

Ekologie rostlinných populací

Lubomír Tichý

Populační ekologie rostlin

definice a základní vlastnosti populace, modely růstu populace, prostorová a věková struktura rostlinných populací, životní formy rostlin, životní strategie jednoletých, dvouletých, vytrvalých a klonálních rostlin, iteroparie a semelparie, koncepce C-S-R a r-K strategií, ekologie opylování, tvorba semen, semenná banka, dormance, šíření diaspor, vnitro- a mezidruhová kompetice, alelopatie, epifytismus, parazitismus, herbivorie, metapopulační dynamika. Mechanismy šíření rostlin: autochorie, anemochorie, hydrochorie, zoochorie, antropochorie; kolonizace a expanze, archeofyty a neofyty, invazní rostliny.

Begon M., Harper J.L. & Townsend C.R. 1997. Ekologie. Jedinci, populace a společenstva. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.

Slavíková J. 1986. Ekologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

Základní definice

Jedinec, populace, druh

- **Jedinec** – základní ekologická jednotka – jeden živočich, rostlina, bakterie...

Nejjednodušší – buňka

U živočichů je většinou snadné určit jedince, u rostlin zejména s klonálním růstem obtížné rozlišit, co je organizmus schopný samostatné existence. Modularita organizmů.

- **Populace** – skupina jedinců jednoho druhu osidlující určitý specifický prostor

- **Druh** – soubor populací, jejichž jedinci mají potenciál vzájemného pohlavního rozmnožování a produkují fertilní potomstvo

Klinální variabilita, proměnlivost druhu. Je způsobena postupnou změnou určitého znaku v řadě sousedních populací uvnitř areálu druhu a jemnými změnami v místních selekčních faktorech a genové distribuci.

medovník meduňkolistý – *Melittis melissophyllum*



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
- Klonální růst



Typy modulárních organismů



Rozpadavé



Trsnaté



Výběžkaté

**Volně se
rozvětřující**



**Mnohonásobně
větvené, vytrvalé**

Čím se tedy rostliny liší od živočichů?



- **Přisedlý způsob života**
- **Klonální růst** – obtížné určení individua
- **Primární, sekundární, latentní meristémy**
- Jedince živočichů lze obvykle dobře a jednoduše spočítat, **u rostlin je to složitější**
- **Těsnější kompetice (interakce) na kratší vzdálenost** – jen mezi sousedy
- **Nenáhodné vztahy mezi jedinci populace** (pyl, semena)
- **Fenologická rozrůzněnost** (umožňuje koexistenci)

Modularita – algoritmy pro věrné napodobování rostlin

Počítačové hry, animované filmy, výzkum...

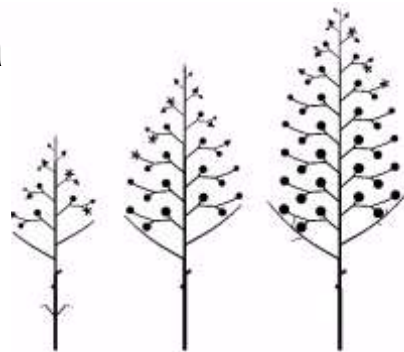
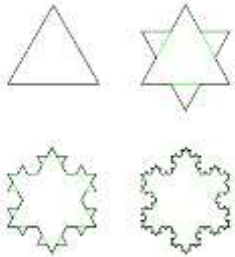


Modularita a fraktální geometrie

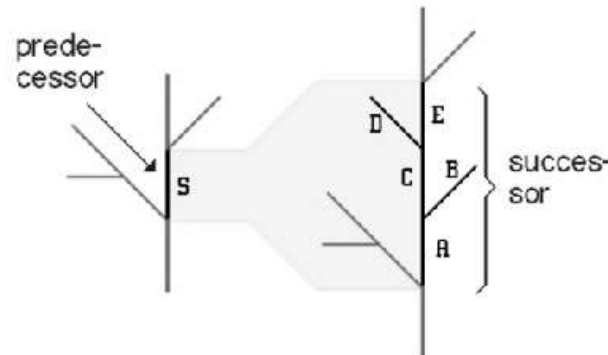


- Umožňuje matematický popis přírody
- Modularita na více úrovních
- Důležitou vlastností převážné většiny přírodních útvarů je jejich geometrická nepravidelnost. V klasické geometrii se prakticky vždy dostáváme do problémů, jakým způsobem zjistit např. délku, povrch nebo objem nepravidelných útvarů. 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

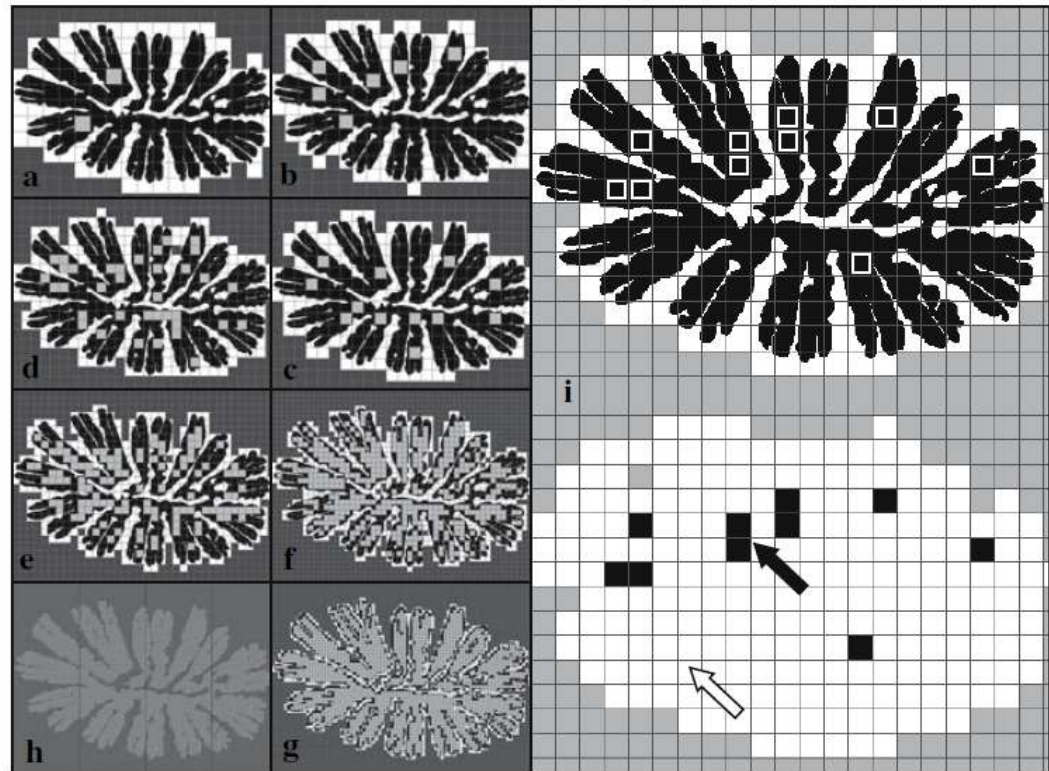


◆ - Square ★ - Flower ● - Boll



Fraktální geometrie - příklad

Fig. 3 Principle of the Box-Counting Method. **a-h.** The laying of square meshes of various sizes r over the 1 bit image of a scleractinian corallite. **I.** The counting of the number of N mesh boxes that contain any part of the object for all the mesh box sizes: N_B black squares (*black arrow*) that are completely filled up by the fractal object. N_{BW} black and white squares that contain only part of the object (*white arrow*). In this example of *Aplosmilia spinosa*, 10 black squares and 219 black and white squares are counted for a mesh box size of 20 pixels



Martin-Garin et al. 2007

Pojetí jedince

Modulární organizmy – vegetativní rozmnožování (klonální růst) = vytváří individuální stavební jednotky schopné samostatné existence.

Z 2775 taxonů CZ flóry – 1637 taxonů má klonální orgány a 1552 taxonů se pomocí nich šíří do okolí

(Klimešová & Klimeš 2008).

Proto nejednoznačné 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





Geneta neboli klonální kolonie

- Vegetativně vzniklý soubor geneticky identických modulů (jedinců)
- Jedinec jako geneta (vhodné pro studium genetické variability populace)
- **Příklady silně klonálních rostlin: dřeviny (stromy, keře, polokeře), byliny, graminoidy**
- Klonální kolonie může vzácně vznikat také apomikticky – asexuálním rozmnožováním



Rameta

- Jediný prýt (výhon) s možností samostatné existence
- Takové druhy jsou noční můrou pro populačního vědce: Kde končí jeden jedinec a začíná nový?



- Jedinec jako rameta - prýt = výhodné pro kvantitativní charakteristiky (**které?**)

Stáří jedinců (genet)

TABLE 1. Size (usually diameter) and longevity (in years) of clonal plants from the literature, separated into trees, shrubs, herbs, grasses, other species, and with an indication of the method used for size or age determination

090

(a) Clonal trees

	Method to estimate the size of the clone	Size of clone [diameter (m, or as indicated)]	Estimated age of oldest genet (years)	Estimated age of youngest
<i>Olea europaea</i> subsp. <i>laperrinei</i>	Molecular markers	80 m ² +	1000 +	
<i>Picea abies</i>	Radiocarbon dating	–	10 000 – 12 000	
<i>Picea mariana</i>	Morphological and growth ring analysis, statistical analysis	14	300	
	Molecular markers and dendrochronological analysis	691.3 m ²	1800 +	
<i>Pinus longaeva</i>	Growth ring analysis	–	4900	
<i>Populus alba</i>	Molecular markers	–	> 12 000	
<i>Populus tremuloides</i>	Morphological analysis, aerial photographs	510	10 000 +	
	Microsatellite divergence based on mutation accumulation	–	12 000	
<i>Populus tremula</i>	Molecular markers	16	152	
<i>Ulmus procera</i>	Molecular markers and microsatellite divergence based on mutation accumulation	–	2000	



(b) Clonal shrubs

	Method to estimate the size of the clone	Size of genet [diameter (m, or as indicated)]	Annual growth rate (cm year ⁻¹)	Estimated age of oldest genet (years)
<i>Arctostaphylos alpina</i>	Growth ring analysis	–	–	93
<i>Calluna vulgaris</i>	Growth ring analysis	–	–	58
<i>Dryas octopetala</i>	Growth ring analysis	–	–	108
<i>Empetrum nigrum</i> ssp. <i>nigrum</i>	Growth ring analysis	–	–	140
<i>Erica carnea</i>	Growth ring analysis	–	–	82
<i>Juniperus sabina</i>	Growth ring analysis	–	–	67–70
	Molecular markers	795 m ²	1.8–6.8	770–2940
<i>Larrea tridentata</i>	Molecular markers, growth rings, radiocarbon dating	16.6	–	11 700
	Growth rings, radiocarbon dating	11	–	9170
	Growth ring analysis	–	–	110
<i>Loiseleuria procumbens</i>				
<i>Lomatia tasmanica</i>	Molecular markers, chromosome counts and radiocarbon dating	1200	–	43 600
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Growth ring analysis	–	–	202
	Molecular markers	20 m ²	2.6	300
	Molecular markers	25 m ²	115	283 +
<i>Salix arctica</i>	Growth ring analysis	–	–	150
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Growth ring analysis	–	–	109



Stáří jedinců (genet)

(c) Clonal herbs (except grasses and sedges)

	Method to estimate the size of the genet	Size of genet [diameter (m, or as indicated)]	Annual growth rate (cm year ⁻¹)	Estimated age of oldest genet (years)
<i>Acantholimon diapensoides</i>	?	–	–	400
<i>Anemone nemorosa</i>	Growth ring analysis Molecular markers	– 12	– 1.9–3.1	>5 190–320
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Comparative analysis of site history and genet size	50	–	400
<i>Convallaria majalis</i>	Comparative analysis of site history and genet size	850	–	670 +
<i>Cypripedium calceolus</i>	Molecular markers	39 ramets	1–1.5	370
<i>Gaylussacia brachycerium</i>	Morphological analysis	1980	–	13 000 +
<i>Silene acaulis</i>	Growth ring analysis Modelling: size-based population projection matrices	– >0.2	– –	252 300 +
<i>Teucrium scorodonia</i>	Morphological analysis	Several square metres	–	50–100
<i>Trifolium alpinum</i>	Growth ring analysis	–	–	50



(d) Clonal grasses and sedges

	Method to estimate the size of the genet	Size of genet [diameter (m, or as indicated)]	Annual growth rate (cm year ⁻¹)	Estimated age of oldest genet (years)
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Comparative analysis of site history and genet size	50	–	400 +
<i>Carex curvula</i>	Molecular markers	1.6	0.04	2000
<i>Carex ensifolia</i> ssp. <i>arctisibirica</i>	Molecular markers	40	–	3800 +
<i>Carex stans</i>	Molecular markers	7.4	–	Approx. 150
<i>Festuca ovina</i>	Morphological analysis, cross-pollination tests	8.25	0.3	1000 +
<i>Festuca rubra</i>	Morphological analysis, cross-pollination tests	220	22.9	1000 +
<i>Holcus mollis</i>	Morphological and phenological analysis, chromosome analysis	880	–	1000 +
<i>Sasa senanensis</i>	Molecular markers	300	Approx. 100	Several decades
<i>Stipa pennata</i>	Calendar age determination (Gatsuk <i>et al.</i> , 1980)	–	–	75



Reference

(e) Clonal pteridophytes and marine species

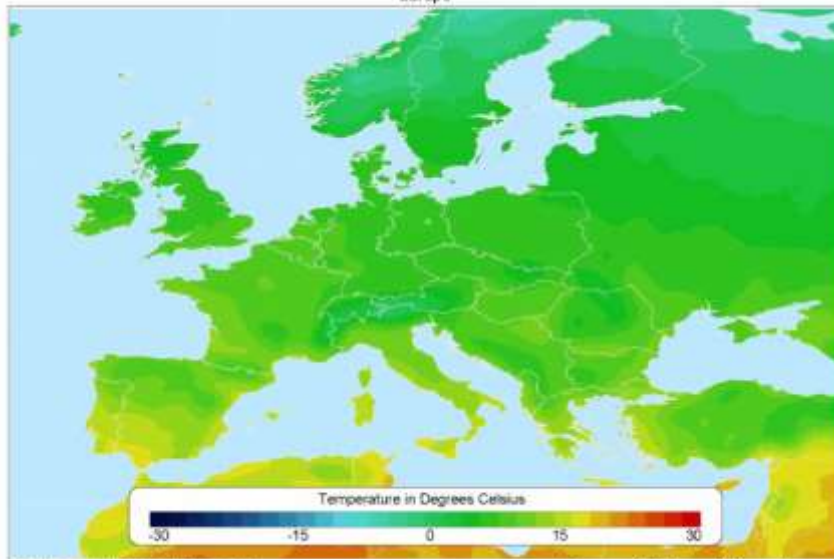
	Method to estimate the size of the genet	Size of genet [diameter (m, or as indicated)]	Annual growth rate (cm year ⁻¹)	Estimated age of oldest genet (years)
<i>Lycopodium annotinum</i>	Comparative analysis of site history and genet size Morphological analysis	Up to 250 –	– –	250 21
	Molecular markers	36	20	90 +
<i>Lycopodium complanatum</i>	Comparative analysis of site history and genet size	250	–	850
<i>Pteridium aquilinum</i>	Comparative analysis of site history and genet size	489	–	1400
	Molecular markers	1015	43	1180
<i>Zostera marina</i>	Molecular markers	33	13	134



Smrk ztepilý – *Picea abies*

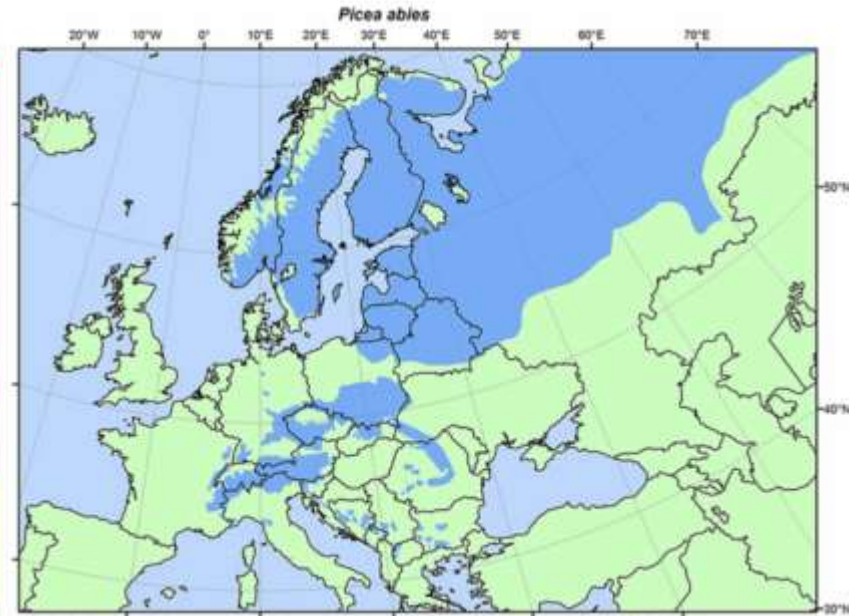
Average Annual Temperature

Europe



Data taken from: GTO 5.3 Degree Dataset (Brew, et al.)

Atlas of the Biosphere



Smrk ztepilý – *Picea abies*



Generativní rozmnožování

Vegetativní rozmnožování

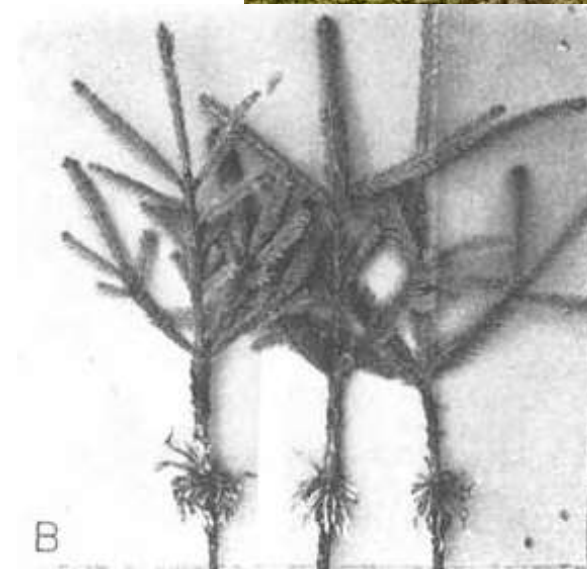


Nejstarší stromy – smrk ztepilý

Švédsko, pohoří Fulu – stáří podzemních orgánů dle radiokarbonového datování – 9550 roků



Kmen je starý pouze několik set let.
Přežívání je umožněno klonálním zakořeněním spodních větví



Nejstarší geneta

Populus tremuloides



Největší a nejstarší zjištěnou genetou na světě je porost topolu osikovitého (*Populus tremuloides*)

Wasatch Mountains, Utah

rozloha: 46 ha

Hmotnost: 6000 t

Počet: ca. 47000 ramet

předpokládané stáří: 80.000 let (některé odhady sahají až do 1 mil. let)



hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*)

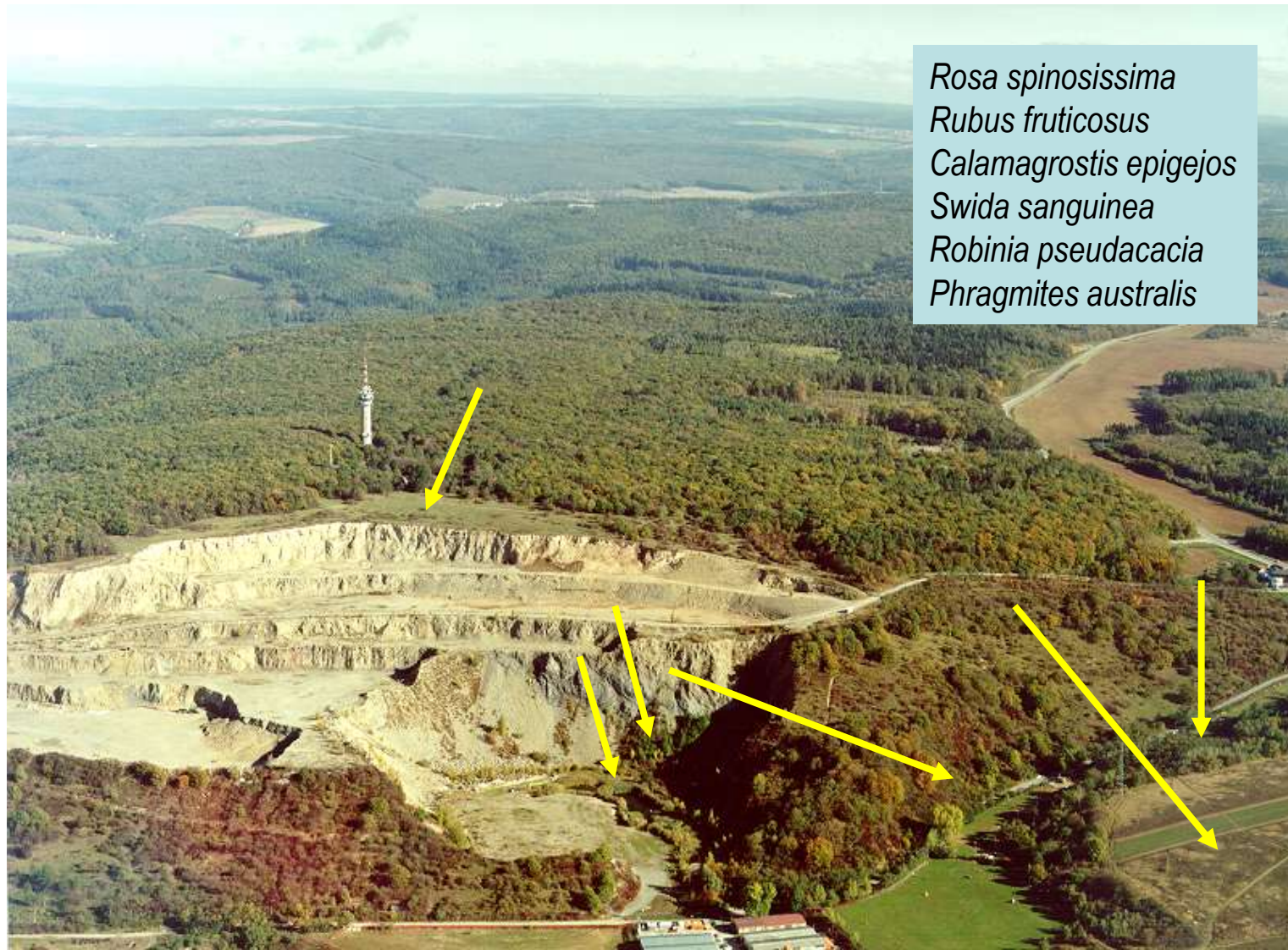
Pastviny
Jedovatá pro
zvířata – pro koně
blokace thyaminu
(B1), pro
přežvýkavce -
karcinomy



I u nás může být velikost genet značná. Identifikuješ nějakou genet na této fotografii?



Příklady rozeznatelných genet



Proč je modularita výhodná?

- Odolnost vůči pastvě a jiným disturbancím
- Maximální adaptace na změny podmínek na jednom místě – např. opadavost listů v nepříznivých veg. podmínkách
- Tvorba diaspor s dormancí
- Výhoda klonálního růstu pro rostliny s velkým rizikem zničení jednotlivých prýtů

Daň za modularitu:

- Omezení pohyblivosti – mobilita genů pouze semeny a pylem...



Rostlinná 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)

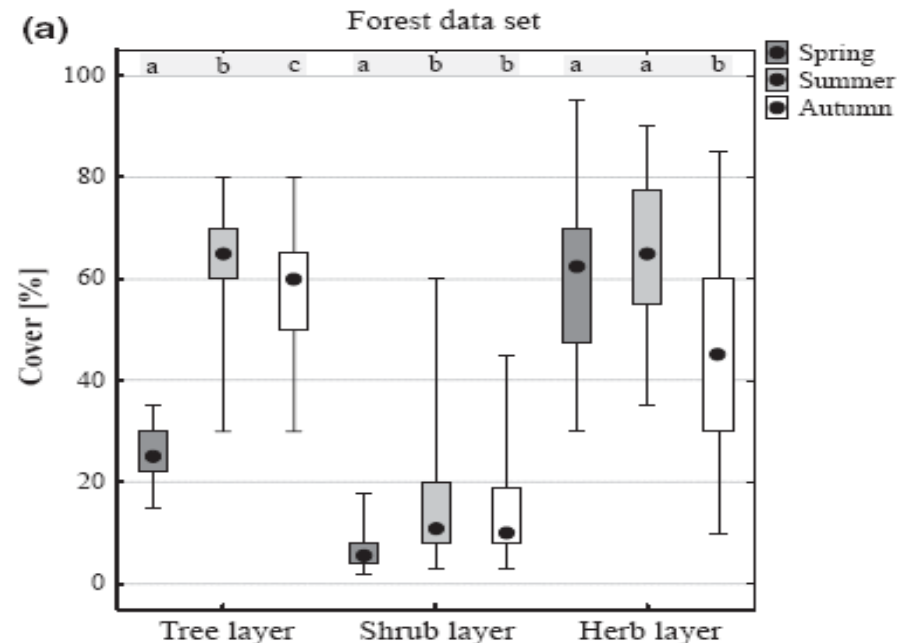
Vnější vlivy na rostlinnou populaci

- **Mutační tlak** – Vznik zcela nových alel, změna dominantní alely na recesivní i naopak. Četnost velmi nízká.
- **Selekční tlak** – Nevýhodné alely postupně ubývají (dominantní mizí poměrně rychle, recesivní mizí pomalu a úplně nevymizí nikdy), protože své nositele znevýhodňují
- **Migrace** – Případné rozšíření migrujících alel závisí na jejich adaptativní hodnotě (vliv selekce) - podmínky na původním a novém stanovišti se mohou lišit.
- **Genetický drift** – Náhodné posuny ve frekvenci jednotlivých alel v rámci genofondu dané populace. Může dojít dokonce i k fixaci jedné alely a vymizení alely druhé. Čím je populace menší, tím výraznější je vliv driftu a tím častěji dojde k fixaci jedné z alel.

Co studuje populační ekologie rostlin?

- Meziroční a sezónní změny
- Délka životního cyklu
- Reprodukční potenciál
- Klonální růst
- Vzájemné vztahy mezi jedinci
– kompetice, mutualismus
- Limitní hustota jedinců

Jak se liší pokryvnost stromového, keřového a bylinného patra v průběhu vegetační sezóny?



- **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, stejnocenná kompetice jedinců)
- **Shlukovité** (ochrana proti nepříznivým ekologickým podmínkám, způsob šíření, vhodný hostitel...)



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



Hustota (denzita)

Zjišťování pokryvnosti druhů – plocha, relativní plocha

Zjišťování počtu jedinců – vzácnější, často obtížné (**klonální růst, nestejně velcí jedinci**).

Kolísání početnosti v čase ovlivňuje:

Natalita (množivost) = počet nových jedinců vyprodukovaných populací za jednotku času

- **maximální natalita** – teoretická rychlost reprodukce
- **realizovaná natalita** – skutečná rychlost reprodukce

Mortalita (úmrtnost) – Počet uhynulých jedinců v populaci za jednotku času

- **Minimální x realizovaná mortalita**



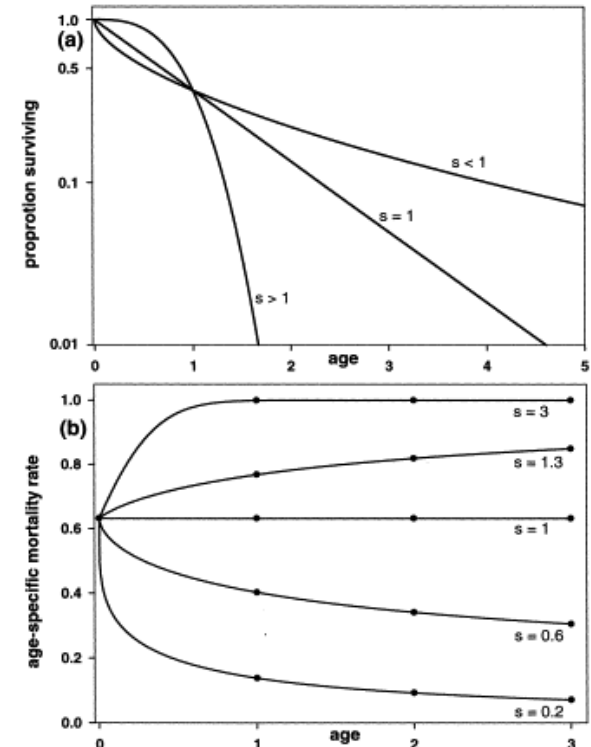
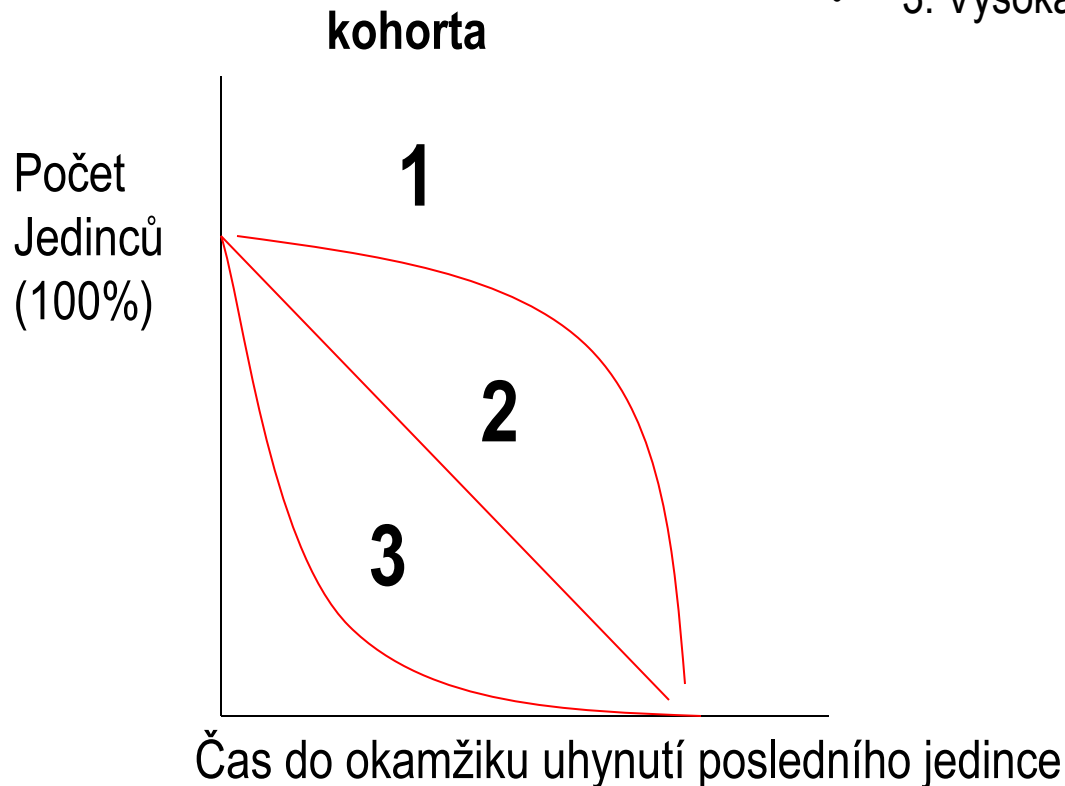
Kohorta



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)



Kohortní tabulka přežívání



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

$l_x = \frac{n_x}{n_0}$ – věkově specifické přežívání, neboli procento přeživších do času x a také pravděpodobnost přežití do času x

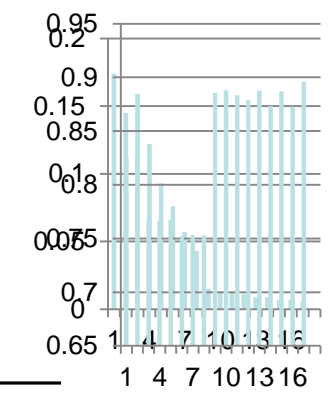
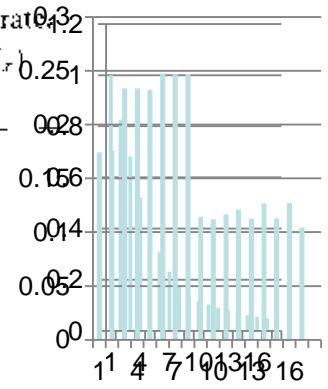
$p_x = \frac{n_{x+1}}{n_x}$ – pravděpodobnost přežití intervalu (x ... x+1)

$q_x = 1 - p_x$ – pravděpodobnost úmrtí v intervalu (x ... x+1)

$d_x = l_x - l_{x+1}$ – míra mortality v intervalu (x ... x+1)

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, d_x/l_x	Survival rate, $1 - (d_x/l_x)$
x	N_x	l_x	d_x	q_x	p_x
0	1000				
1	826				
2	681				
3	522				
4	400				
5	307				
6	231				
7	174				
8	131				
9	116				
10	103				
11	91				
12	80				
13	71				
14	62				
15	55				
16	48				
17	43				



Demografie populace

Popisuje populaci v jediném okamžiku

Biological flora of the British Isles (Botanical Society of the Britain and Ireland) – biologie základních druhů rostoucích na Britských ostrovech, vychází v časopise *Journal of Ecology* od roku 1999, dříve jinými způsoby, celkem více než 1000 popsanych druhů.

Věková struktura

Rozdělení přežívajících jedinců do věkových tříd

- Předreproduktivní (juvenilní) stádium
- Reprodukční
- (Postreproduktivní stádium)

Věkovou strukturu je nutno mnohdy zjišťovat nepřímo

- počet výhonů, celková biomasa atd.



Cirsium spinosissimum

Letokruhy bylin – řada druhů znatelné roční přírůstky na hlavním kořeni



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 všech jedinců
 - - vzorek – výběr z populace (ohraničená plocha)
- **Popisem zastoupení více druhů na jedné ploše – fytocenologický snímek (zápis)**
 - Plocha zápisu 1–400 m² podle stanoviště
 - Kombinovaná stupnice abundance / dominance (7 nebo 9 kategorií)
 - Odhadnutelná vizuálně
- **Trvalá plocha**



Statická struktura populace

Statická struktura – sledování v jediném okamžiku
(často problém, jak rozlišit kategorie)

- **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)

Dynamická struktura populace

(sledování v průběhu celého životního cyklu)

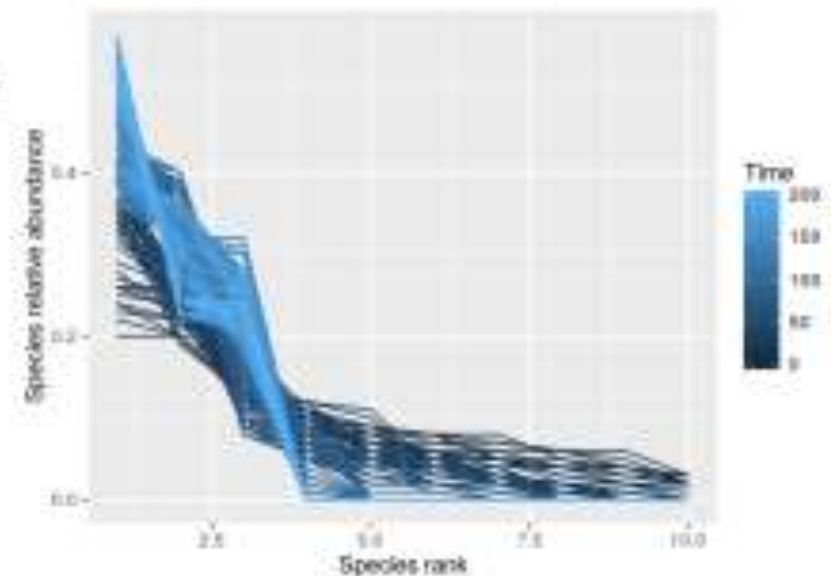
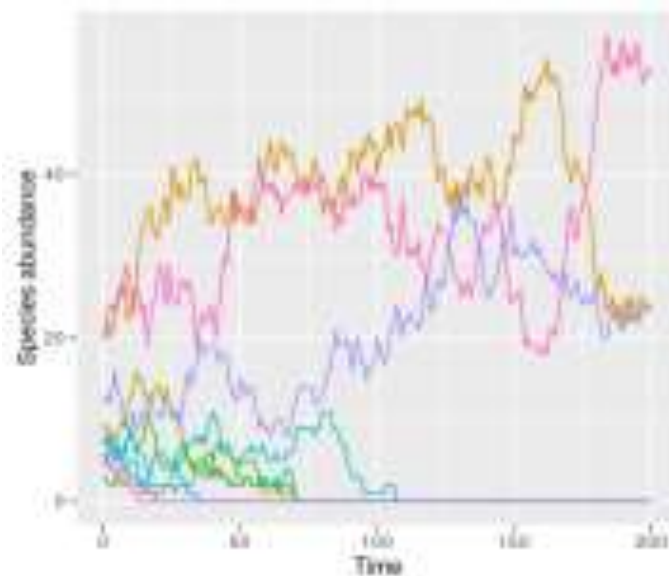
- Popisuje časové změny ve struktuře populace
- stanovené intervaly pozorování
- možno použít omezeně u populací s krátkým životním cyklem
- Stanovuje se počet jedinců, počet uhynulých jedinců, průměrný počet uhynulých za den atd.
- Pozornost věnována stáří rostlin a počtu přežívajících či plodnosti jedinců

Dynamika populací a neutrální model

Stephen Hubbel (2001)

Neutrální teorie biodiverzity

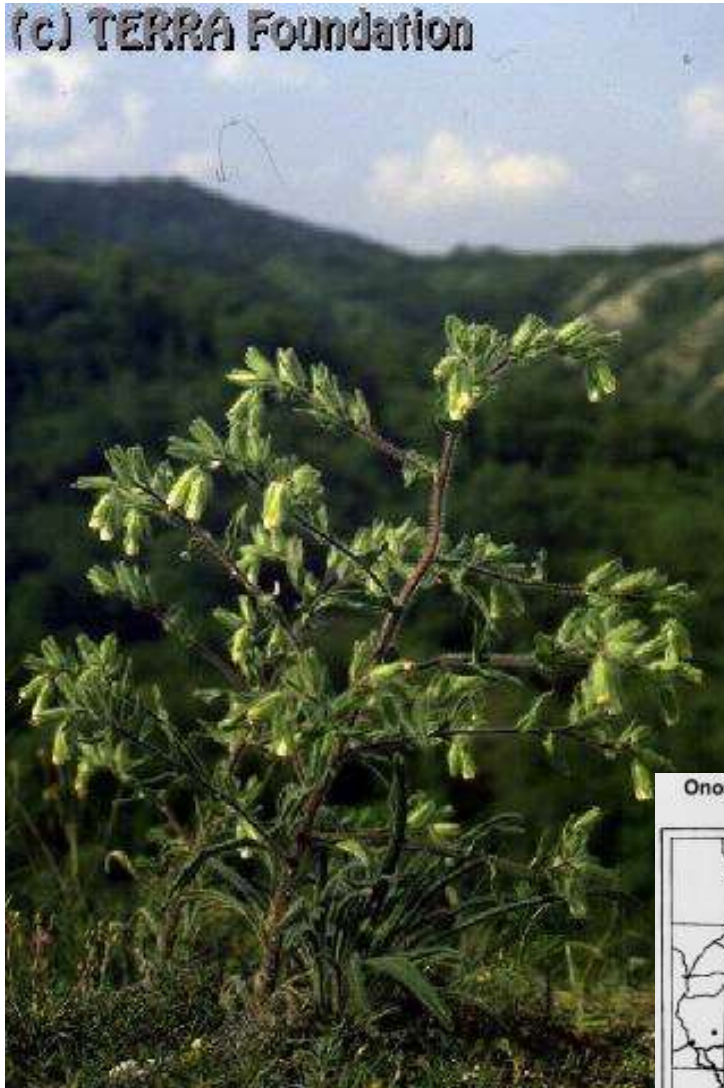
Robert
MacArthur &
Edward Wilson
1963 – Teorie
ostrovní
biogeografie



Ruměnice krasová – *Onosma visianii*

příklad sledování populace ohroženého druhu

(c) TERRA Foundation



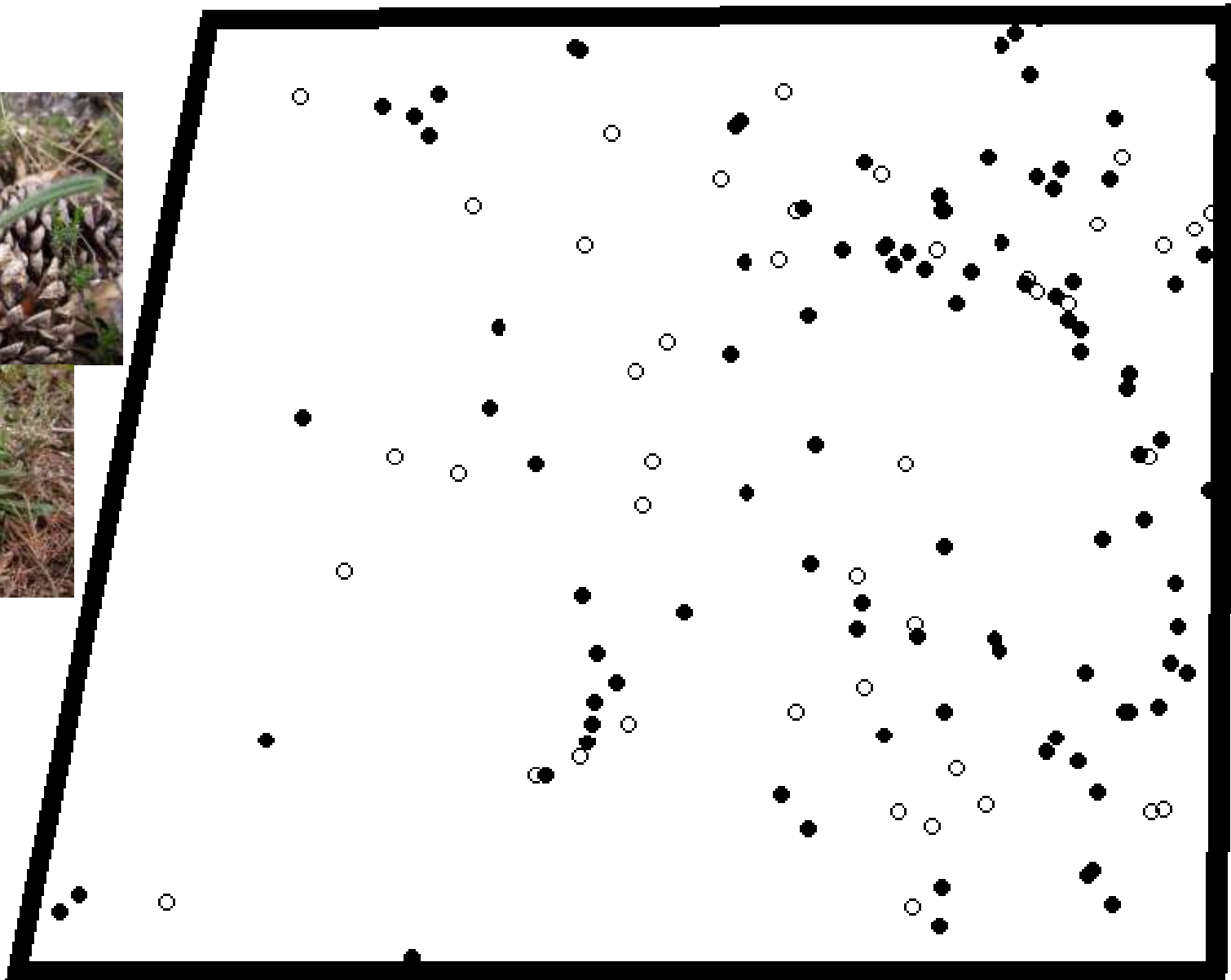
Z příbuzenstva hadinců, kamejky, kostivalu –
čeleď *Boraginaceae*

Monokarpická víceletka

Stepní běžec

Stanoviště: výslunné erodované dolomitové
svahy





Onosma visianii

Detailní věková struktura populace rozdělená do věkových tříd

rok	růžice	kvetoucí
Rok 0	175	12
Rok 1	166	22
Rok 2	140	31
Rok 3	98	42

rok	Věk rostlin				
	semenáčky	dvouleté	tříleté	Není známo	kvetoucí
Rok 0	-	-	-	175	12
Rok 1	24	-	-	142	22
Rok 2	17	8	-	115	31
Rok 3	15	8	8	67	42

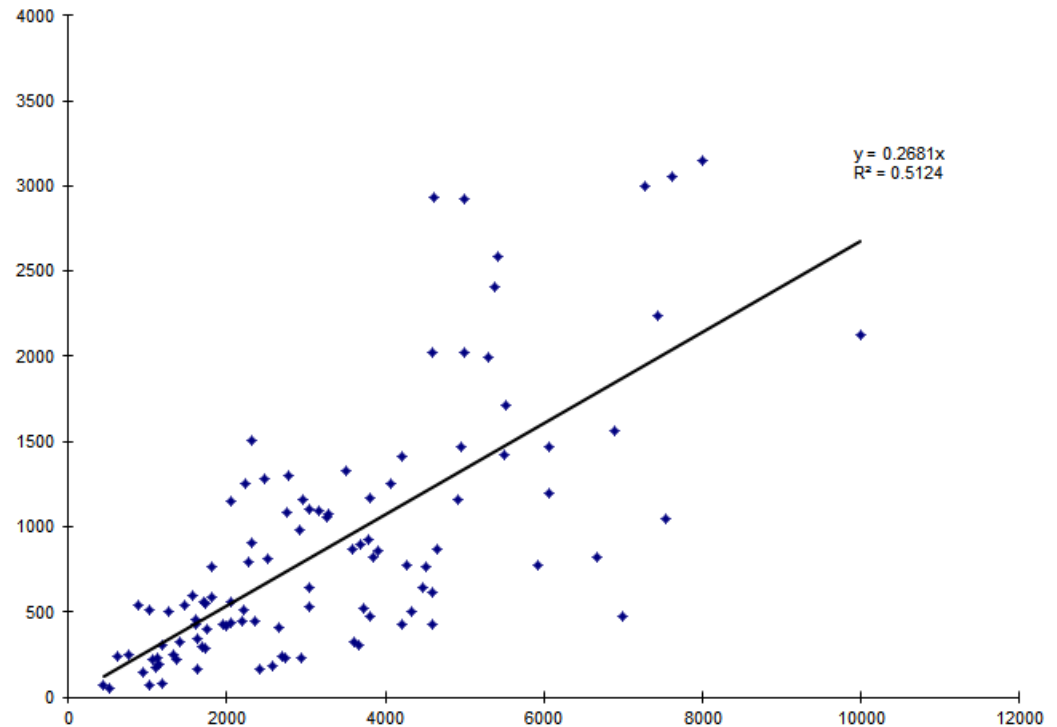
Onosma visianii

Detailní velikostní struktura populace

Velikost rostlin ovlivňuje:

- fenologická fáze
- aktuální klimatické podmínky

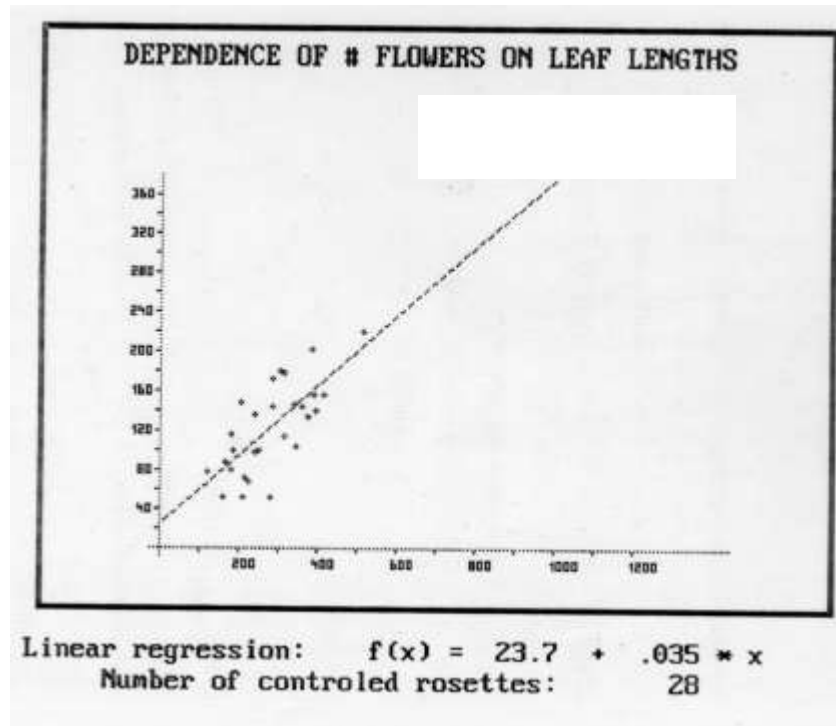
Věk	přibližný počet
1	18
2	14
3	16
4	18
5	23
6	9
7	8



Onosma visianii

U mnoha rostlin:

Semenná banka komplikuje jednoduchý vztah mezi produkcí semen a počtem vyklíčených semenáčků



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)

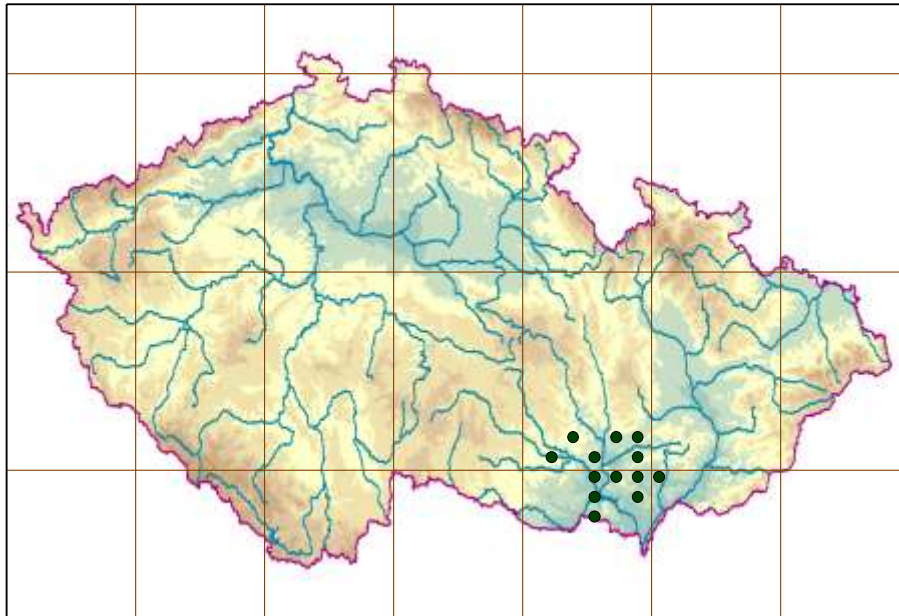
Zaměření rostlin

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

Obecně o druhu



Obecně o druhu



1. Roste na částečně narušovaných stanovištích, nejlépe na sprašových půdách sečených nebo pasených koncem sezóny
2. Patří mezi převážně hapaxantní druhy (asi 90 % rostlin kvete pouze jednou v životě)
3. Doba mezi vyklíčením a kvetením rostlin: 5-7 let
4. Poměr mezi sterilními a kvetoucími jedinci ve stabilní populaci: 5:1
5. Monitoring: Počet kvetoucích rostlin na lokalitě (v její části), poměr sterilních/kvetoucím rostlinám v části populace.
6. Frekvence sledování: Z důvodu značných meziročních výkyvů je třeba sledovat populace v intervalu 1-3 let.

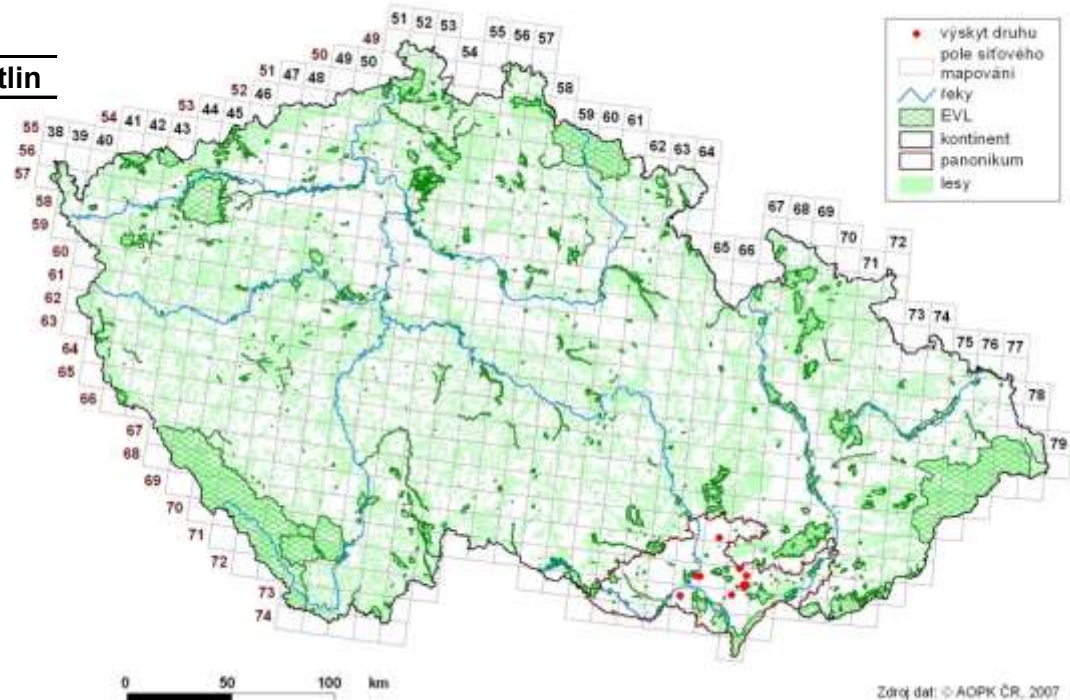
Rozšíření

Lokalita	Procento celkové populace
Dunajovické kopce	39%
Pouzdránská step	29%
Špice u Újezdu	15%
Prostřední špidlák	5%
Zimarky	4%
Hochberk u Popic	4%
Louky pod Kumstátem	3%
Čejkovické špidláky	1%
Hovoranské louky	1%
Čejčský špidlák	0%
Červený kopec	0%
Celkem	100% = 13000 rostlin

Stát	Počet lokalit
Česká republika	10
Slovensko	3
Rakousko	2
Maďarsko	5

Lokality chybné či nepůvodní:

1. Oslavany – halda a odkaliště (*Crambe maritima*)
2. Špice u Újezdu – podle literatury údajně vysazen až ve 20. století
3. Červený kopec???



Zdroj dat: © AOPK ČR, 2007

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**

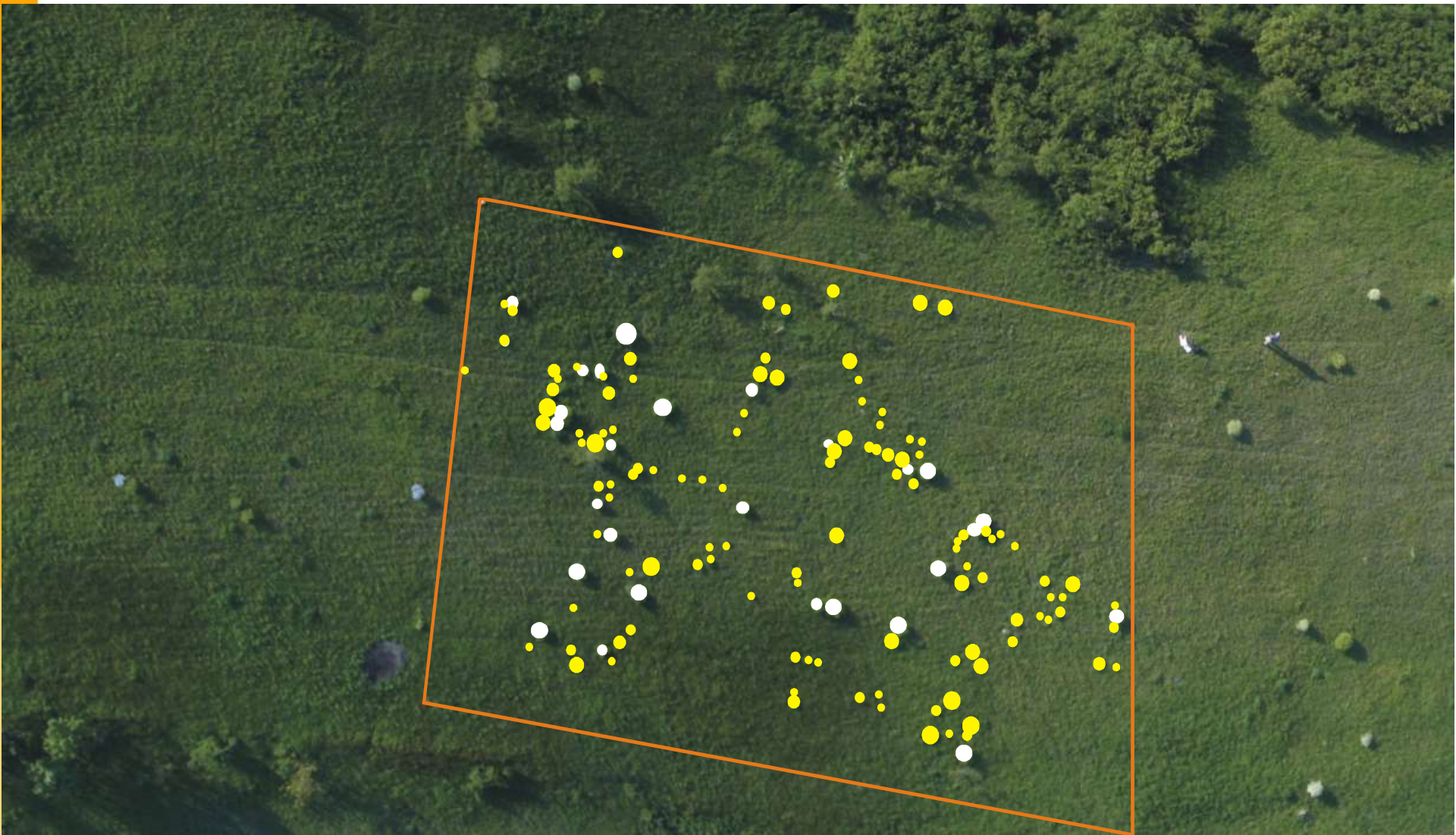
*Jak vypovídá o stavu
populace?*











Ohrožení

Ochrana: Zvláště chráněný, silně ohrožený druh

Ohrožení: C2 – silně ohrožený druh

Současný stav populací:

Lokalita	Pozorovaný trend	Počet jedinců (odhad)		Očekávaný trend
		2000	2006-9	
Špice u Újezdu	→↑	1000	1000-3000	→
Zimarky	→	450	400-600	→
Hochberk u Popic	→		500	→
Dunajovické kopce	↓↓	4000	10000-2500	↓↓
Pouzdránská step	↓↓	8000	5000-2500	↓↓↓
Čejkovické špidláky	↓↓↓	?	100-150	↓↓↓
Prostřední špidlák	→↑?	300	500-750	↓↓
Čejčský špidlák	↓↓↓	?	5	↓↓↓
Louky pod Kumstátem	↓↓↓	?	600-125	↓↓↓
Hovoranské louky	↓↓↓	?	150-20	↓↓↓
Červený kopec	Ex	1	1?	↓↓↓

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Zimarky	115		136		141	201			24	
Prostřední špidlák					174	308			57	
Čejčský špidlák	3	4			5	2			0	
Pouzdránská step	865		340		508			890		
Dunajovické kopce	1832				1059			2280		
Špidlák 1			61		35		2		6	
Louky pod Kumstátem					135	209		85		
Hovoranské louky	27		31		25	16	8	39		
Špice	551				583			688		

Dunajovické kopce

1. Nejpočetnější populace katránu u nás
2. Rozdělena na několik dílčích, od sebe izolovaných území
3. V posledních letech intenzivně pasena



Dunajovické kopce

Pastva v nevhodnou dobu poškozuje kvetoucí rostliny

Příliš intenzivní pastva selektivně redukuje druhové spektrum o požitelné druhy
(obrázek vpravo: *Libanotis pyrenaica* - jedovatý)

Na některých místech dochází až k ruderalizaci vegetace



Dunajovické kopce

Pohled na severní část Liščího vrchu; Lokalita byla posečena na podzim 2004. V květnu 2005 (fotografie) je patrná řada odkvetlých i sterilních rostlin katránu



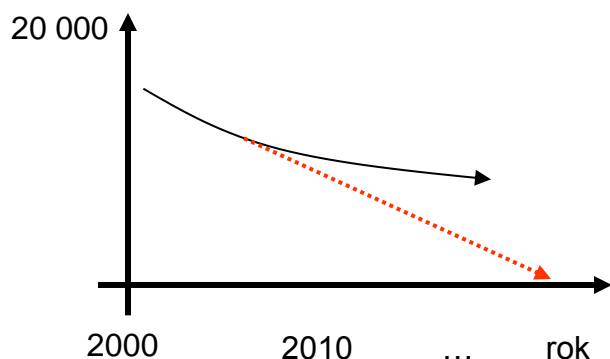
Dunajovické kopce

Pohled na severní část Liščího vrchu; tatáž část v roce 2009, tedy po realizaci několikaleté pastvy.



Jak přistoupit k ochraně druhu?

Trend:



Je problematické:

- prosadit a obhájit destrukci části vegetačního krytu (na rozdíl od dnes akceptovatelné pastvy nebo sečení)
- Vypalovat
- Pást jen část lokality (z důvodu velikosti lokality, nedostupnosti stáda v malých vzdálenostech, nutnosti zajištění proti krádeži atd.)

Podobné problémy: hadinec červený, ruměnice krasová atd.

Zaměřit se na udržení počtu jedinců, tedy na Dunajovické kopce a Pouzdřanskou step?

Změna typu managementu, důsledná kontrola vlivu na populace druhu, otázka vlivu na populace jiných druhů atd.

Soustředit pozornost na počet lokalit?

Dohled nad více subjekty, různé podmínky na stanovištích



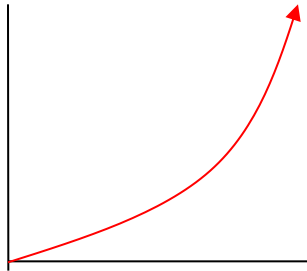
Volná ekologická nika



Limitní počet jedinců = nosná kapacita prostředí K



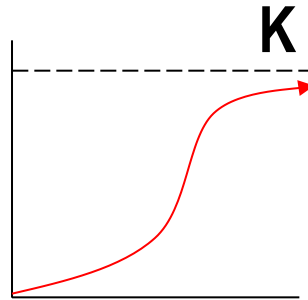
Model růstu populace



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

Křivka tvaru J

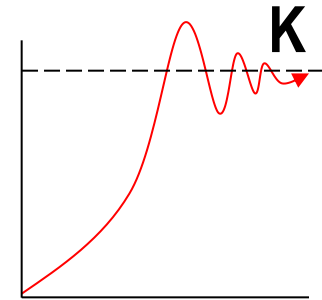
Maximální reprodukční potenciál - rychlost prostředím neomezeného růstu



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

Křivka tvaru S

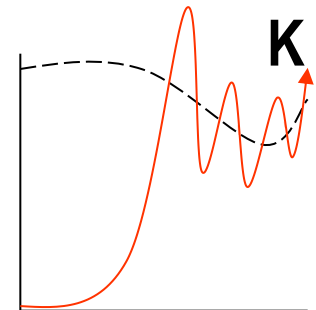
Při dosažení K vyčerpán jeden ze zdrojů prostředí



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



Pulsatilla grandis



Are the data collected by AOPK about flowering of this species suitable for estimation of some trends?

Life cycle 1



Weight aprox. 2.5 mg
Length aprox. 3 mm



Seed dormancy,
germination after
stratification



Sterile plants

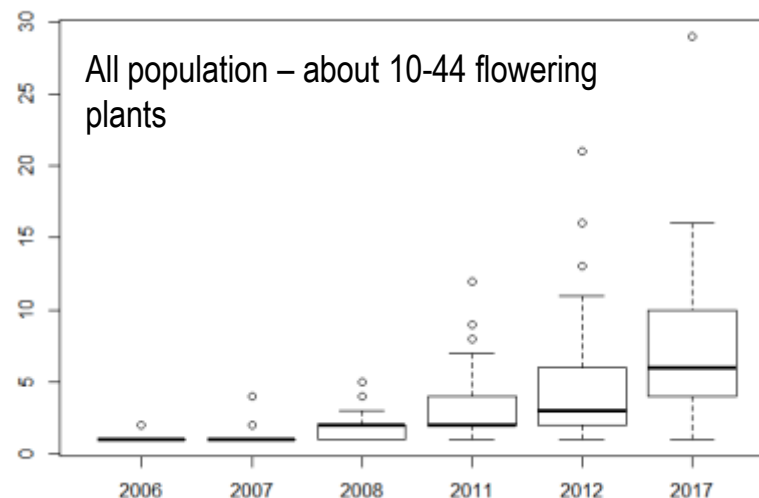
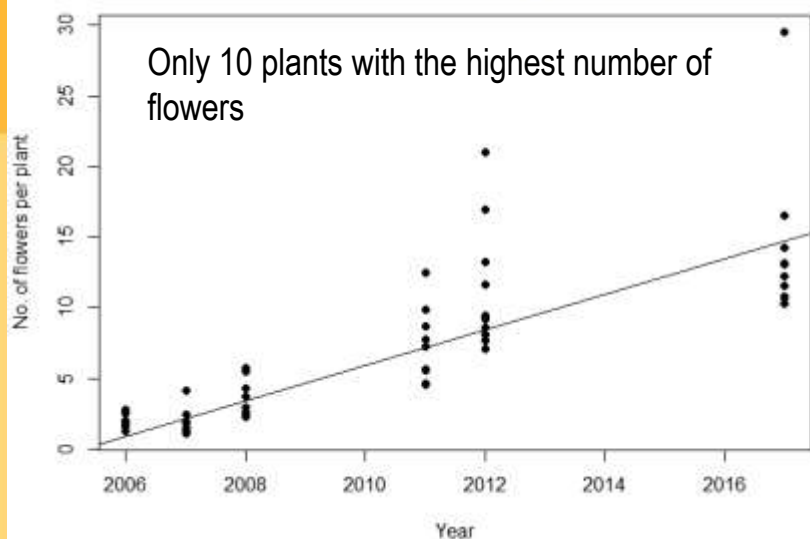


First documented
flowering – 2-6
years after
expected
germination



Large individuals
much older, only on
relatively nutrient-
rich stands

Pulsatilla grandis - Medlánecký kopec



Life cycle 2

pH of soils at the localities ranges from 5.0 to 7.7. PG was found on limestones, erlans, granits, diorits, amphibolites. Only one record possibly from serpentinites.
Flowering period – depended on temperature sums (from approx. 1. 3. to 15. 4.), sometimes reflorescence in late august / september

Flowers – protected by long hairs, the relative increase of the temperature inside flowers till 9°C (Zimmermann 1963). Flowering time 6-16 days (*P. vulgaris*, Kratochwil 1988)

Seed production – 50-150 seeds / flower (*P. pratensis*; LEDA), anemochory, autochory

Fruits – achenes; seed maturation at the start of May; self-burial = seed hairs, actively bending hygroscopic section = analogy to other species (*Erodium cicutarium*, *Stipa* spp.)

Seed bank – possibly hidden crucial role for population dynamics?

- (greenhouse) immediately fresh almost 90%, 66% next year and 2% of germination in the second year; no expected germination after 5 years (Kaližarič et al. 2006) (???) (5-15% after stratification next year; pers. obs.)



2009 – European Commission

Czech Republic: 200 localities; slowly declining trend.
(2016 – known 385 localities, 150.000 flowering individuals)

Hungary: Between 4,000,000 and 5,500,00 individuals; slowly declining trend.

Slovenia: 4 populations; less than 2,000 individuals; stable trend.

Germany: Bavaria (rare); apparently stable.

Ukraine: populations small (20-50 m²) with low number of individuals (50-100 individuals).

Croatia: not threatened.

Bosnia: rare.

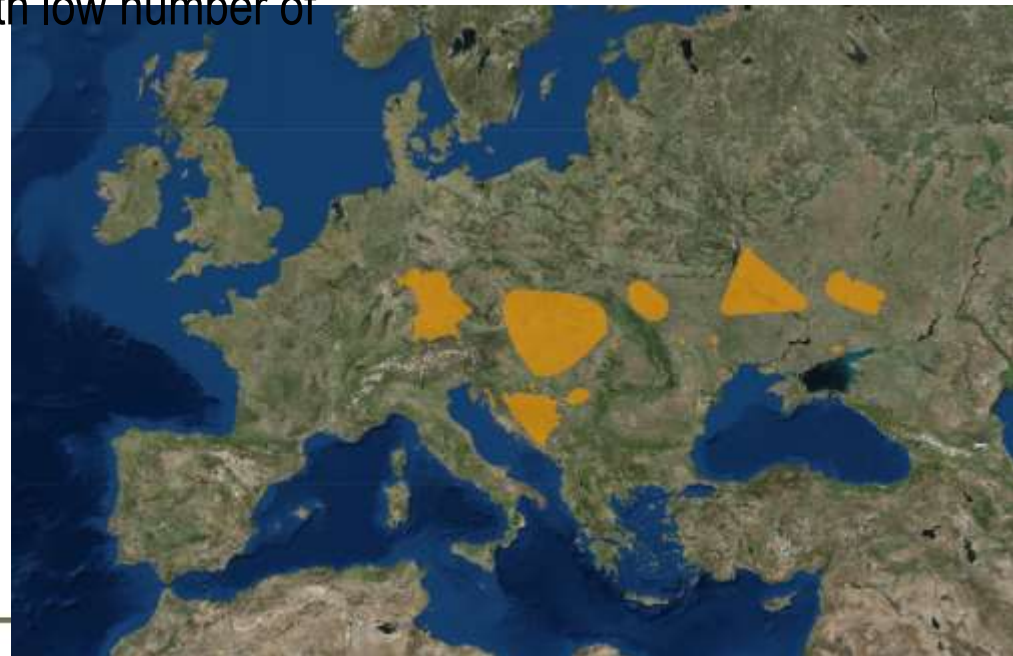
Slovakia: the population size ranges from tens to thousands of individuals

Romania: ???

Moldova: ???

Serbia: ???

Austria: ??? (47.000 flowering indiv.)

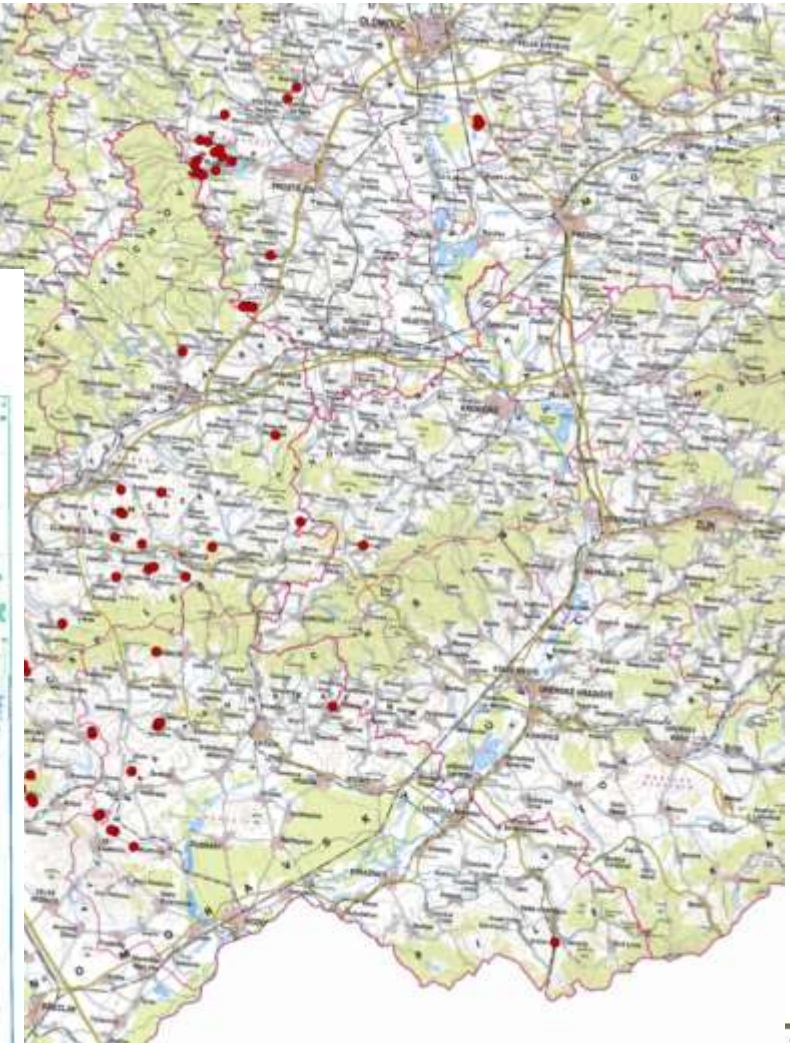
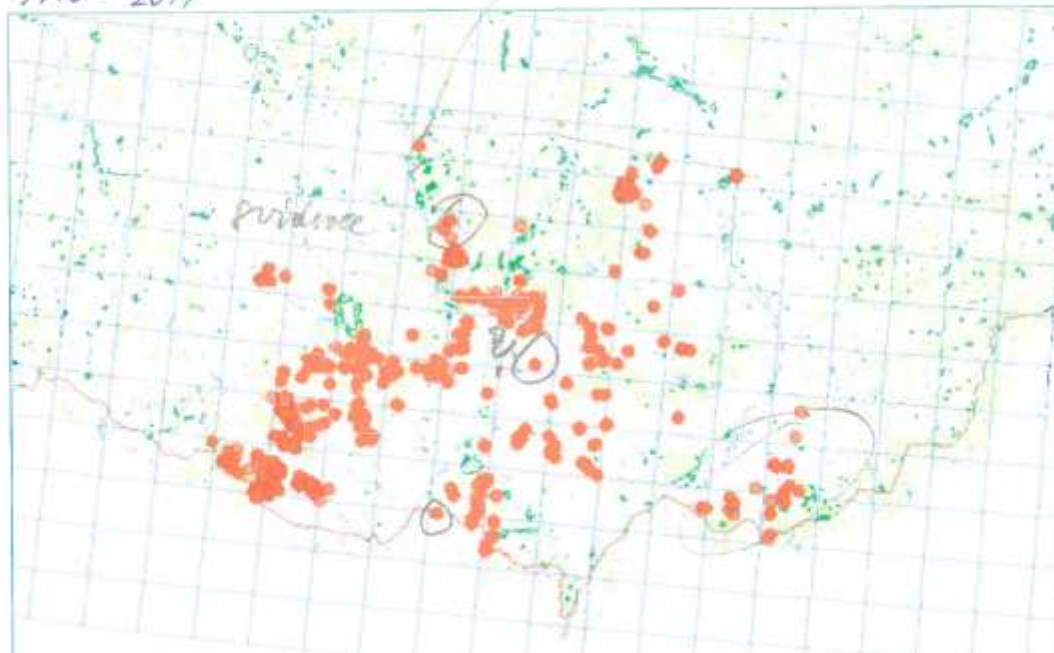


Detailed distribution in the CZ

In total, 385 populations were counted from the first monitoring in the year 1999



Pulsatilla grandis NDOP
1990 - 2017



Biotope 1: dry grassland meadows

Localities: Kamenný vrch, Stránská skála, Trauznické údolí, Malhostovická pecka

Populations: 1 m² - 20 ha, from 1 to 50.000 individuals, survival probably shorter



Biotope 2: pastures

Localities: i.e. Skalky u Havraníků, U Fládnické chaty

Populations: usually small (thousands of m², from 20 to 1000 individuals, survival ? – disturb.)



Fládnitzské vřesoviště-2	42
Fládnitzské vřesoviště-3	2
Kopaninky u Silůvek-2	12
Mirolavské kopce 1	0
Mirolavské kopce 2	1
Šidlovy skalky-1	4
Tasovické svahy 1	7
Dyjské svahy	33
Stepní stráň u Komofan	425
Únanovský kopec	1
Špidlák 1	15
LIŠČÍ kopec	0
Nad řekami	465
Načeratický kopec-2	0
Načeratický kopec-4	0
Načeratický kopec-5	0
Obřanská stráň	87
Skalky u Havraníků-1	1
Kopečky u Únanova-1	314
Kopečky u Únanova-2	652
Stříbrný vrch	115
Dobřínský lůmek	3
Pípele-1	2
Velký kopec-1	273
Velký kopec-2	35
Kamenný vrch u Kurdějova-3	3
Kamenný vrch u Kurdějova-4	33
Senoradský věhon-1	70
Senoradský věhon-2	66
Senoradský věhon-3	31



Biotope 3: rocky outcrops

Localities: i.e. Vraní skála, Hardeggské skály, Břenčák, Skalky u přehrady, Šumbera

Populations: small (1-100 m², from 1 to 100 individuals, survival 30+ years)



Biotope 4: oak and pine forests

Localities: i.e. Čebínský kopec, U jezevce

Populations: small density, slowly decreasing



Largest population: Kamenný vrch
Population: the biggest (>50.000 indiv.)
Management: moving of more productive sites, frequent trampling, occasional grazing
Problems: too frequent trampling

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
58185	64700			65780							51427



Methods

- Monitoring of flowering plants (about half of 385 registered localities visited each year)
- 1 individual = aprox. area of the palm
- For some less populated localities – full flowering plants structure (No. of flowers per plant)
- Some other informations available (threats, estimated trends, population disturbance, management type etc.)



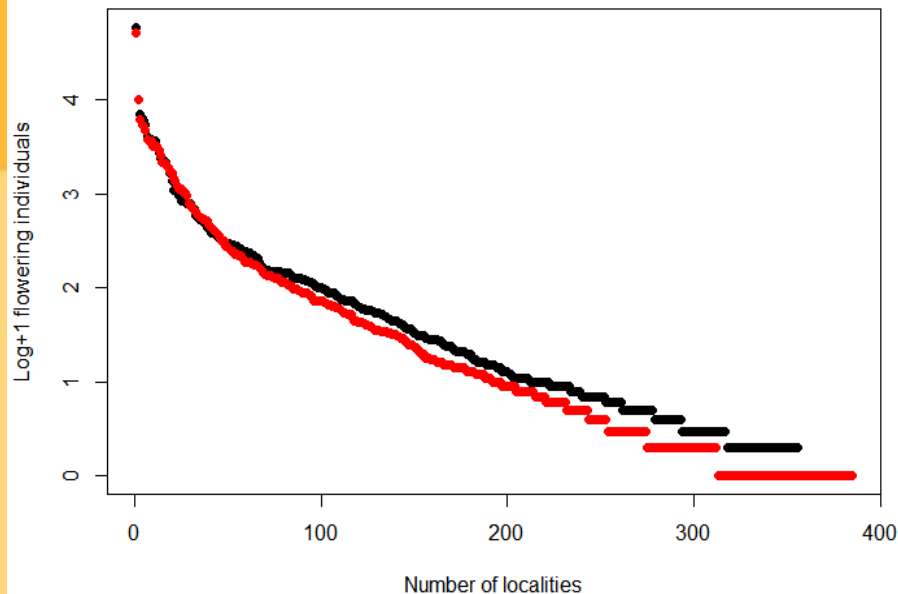
Popisky řádků	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Dálky u Čebína	12					2		3		19	1	15				4	14
Dálky u Čebína - lom																	4
Děvín - Jižní chodník												6					1
Dívčí hrad												1					1
Dobřínský lůmek						9			6		4		4				3
Dolky u Křepic							21	60			30		61	102			61
Drásovský kopeček						254		247					400				270
Dubjanka								57			12		38	23			7
Dyjské svahy								1	29		56	46	81				33
Etážový lom Hády													1				
Fládnitzské vřesoviště-1							1740			4050		2000		2550	2050	2090	
Fládnitzské vřesoviště-2							1					33		27	24	42	
Fládnitzské vřesoviště-3							3					1		7	1	2	
Florián									18			10					7
Gránické údolí											0						
Hádecká planinka - jih	181					441	282	138		512	210	98	330	96	97	116	209
Hádecká planinka - Šumbera						1		1	1	1	1		1	1	1	1	1
Hádecká planinka - západ						4		5		1	2	3	7	7	2	2	0

Methods and Results

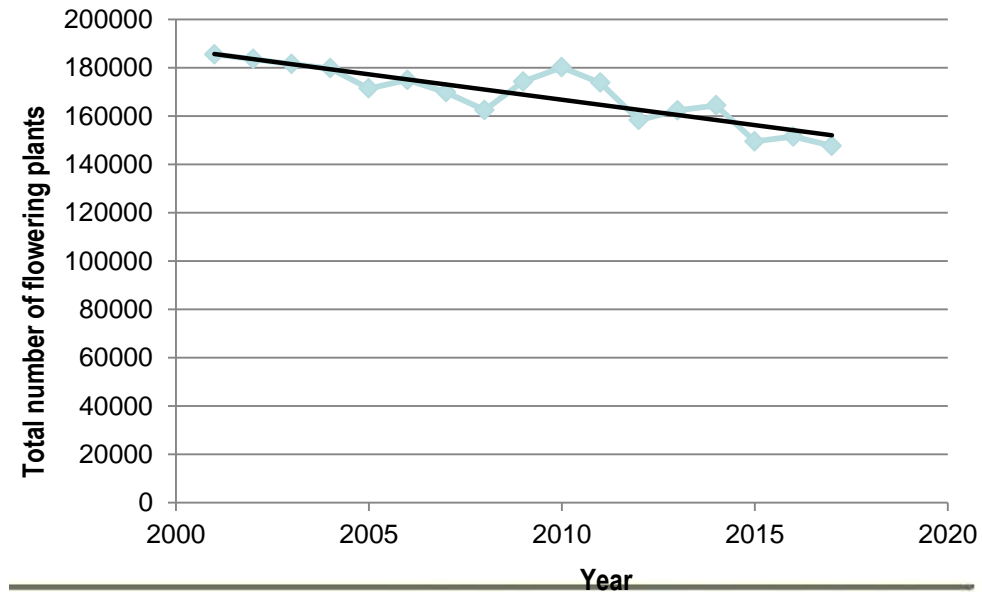
- Indirect estimation of unmeasured values
 - Sum of all individuals in the CZ
-
- In total, 385 populations were counted from the first monitoring in the year 1999
 - 29 were nearly extinct in 2005
 - 73 were nearly extinct in 2016



Comparison of flowering individuals in 2005 and 2016

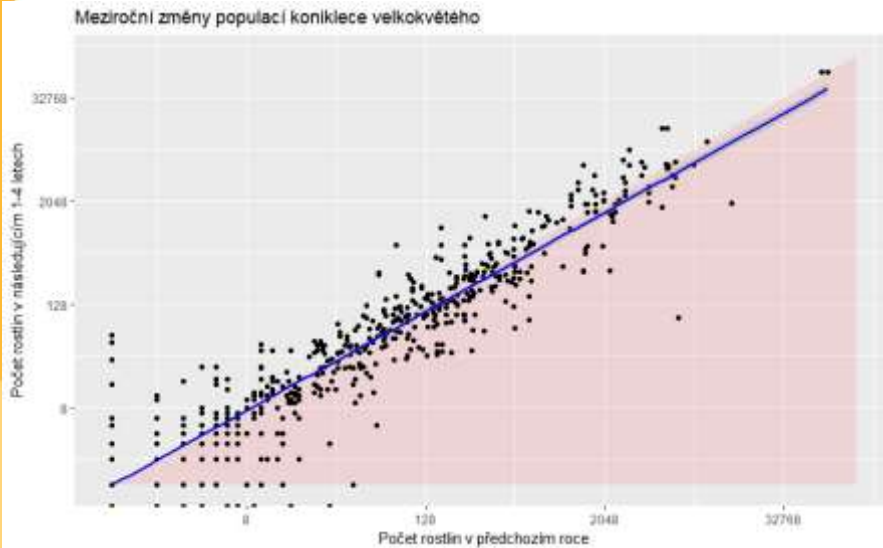


Flowering population in CZ



Methods and Results

- All differences between the year n and the year $n+k$, where $k=[1, 2, 3, 4]$ – expected influence of the management on number of flowering plants



Regression - slope: 0.957

Konfidence interval:

2.5 %

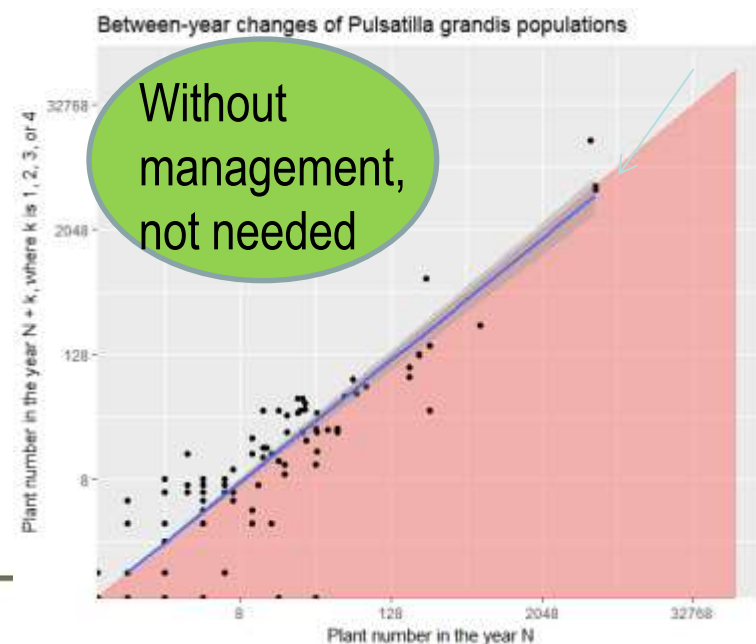
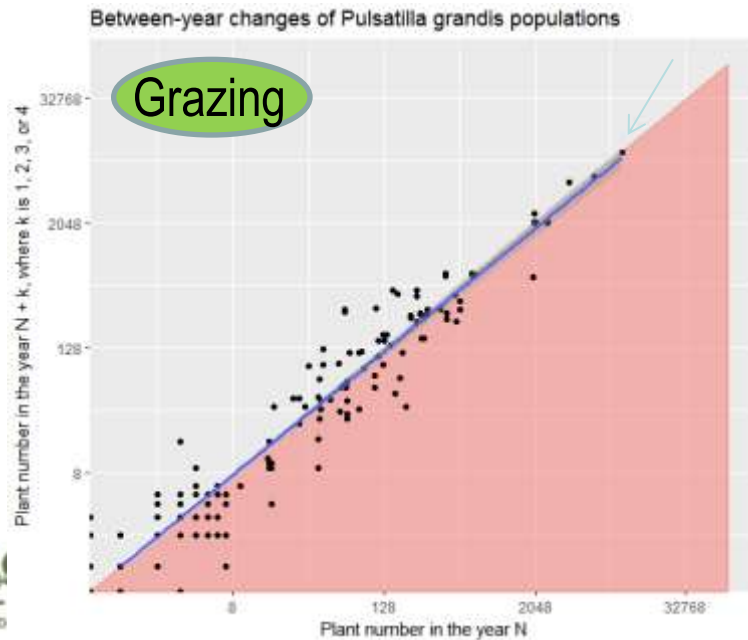
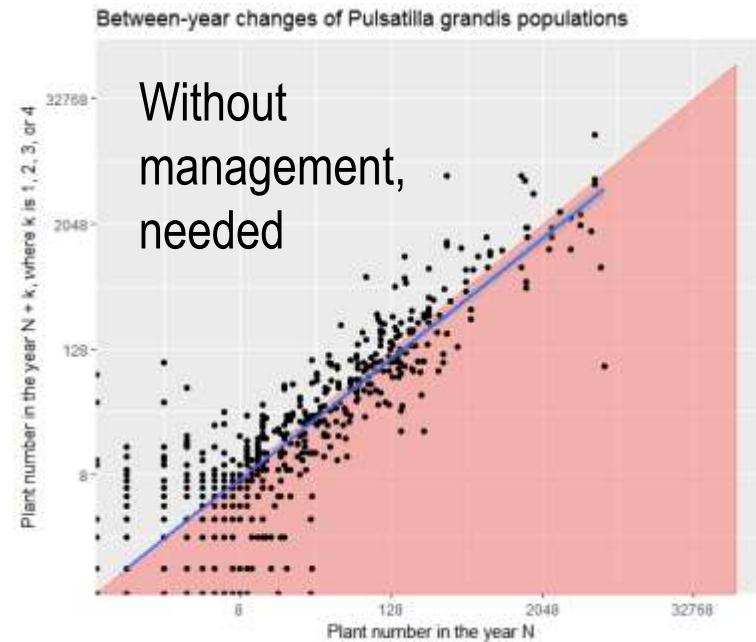
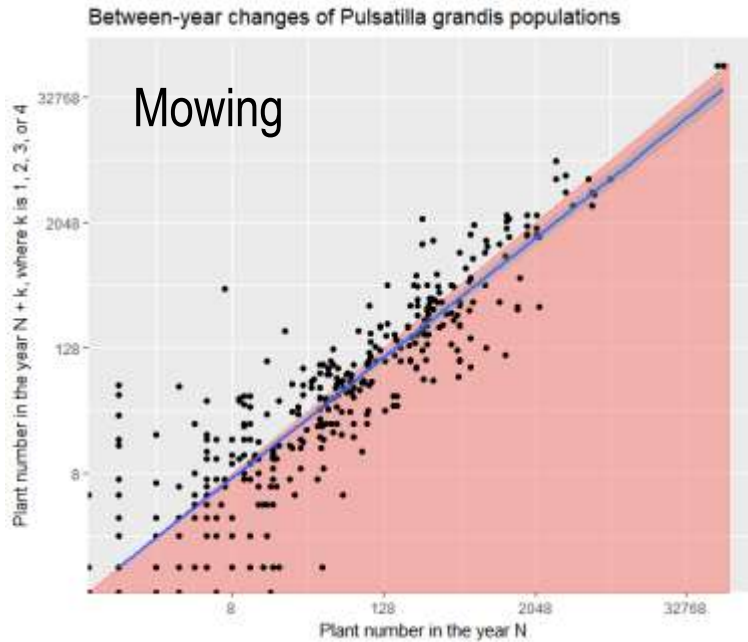
0.943

97.5 %

0.970



Management type vs. Survival of populations



Situation in different periods

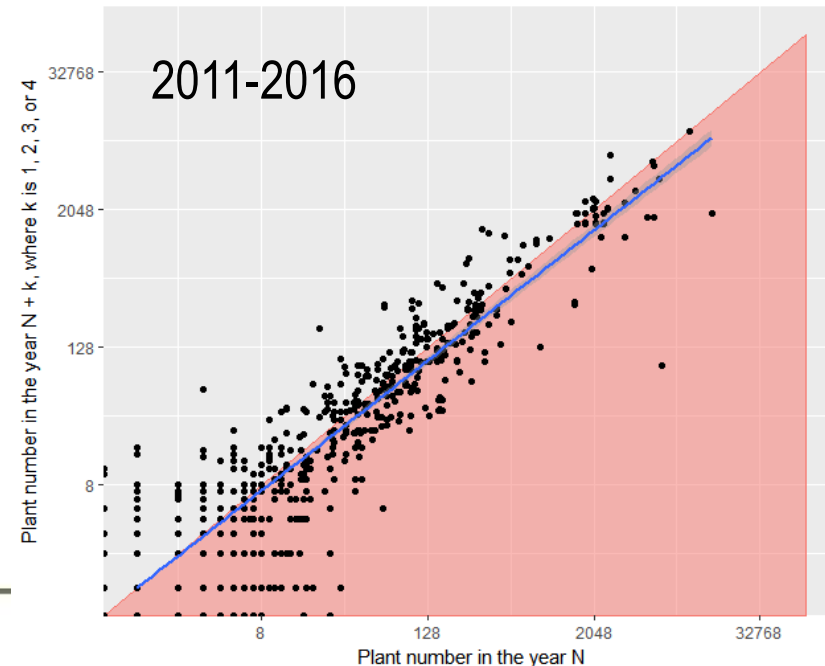
- Delay between seedling survival and flowering of new plants (2-4 years)
- The trend speeds up in abandoned populations
- Some populations got temporary better management (moving of abandoned locality improves flowering in first years, but supported clonality decreases efficiency of seedling survival)



Between-year changes of Pulsatilla grandis populations



Between-year changes of Pulsatilla grandis populations



Problems: Eutrophisation of meadows

1. cumulation of died biomass
2. increase of moisture
3. available nutrients
4. Intensive flowering
5. Later fast density decrease





Na lesní horce, 2012



Vraní skála, 2008



Na lesní horce, 2017



Vraní skála, 2017

Damage of flowering shoots by animals

- Raindeer
- Hare
- Pheasant



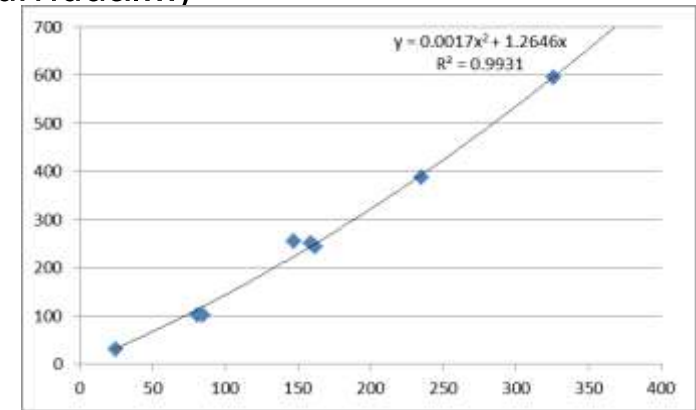
What mainly helps:

1. Grazing over the whole season (even during flowering and fertilisation of PG), possibly combined with mowing
2. Local disturbances (mole, rabbit, potentially also ground squirrel)
3. Occasional trampling



Different sensitivity of the species on acidic and basic bedrock

Mezi lomy, Kavky (limestone), Horecký kopec – a significant decrease of flowering individuals after mowing (not only the number of flowering individuals, but mainly the number of flowers per individual!!!)



Management →

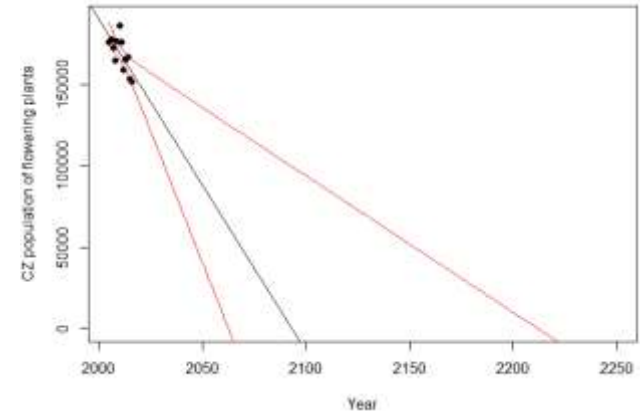
Mokrá-Mezi lomy	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
No. Of plants	873	326	162	235	81	25	632	85	159					147
No. Of flowers		595	243	387	101	30		101	251					254

		mineralizát			přepoččet na pevný vzorek			
vzorek		P-PO ₄ ³⁻ [mg/l]	K [mg/l]	navážka [g / 100 ml]	P-PO ₄ ³⁻ [mg/kg]	TN [mg/kg]	K [mg/kg]	N:P
Kavky (22.4.17)	1	5.10	37.6	0.2548	2 003		14 753	0.0
Kamenný vrch (204.4.17)	2	5.88	25.9	0.2554	2 301		10 155	0.0

Conclusions

Decreasing populations – we need to manage them better!

- systematic trend
- **19% of the smallest populations** nearly extinct during **last 15 years**
- Current trend – expected theoretical full extinction of the species **in 2095 (2063, 2213)**
- **Practically** – some (small proportion) populations are well managed
- **Eutrophisation** affects some places even on rocky habitats
- **BUT!** Rocky habitats are still the most stable
- **Grazing over the year** is currently the best management practice



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 přesune do jiné třídy

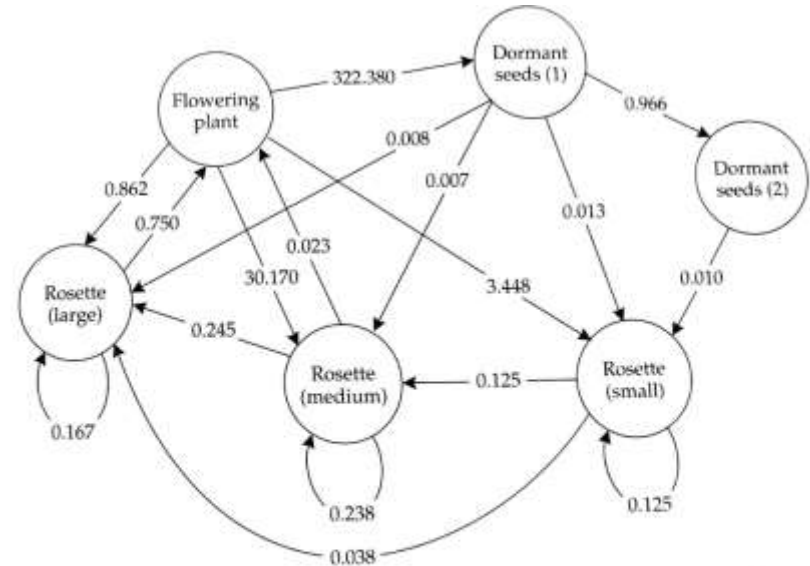
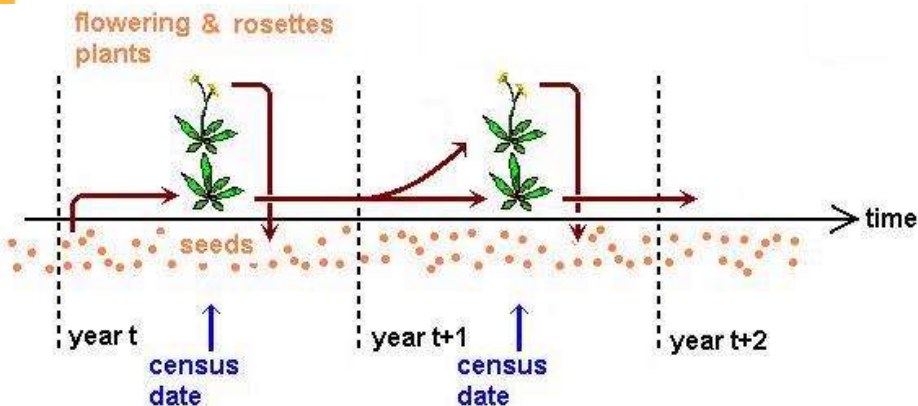


Figure 3.6 Transition matrix and loop diagram for teasel (*Dipsacus sylvestris*). Transitions are shown for dormant first-year and second-year seeds [seed (1) and seed (2)], small, medium, and large rosettes [ros (s), ros (m), ros (l)], and flowering plants. (Data from Caswell 1989.)

Pulsatilla grandis

Sledování populace:

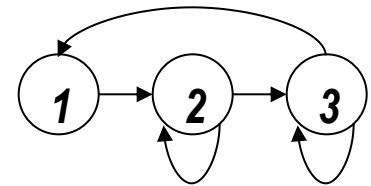


*označíme rostliny
zjistíme produkci semen
sledujeme počet kvetoucích
a sterilních jedinců
zanedbáme semennou banku*

*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

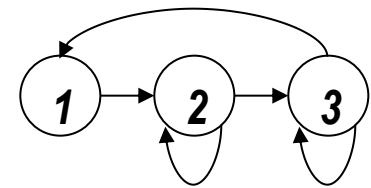
4000 semen z kvetoucích rostlin

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:

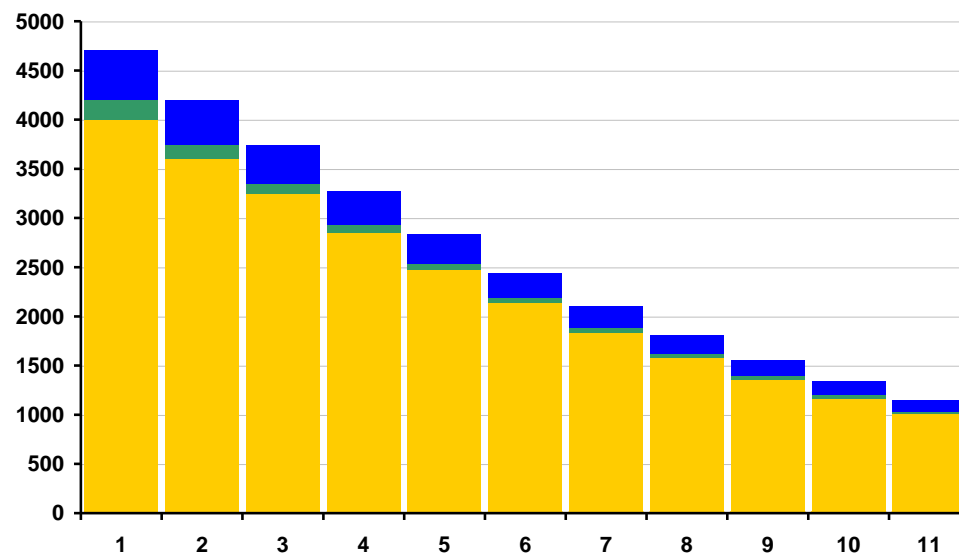
400 kvetoucích rostlin přežilo a kvetlo znovu, 50 semenáčků poprvé kvetlo, 100 nekvetoucích rostlin zůstalo nekvetoucími rostlinami a ze semen vyrostlo 40 semenáčků. Z vykvetlých rostlin vzniklo 3600 semen

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
Semena	0	0	7.2
Juvenilní rostliny	0.01	0.5	0
Kvetoucí rostliny	0	0.25	0.8

Rok 1
= 3600
= 140
= 450

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

Senzitivita a elasticita matice

Senzitivita (citlivost matice na změnu prvku) – čím větší je senzitivita prvku matice, tím je větší změna v počtu jedinců při jednotkové změně prvku matice

Elasticita (fluktuace prvku v čase) – udává význam procentické, nikoliv jednotkové změny prvku pro nárůst velikosti populace. Tj. která z hodnot se v průběhu času bude nejvíce procenticky měnit.

Pulsatilla grandis

Rok 0	4000	200	500	
	x	x	x	
				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 nejnáze 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?

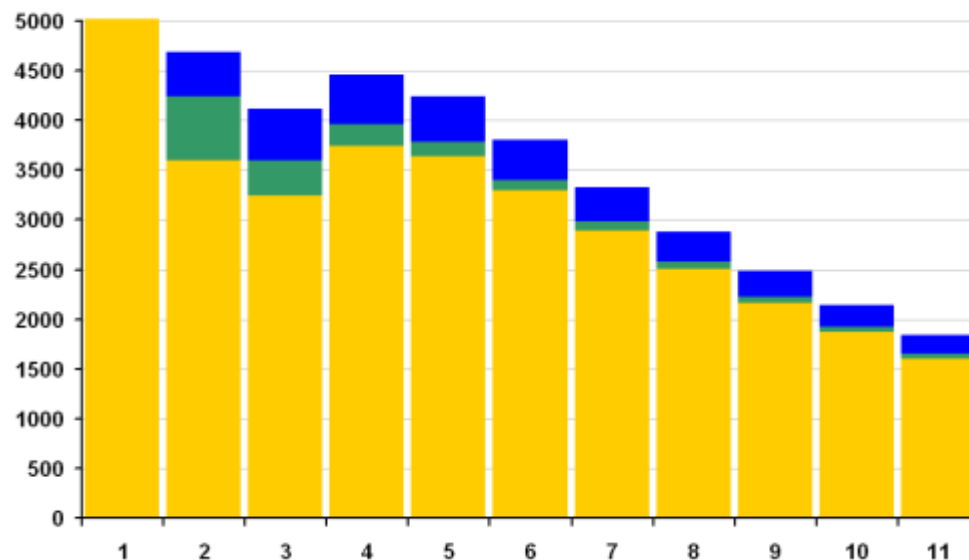
1. Zarůstání stařinou
2. Dosev semen z jiné lokality
3. Sečení (pastva)



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

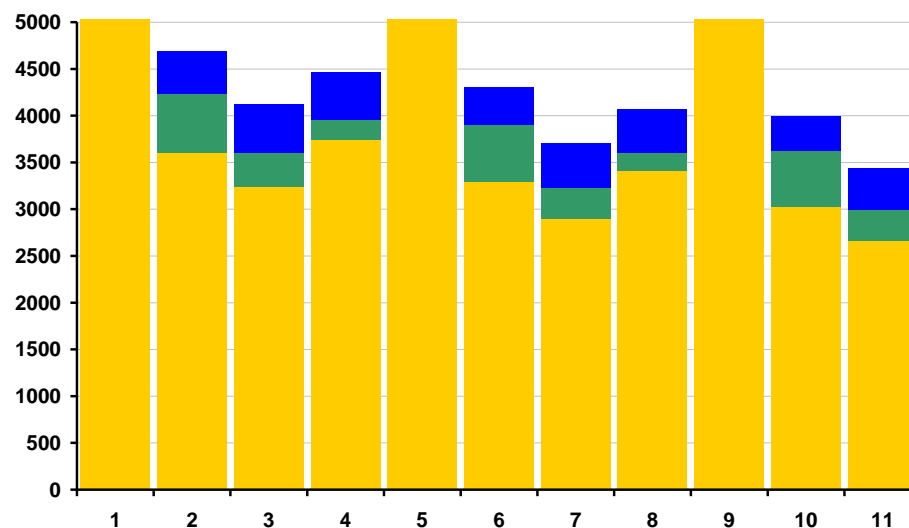


Populace stále vymírá!!!

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



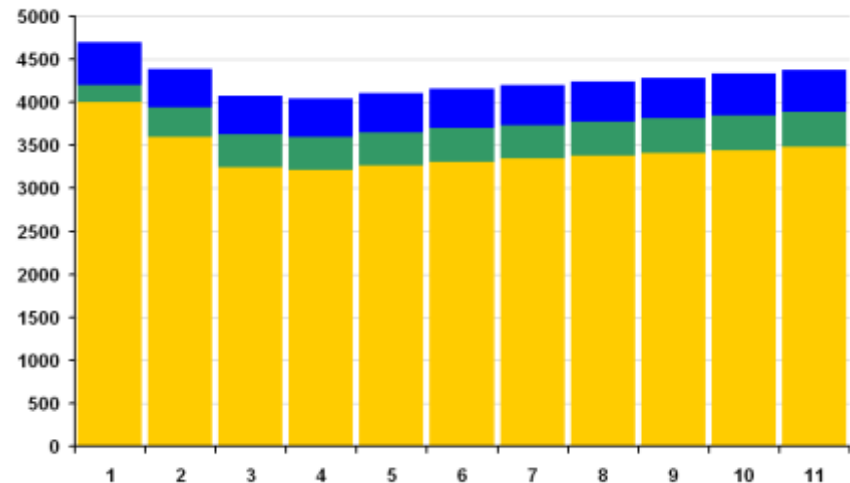
Populace stále pomalu vymírá.

Pulsatilla grandis

Podpoření přežívání semenáčků –
změna charakteru lokality
(sečení)

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	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



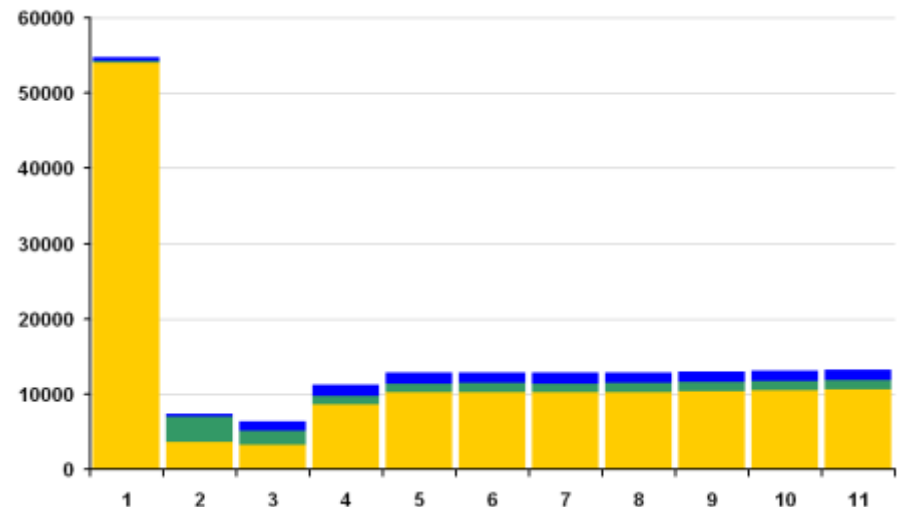
Populace se časem stabilizuje

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



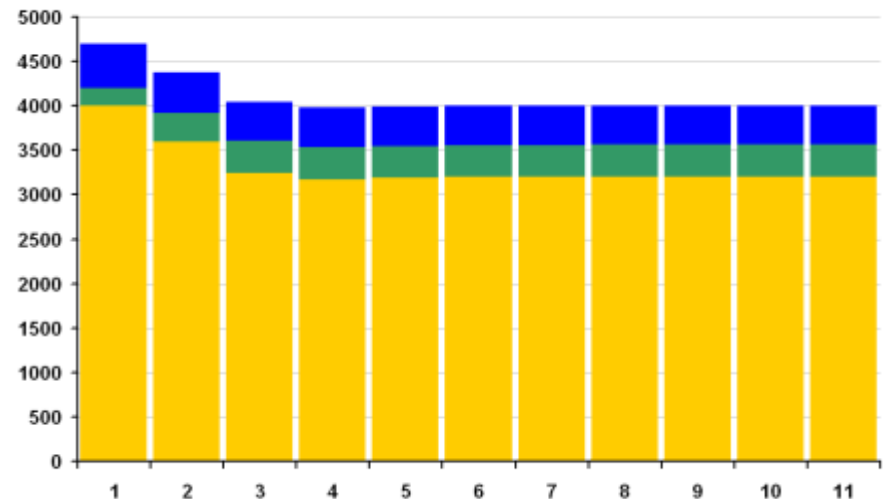
Optimistický vývoj populace

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

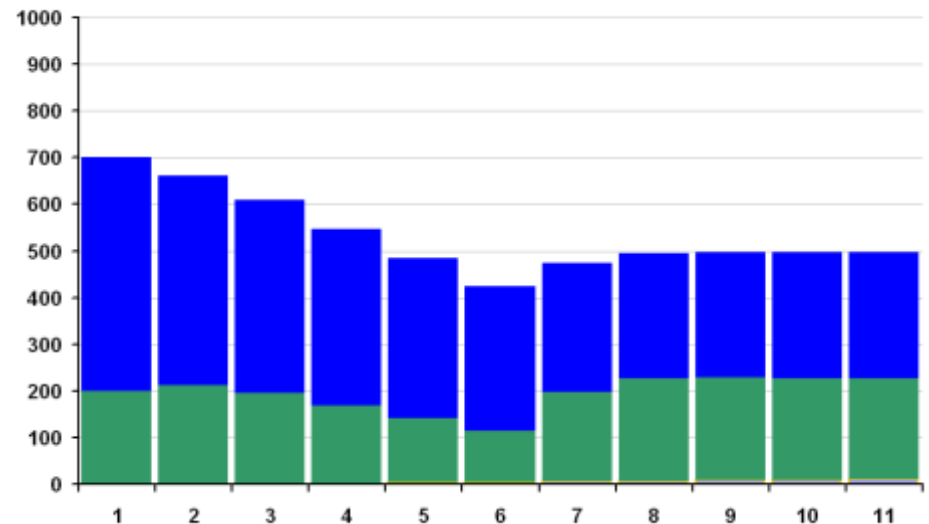


Pulsatilla grandis

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

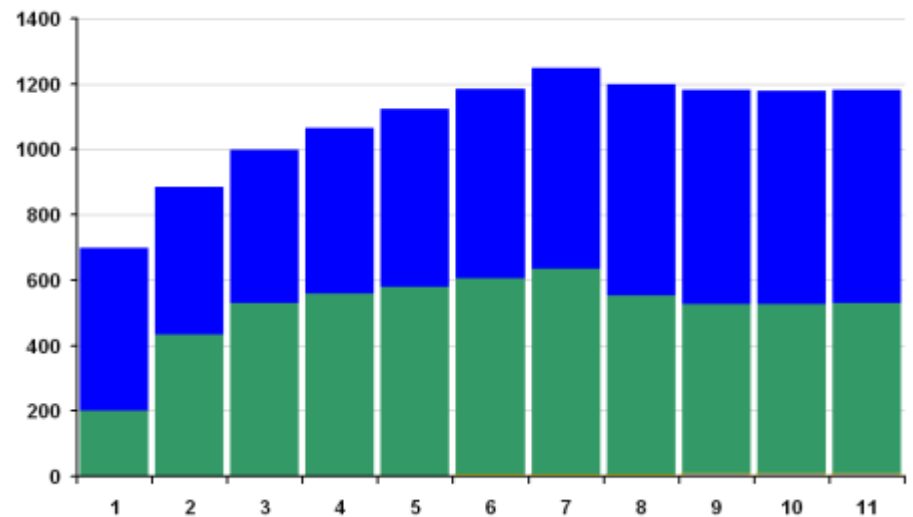


Pulsatilla grandis

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

<zřed'ování>

dospělé rostliny

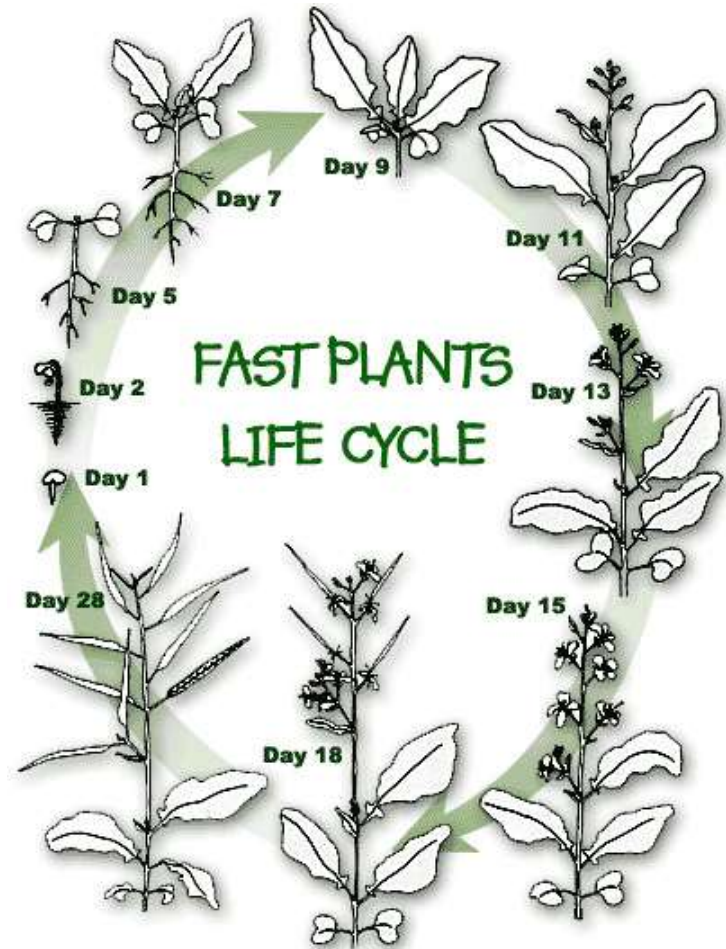
<vegetativní propagace>

<generativní reprodukce>

semeno

<transport a spad semen>

<semenná banka>



Crambe tataria

katrán tatarský
- životní cyklus



Kulovitý
zásobní kořen



10-20 % rostlin



Pulsatilla grandis



3.-5. rok



5.-10. rok



Koniklec
velkokvětý
- životní cyklus



15-50 roků



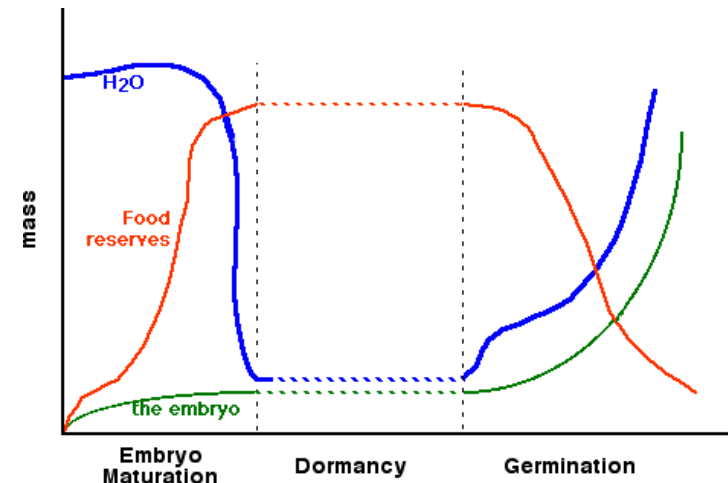
1. rok



Semenná banka (až 20-40? Let)

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

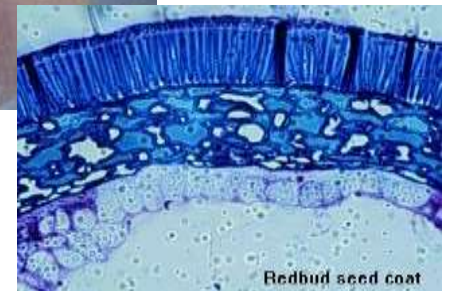
Různé druhy dormance

- **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.

Primární dormance

Fyzikální (tvrdosemennost)

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



Primární 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*

Fyzikálně-fyziologická dormance

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

Sekundární dormance

- **Nevhodné environmentální podmínky**
- **Některé signály, které způsobují přerušování sekundární 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



Vývojové fáze rostlinného jedince

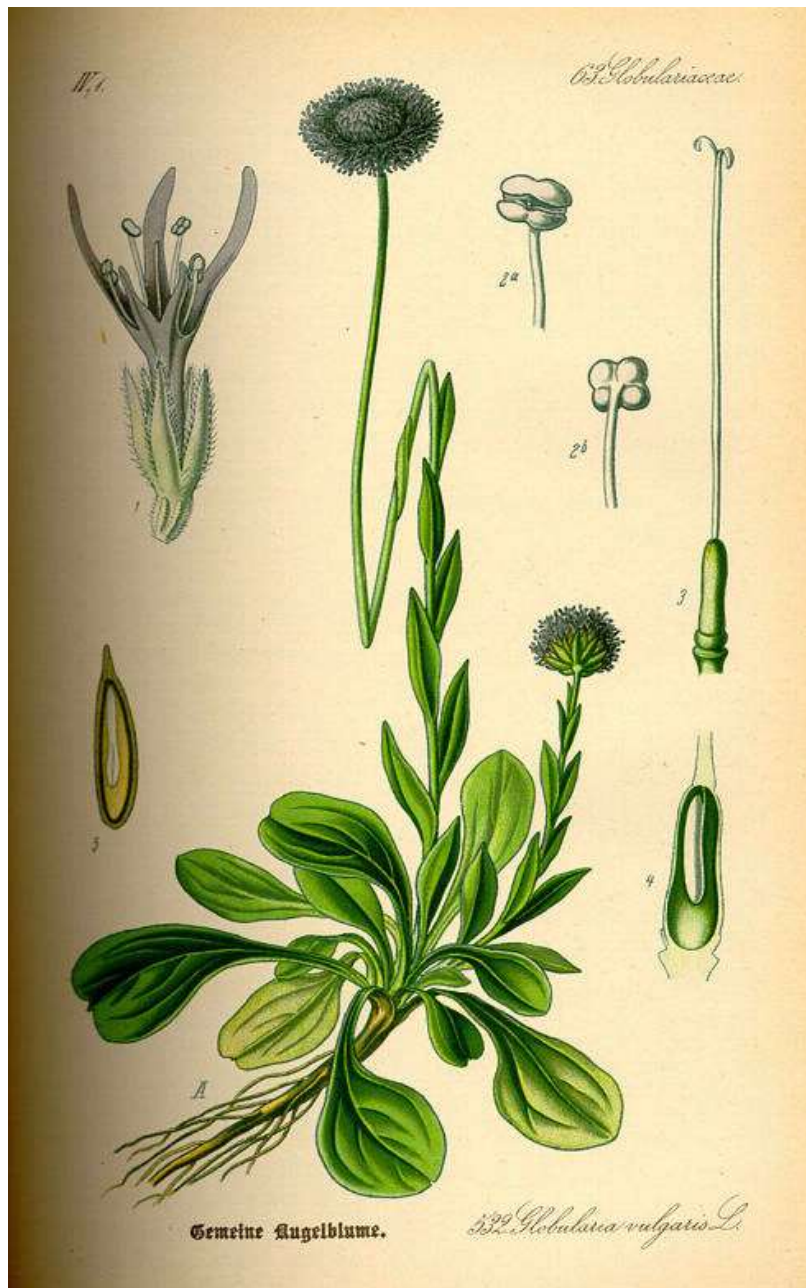
Základní rozdělení:

- 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.

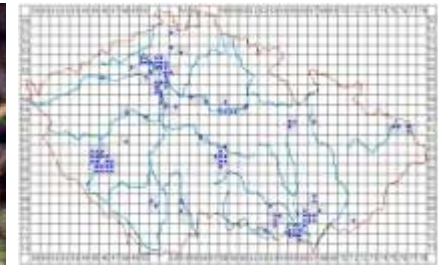
Příklad: *Globularia bisnagarica*



Globularia bisnagarica

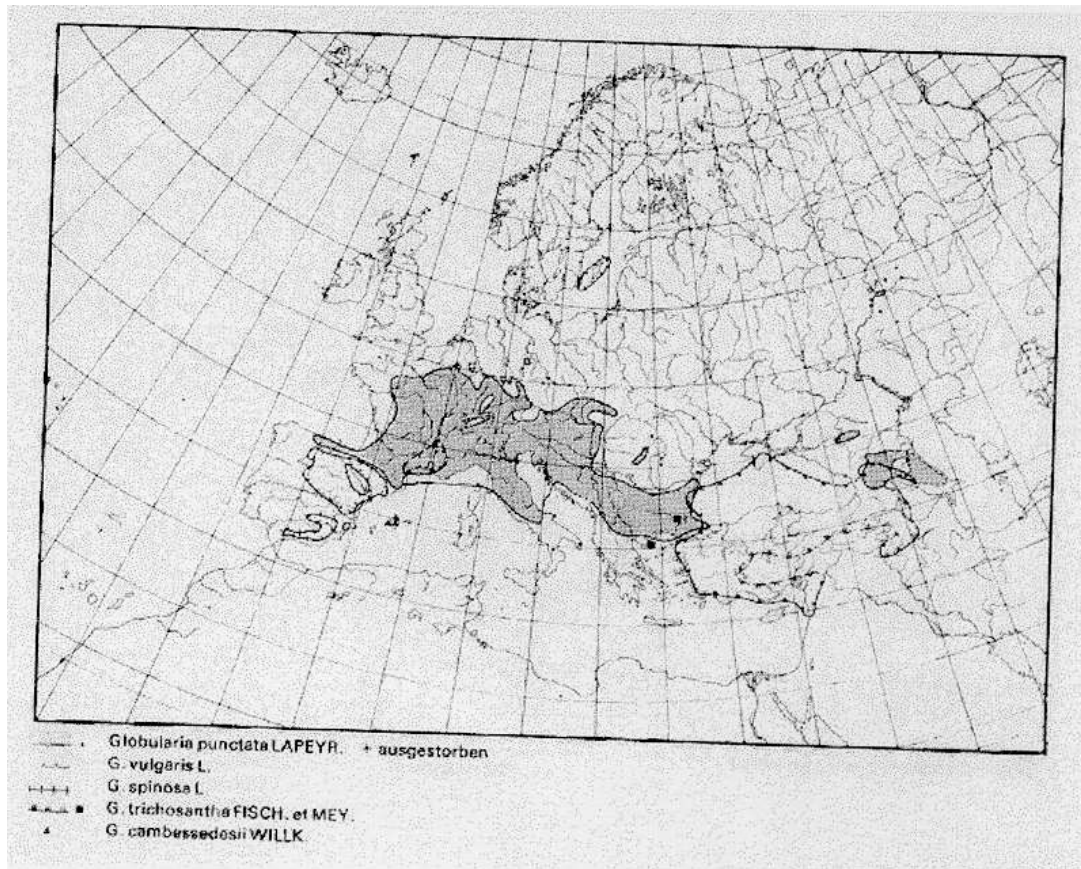
koulénka prodloužená

Popis životního cyklu druhu na základě demografické studie



Globularia bisnagarica

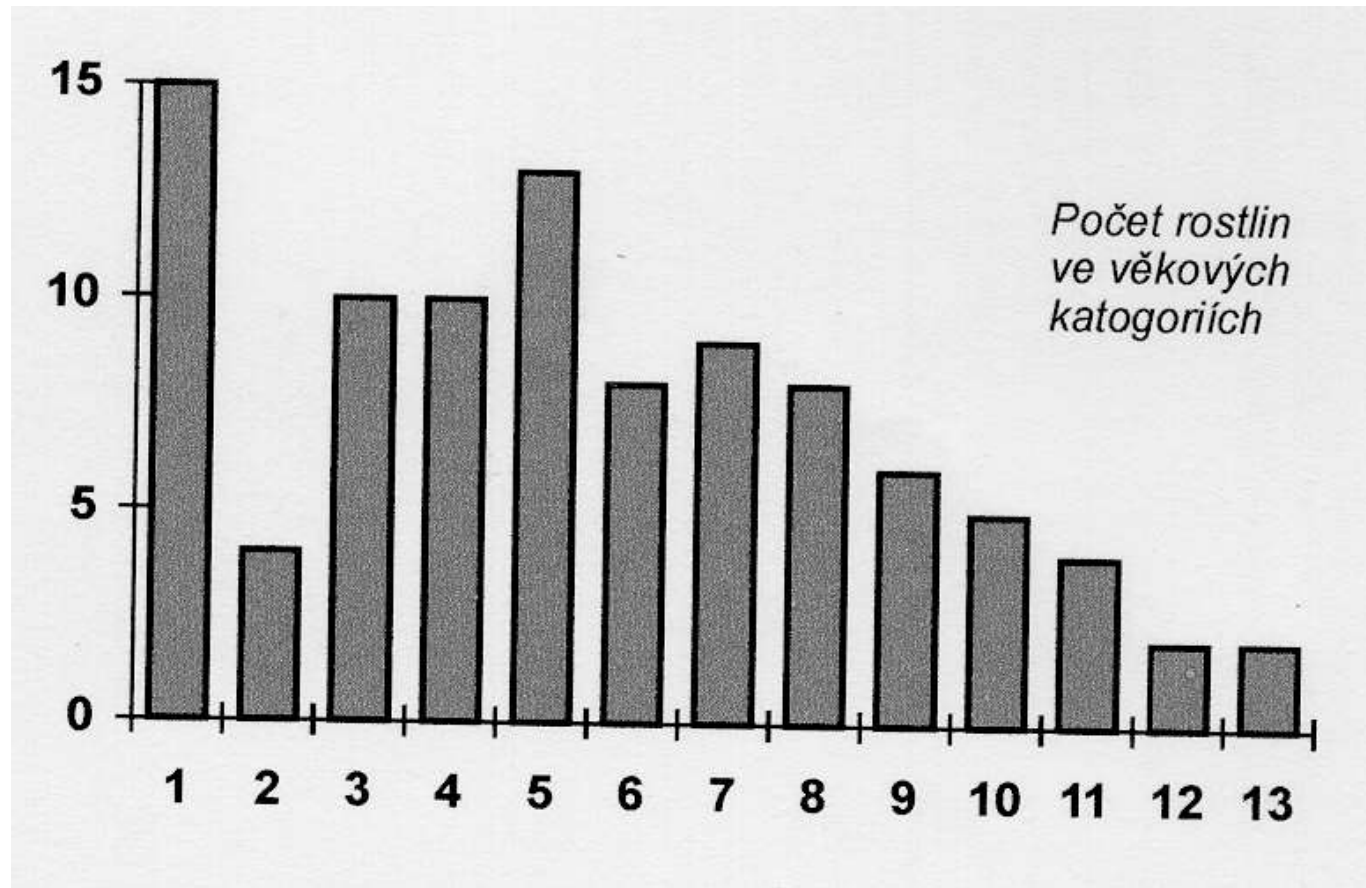
Příklad analýzy životního cyklu populace



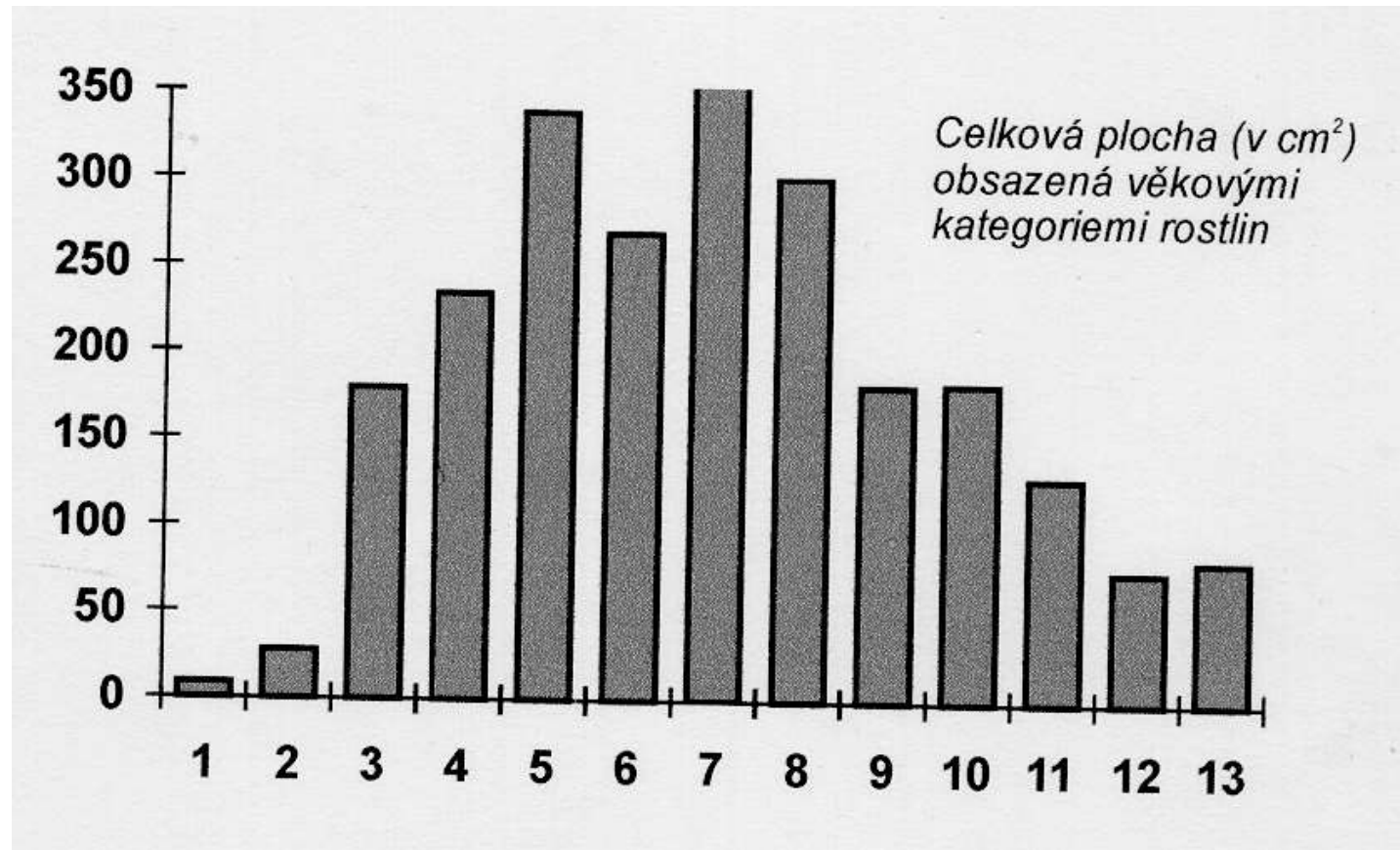
Dřevina - polokeřík
suché trávníky,
dolomitové svahy

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

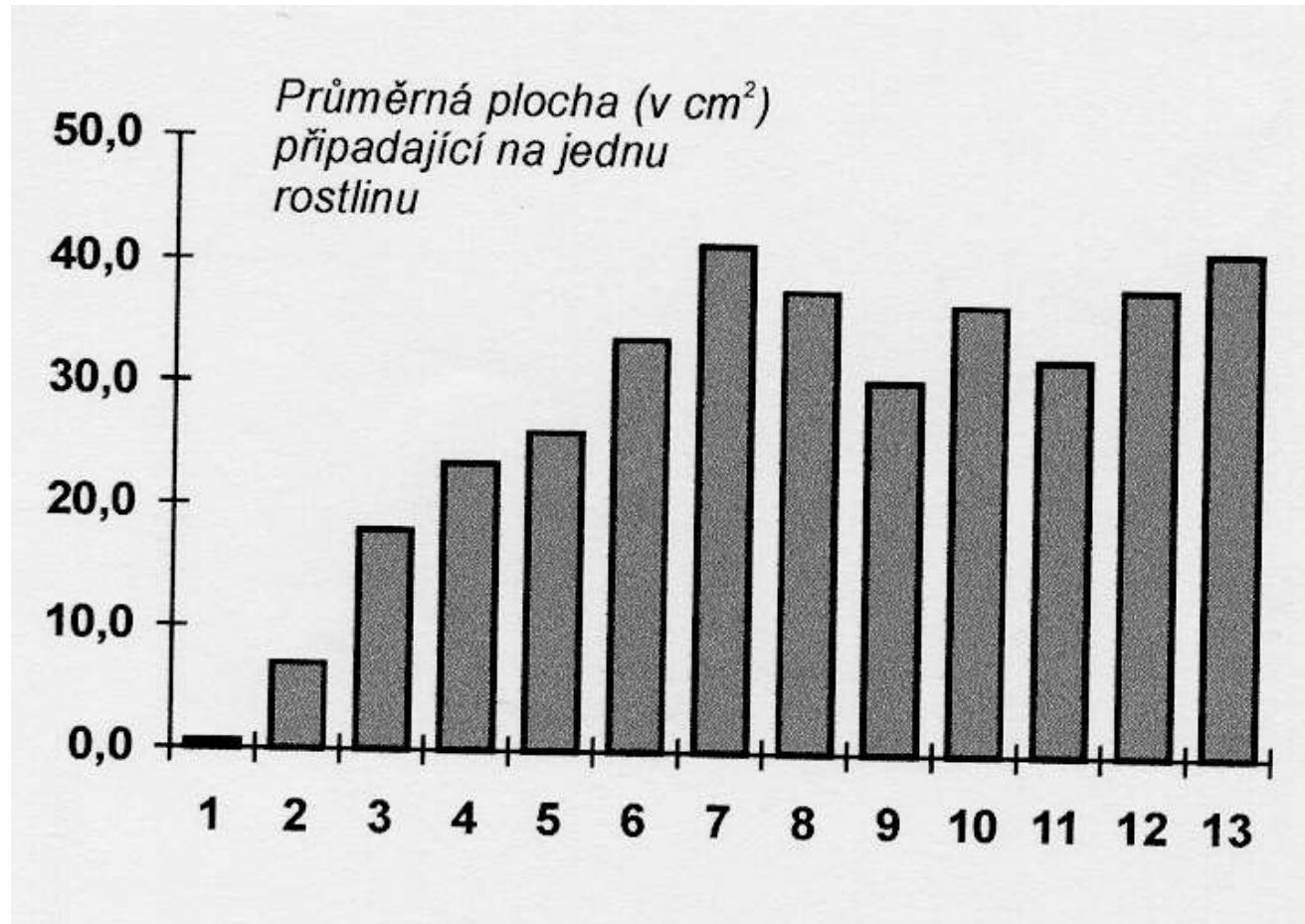
Globularia bisnagarica



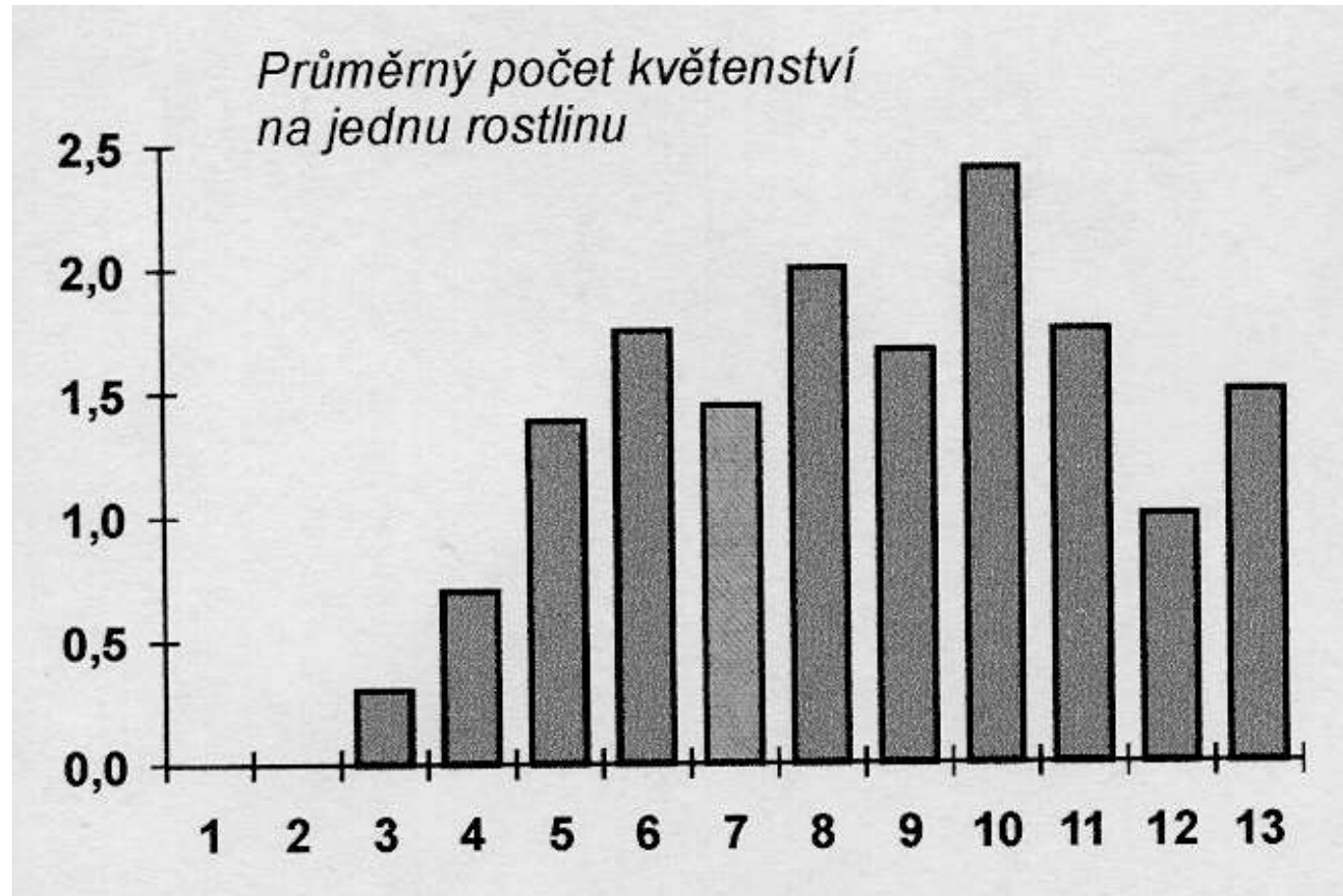
Globularia bisnagarica



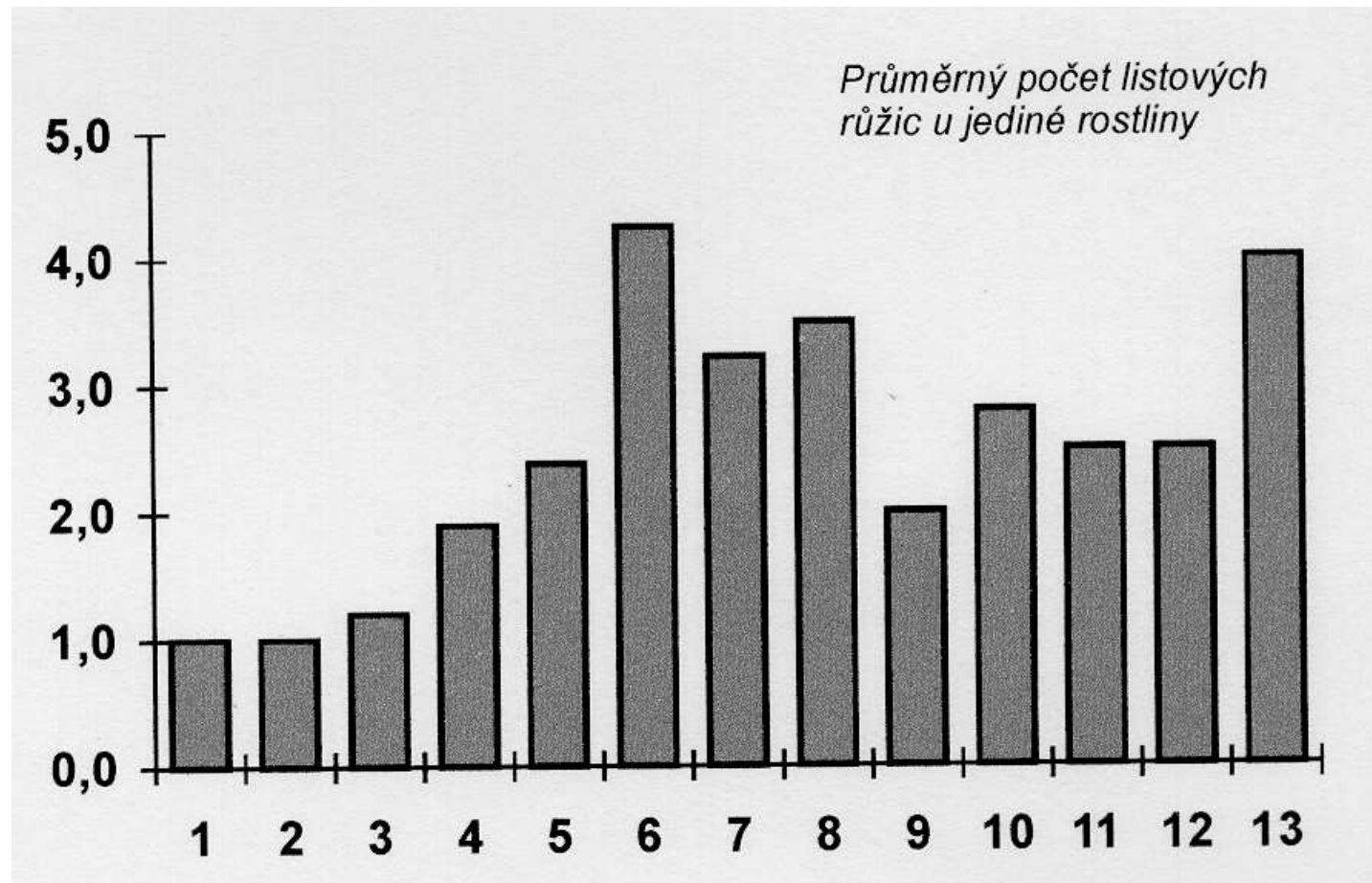
Globularia bisnagarica



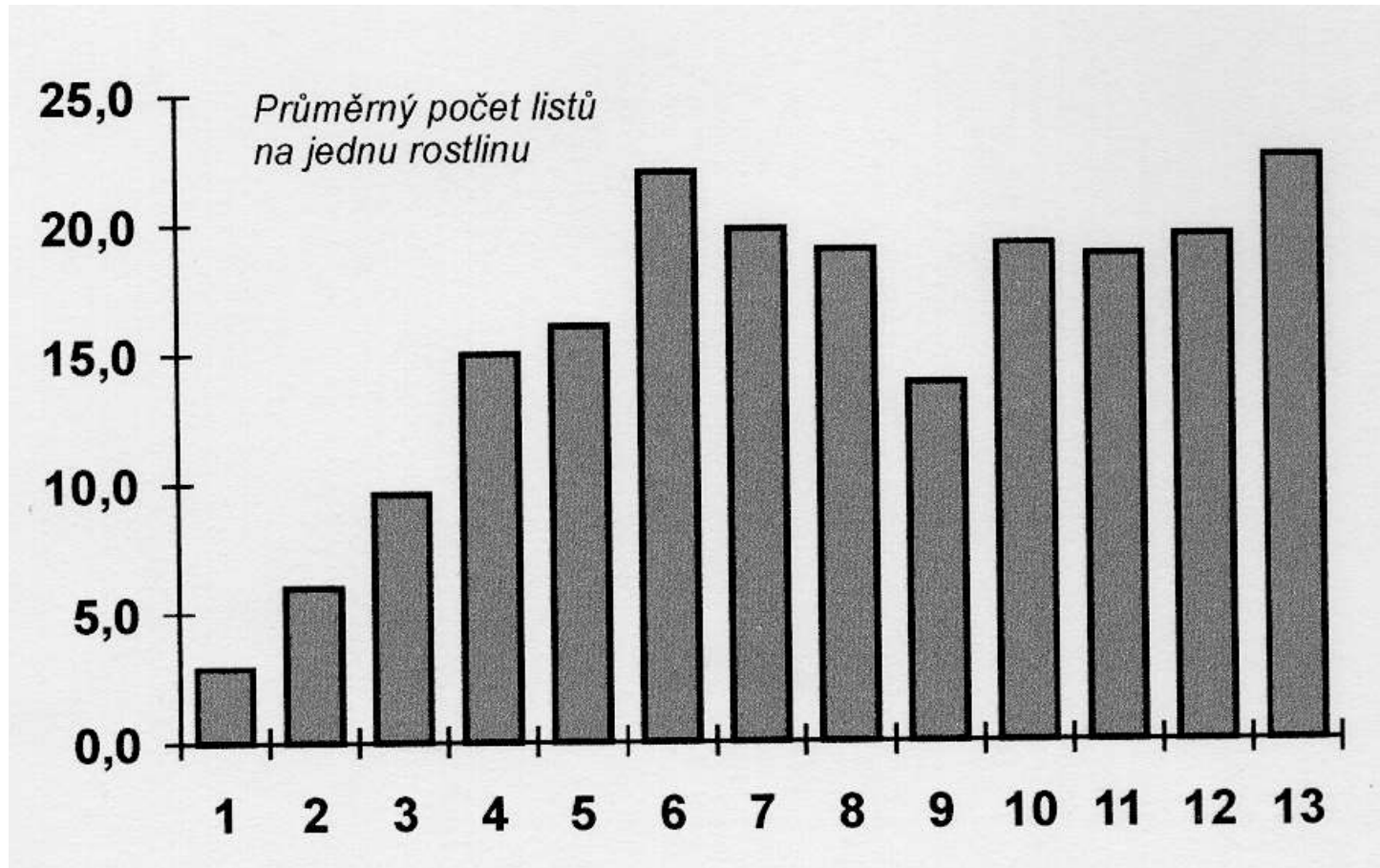
Globularia bisnagarica



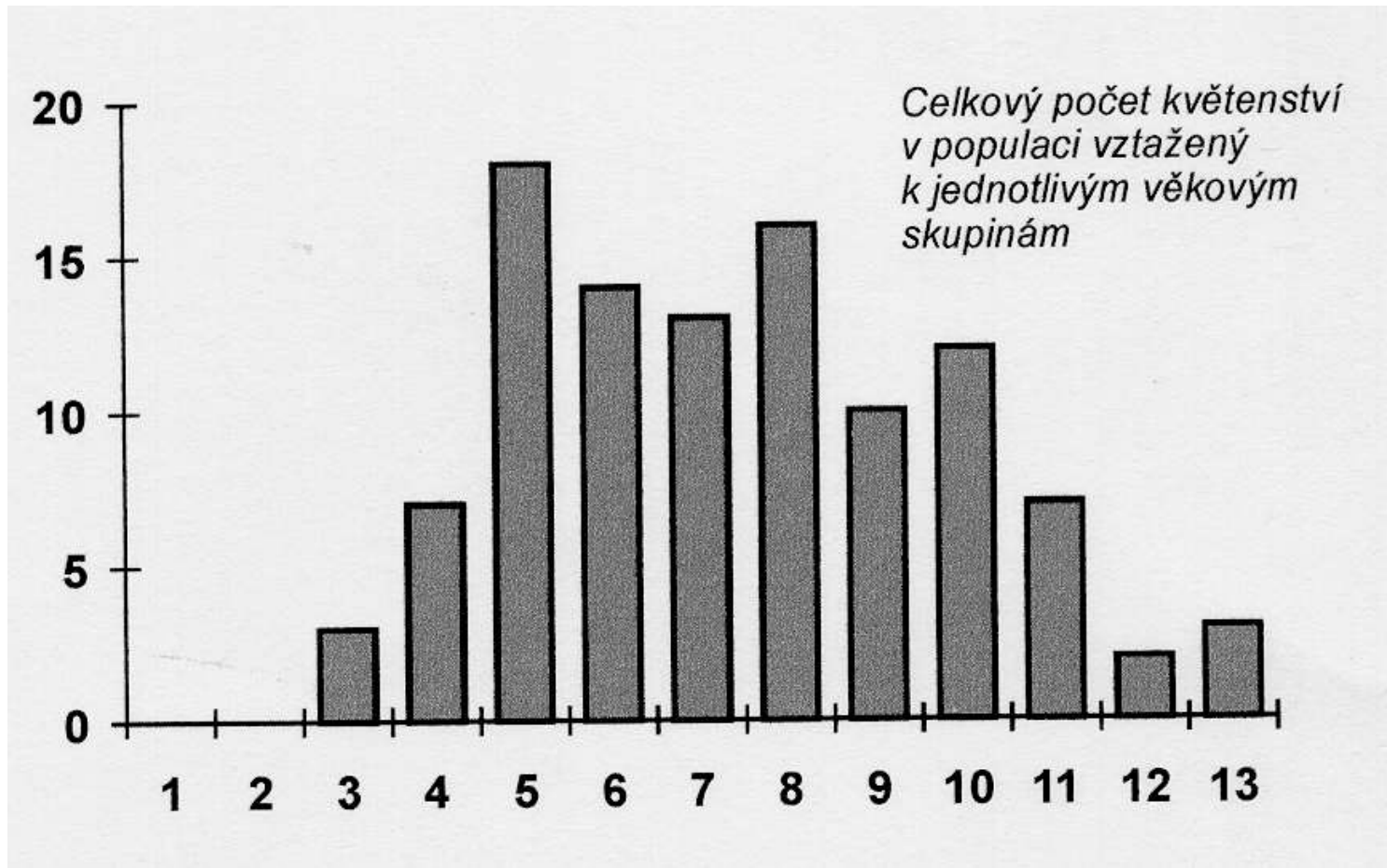
Globularia bisnagarica



Globularia bisnagarica



Globularia bisnagarica



Sezónní vývojové fáze FENOLOGIE

- **FENOLOGIE** - sleduje různé fáze životního cyklu (rašení listů, kvetení, zrání plodů, žloutnutí listů atd.)
- Vývojové fáze rostlin se každoročně opakují – tzv. **fenofáze** (sezónní fáze vývoje)
- Vegetativní fenofáze (rašení listů) 15. května
Anchorage
- Generativní fenofáze (kvetení a zrání plodů) 3 °C
- **Mírné pásmo** - střídání teplé a studené periody
- **Tropy** - střídání suché a vlhké periody

27. března
Catania
Roční 24 °C



4. dubna
Brno
Roční 10 °C



Indukce vývoje generativních orgánů

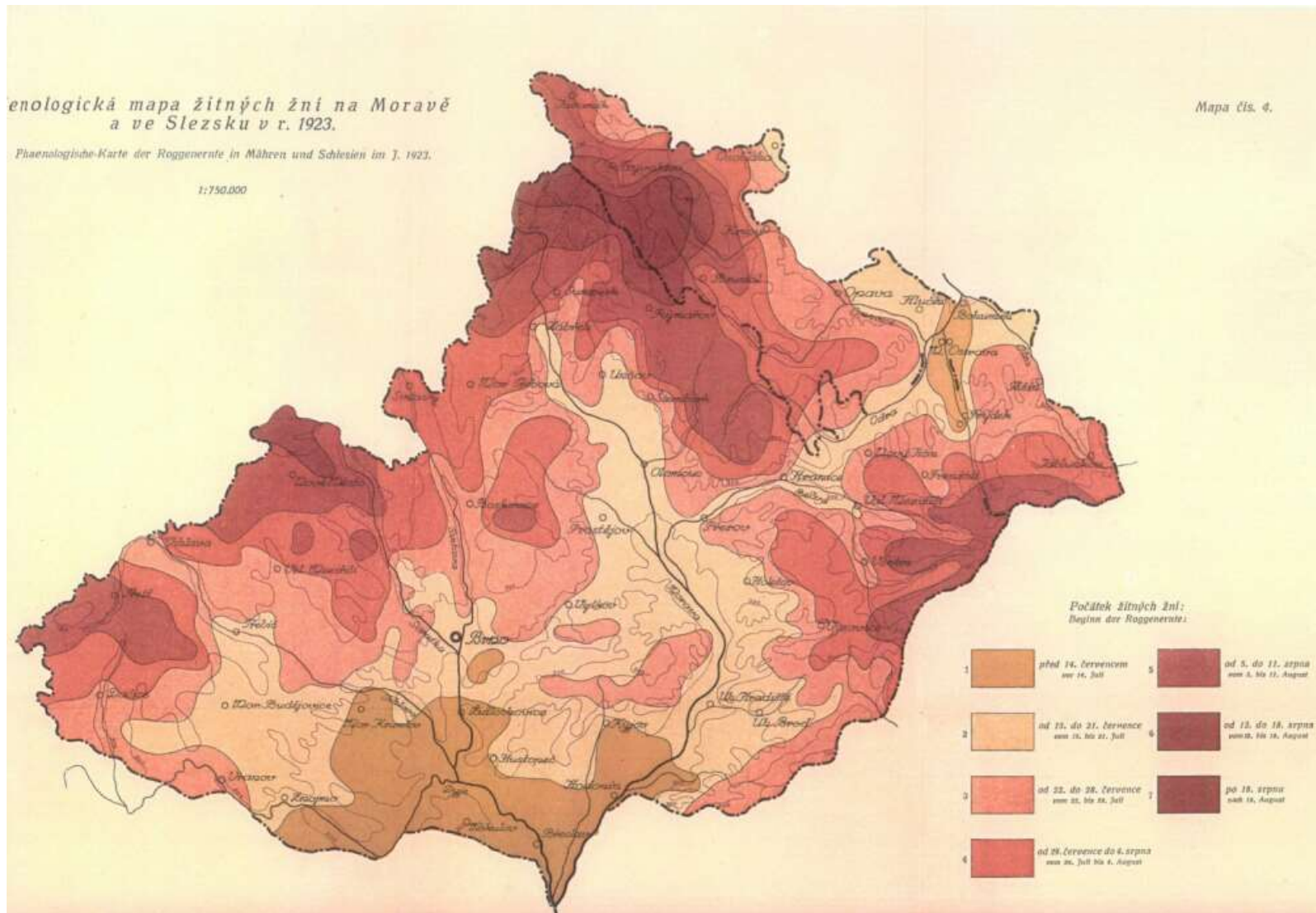
V jarním období podmiňuje nástup fenofází u některých rostlin teplota - **termoperiodismus**

- 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)

Historické fenologické mapy (od 20. let 20. století)

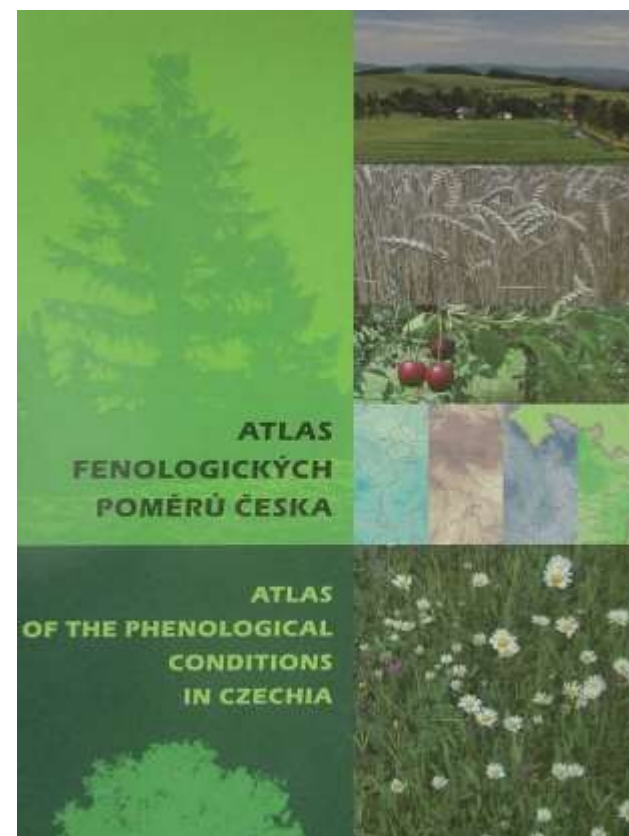


ATLAS FENOLOGICKÝCH POMĚRŮ ČESKA

Praha: ČHMÚ, Olomouc: Univerzita Palackého, 320 stran, cena 700,- Kč
ISBN 978-80-86690-98-8 (ČHMÚ), ISBN 978-80-244-3005-8 (UP)

Z obsahu:

- Fenologický výzkum v Česku
- Polní plodiny
- Ovocné plodiny
- Lesní rostliny – dřeviny
- Lesní rostliny – byliny
- Časoprostorová variabilita nástupu fenofází
- Fenologický kalendář a fenologická roční období
- Souhrnná fenologická charakteristika Česka



Obsah Atlasu

1. Fenologický výzkum v Česku

2. Polní plodiny *Pšenice ozimá, Ječmen jarní, Žito seté, Oves setý, Kukuřice setá, Řepka ozimá, Lilek brambor, Řepa krmná, Mák setý, Chmel otáčivý*

3. Ovocné plodiny *Jabloň domácí, Hrušeň obecná, Třešeň ptačí, Višeň, Meruňka obecná, Ořešák královský, Rybíz černý, Srstka angrešt, Réva vinná*

4. Lesní rostliny – dřeviny *Smrk ztepilý, Borovice lesní, Modřín opadavý, Třešeň ptačí, Slivoň trnka, Jeřáb obecný, Hloh obecný, Habr obecný, Líska obecná, Bříza, Olše lepkavá, Buk lesní, Dub letní, Vrba jíva, Lípa srdčitá, Bez černý*

5. Lesní rostliny – byliny *Blatouch bahenní, Sasanka hajní, Jaterník podléška, Pryskyřník prudký, Jahodník obecný, Třezalka tečkovaná, Vrbka úzkolistá, Brusnice borůvka, Hluchavka bílá, Kopretina, Podběl lékařský, Konvalinka vonná, Sněženka podsněžník, Srha říznačka, Psárka luční*

6. Časoprostorová variabilita nástupu fenofází

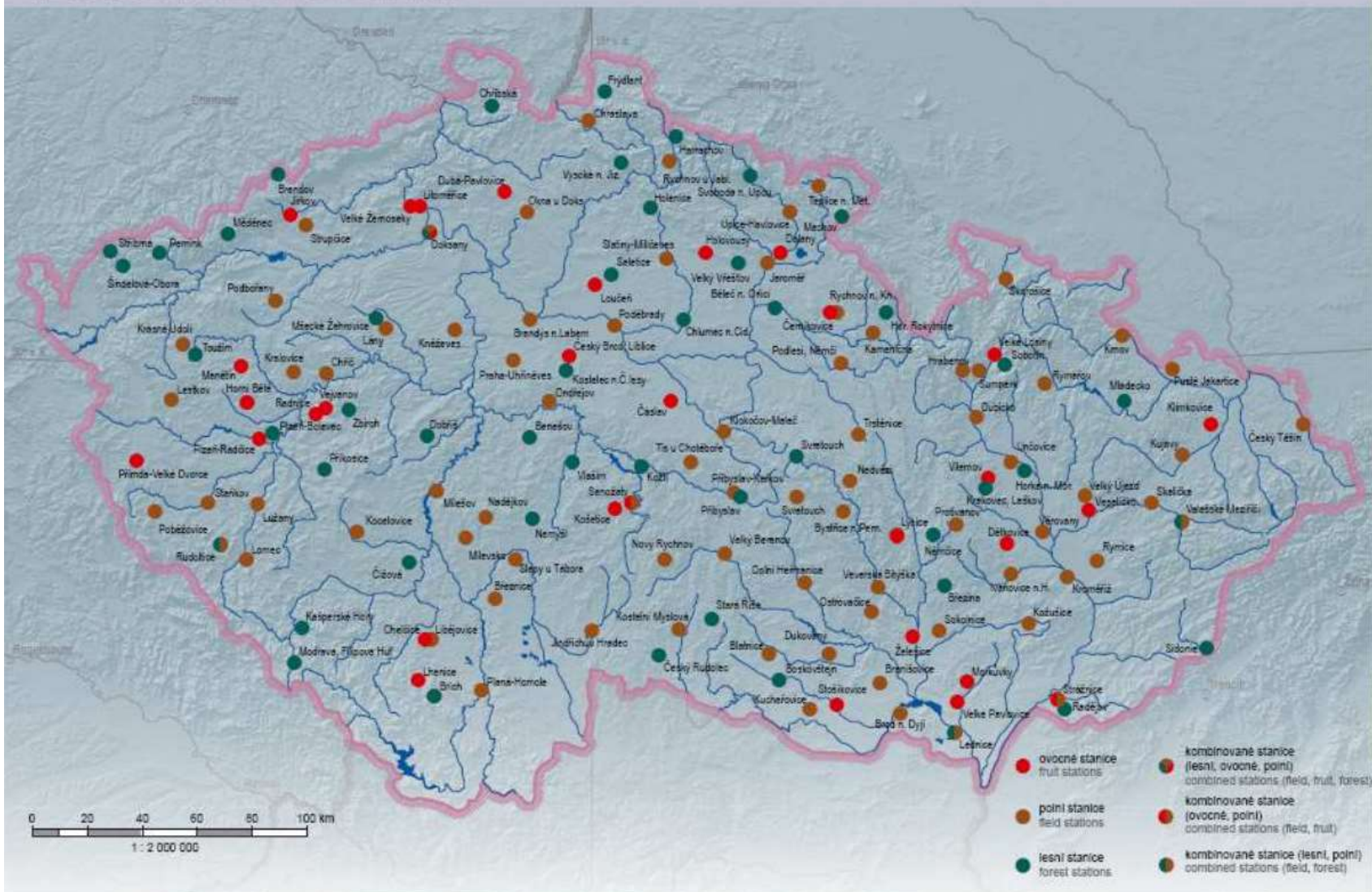
7. Fenologický kalendář přírody a fenologická roční období

8. Souhrnná fenologická charakteristika Česka



Fenologické stanice v ČR

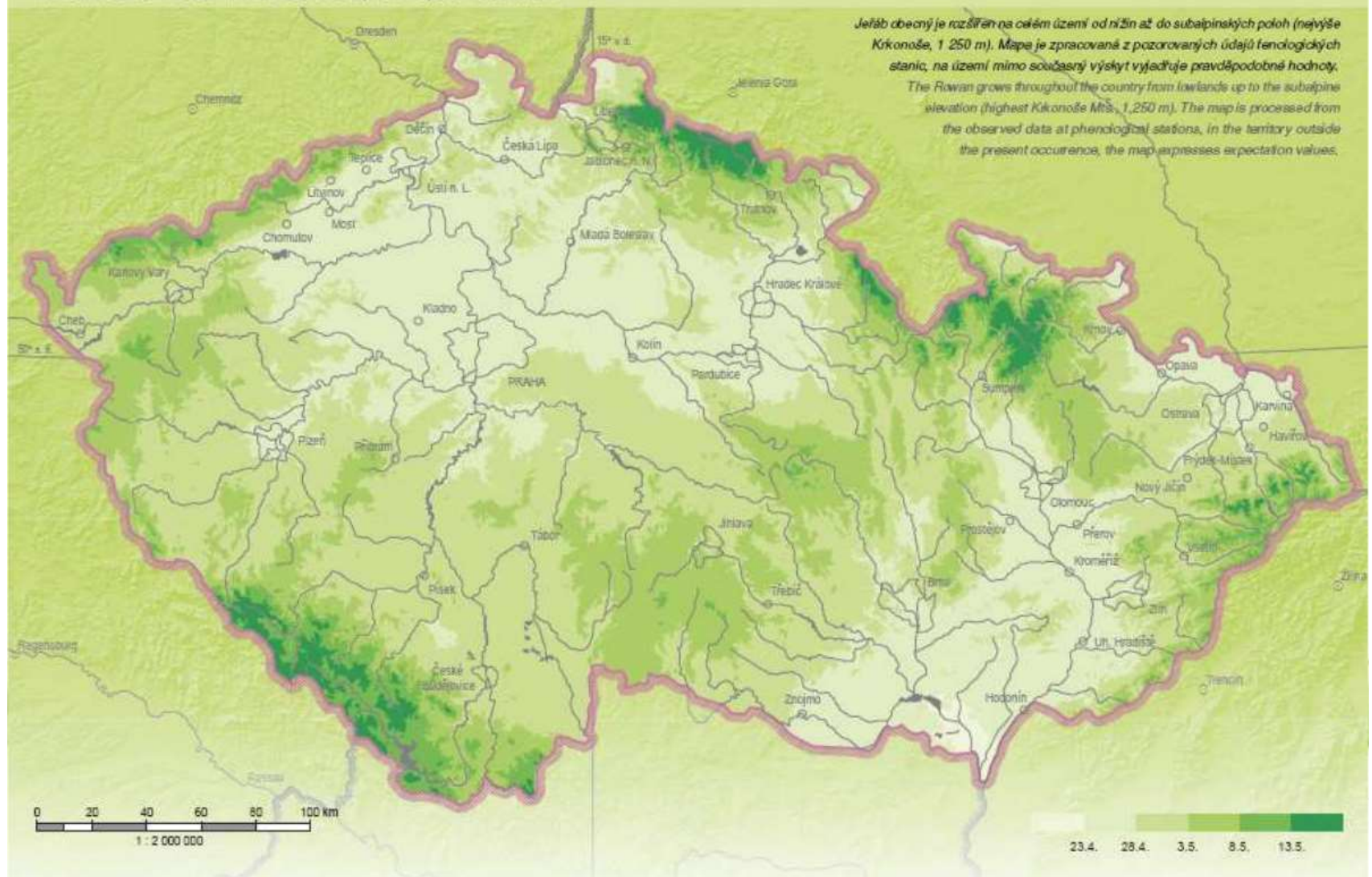
FENOLOGICKÉ STANICE ČHMÚ V ROCE 2010
PHENOLOGICAL STATIONS OF CHMI IN 2010



Fenofázové mapy

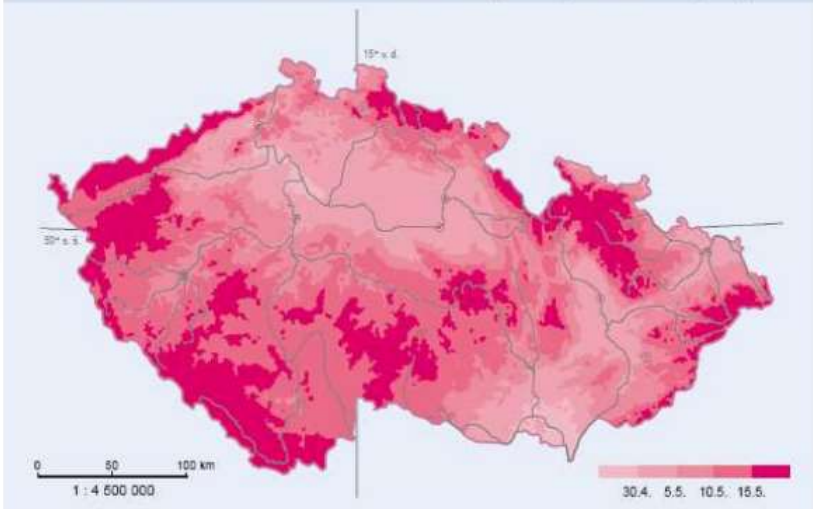
PRŮMĚRNÉ DATUM NÁSTUPU FÁZE PRVNÍ LISTY (100 %) JEŘÁBU OBEČNÉHO
AVERAGE DATE OF FIRST LEAVES (100 %) OF ROWAN

(BBCH 15)

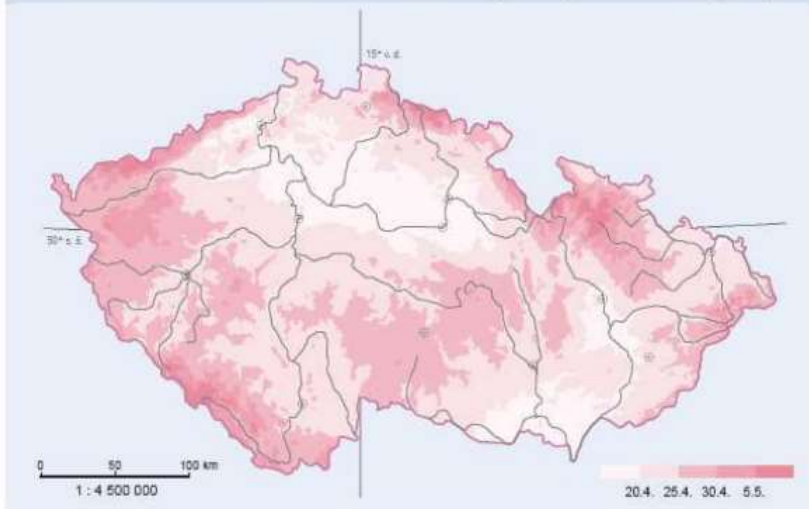


Mapy srovnávací - fenofáze

PRŮMĚRNÉ DATUM POČÁTKU KVETENÍ JABLONĚ DOMÁČÍ (IDARED) V CHLADNĚM ROCE (1996)
AVERAGE DATE OF BEGINNING OF FLOWERING OF APPLE (IDARED) IN COLD YEAR (1996)



PRŮMĚRNÉ DATUM POČÁTKU KVETENÍ JABLONĚ DOMÁČÍ (IDARED) V TEPLÉM ROCE (2000)
AVERAGE DATE OF BEGINNING OF FLOWERING OF APPLE (IDARED) IN WARM YEAR (2000)



srovnání dvou stejných fenofází v nejchladnějším a nejteplejším roce

- plynulá barevná stupnice i intervaly

Příklad posunu fenofází termoperiodických rostlin v jarním období na jediné lokalitě

Applied Vegetation Science 1: 225-232, 1998
© IAVS, Opulus Press Uppsala. Printed in Sweden

225

Phenological mapping in a topographically complex landscape by combining field survey with an irradiation model

Chytrý, Milan & Tichý, Lubomír

250000

200000

150000

100000

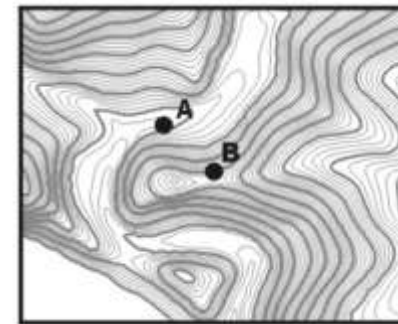
50000

0

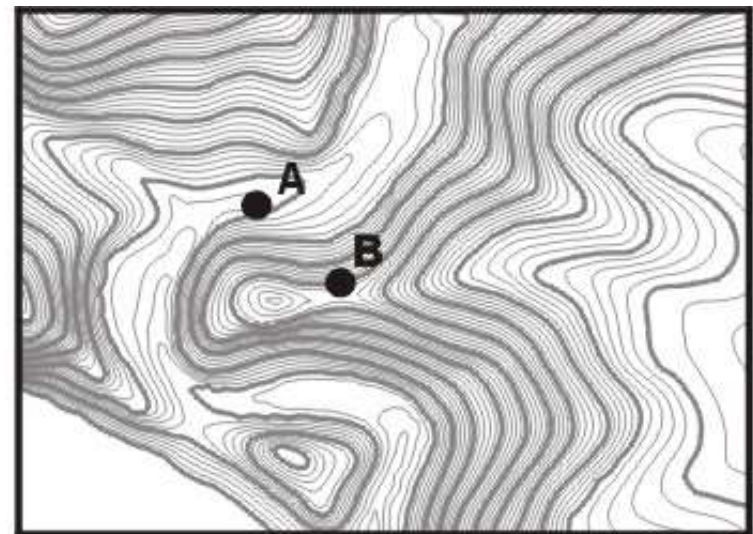


south-facing slope

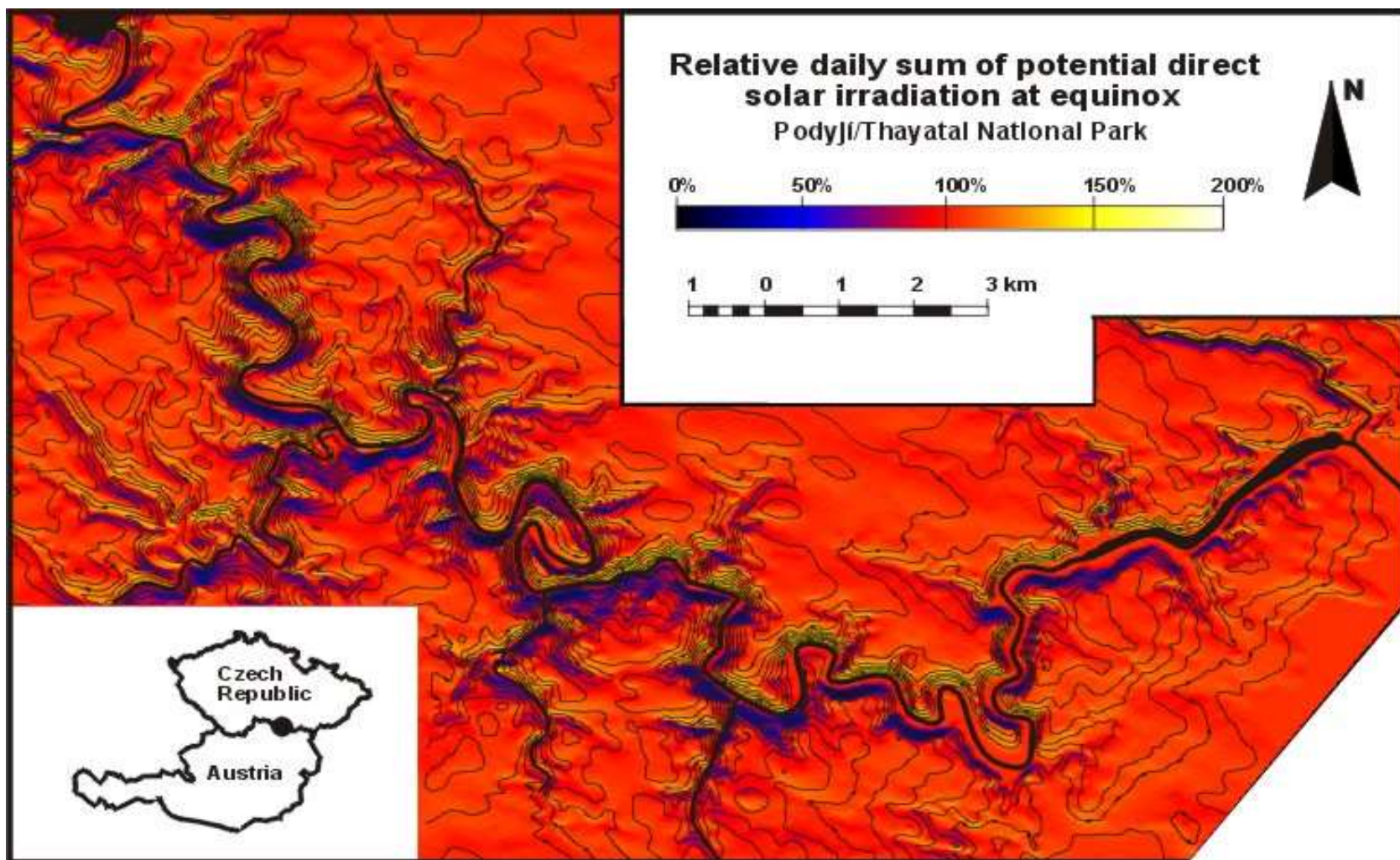
North-facing slope

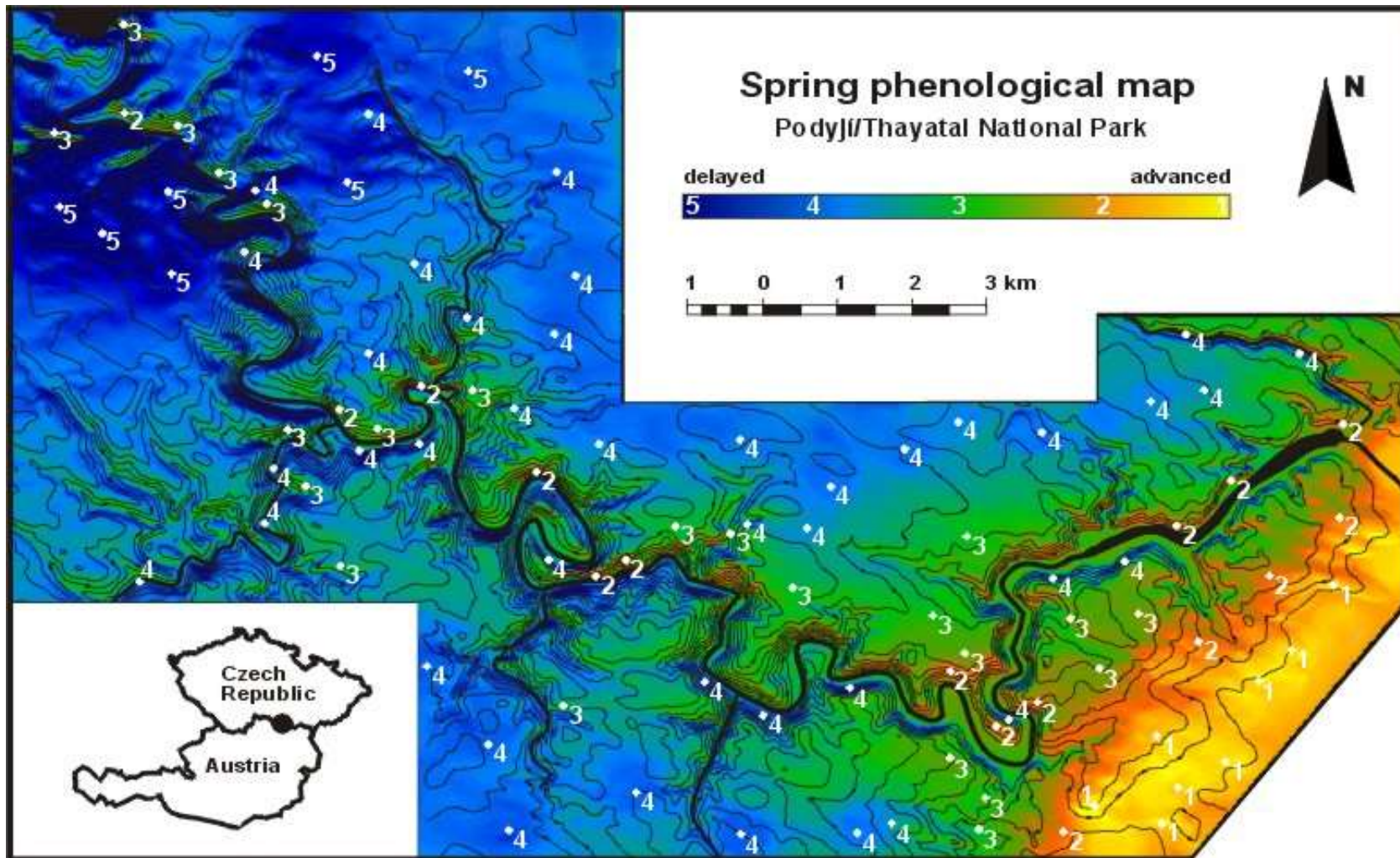


1 Feb 11 Feb 21 Feb 3 Mar 13 Mar 23 Mar 2 Apr 12 Apr 22 Apr 2 May 12 May 22 May



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 Sloniho 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**

http://www.bbc.co.uk/nature/adaptations/Semelparity_and_iteroparity#p00lx461

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

Klonální růst, semelparní ramety.
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

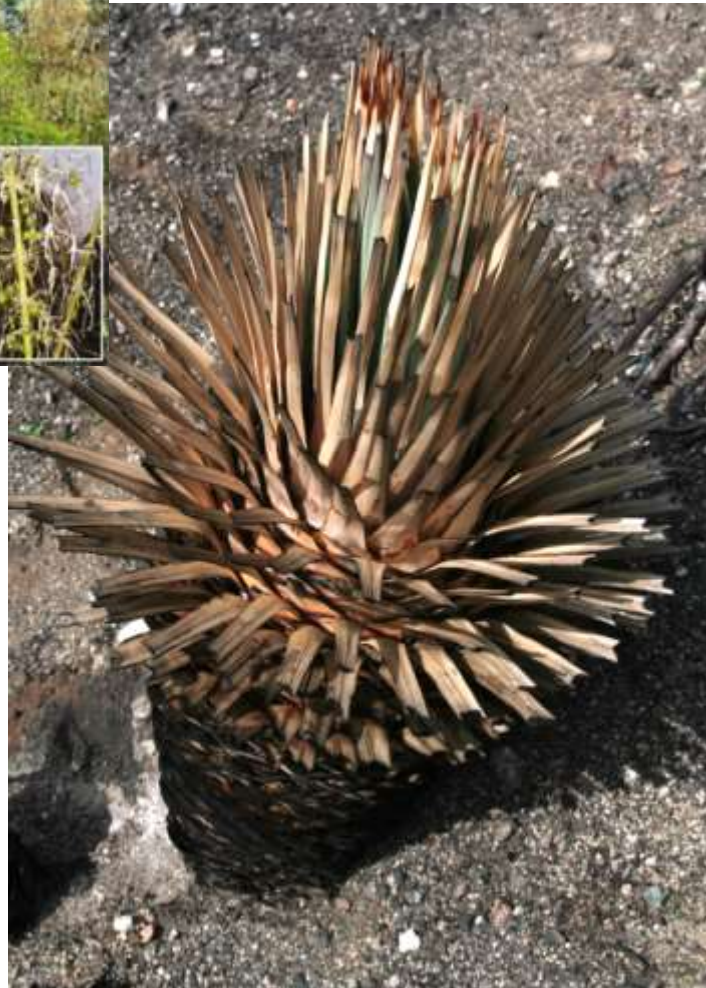
- Stimulace růstového vrcholu obvykle mrazem
- Dvouletost často nejednoznačná
- Příklady: *Daucus carota*, *Triticum aestivum* atd.



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

Agave, Yucca, bambusy...



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 květuschopného 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. Které druhy?



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

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* damaroň jižní

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

douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*) – 128 m

sekvoje vždyzelená (*Sequoia sempervirens*) – 112 m

115.72 m

blahovičník královský – 106 m
(*Eucalyptus regnans*)

sekvojovec obrovský – 89 m
(*Sequoiadendron giganteum*)

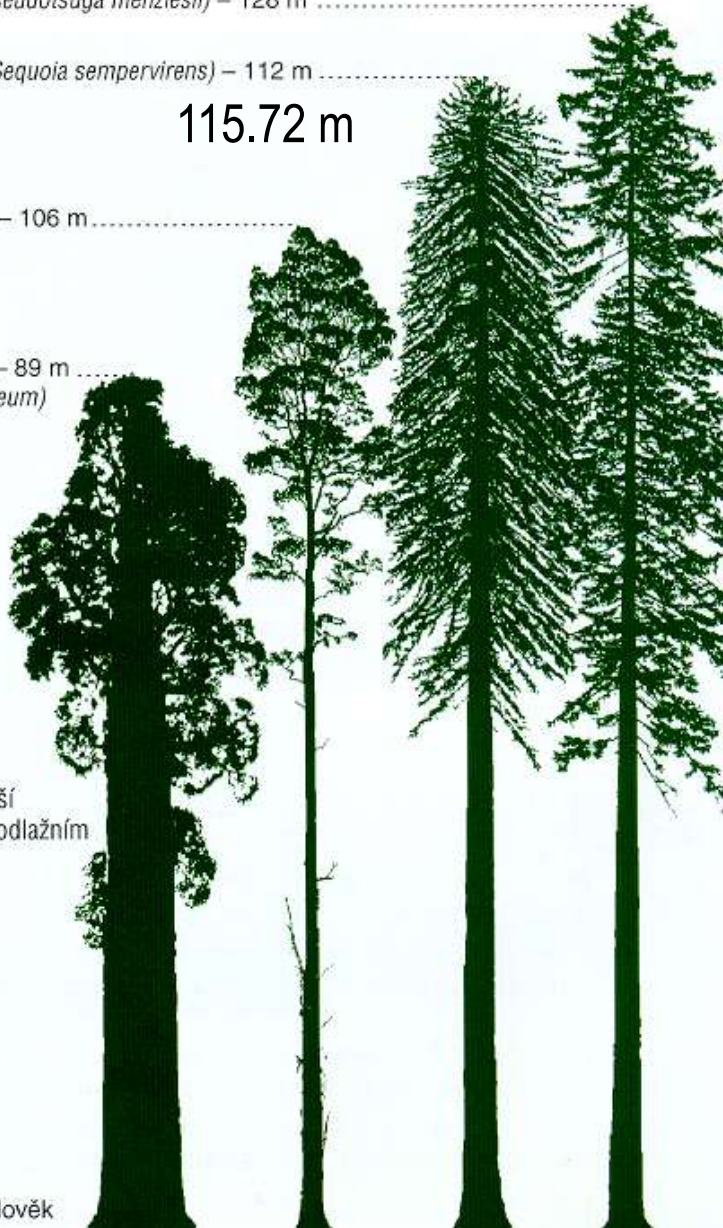
95.7 m

1,487 m³

Porovnejte čtyři nejvyšší
druhy stromů s 10-ti podlažním
domem a člověkem.



↑ člověk



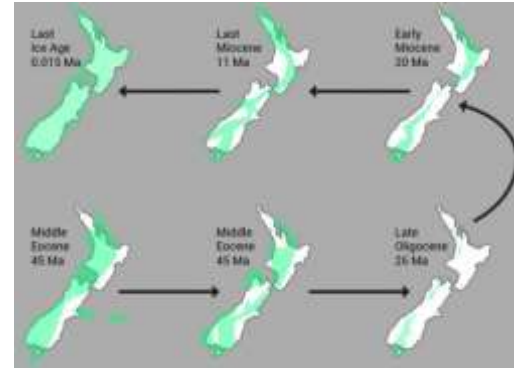
Nejvyšší stromy světa

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

Hebe

Největší rod na NZ (90 druhů, až 7 m výška)



Hebe spp.



Hebe pingifolia

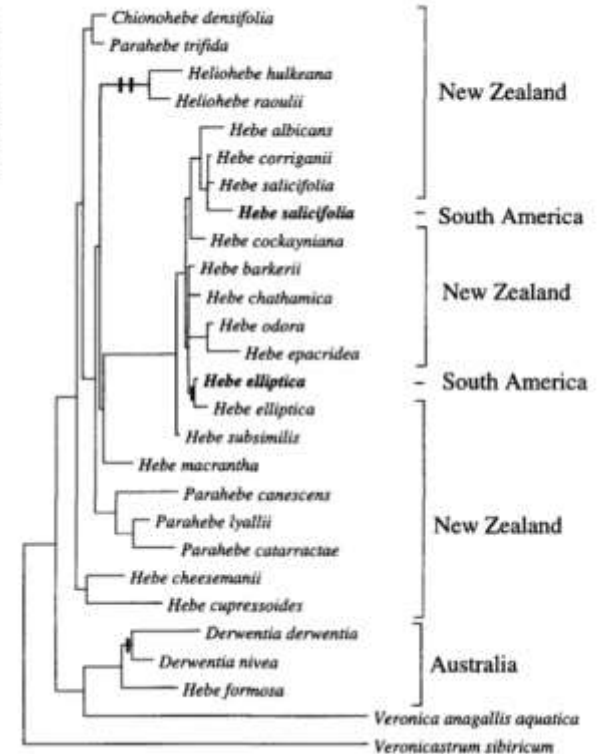


Veronica anagallis-aquatica

Wagstaff & Garnock-Jones—Evolution of the *Hebe* complex

431

Fig. 4 Majority rule consensus of three maximum likelihood trees ($-Ln = 3221.05141$). Present Australasian distributions are shown on the right. Indels supporting clades are indicated with a broad cross-bar. Branch lengths are proportional to maximum likelihood distances. See scale.



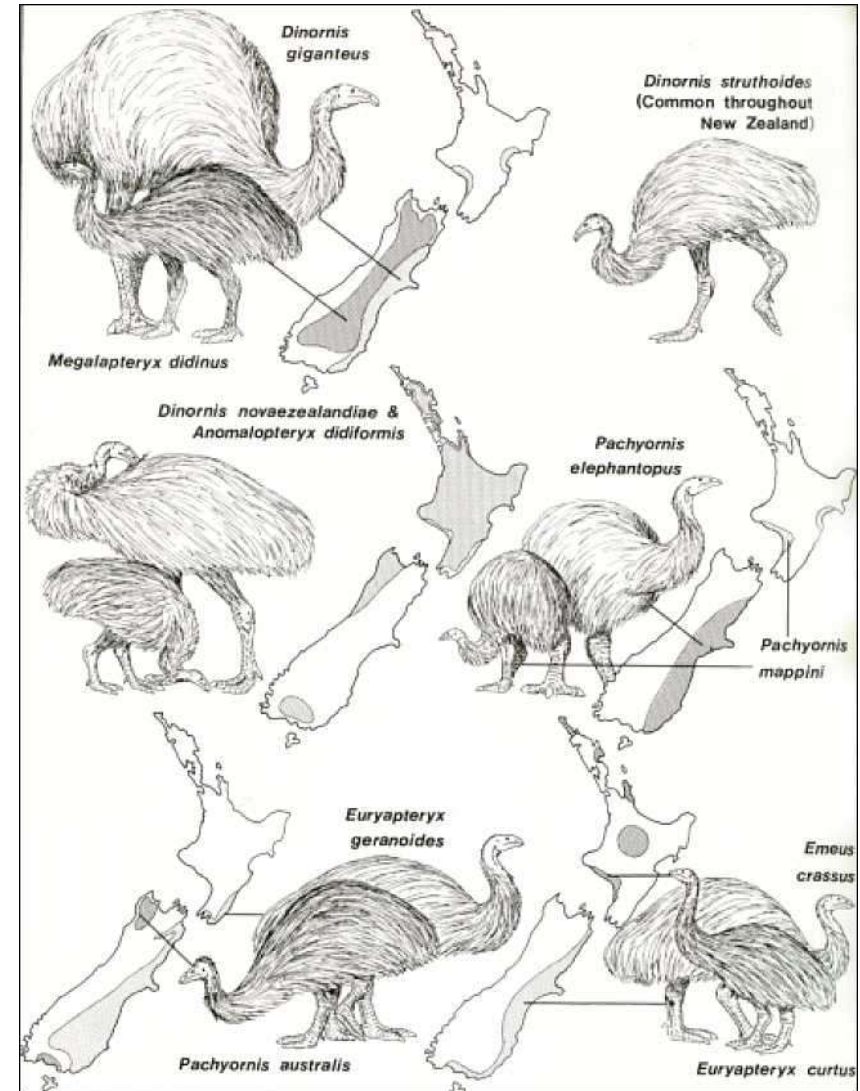
Moa

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 – *Harpagonis moorei*



C₃, C₄ a CAM rostliny

Způsob fixace uhlíku

C₃ rostliny

- Prvním stabilním produktem fotosyntetické fixace oxidu uhličitého je tříuhlíkatá sloučenina – **fosfoglycerová kyselina**
- **Nižší maximální rychlost fotosyntézy, průduchy otevřeny přes den**
- **Vyšší spotřeba vody na jednotku sušiny**
- **Nižší startovací teplota fotosyntézy – temperátní druhy**
- **Vývojově starší typ** – více než 85% všech rostlin



C₄ rostliny

- Prvním stabilním produktem fotosyntetické fixace oxidu uhličitého je čtyřuhlíkatá sloučenina – **oxalacetát > malát > dekarboxylace > Calvinův cyklus (C₃)**
- **Účinnější využití CO₂**
- **O něco menší spotřeba vody na jednotku sušiny**
- **Vyšší startovací teplota fotosyntézy**
- **Vývojově mladší typ**
- **Nejproduktivnější rostliny na zemi** – ca. 8000 druhů, 17 čeledí; kukuřice (*Zea mays*), cukrová třtina (*Saccharum officinarum*), čirok (*Sorghum bicolor*), ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-gali*), šrucha zelná (*Portulaca oleracea*), některé druhy rodu laskavec (*Amaranthus* ssp.), slanobýl draselný (*Salsola calī*).



List of families in the angiosperms having at least one C4 member

(from Simpson 2010):

Monocots

Family	Order
1. Cyperaceae	Poales
2. Hydrocharitaceae	Alismatales
3. Poaceae / Gramineae	Poales

Eudicots

1. Acanthaceae	Lamiales
2. Aizoaceae	Caryophyllales
3. Amaranthaceae (inc. Chenopodiaceae)	Caryophyllales
4. Asteraceae	Asterales
5. Boraginaceae	Boraginales
6. Capparidaceae	Brassicales
7. Caryophyllaceae	Caryophyllales
8. Euphorbiaceae	Malpighiales
9. Molluginaceae	Caryophyllales
10. Nyctaginaceae	Caryophyllales
11. Polygonaceae	Caryophyllales
12. Portulacaceae	Caryophyllales
13. Scrophulariaceae	Lamiales
14. Zygophyllaceae	Zygophyllales

CAM rostliny

- **Crassulean Acid Metabolism**
- Extrémní přizpůsobení se suchému prostředí, průduchy otevřené jen v noci
- **Vyznačují se kyselou chutí** (kyselina jablečná – malát ve vakuolách)
- **Asi 8 % všech druhů (ca. 20.000)**, např. halofilní rostliny jsou většinou sukulentní, ale ne všechny mají CAM.
- **Příklady:** Šídatky, kapradiny, cykasy, agáve, ananas, pryšce, rozchodníky, kaktusy...

Monocots

1. Agavaceae (Asparagales)
2. Alismataceae (Alismatales)
3. Araceae (Alismatales)
4. Asphodelaceae (Asparagales)
5. Bromeliaceae (Poales)
6. Commelinaceae (Commelinales)
7. Cyperaceae (Poales)
8. Hydrocharitaceae (Alismatales)
9. Orchidaceae (Asparagales)
10. Ruscaceae (Asparagales)

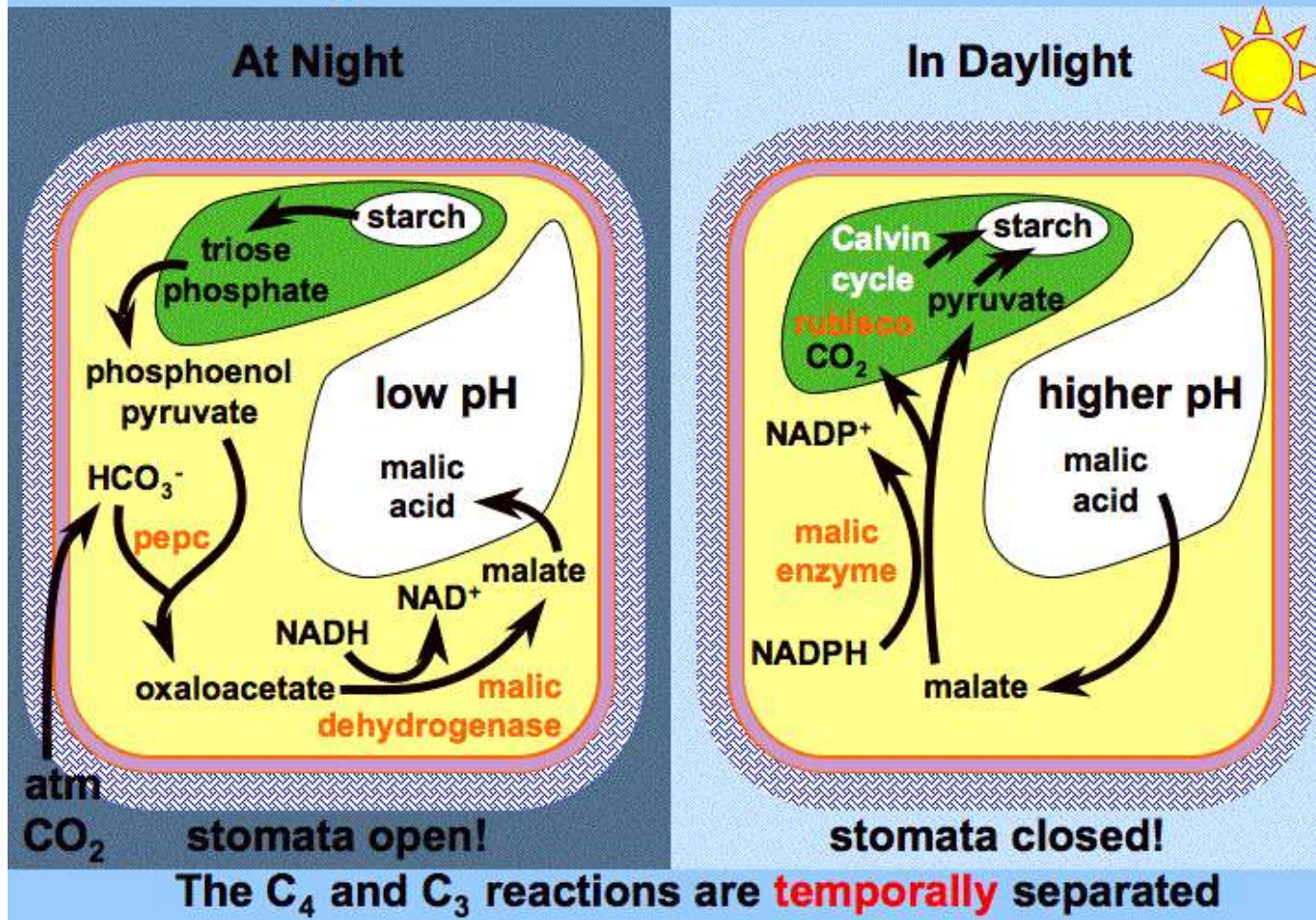
Eudicots

1. Aizoaceae (Caryophyllales)
2. Apiaceae (Apiales)
3. Apocynaceae (Gentianales)
4. Asteraceae (Asterales)
5. Cactaceae (Caryophyllales)
6. Celastraceae (Rosids)
7. Clusiaceae (Malpighiales)
8. Convolvulaceae (Solanales)
9. Crassulaceae (Saxifragales)
10. Cucurbitaceae (Cucurbitales)
11. Didiereaceae (Caryophyllales)
12. Ebenaceae (Ericales)
13. Euphorbiaceae (Malpighiales)
14. Geraniaceae (Geraniales)
15. Gesneriaceae (Lamiales)
16. Lamiaceae (Lamiales)

17. Moringaceae (Brassicales)
18. Oxalidaceae (Oxalidales)
19. Passifloraceae (Malpighiales)
20. Piperaceae (Piperales)
21. Portulacaceae (Caryophyllales)
22. Rubiaceae (Gentianales)
23. Sapindaceae (Sapindales)
24. Vitaceae (Vitales)
25. Zygophyllaceae (Zygophyllales)

CAM rostliny

CAM Photosynthesis: Crassulacean Acid Metabolism



Tabulka 3: Závislost čisté fotosyntézy na teplotě při nasycení světlem a přirozené koncentraci CO₂ ve vzduchu. Upraveno podle Larcher, 1988.

	Dolní hranice teploty pro příjem CO₂ (°C)	Teplotní optimum pro příjem CO₂ (°C)	Horní hranice teploty pro příjem CO₂ (°C)
C4-rostliny horkých stanovišť	5 – 7	35 – 45	50 – 60
Zemědělské C3-plodiny	-2 – 0	20 – 30	40 – 50

Energy needed for complete reduction of one molecule of CO₂

3 ATP, 2 NADPH 5 ATP, 2 NADPH

Environmental conditions favoring most efficient photosynthesis

moderate conditions; temperature 15 °C-25°C

hot, dry conditions; temperature 30°C-47°C

extremely dry or xeric conditions; temperature ~35°C

Amount of water needed to produce 1 g dry matter

450-950 g

250-350 g

50-55 g

CO₂ compensation point

30-70 ppm

0-10 ppm

0-5 ppm

Photorespiration

Yes

Absent or suppressed

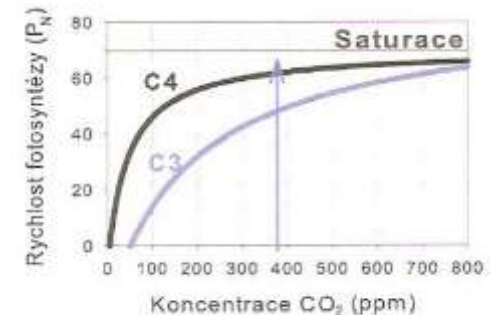
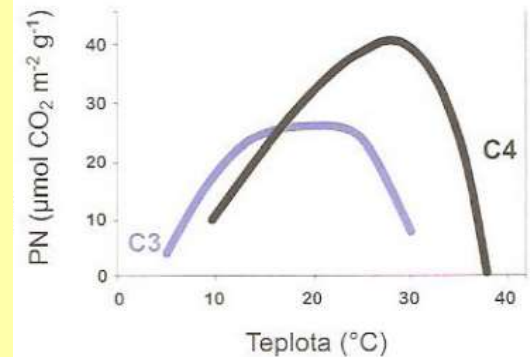
Absent or suppressed

Annual dry matter production per hectare

~20-25 tons

~35-40 tons

Usually low and variable



CO₂ **Obrázek 11:** Rychlost fotosyntézy v závislosti na rosnoucí koncentraci CO₂ u C₃ a C₄ rostlin. Zdroj: Nair, 2006.

Sources: Mathews and Van Holde (1990); Hopkins (1999); Moore et al. (2003); Simpson (2010)

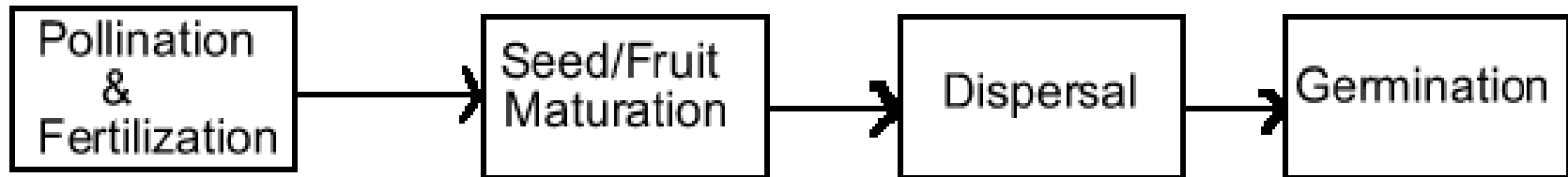
Generativní rozmnožování

Struktura květů

- **Oboupohlavné květy**
- **Jednoplhlavné květy**
- **(1) jednodomé**
- **(2) Dvoudomé**
- **Asexuální reprodukce (jestřábník, pampeliška - apomixie)**



Proces reprodukce



Způsoby opylení

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

Kleistogamie



Cleistocactus jujuyensis

Frailea chrysacantha



*Viola
odorata*

Oxalis

acetosella

- jen letní
květy



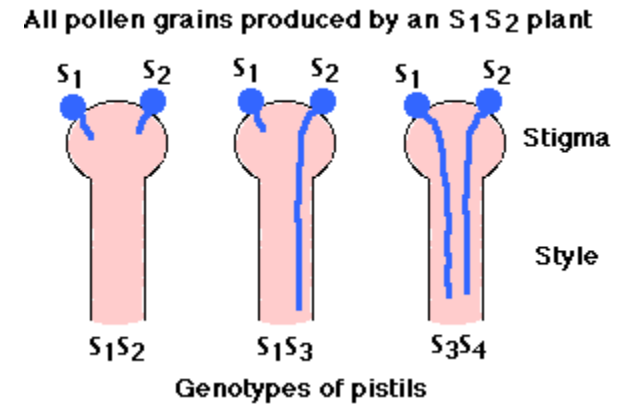
Jak se rostliny brání příbuzenskému křížení?

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)

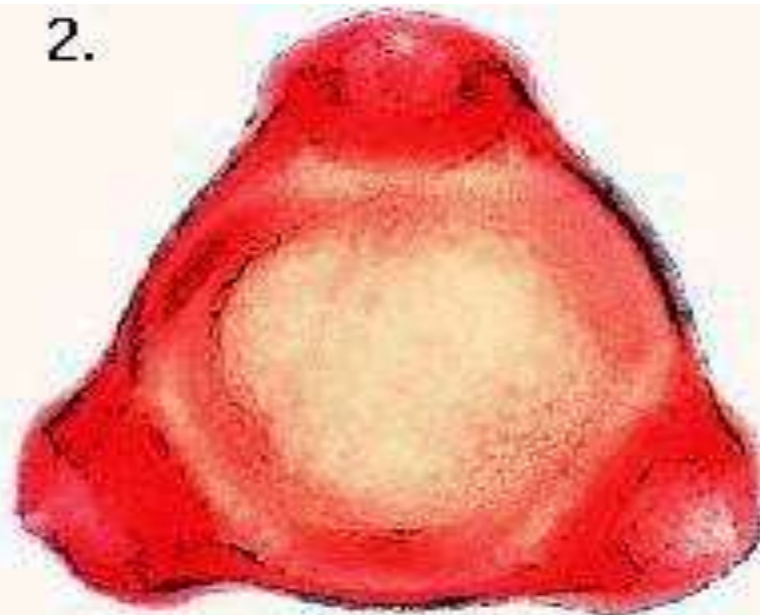
Geneticko-biochemické mechanismy



1.



2.



- **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



- **Vodou**

- Pyl plovoucí na hladině (epihydrogamie) nebo pod vodou (hypohydrogamie) – *Callitriche*, *Najas*, *Ceratophyllum*, *Posidonia*

Modifikace opylení 2

- **Živým 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

Apis – 7 druhů, Samotářské včely – u nás 700 druhů

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 hniјící maso. Vývoj Rafflesie trvá 5 let, 3 roky trvá vytvoření poupat 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

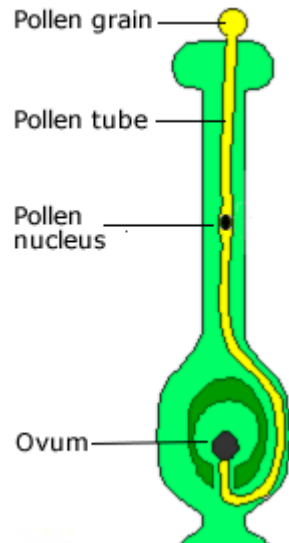


Opylení a oplození

Opylení – okamžik zachycení pylového zrna na blizně

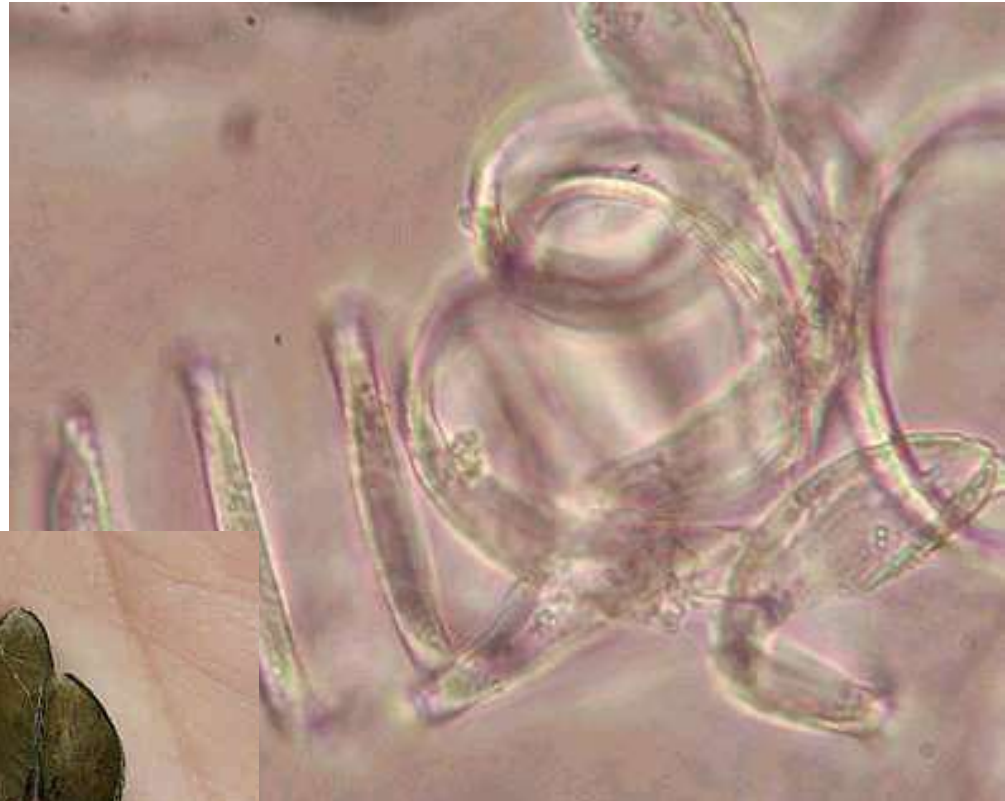
klíčení pylové láčky

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



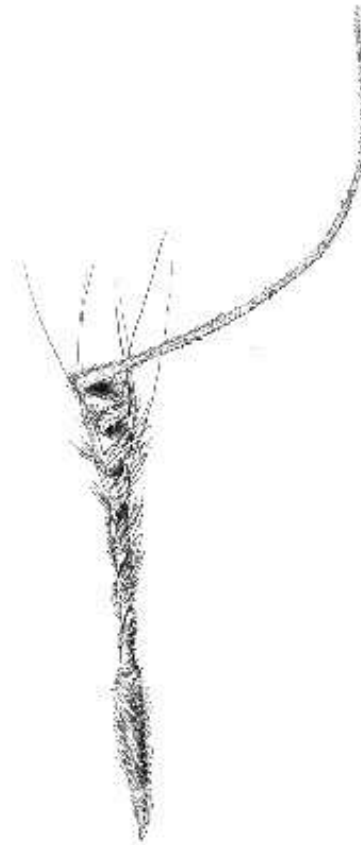
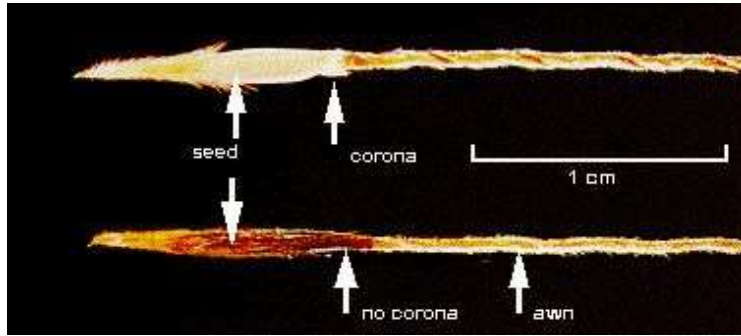
Mechanismy šíření diaspor

- **Autochorie**
 - Explosivní
 - hygroskopická vlákna



Mechanismy šíření diaspor

- Autochorie
 - Hygroskopická osina



Luis de Pablos Alcázar

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 platanoides</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 podívána 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.



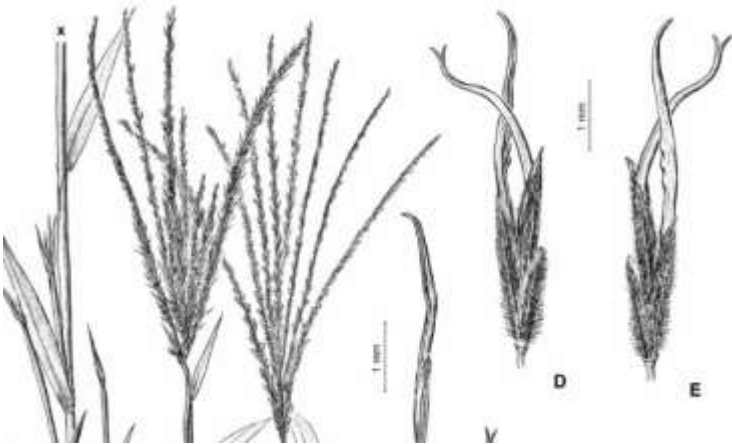
Anemochorie

Stepní běžec



Spinifex hirsutus

Viviparie (pseudoviviparie)



ZOOCHORIE

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

ZOOCHORIE

- **Přenášení mimo trávící 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.



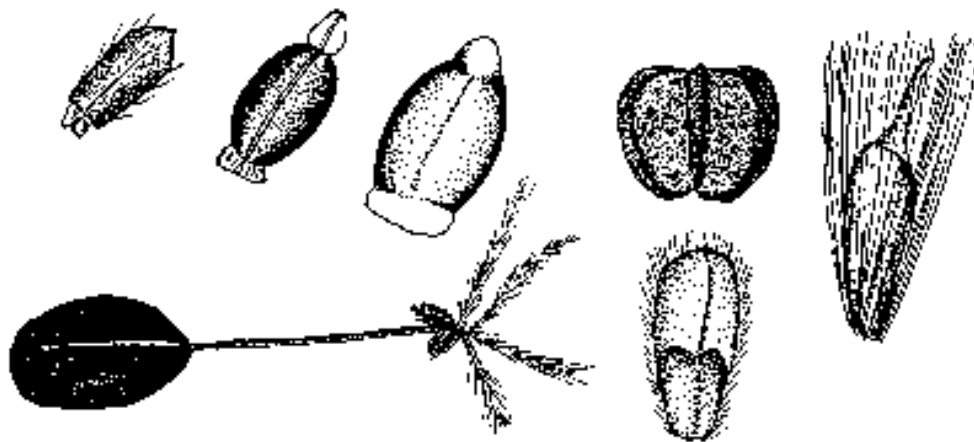
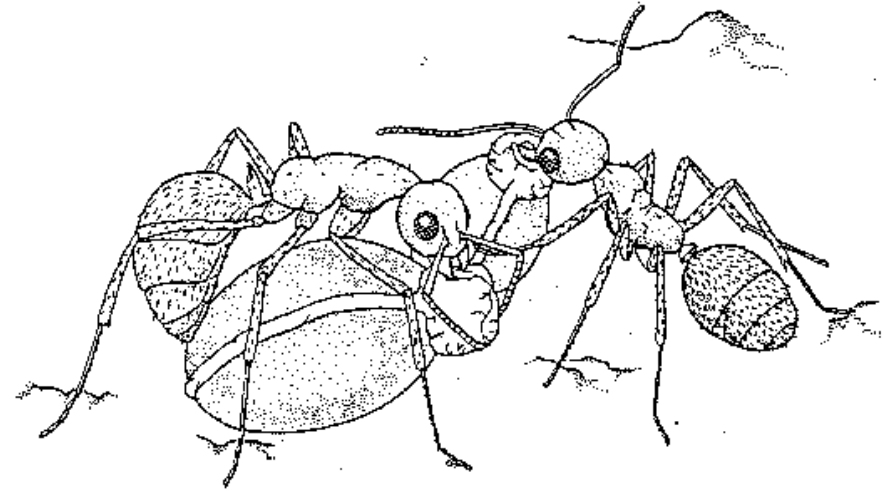
Lycopersicon cheesmanii

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 - rozdíly

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 nalezitelné
4. větší potenciál ke kolonizaci nových lokalit

Časoprostorová disperze rostlin

A. Rozšiřování -- rozptýlení v prostoru

B. Dormance -- rozptýlen v čase