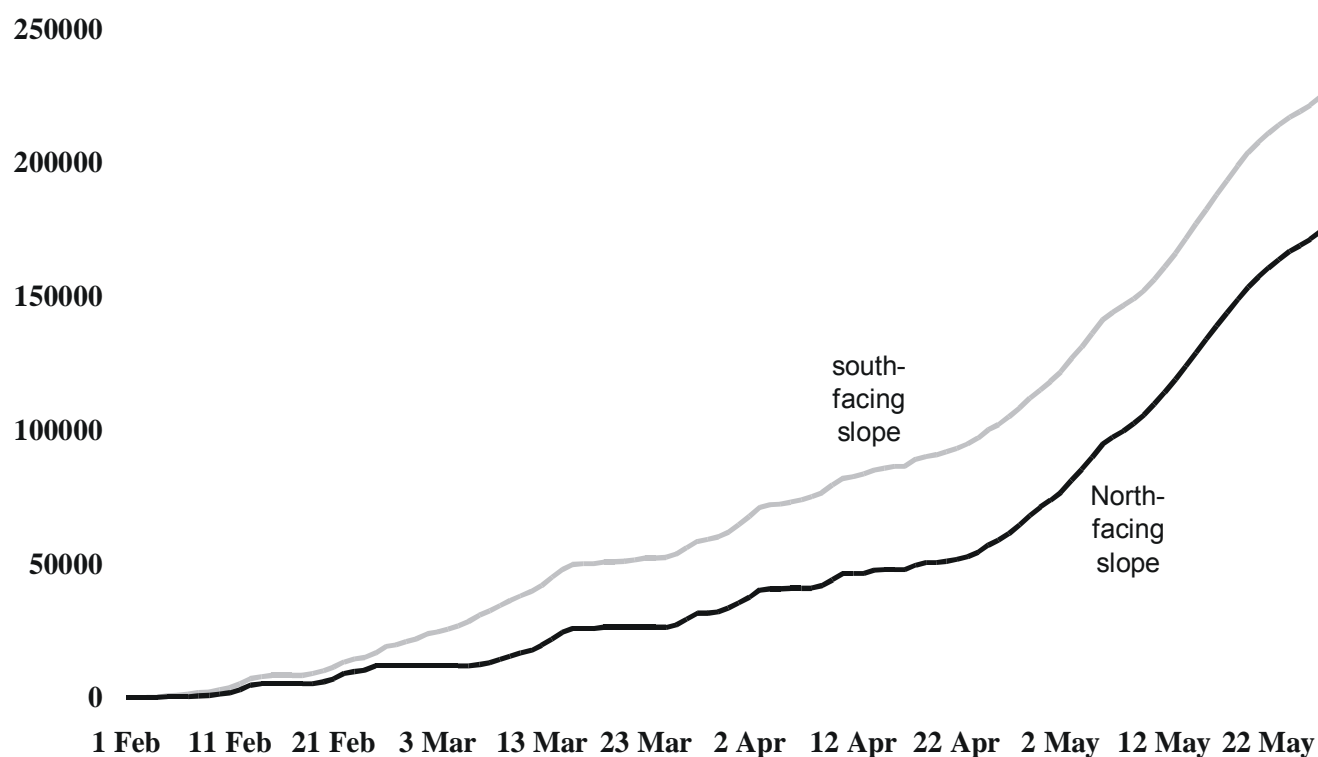
V jarním období podmiňuje nástup fenofází u některých rostlin teplota - **termoperiodismus**

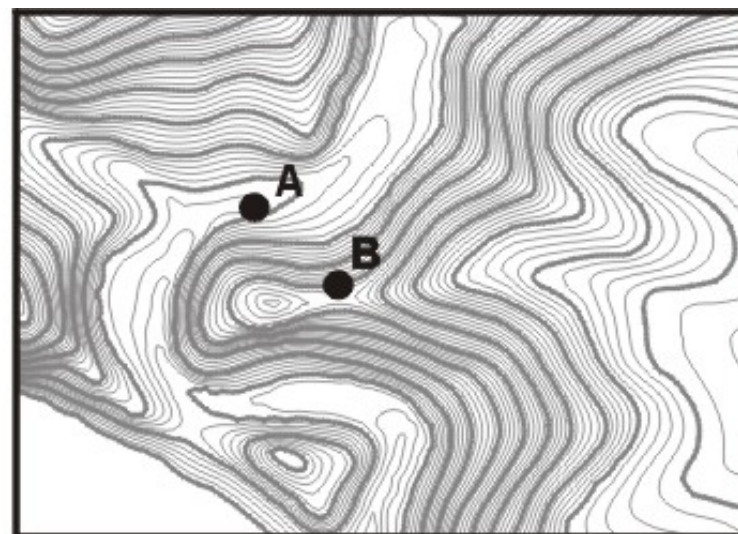
- Příklady: všechny dvouletky a víceletky.

U většiny rostlin mírného pásma podmiňuje kvetení určitá délka dne - **fotoperiodismus**

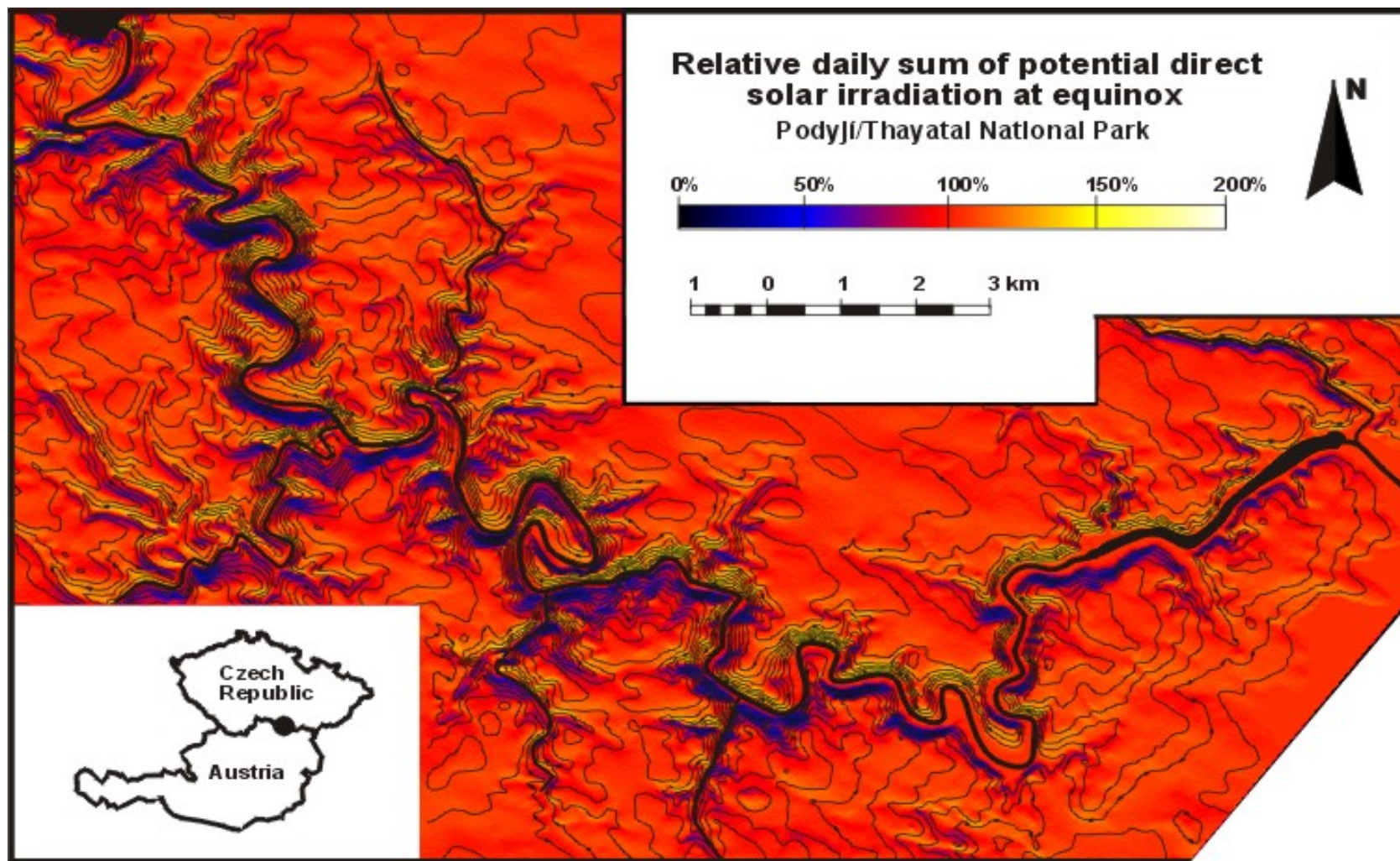
- Krátkodenní typy rostlin (*Aster*, *Chrysanthemum*)
- Dlouhodenní typy rostlin (např. trávy)

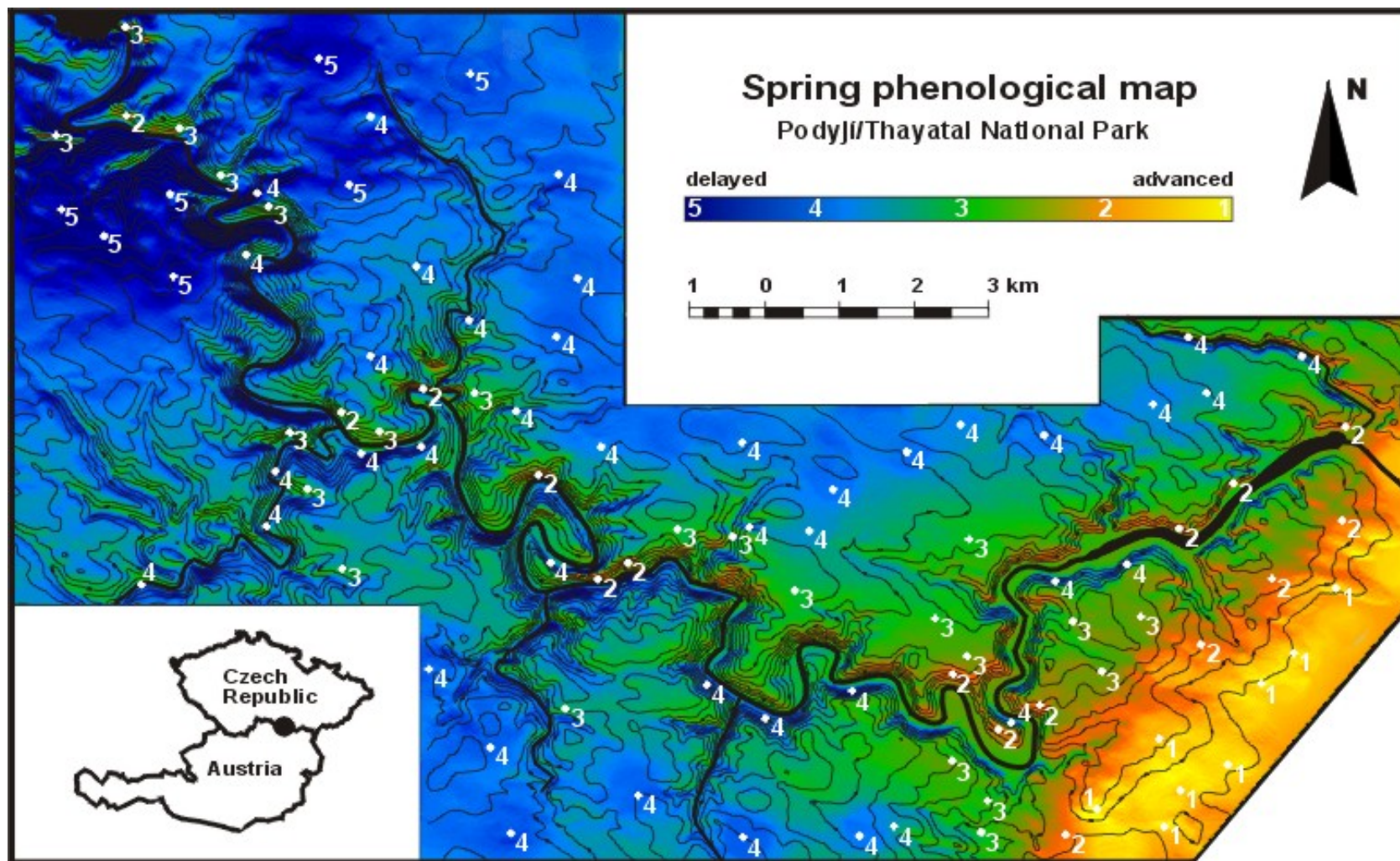
Příklad posunu fenofází termoperiodických rostlin v jarním období na jediné lokalitě





Obr. 3: Fenologický posun demonstrovaný na příkladu dvou rostlin druhu *Phyteuma spicatum*. Rostlina v levé části obrázku byla sebrána asi 20 m severně od sedla (B), rostlina vpravo pochází z aluvia Klaperova potoka (A) na severním úpatí Sloního hřbetu.





Počet reprodukčních cyklů

- **Semelparie**

- Rostliny monokarpické (hapaxantní)
- Délka reprodukčního období protažená reprodukcí různých jedinců v jinou dobu
- Obvyklé u krátkověkých rostlin (Agave - 60 let)
- Často jediný růstový vrchol

- **Iteroparie**

- Rostliny polykarpické (pollakantní)
- Více reprodukčních cyklů
- Hynou vnějším zásahem
- Více růstových vrcholů, klonální růst

Semelparní rostliny

Hapaxantní, monokarpické

- **Jednoletky**
- **Dvouletky**
- **Víceletky**

Iteroparní rostliny

Pollakantní, polykarpické

- **Jednoletky**
- **Krátkověké vytrvalé
druhy**
- **Vytrvalé druhy**

Jednoleté monokarpické druhy

- **Přežívání v kohortách (soubor jedinců vzniklých v krátkém časovém úseku)**
- **Nezbytná semenná banka (převládá zásoba jednoletých druhů)**
- **Jednotlivé kohorty se překrývají pouze semennou bankou**
- **Velká produkce semen, vysoká mobilita**

Osívka jarní

Efemerní druhy dosahují výšky 1-30 cm, rychlý vývoj (jen 2-3 měsíce). Dokáží růst třeba i pod sněhem, semenná banka, dormance semen.
Hlavně: mákovité, brukvovité, hvězdnicovité





Banánovník obecný

Bylina s nedřevnatějícím stonkem!!!

Výška 3-4 m (bez listů)

Celkem asi 200 druhů z Asie, Afriky
a Austrálie

Listy až 6x1 m, rostou velmi rychle.

Celá rostlina prodělá vývojový cyklus
za 8-10 měsíců.

Dříve se konzumovaly jen
oddenkové hlízy, teprve později
vyšlechtěny křížením bezsemenné
sladkoplodé odrůdy.

Dvouleté monokarpické druhy

- Stimulace růstového vrcholu obvykle mrazem
- Dvouletost často nejednoznačná
- Příklady: *Echium vulgare*, *Cynoglossum officinale*, *Daucus carota*, *Triticum aestivum*

Víceleté monokarpické druhy

- **Nevyhraněná semelparie - generativní fáze nastává po neurčitém počtu let**
- **Stimulace růstového vrcholu mrazem, avšak za podmínky např. dostatečné zásoby živin (velikosti kořenového systému)**
- **Kvetením zaniká růstový vrchol a nový se neobnovuje**

Onosma visianii

(c) TERRA Foundation



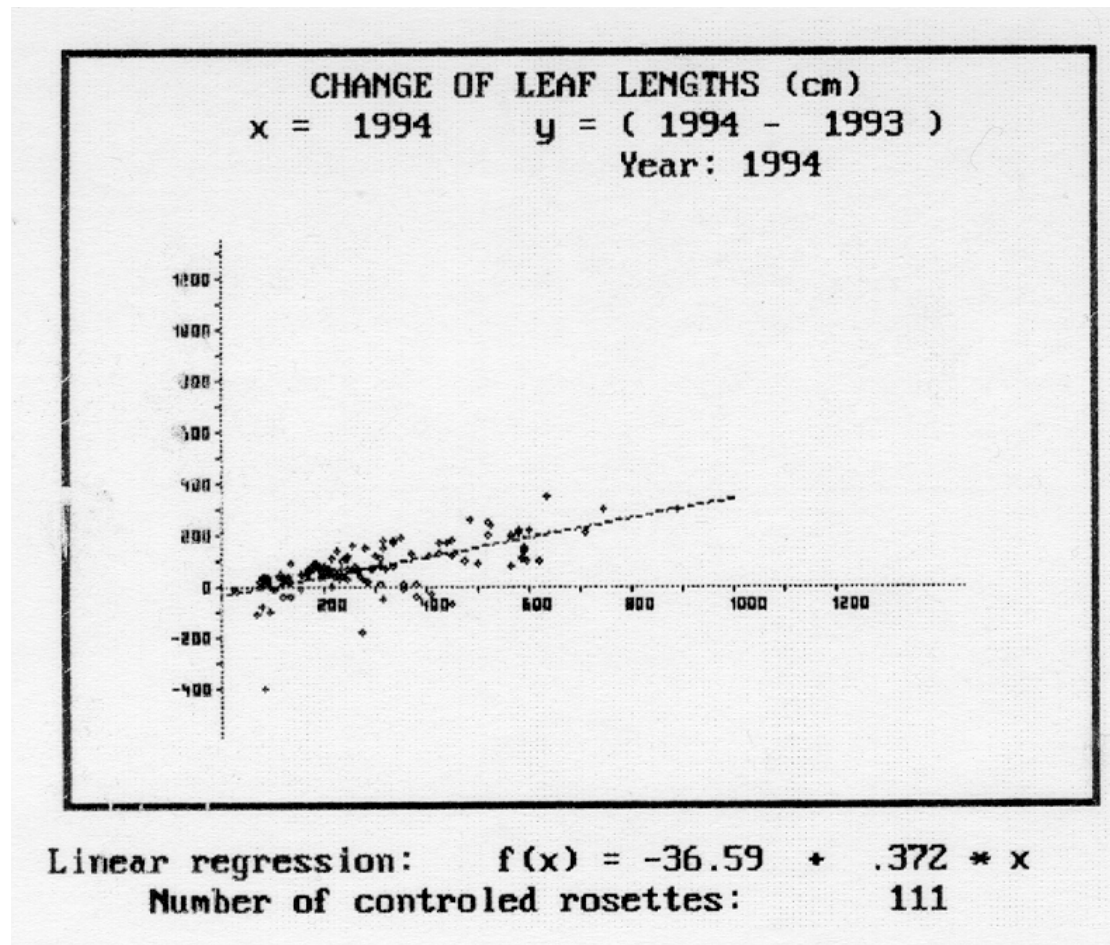
Z příbuzenstva hadinců,
kamejky, kostivalu

Monokarpická dvouletka

Stepní běžec

Stanoviště: výslunné
erodované dolomitové svahy

Onosma visianii



Jednoleté polykarpické druhy

- Obvykle se jedná o rostliny s delším životním cyklem, který je ukončen “násilně” koncem vegetačního období.
- Krátká vegetativní fáze vývoje

Meloun vodní



planě roste v poušti Kalahari, Indii či Afghanistanu. Počátek pěstování poprvé ve starém Egyptě. Maximální hmotnost 20 kg.

Tykev - Mexiko a jih USA.

V Peru se pěstovala již před 5000 lety. 60-100 kg.

Schopnost dlouhého skladování (až téměř rok).

Krátkověké vytrvalé druhy

- **Přežívají více vegetačních sezón**
- **Vývoj jedince do květoschopného stavu trvá měsíce až roky.**



Krátce vytrvalé iteroparní druhy

- **Výhody**

- Reprodukce v době příhodných podmínek a za dostatku zdrojů
- Více energie do vegetativních částí rostliny

- **Nevýhody**

- Potenciálně menší míra růstu populace
- Vyžaduje relativně stabilní podmínky prostředí



efemeroidy - geofyty s krátkou vegetační sezónou a dlouhým obdobím klidu, hlavně lesní podrost.

Dymnivky, křivatce, sněženka, bledule, šafrán, sasanky...



Dlouhověké vytrvalé druhy

- Především dřeviny
- Byliny a trávy (stáří?) - často semelparní prýty a iteroparní genety
- Dlouhá perioda vegetativní fáze (orchideje)

Dlouhověké iteroparní druhy

- **Výhody**
- Zvyšující se reprodukční potenciál od prvního roku reprodukce
- Omezují predaci semen jejich produkcí v neprediktabilních intervalech
- Velké množství energie do vegetativního růstu - vysoké kompetiční schopnosti

Nevýhody

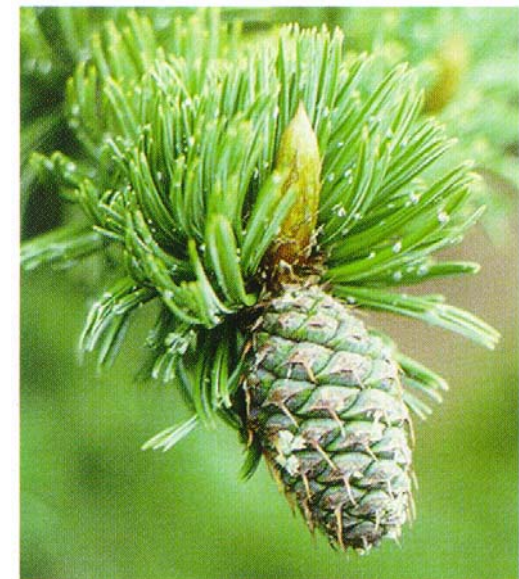
- Prodleva mezi vyklíčením a první reprodukci
- Pomalý růst populace
- Malá mobilita – existence stabilního prostředí

Borovice osinatá



jedny z nejstarších stromů naší planety (více než 4000 let), Colorado, Arizona, Nové Mexico. Tohoto stáří se dožívají jen některé větve a výhony, nikoliv celý strom.

Některé jiné borovice Sev. Ameriky až 100 m výšky.





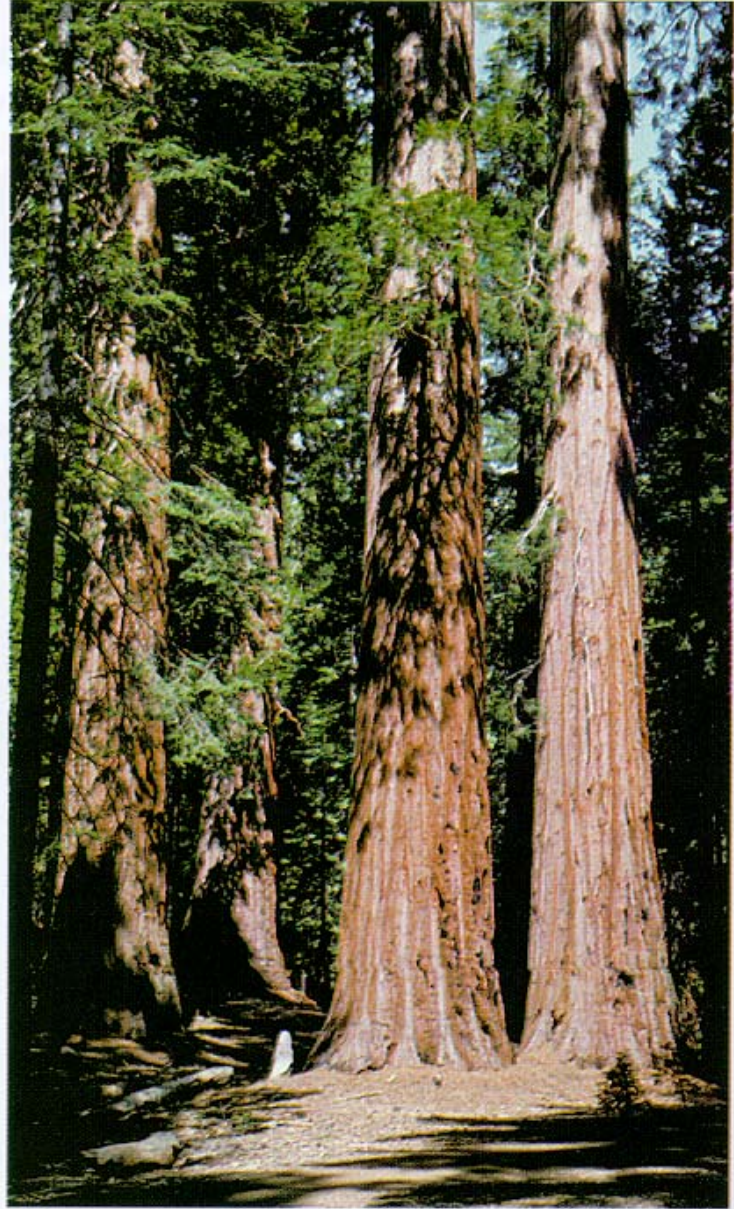
Sekvojovec obrovský

Jehličnatý strom z čeledě
sekvojovitých

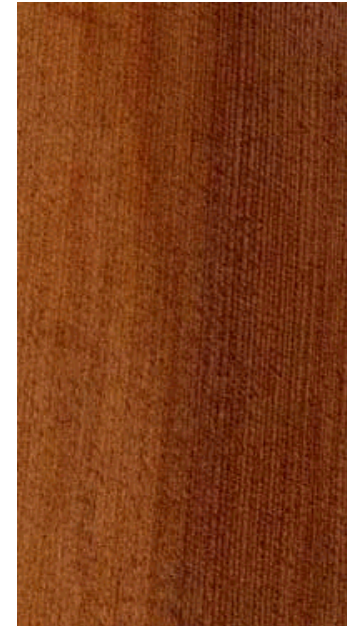
Roste v pohoří Siera Nevada,
Kalifornie, USA

Patří mezi nejstarší (až 4000 let)
a nejvyšší (až 90 m) stromy





Sekvoj vřdyzelená



Dorůstá větší výšky než sekvojovec,
ale nemá tak mohutný kmen

Roste na pobřeží Kalifornie



Cedr

- Až 40 m vysoké stromy o průměru kmene až 2 m
- Velmi pomalý růst
- Dřevo se používá ve stavebnictví a k výrobě nábytku
- stáří až 2000-3000 let
- Cedr libanonský, cedr atlaský, cedr krátkolistý



Tis červený



2-3000 let, 18-32 m
Třetihorní doklady
2-3 cm ročně přírůstky
jedlý míšek
šíření endozoochorií





KAURI – *Agathis australis*

Nový Zéland; 2. největší průměr; nejstarší exempláře 2000 let, nejstarší poražené stromy v 19. století – až 4000 let.



Jantar

je zvláštní forma uhlíkatého minerálu. Jedná se o **mineralizovanou pryskyřici třetihorních jehličnanů** starou až 50 milionů let. Průměrné chemické složení jantaru bylo určeno jako $C_{10}H_{16}O$. Nejběžnější barva jantaru je zlatavě žlutá, ale nalézají se odrůdy zcela průhledné, červené, kávové i bílé.



Olivovník

jeden z nejstarších kulturních stromů spolu s fíkovníkem, dožívá se více než 2000 let, velmi pomalý růst.



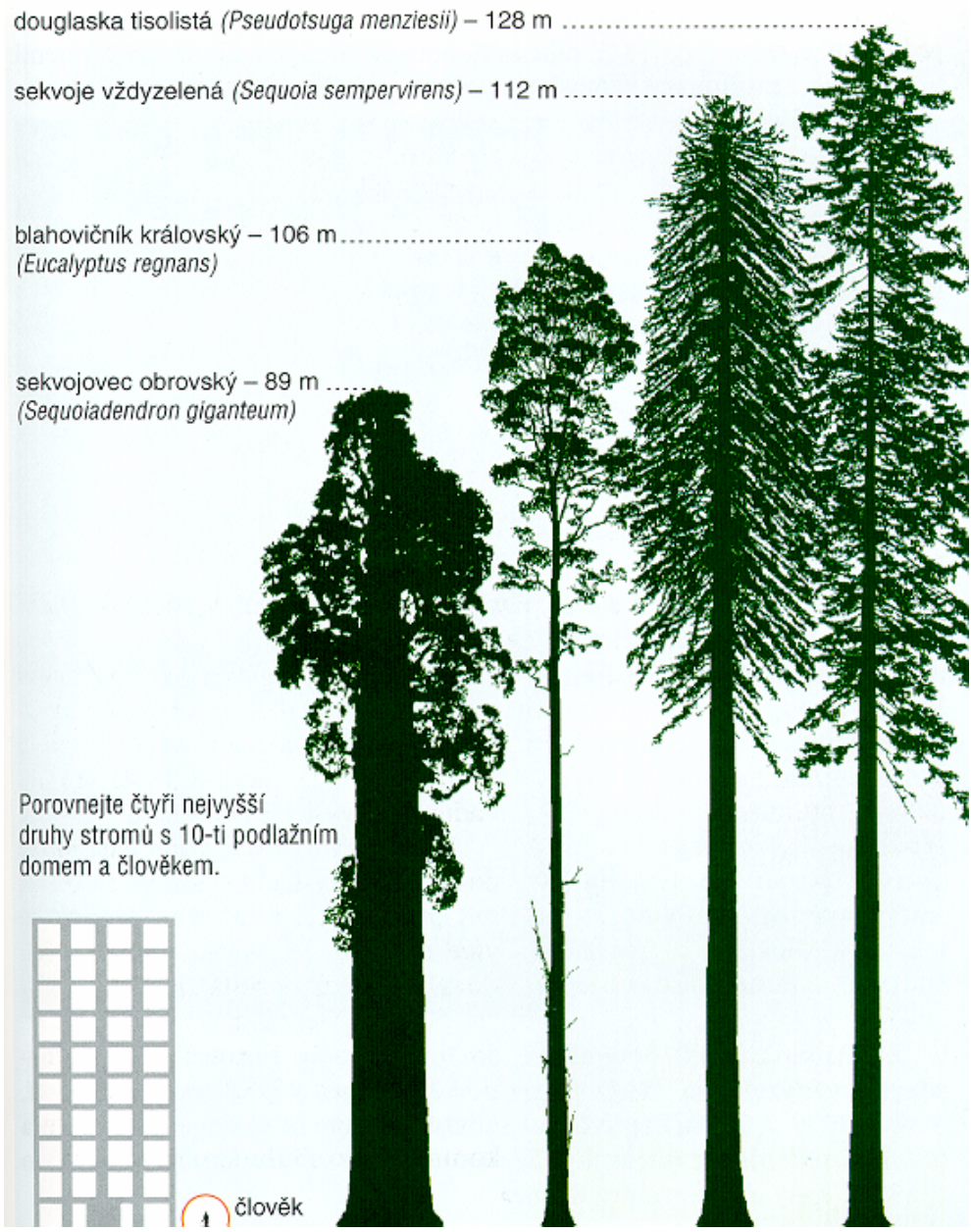
Olivovník evropský
(*Olea europaea*)





Lodoicela seychelská

Seychelské ostrovy (pouze 2 z mnoha) nedaleko Madagaskaru (objeveny teprve 1742). Ořechy známy již dříve - od 16. století (vyplavovány mořem - záhada). Průměr 0,5 m a hmotnost 10-15 kg. Ořech živí klíček 3-4 roky. Plodnost palmy ve 100 letech, každý ořech dozrává za 7-10 let. Dlouhověká palma (možná až 800 let)
Až 6 m dlouhé listy



Nejvyšší stromy světa

Příčiny rozdílných životních cyklů

- **Přírodní výběr**
- **Obsazování ekologických nik**
- **Konkurence o zdroje**
- **Mezidruhové interakce**

Nový Zéland

Mladá třetihorní fauna a flóra

Velká izolace od okolní pevniny

Málo rodů, mnoho druhů a životních forem



Dracophyllum latifolium



Dracophyllum recurvum – subalpínský stupeň

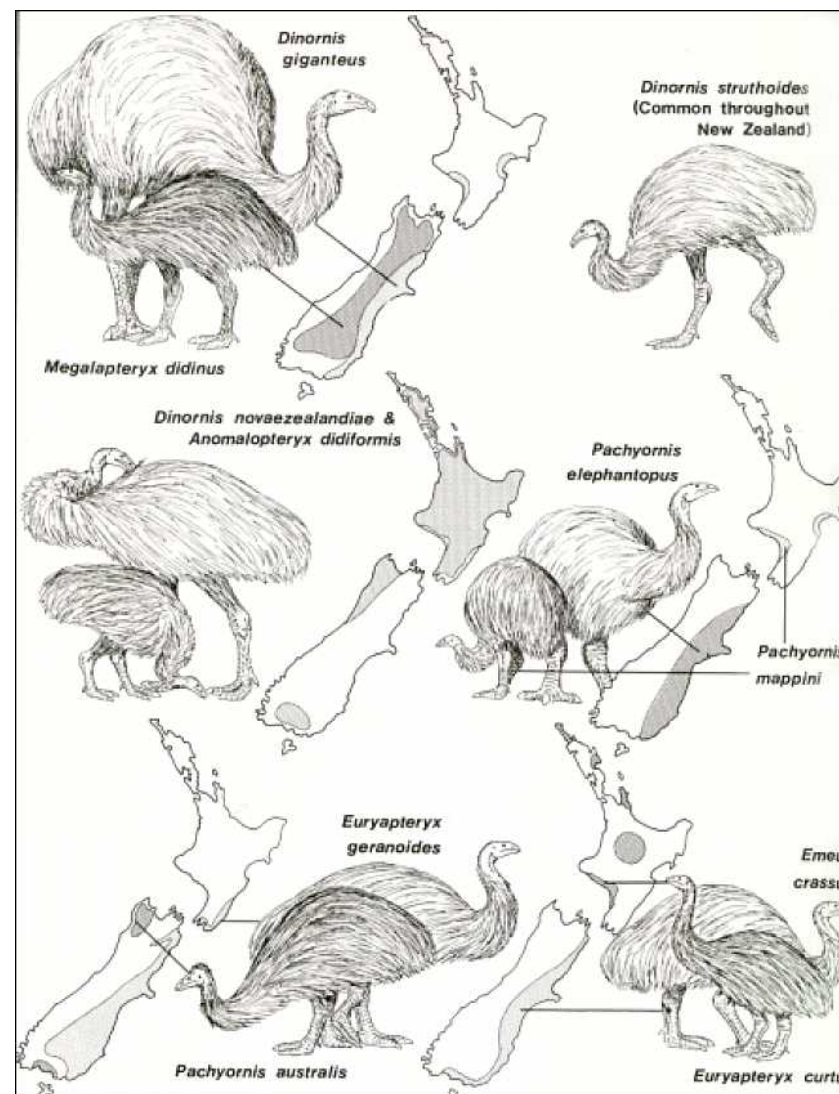
Moa

Nový Zéland je bez původních savců – ptáci obsadili volnou ekologickou niku

11 druhů, herbivorie, poslední jedinci zač. 19. století (před kolonizací Evropany)

Lišili se velikostí (20-240 kg/1-3 m), denním/nočním způsobem života, prostředím, které obývali (pobřeží, lesy, hory)

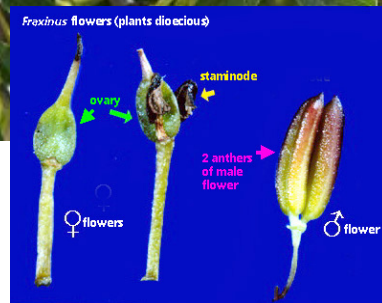
Jediný predátor – *Harpagornis moorei*



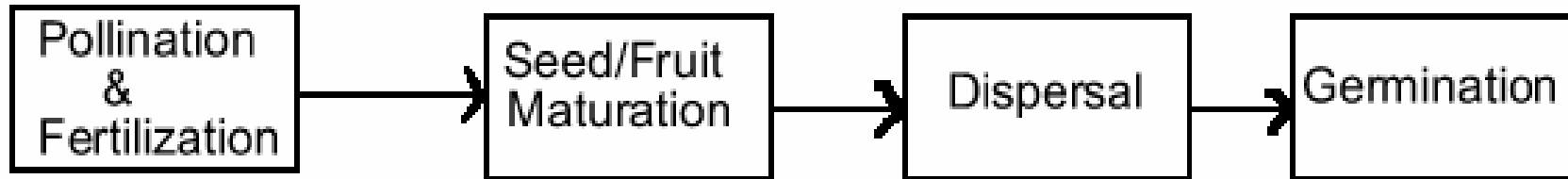
Generativní rozmnožování

Struktura květů

- **Oboupohlavné květy**
- **Jednopohlavné květy**
 - **(1) jednodomé**
 - **(2) Dvoudomé**
- **Asexuální reprodukce (jestřábík, pampeliška - apomixie)**



Proces reprodukce



Způsoby opylení

- **Autogamie**
 - Extrémní případ: kleistogamie
- **Allogamie**

Kleistogamie



Cleistocactus jujuyensis

Frailea chrysacantha



Viola odorata



Oxalis

acetosella

- jen letní
květy



Jak se rostliny brání příbuzenskému křížení?

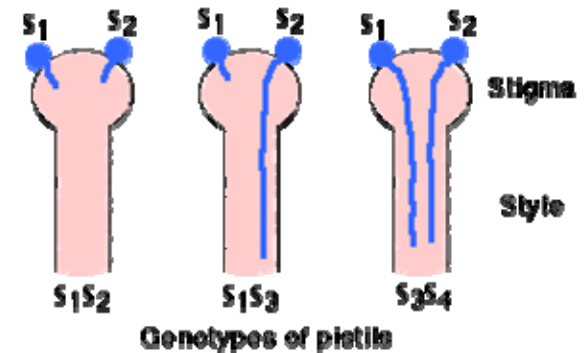
Evoluce vyžaduje zachování genetické variability, ta je výsledkem reprodukce příbuzensky vzdálených jedinců

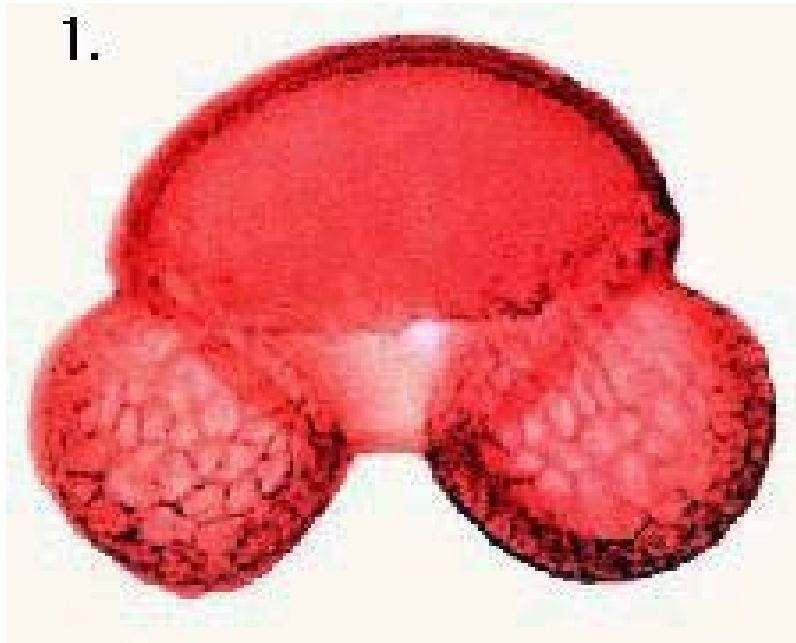
Rostliny se brání vlastnímu pylu –
dvoudomé nebo jednodomé rostliny s oddělenými pohlavími

Rozdílná struktura květů (květy s dlouhými tyčinkami či dlouhou čnělkou)

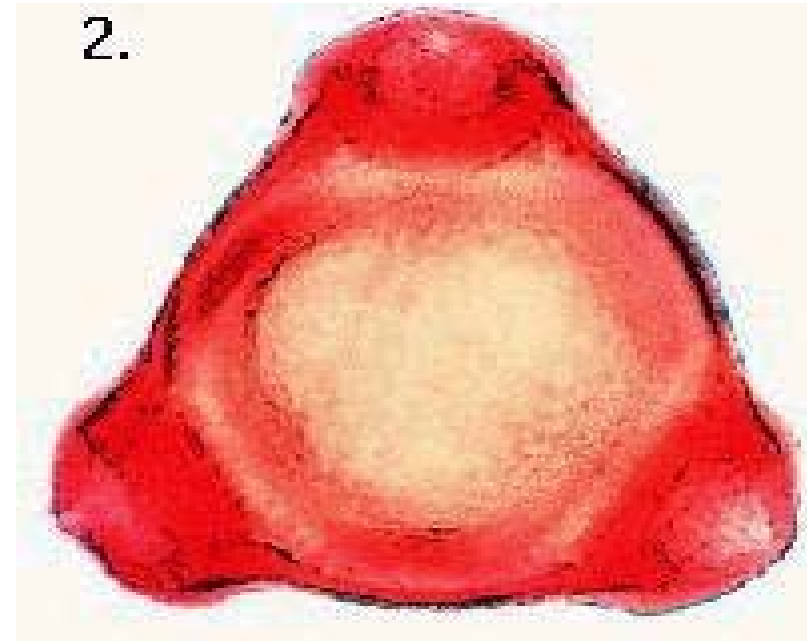
Geneticko-biochemické mechanismy

All pollen grains produced by an S₁S₂ plant





- **Pylové zrno borovice má vzdušné vaky, které je nadnáší ve větru. Dostává se mnohdy velmi daleko od mateřské rostliny**
- **Velikost 150 mikronů (největší pylová zrna okolo 500 mikronů)**



- **Pylové zrno vrbky úzkolisté (opylování hmyzem). Je poměrně velké a lepkavé, často vytváří shluky několika zrn. Velikost 40 mikronů**

Modifikace opylení 1

- **Větrem**
 - velká produkce pylu
 - pylová zrna opatřena strukturami usnadňujícími větrosnubnost
 - malá energetická investice
 - účinné u populací s mnoha jedinci
 - velké množství pylu není využito

Modifikace opylení 2

- **Vektorem (nosičem) pylu (obvykle hmyz, ale také ptáci, netopýři atd.)**
 - **vznik atraktantů pro opylovače**
 - barva květů
 - medníky
 - vůně
 - nabídka potravních zdrojů pro vektory
 - velké energetické vklady rostliny
 - výhody pro opylovače

Opylování hmyzem

Opylování včelami – až 20.000 různých druhů rostlin

Včely jsou závislé na produkci nektaru a pylu

Jsou lákány atraktivní barvou a velikostí květů (žlutá a modrá), vidí část UV spektra, nevidí červenou

Jsou schopny rozeznat vůni

Můry a motýli – jsou schopni cítit vůně, můry opylují

v noci – rozeznávají bílou a žlutou



Opylení dvoukřídlým hmyzem

-Hnědavé barvy, rostliny imitující rozkládající se maso,
velmi silně aromatické

Opylení brouky

-Brouci jsou málo citliví na barvy, květy jimi
opylované jsou obvykle zelenavé barvy,
malé, málo vonící



Stapelia gigantea

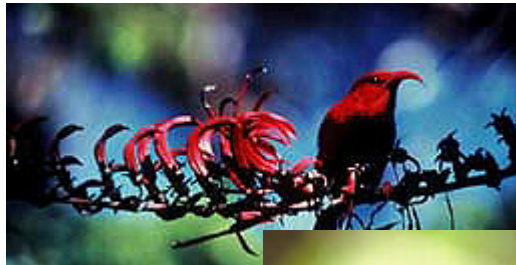
Rafflesia *arnoldii*



květ o průměru 1 m a váze 15 kg, Sumatra, Jáva a Kalimantan. Zápach zdechliny. Parazit bez listů (pouze šupiny). Barvou připomínají květy zpočátku čerstvé, později hnilé maso. Vývoj Rafflesie trvá 5 let, 3 roky trvá vytvoření poupate a 1,5 roku trvá vývoj květu. Kvetení trvá 2-4 dny. Hlavním vektorem přenosu semen jsou sloni - roste na sloních stezkách (lepkavá hmota přilnavající na chodidla). Velmi vzácná a velmi ohrožená.
ca. 12 druhů

Opylení ptáky

- relativně vzácné
- květy sytě červené nebo žluté
- jen slabě vonné (ptáci se obvykle orientují zrakem)
- dlouhé nitky tyčinek
- výsledkem koevoluce může být zahnutá květní trubka ve tvaru zobáku (Hawai)



Metrosideros excelsa

Phormium tenax



Opylení netopýry

- Velmi důležití opylovači v tropických a pouštních oblastech

- květy rostlin opylovaných netopýry jsou obvykle:

 - otevřené v noci

 - bílé nebo světle růžové barvy

 - velké (5-15 cm)

 - velmi intenzivně vonící

 - plné nektaru

 - sehnuté dolů na dlouhé květní stopce

Na opylení netopýry zcela závisí reprodukční cyklus
ca. 300 druhů rostlin

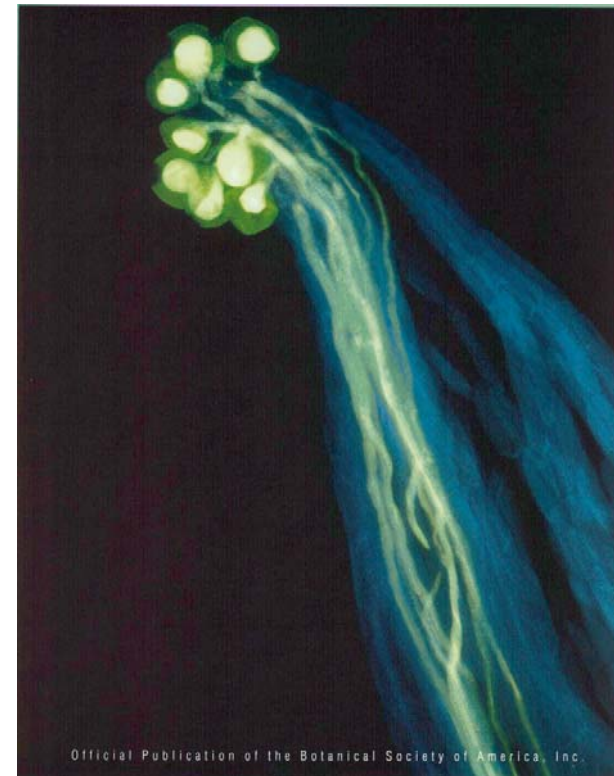
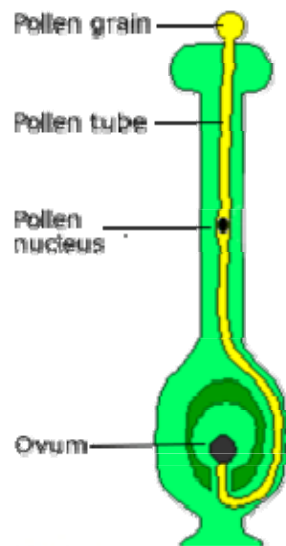


Opylení a oplození

Opylení – okamžik zachycení pylového zrna na blizně

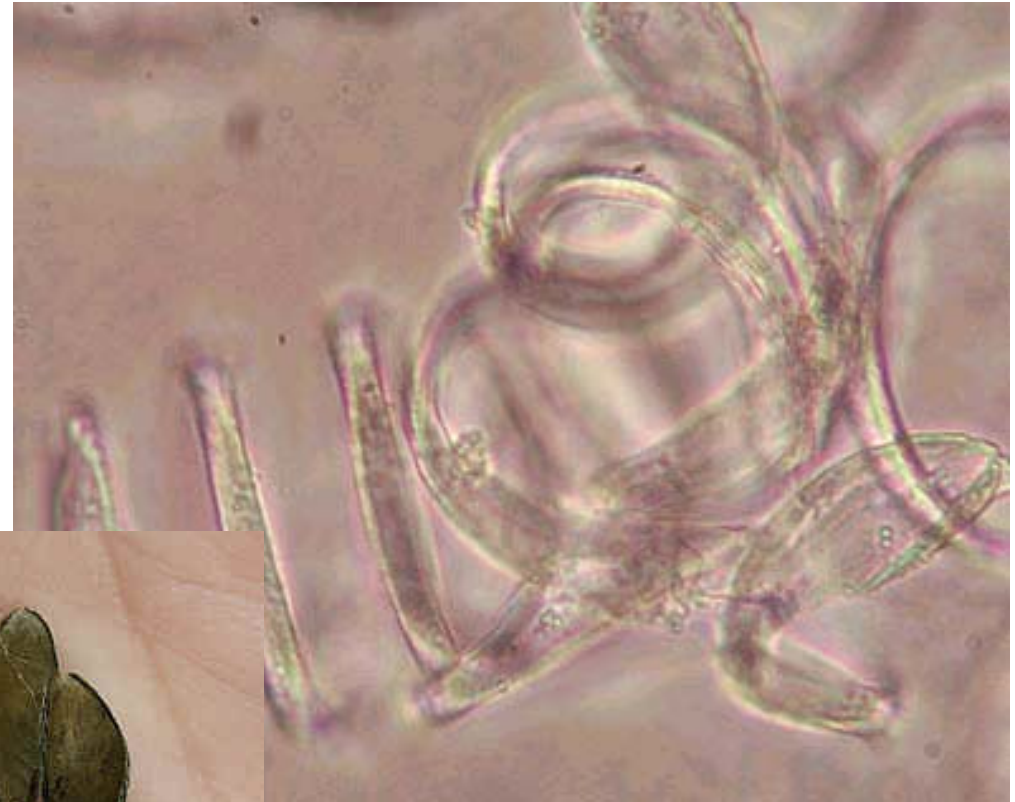
klíčení pylové láčky

Oplození – samčí jádro prostupuje láčkou do vajíčka, kde splyne se samiččí pohlavní buňkou a vytvoří zygotu



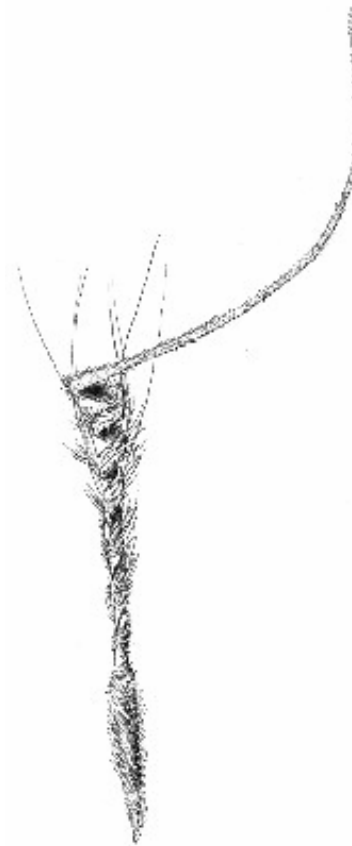
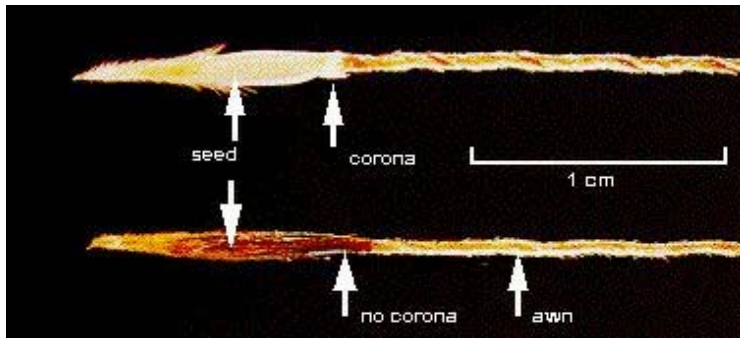
Mechanismy šíření diaspor

- **Autochorie**
 - Explosivní
 - hygroskopická vlákna



Mechanismy šíření diaspor

- Autochorie
 - Hygroskopická osina



Mechanismy šíření diaspor

- Pasivní rozšiřování
- Hydrochorie
- Anemochorie



Hmotnost některých semen (v mg)

<i>Orchis militaris</i>	0.0007	<i>Sanguisorba minor</i>	1.80	<i>Tilia platyphyllos</i>	87
<i>Pyrola minor</i>	0.001	<i>Rubus idaeus</i>	1.80	<i>Crataegus monogyna</i>	112
<i>Centaurium erythraea</i>	0.010	<i>Alliaria petiolata</i>	2.25	<i>Prunus spinosa</i>	152
<i>Juncus effusus</i>	0.010	<i>Trifolium medium</i>	2.34	<i>Acer platanooides</i>	153
<i>Saxifraga tridactylites</i>	0.010	<i>Rhinanthus minor</i>	2.36	<i>Viscum album</i>	160
<i>Pinguicula alpina</i>	0.015	<i>Arrhenatherum elatius</i>	2.39	<i>Sorbus torminalis</i>	279
<i>Drosera rotundifolia</i>	0.018	<i>Knautia arvensis</i>	2.47	<i>Prunus padus</i>	298
<i>Agrostis stolonifera</i>	0.020	<i>Carduus nutans</i>	2.53	<i>Prunus domestica</i>	760
<i>Epacris microphylla</i>	0.020	<i>Cirsium vulgare</i>	2.64	<i>Corylus avellana</i>	1080
<i>Sagina procumbens</i>	0.020	<i>Echium vulgare</i>	2.64	<i>Quercus robur</i>	3681
<i>Erophila verna</i>	0.025	<i>Melica uniflora</i>	2.78	<i>Quercus cerris</i>	4310
<i>Arabidopsis thaliana</i>	0.028	<i>Viola hirta</i>	2.81	<i>Juglans nigra</i>	9865



Hydrochorie

viktorie královská

Původní výskyt: Amazonka
v průměru 1,5-2 m - unese až 50 kg.

Květy velké až 35 cm (vytrvávají 2 dny).

Rozkvétá večer, sněhobíle, kvete přes noc a ráno se ponořuje zpět do vody. Druhý den večer se podíváná opakuje - květy jsou již růžové. V době květu se teplota uvnitř zvyšuje až o 11 °C - lákadlo pro teplomilný hmyz. Na plodolistech se vytvářejí zvláštní pokrmová tělíska.

- Tobolka plodu obsahuje asi 400 semen s hlenem nadlehčujícím po určité době semena schopná plout po hladině. Po rozložení hlenu klesají ke dnu a klíčí.

Příbuzné rostliny - leknín a stulík.



Anemochorie

Cephalanthera damasonium

Trpasličí semena mají ve střední Evropě orchideje, hruštičky, zárazy. Semeno okrotice váží jen 0,000002 g.

Anemochorie

Stepní běžec



Spinifex hirsutus

Viviparie



ZOOCHORIE

- **Rozšiřování plodožravými živočichy (endozoochorie)**
 - atraktanty produkované rostlinou
 - chuť, barva plodů
 - investice rostliny do plodů
 - cukry, škrob, bílkoviny
- **Podmínky úspěšné disperze**
 - semena projdou trávícím traktem bez poškození

ZOOCHORIE

- **Přenášení mimo trávicí trakt (ektozoochorie)**
 - atraktanty produkované rostlinou
 - chuť, barva plodů
 - investice rostliny do samotné konstrukce rostliny a plodů
 - vlastnosti semen
 - velká, pevná; vytvoření atraktantů (masíčko)
- **Podmínky úspěšné disperze**
 - semena jsou vyjmuta z plodu a zahozena
 - plody nejsou spotřebovány
 - semena se zachytí v srsti zvířete

Endozoochorie

Planě rostoucí druh rajčete na Galapágách.

Velmi ohrožený vyhynutím.

Důležitý pro hybridní křížení s běžným rajčetem (*Lycopersicon esculentum*), jehož původ leží v Peru.



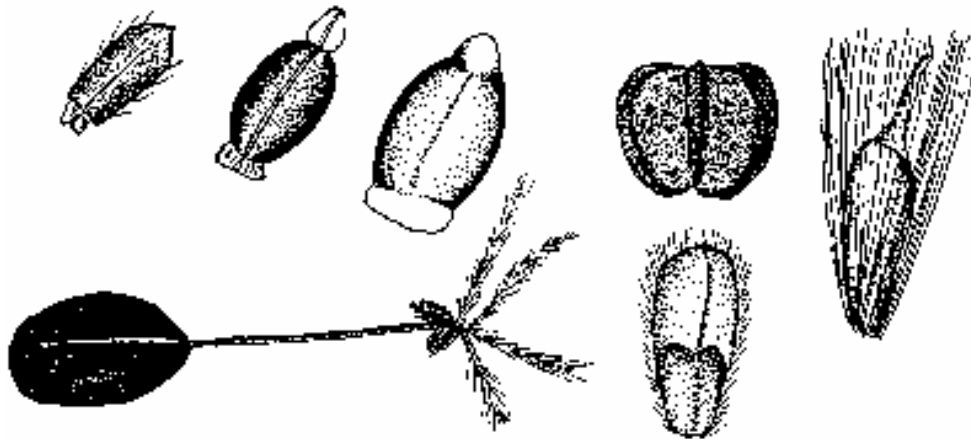
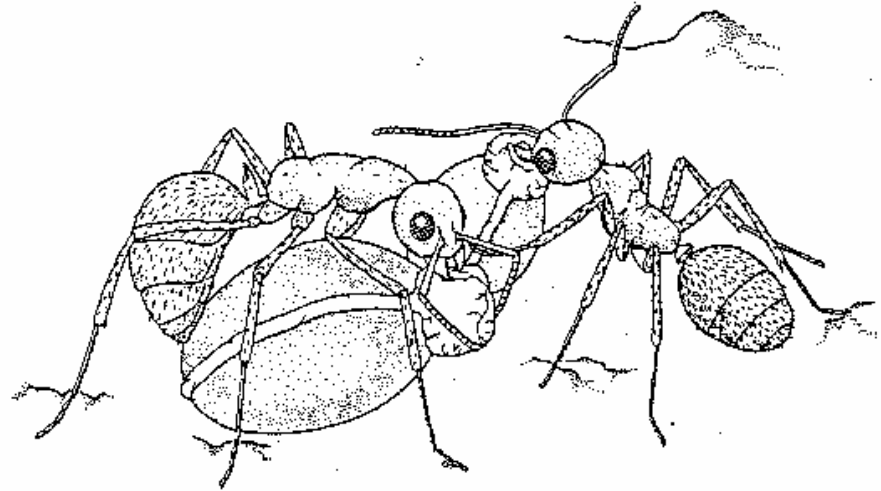
Lycopersicon cheesmanii

Semena jsou klíčivá jedině při průchodu trávicím traktem želvy sloní (*Geochelone elephantopus*). Žádné jiné zvíře klíčivost tohoto druhu nestimuluje.

Epizoochorie - myrmekochorie



Viola hirta



Vzdálenost disperze

Blízko k mateřské rostlině

- 1. příhodné stanoviště**
- 2. přímá kompetice s mateřskou rostlinou**
- 3. semenáčky jsou snadno objeveny predátory**

Daleko od mateřské rostliny

- 1. stanoviště nejčastěji méně vhodné proti původnímu**
- 2. nedochází ke kompetici**
- 3. obtížně naležitelné**
- 4. větší potenciál ke kolonizaci nových lokalit**

Časoprostorová disperze rostlin

A. Rozšiřování -- rozptýlení v prostoru

B. Dormance -- rozptýlen v čase