

Rostliny a stres

# Rostlina a stres

**Stres** (zátěžová situace) je stav rostliny, která reaguje na působení zátěžových, tj. stresových faktorů neboli stresorů aktivací obranných mechanismů.

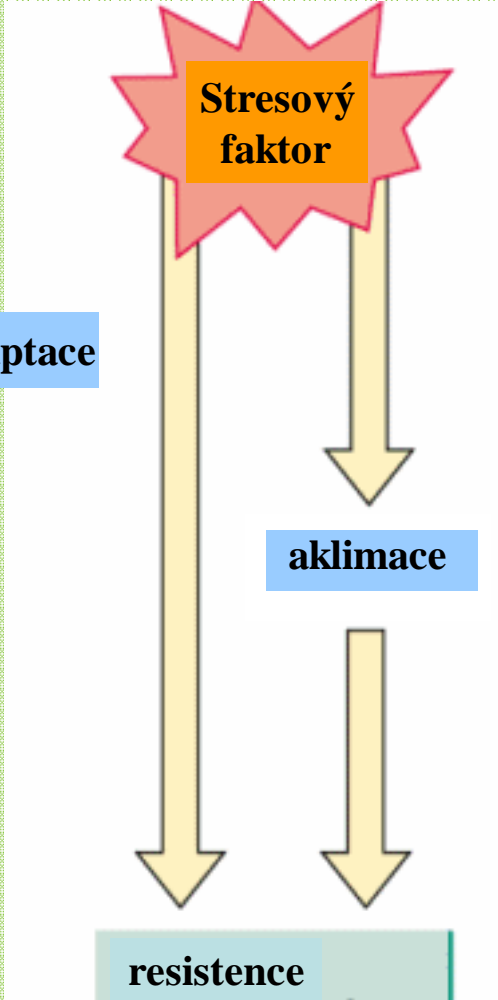
Stresové faktory mohou být **abiotické a biotické**.

Abiotické stresové faktory představuje nadbytek nebo nedostatek fyzikálních či chemických faktorů v prostředí.

Abiotické stresové faktory – vysoké či nízké teploty, nedostatek vody, nadbytek vody (zaplavení), nadbytek či nedostatek světla, zasolení, nepřiměřený obsah minerálních látek v půdě, utužená půda). Antropogenní vlivy – kyselá dešť, toxické kovy, eutrofisace, xenobiotika, výfukové plyny aj.

Biotické stresy jsou vyvolány působením jiných organismů.

Biotické faktory – patogeny (houby, bakterie, viry), býložraví živočichové, působení konkurenčních druhů rostlin (alelopatie, parasitismus), invazivní rostliny



**adaptace**

**aklimace**

**resistence**

Působení  
stresoru je  
**rozeznáno**



akutní poškození  
event. smrt

aktivace  
obranných  
mechanismů



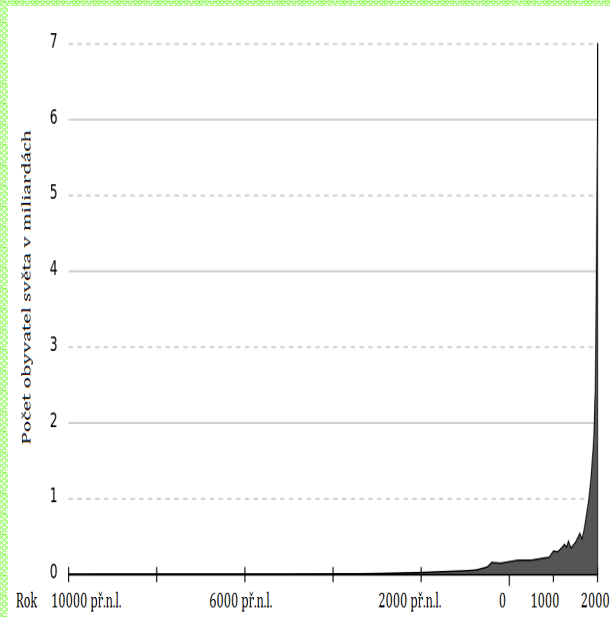
otučení  
tolerance



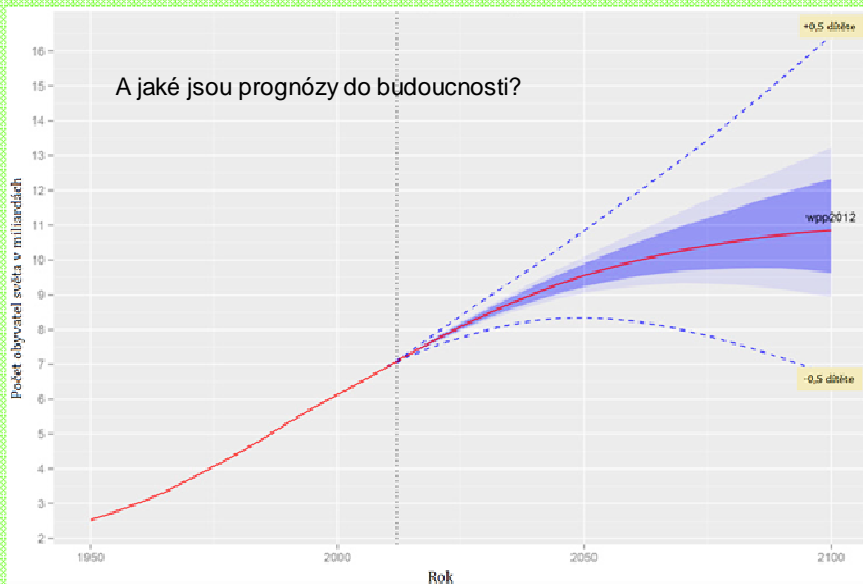
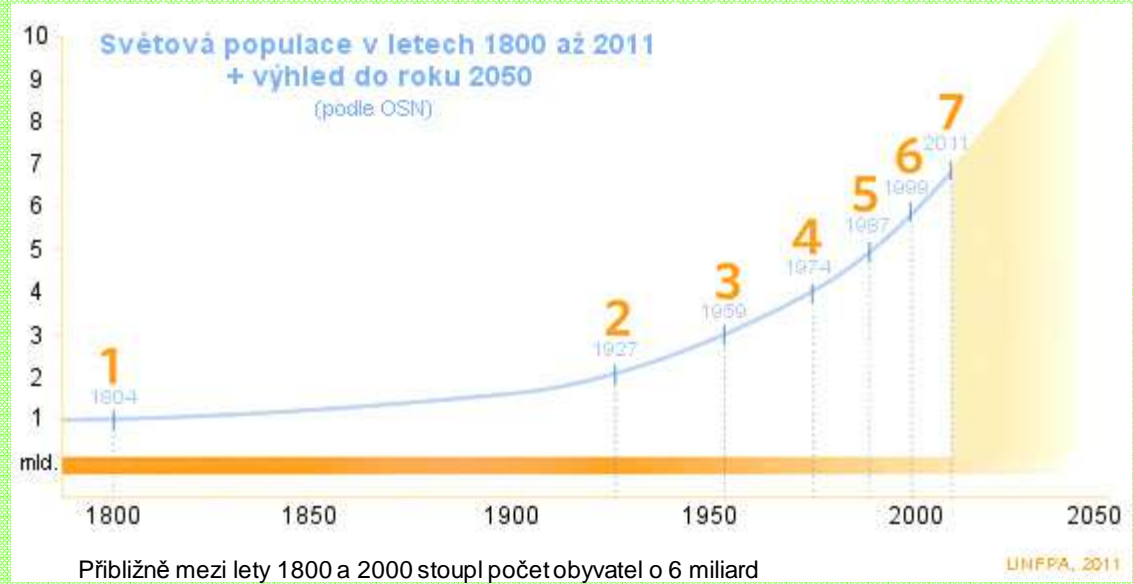
**přežívání**

vyčerpání  
a smrt

## Proč je v současné době věnováno hodně pozornosti stresům ?



V roce 0 bylo na Zemi 300 miliónů lidí



**A s čím ještě bychom měli počítat?**

**Snížení rozlohy kvalitní zemědělské půdy a přirozených ekosystémů**

**Zvyšování znečištění půd a vod**

**Globální změny klimatu a s nimi spojené zvraty počasí**

## Výnosy kukuřice a sóji v USA – vliv sucha

### Yields of corn and soybean crops in the United States

Crop yield (percentage of 10-year average)

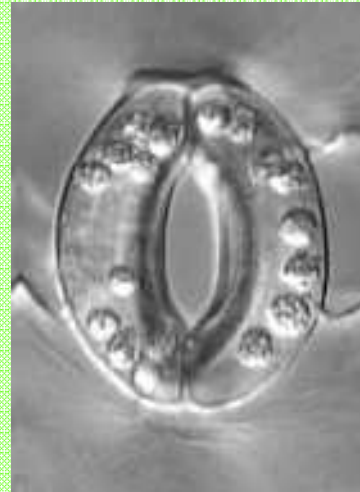
Year	<sup>kukuřice</sup> Corn	<sup>sója</sup> Soybean	
1979	104	106	
1980	87	88	Severe drought
1981	104	100	
1982	108	104	
1983	77	87	Severe drought
1984	101	93	
1985	112	113	
1986	113	110	
1987	114	111	
1988	80	89	Severe drought

Výrazné sucho

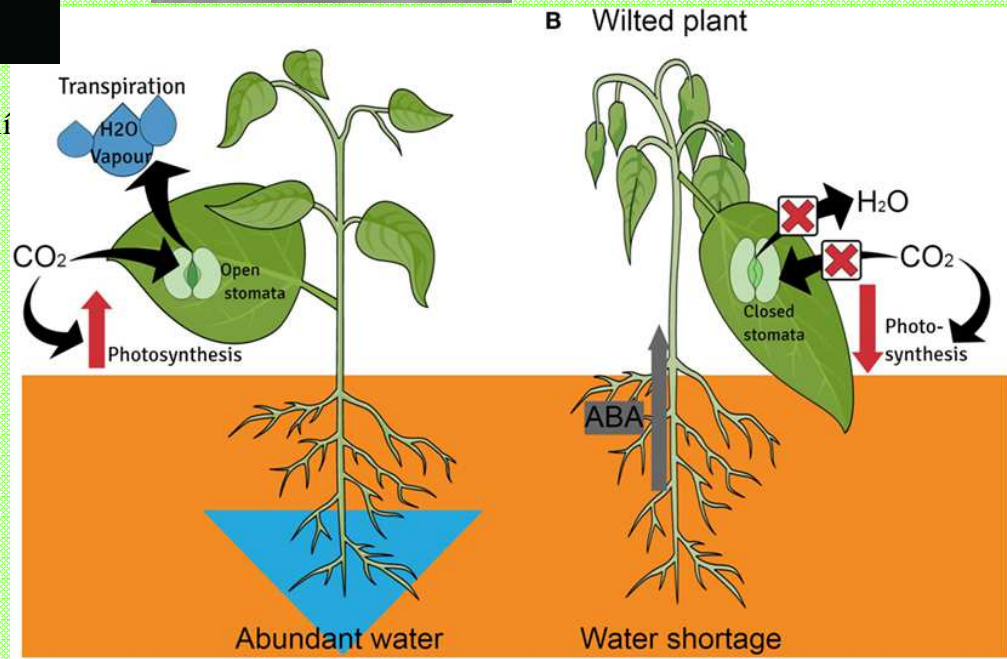
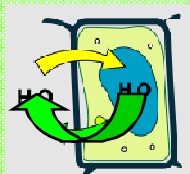


# Rostlina a nedostatek vody

Výdej vody je aktuálně snižován zavíráním průduchů.

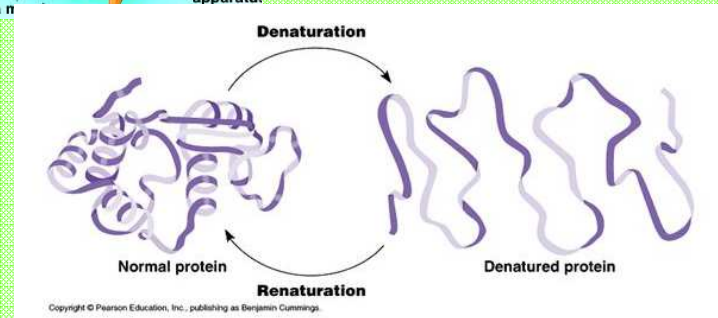
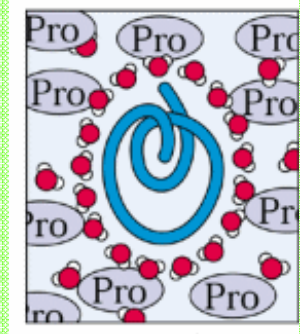
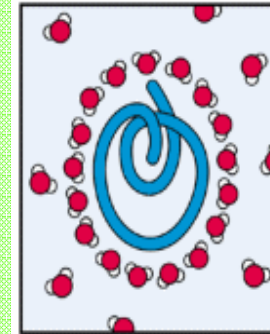
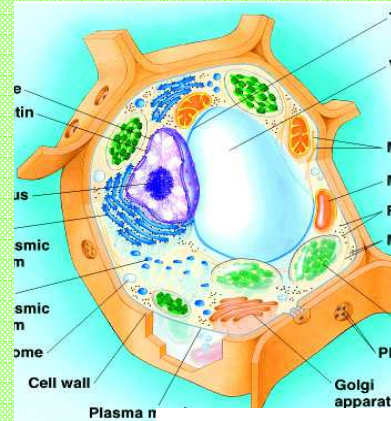
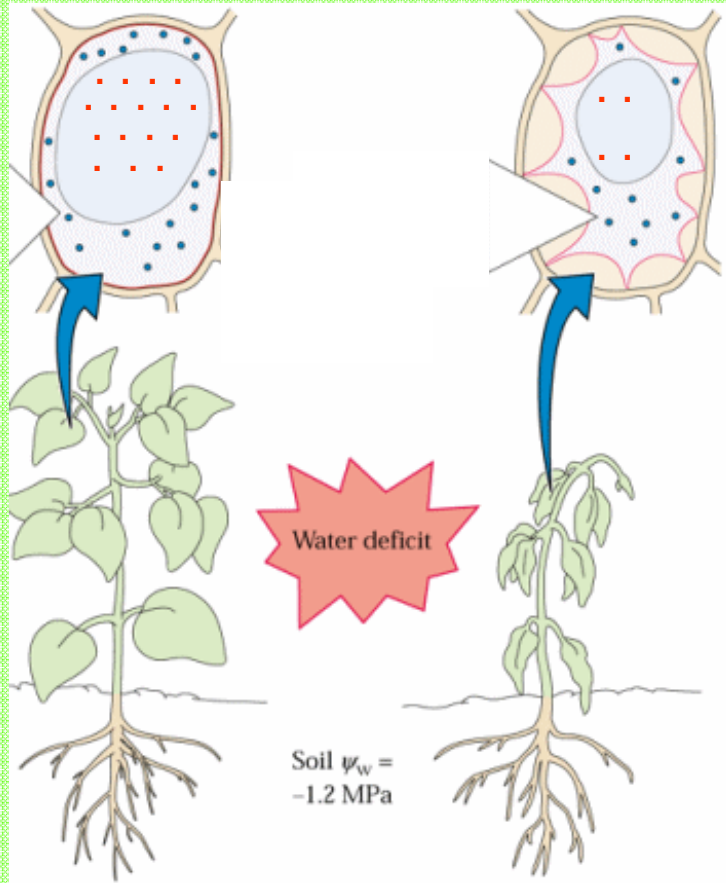


Vadnutí při nedostatku vody — dochází k snižování obsahu vody ve vakuolách, snižování tlaku na stěnu.



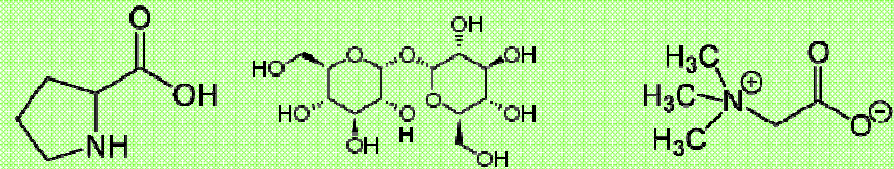
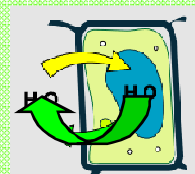
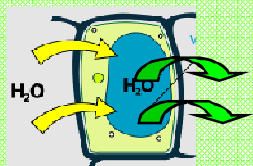
# Aklimace k nedostatku vody

Na **aktuální nedostatek** vody buňky reagují **zvýšením počtu osmoticky aktivních částic** (např. minerálních iontů, cukrů) ve vakuolách. To vede ke zvýšenému příjmu a zadržování vody. Tento proces se nazývá **osmotické přizpůsobení**.



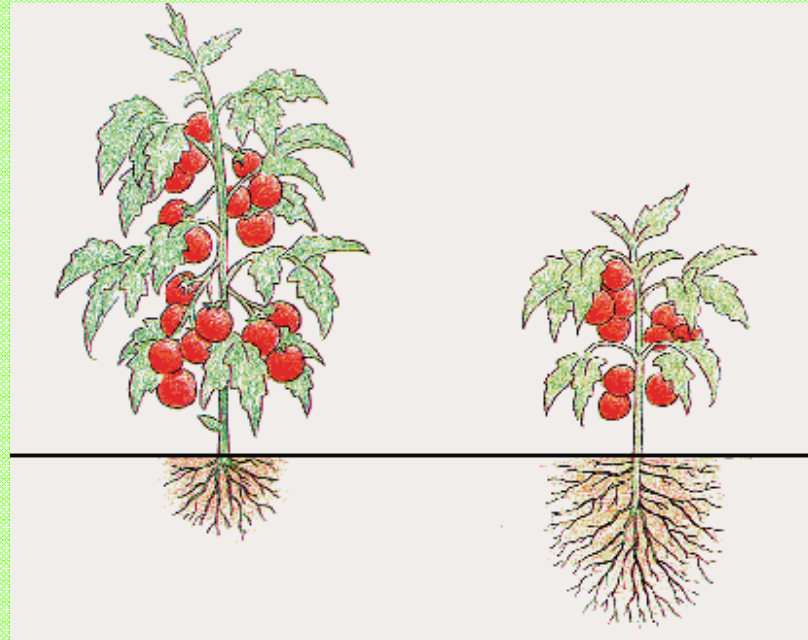
Ochranu bílkovin zajišťují tzv. **kompatibilní soluty**. Jsou to vysoce rozpustné, avšak metabolicky dále nevyužívané látky (např. prolin, trehalosa, betainy). Někdy se tvoří i specifické drobné, silně hydrofilní proteiny se stejnou funkcí.

Osmotické přizpůsobení    Bez osmotického přizpůsobení



LEA proteiny





Dlouhodobý nedostatek vody obvykle vede k snížení růstu nadzemní části a k posílení růstu kořenového systému. Výrazný nedostatek pak vede k předčasné senescenci listů, i k jejich opadu.

## Metody zvyšování zemědělské produkce ve vztahu k nedostatku vody

1. Nutnost pochopení obranných mechanismů
2. Hledání nových druhů schopných lépe tolerovat nedostatek vody nebo zvyšovat podíl plodin tolerantních (např. čirok, proso (jáhly) - ty jsou navíc bezlepkové, merlík)
3. Vznik nových odrůd klasickými metodami šlechtění
4. Rozvoj a využívání genových bank
5. Testování genomů tolerantních rostlin a studia GMO (genetické modifikace) jejich možnými výhodami a risiky.
6. Další možná zvýšení odolnosti, např. mykorhizy.



Čirok



Proso



Merlík čilský

Genová banka je místo, kde se uchovávají genové zdroje rostlinného, živočišného, mikrobiálního či jiného původu. Rostliny – semenné banky (1 – 5 let), polní kultury, in vitro, kryoprezervace (uchování materiálu při nízkých teplotách, nejčastěji v tekutém dusíku (-196°C), vitifikace). U nás např. Ruzyně, Kroměříž, Olomouc, Holovousy.

## Slanobytné rostliny – perspektivní zdroj potravy?

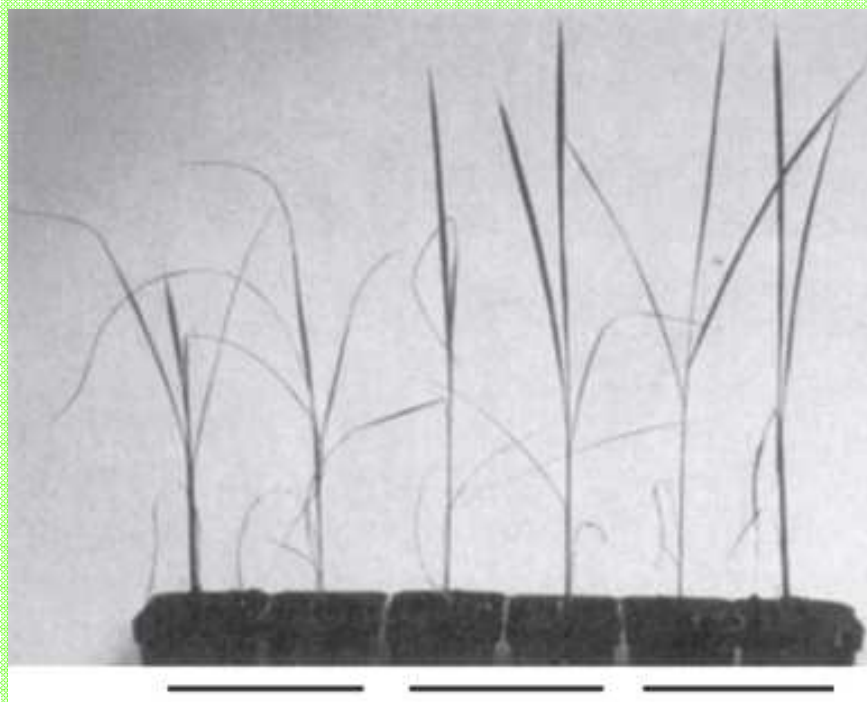


*Salsola soda* (slanobýl), např. v Itálii



*Salicornia europaea* (slanorožec)





Možnost zvýšení odolnosti vůči suchu pomocí genetických modifikací u rostlin rýže

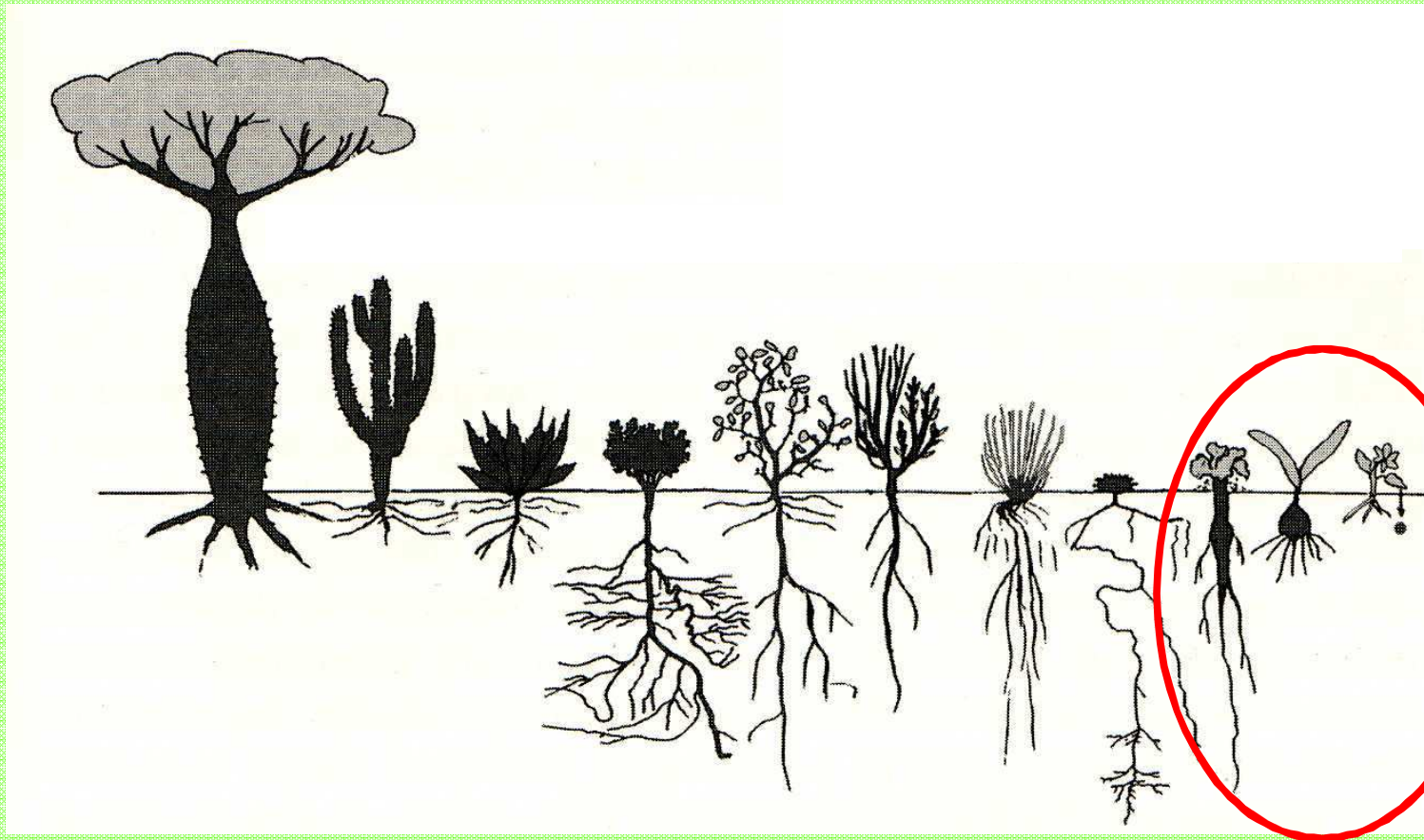
Vlevo – netransformovaná rostlina, vpravo rostliny se zvýšenou tvorbou LEA proteinů s vneseným genem z ječmene

## Adaptace k nedostatku vody

K tomu, aby nedostatku vody předešly nebo ho překonaly, rostliny adaptované k přežívání v oblastech s nedostatkem vody vyvinuly různé strategie a mechanismy, strukturní i metabolické (např. tvorba **efektivního kořenového systému, snížení rychlosti transpirace, CAM** případně **C4** fotosyntéza). Rovněž často dochází k zvýšené tvorbě obranných struktur (trny, mechanická pletiva atp.), které chrání obvykle pomalu rostoucí rostliny před býložravci.

## Jaké jsou adaptace xerofyt?

1. Krátké vegetační období a přežívání nepříznivých podmínek ve formě diaspor (rozmnožovacích útvarů generativního i vegetativního původu), především semen, ale i různých hlíz, cibulí ap.

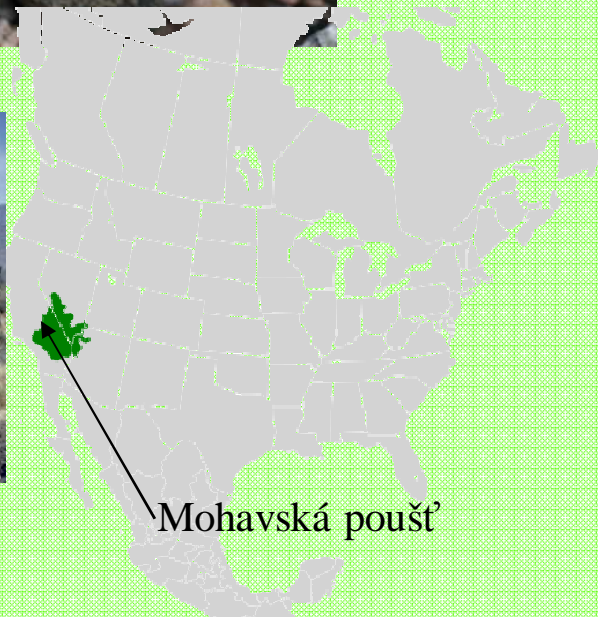


Některé druhy rostlin, např. pouštní efeméry, omezily délku ontogeneze na období, v němž je na stanovišti vody dostatek. Období sucha přežívají ve formě semen a tak fakticky stresu unikají. Semena mohou být dormantní po dlouhou dobu.

*Monoptilon bellioides*, Asteraceae  
Hvězda mohavské pouště



*This normally bare desert in Namaqualand, Goegap Nature Reserve in [South Africa](#) has a proliferation of flowers and desert ephemerals during the brief spring wet season.*



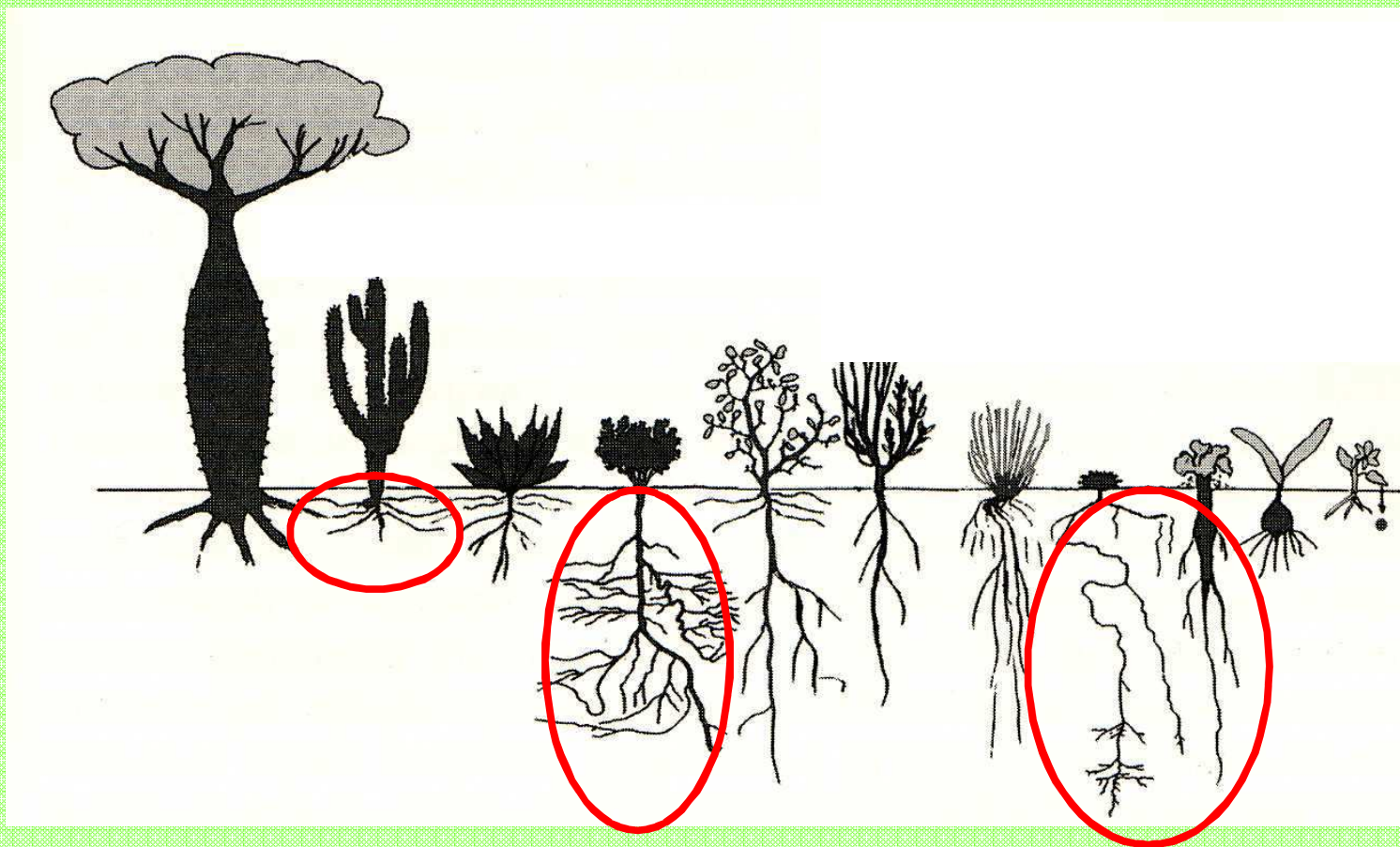
Mohavská poušť



*Selaginella lepidophylla*.

## Jaké jsou adaptace xerofytů?

**2. Kořeny – výrazně vyvinutý kořenový systém, schopnost rozrůstat se v místech, kde je obsah vody vyšší a šířit se do míst při hledání vody, někdy i sukulentní kořeny**







***Prosopis juliflora*** - keř nebo malý strom z čeledi bobovité, z oblastí Mexika, jižních států USA, Jižní Ameriky a Karibiku. Byl zavlečen i do Asie a Austrálie. Dosahuje výšky do 12 m, jeho kořeny dorůstají do velkých hloubek. V roce 1960 byly objeveny kořeny v hloubce 53 m v otevřené důlní jámě v Arizoně, což jsou pravděpodobně nejdelší známé kořeny.



**Strom života (*Prosopis*) z Bahrajnu**



Mnohé kaktusy mají povrchové kořeny zasahující do značných vzdáleností od stonku. Jsou adaptací na vydatné, ale krátce trvající srážky.



www.shutterstock.com · 20738308



Místa výskytu kaktusu saguaro



www.shutterstock.com · 17779300



Kaktus saguaro dosahuje značných výšek. Současný nejvyšší jedinec z Arizony měří 13,8 m a má obvod 3,1 m. Rekordní zdokumentovaný jedinec z Arizony dosáhl výšky 24 m, s hmotností přes 13 tun. Byl zničen během větrné smršti v roce 1986. Saguaro roste velmi pomalu; 10 let stará rostlina může být pouze 4 cm vysoká. Mohou se dožít 75 až 100 let.

## Sukulentní kořeny



*Pterocactus tuberosus*



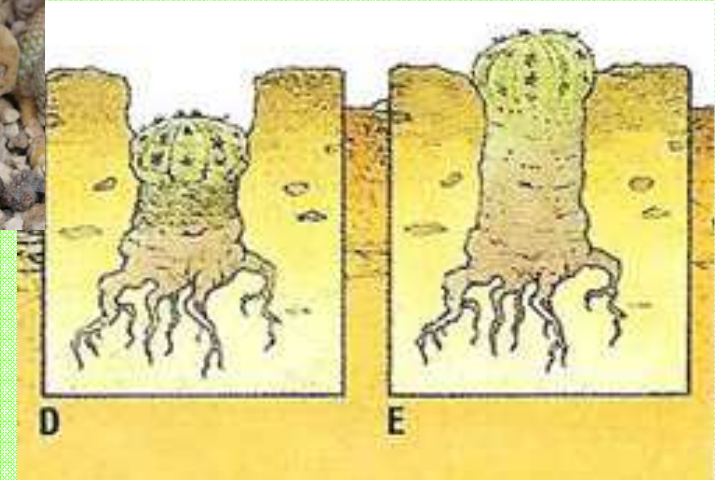
*Hawortia "GREEN ROSE"*



Kontraktilní kořeny nebo stonkové báze



*Hawortia sp.*



*Echinocereus davisii*

Grows in flat hills on a specific substrate (rich in quartz sand) in a semi-desert grassland at an elevation of 1,200 m. Sometimes plants in drought periods shrink well below ground level.



Tato tykev má potenciál stát se plodinou adaptovanou na semiaridní oblasti. Plody mohou být konzumovány člověkem i hospodářskými zvířaty.

***Cucurbita foetidissima*** („buvolí dýně“)

Je to rostlina suchých stanovišť z jihozápadu USA a severozápadu Mexika.

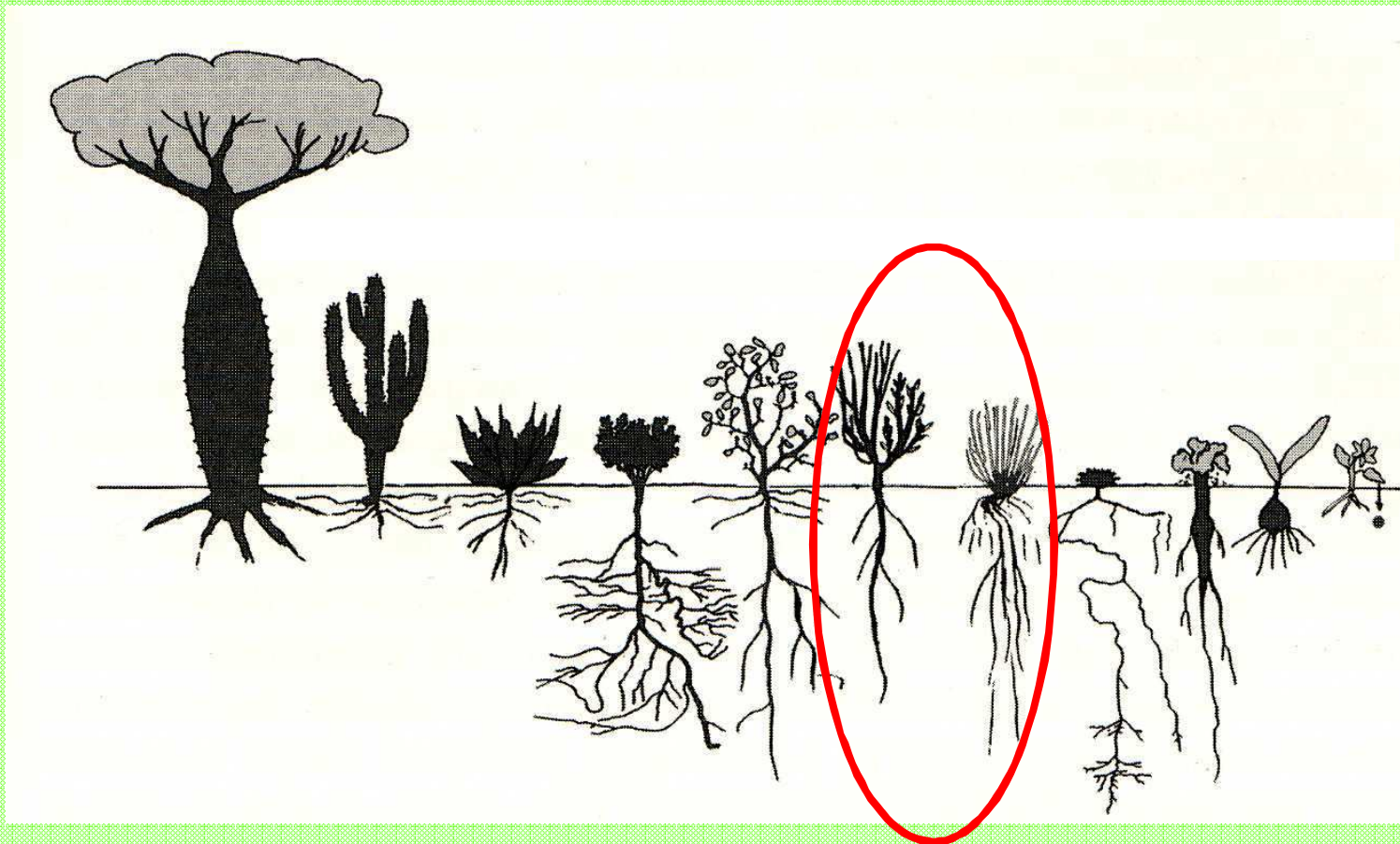
**Kořen může vážit prý až 72 kg. Obsahuje cukry a uvažuje se o jeho využití pro biopaliva.**



## Jaké jsou adaptace xerofytů?

### 3. Listy, které jsou hlavním místem výdeje vody

a) omezení počtu a velikosti listů, bez listů nebo opad listů v období sucha, malé listy (poměr povrch x objem), často jehlicovité

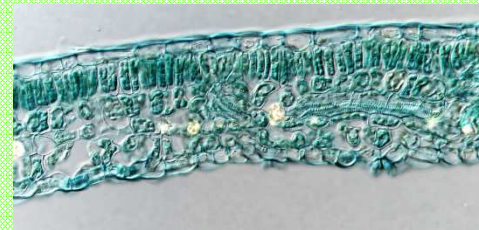




*Hakea bakeriana*  
z Austrálie



Janovec metlatý



SCIENCEPHOTOLIBRARY



Zajímavé adaptace se nacházejí u rostlin z Namibijské pouště. Zdrojem vody v této oblasti jsou hlavně husté ranní mlhy valící se od oceánu, což umožňuje rostlinám přežít, a v některých případech hluboko uložené podzemní zdroje vod.



*Acanthosicyos horridus* – nara melon



Photo: M.H. Wilkins-Ellert



Photo: M.H. Wilkins-Ellert



gettyimages  
Anthony Bannister

92154073





***Welwitschia mirabilis*, Welwitschie (velvičie)podivná**

**Je to nahosemenná rostlina, endemit Namibijské pouště. Má pouze dva listy, které přetrvávají po celý život rostliny.**



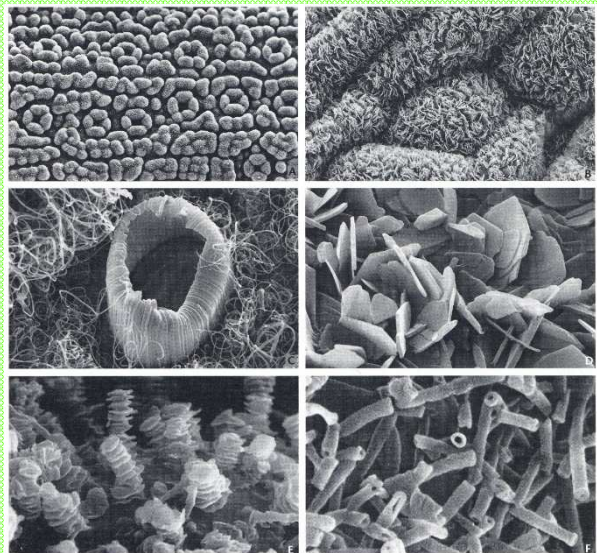
***Dracaena draco***

Endemit Kanárských ostrovů

**b) Silná vnější stěna listové pokožky, silná vrstva kutikuly, epikutikulární vosky, krycí trichomy - jsou zároveň ochranou proti patogenům a nadměrnému ozáření**



**Epidermis klívie (*Clivia miniata*)**



**Epikutikulární vosky**



**Epidermis listů dvou druhů *Lasiocephalus***

**Nahoře – druh z mlžného pralesa, dole - ze svahů And**

d) Pokrytí listu trichomy (chlupy), zejména v pokožce obsahující průduchy (v tomto případě spodní); trichomy zároveň odrážejí nadměrné ozáření a chrání proti býložravcům



Z Troughton, Donaldson: Probing Plant Structure, 1972

Trichomy na spodní straně listu *Lasiocephalus* ze svahů And



Kandelábrovitě trichomy divizny (*Verbascum* sp.).  
Autor [Josef Špaček](#)

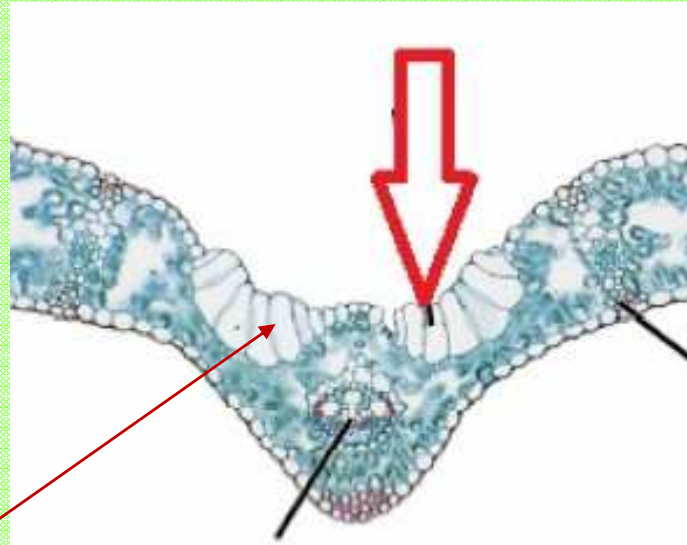
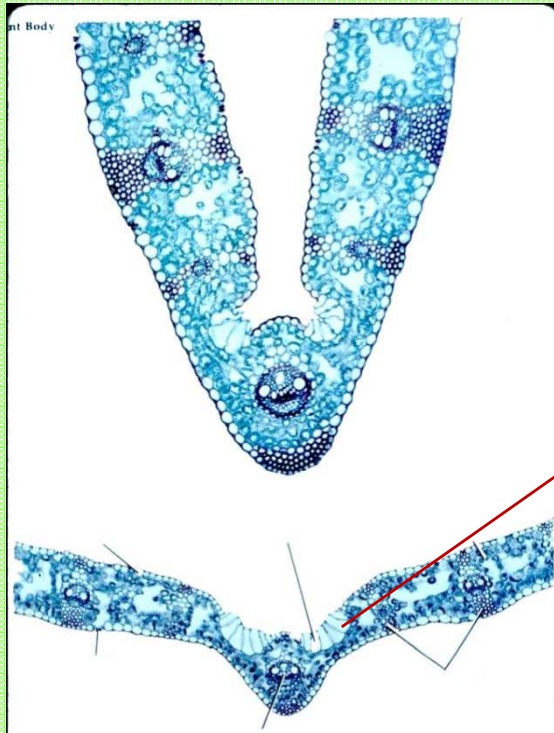


Štítnaté trichomy z listu hlošiny

Štítnaté trichomy z listu hlošiny (vlevo) a *Lagunaria patersonia* (vpravo)

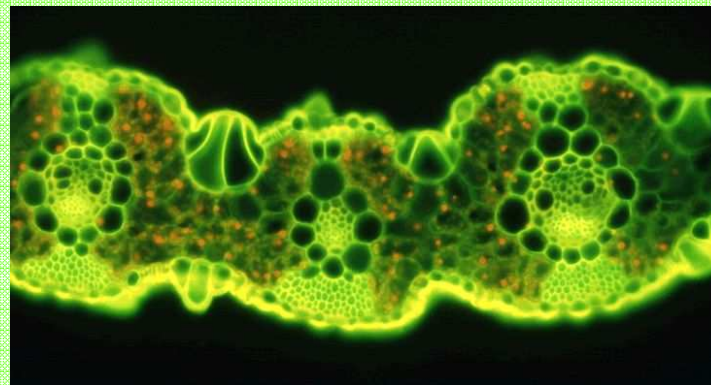
Je to endemit některých oblastí Austrálie. Nejlépe se jí daří na plném slunci. Je odolná vůči periodám sucha a soli, takže je častá na pobřeží.

e) Stáčení nebo skládání listů vedoucí k tomu, že suché atmosféře je exponována jen menší část povrchu listu



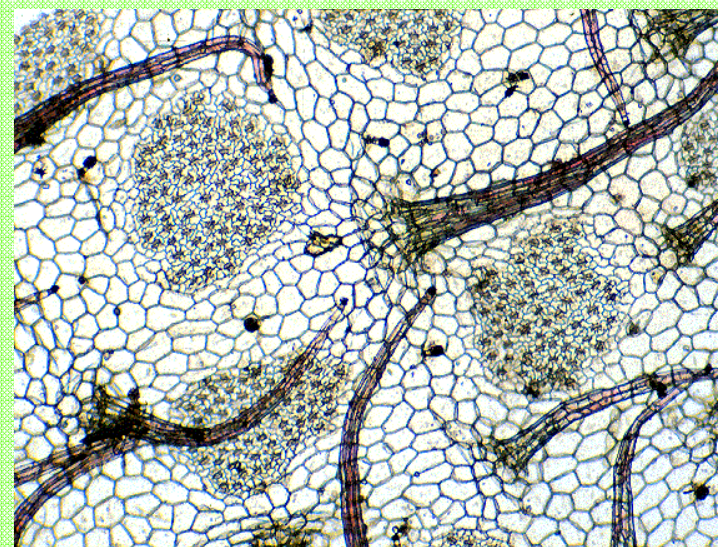
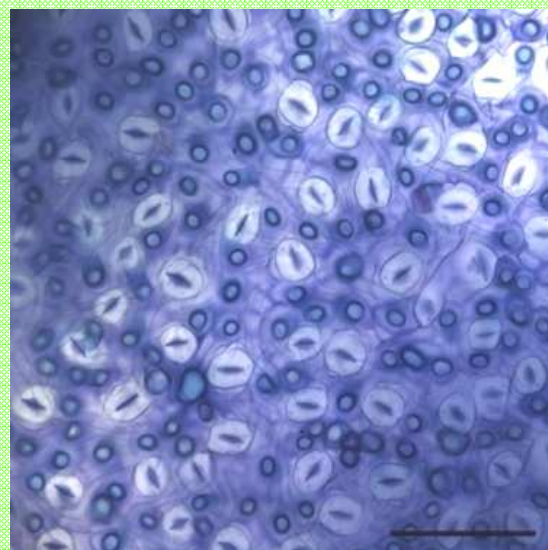
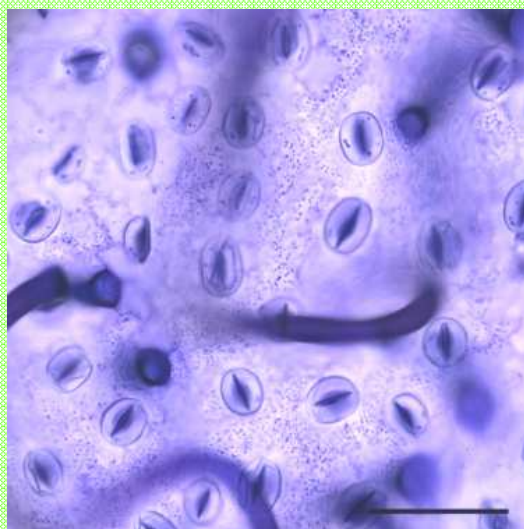
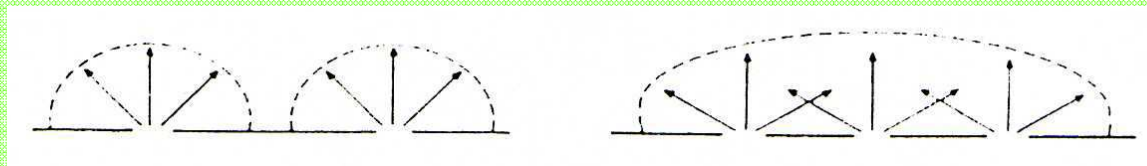
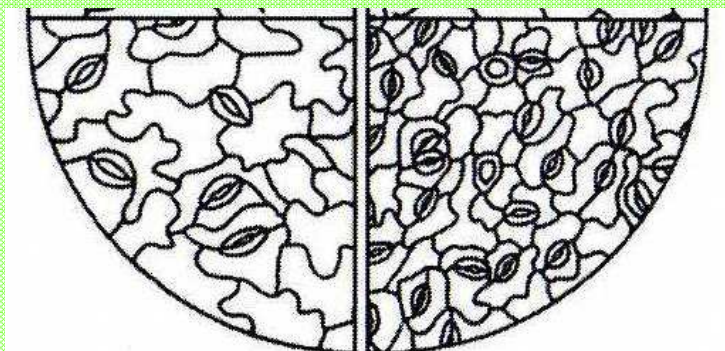
K tomu slouží tzv. ohýbací buňky.

Příčný řez střední částí listu lipnice luční (*Poa pratensis*)



Příčný řez listem bambusu

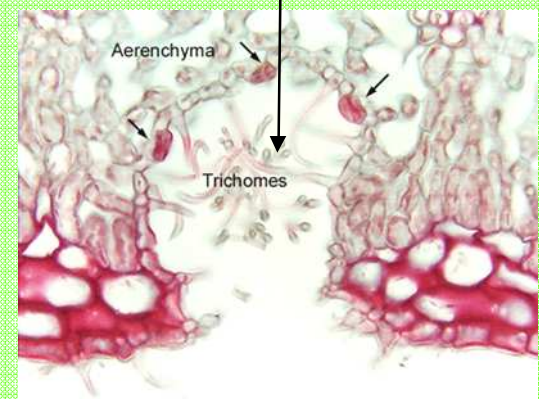
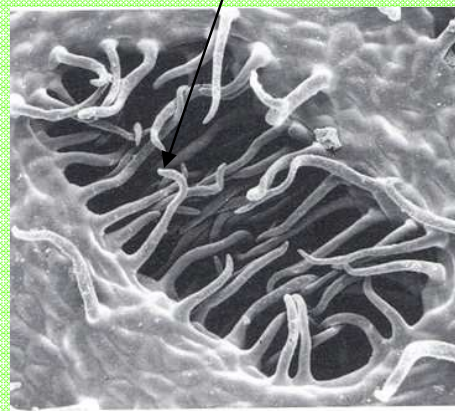
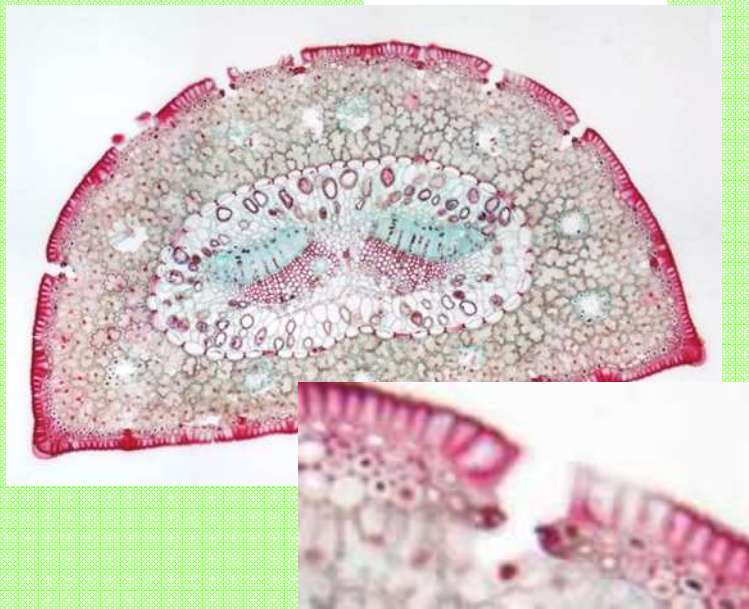
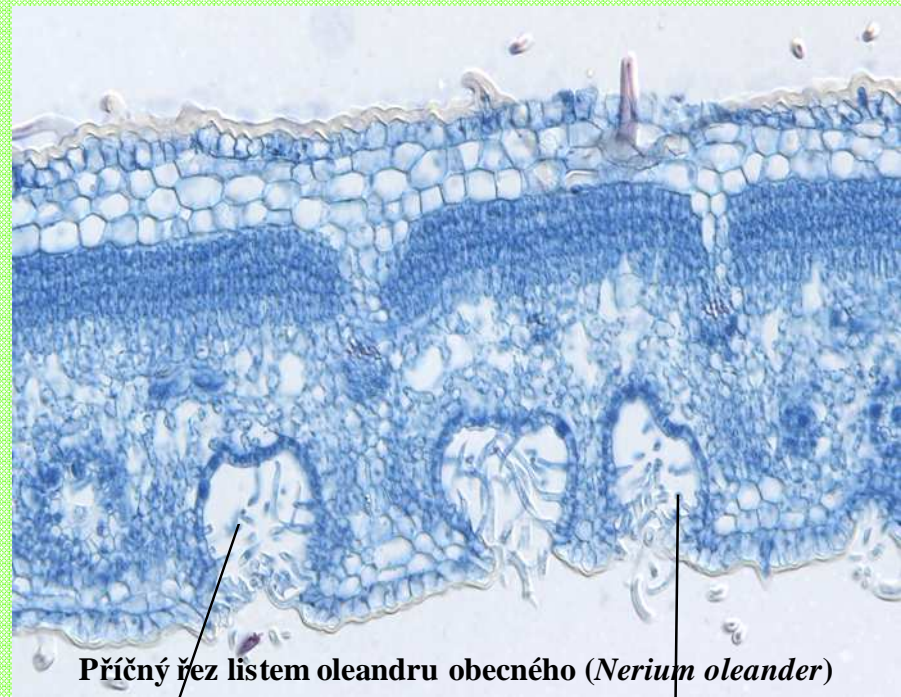
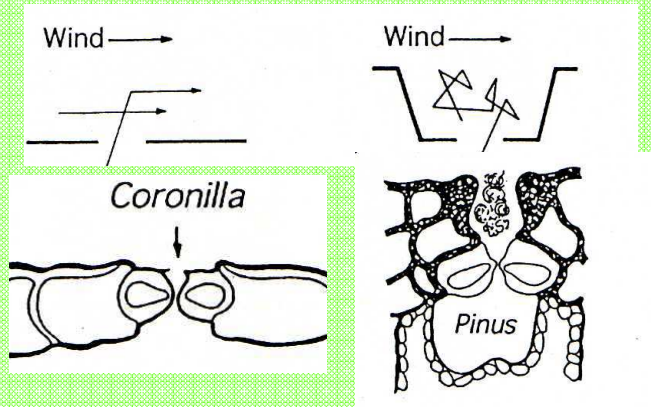
f) průduchy – větší počet drobnějších průduchů (rychlost reakce), skupiny průduchů, zanoření, krypty, žlábký

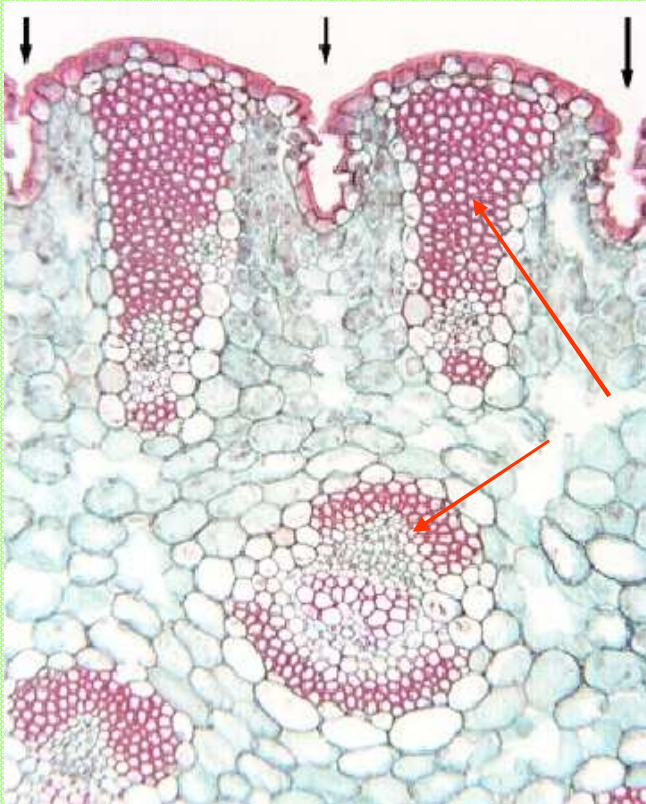


Průduchy na spodní straně listu dvou druhů rodu *Lasiocephalus*

Povrch listu begonie

# Význam zanoření průduchů

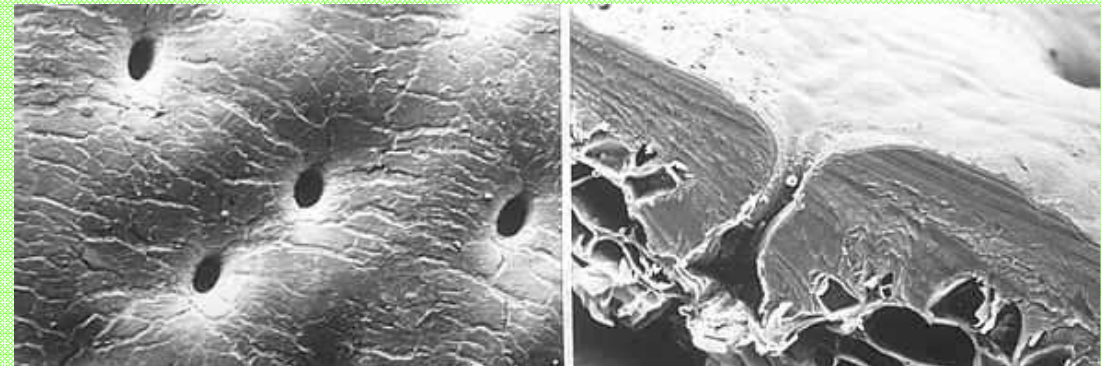




**Příčný řez listem juky (*Yucca* sp.)**



**Detail**



**Epidermis kaktusu *Rhipsalis dissimilis*.**

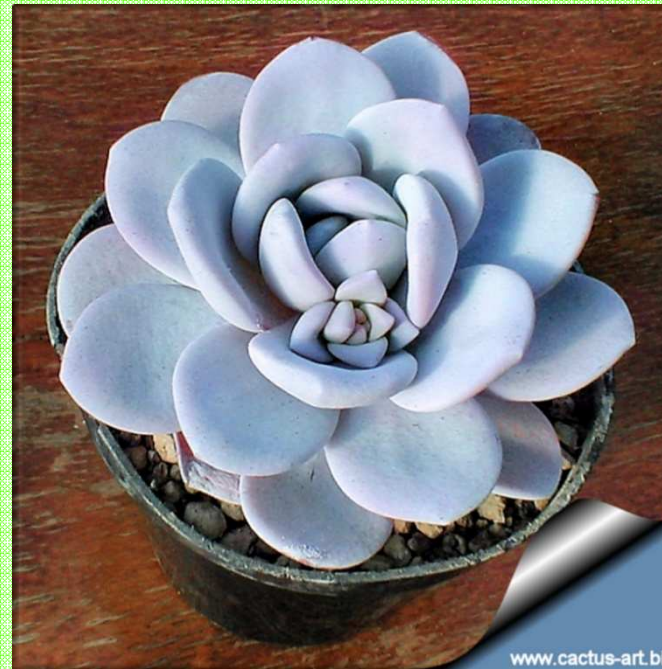


## g) Sukulence listová



**Thlustice (*Crassula ovata*)**

[en.wikipedia.org/wiki](https://en.wikipedia.org/wiki/Crassula_ovata)

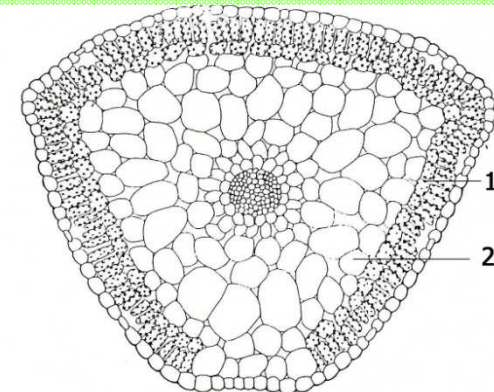


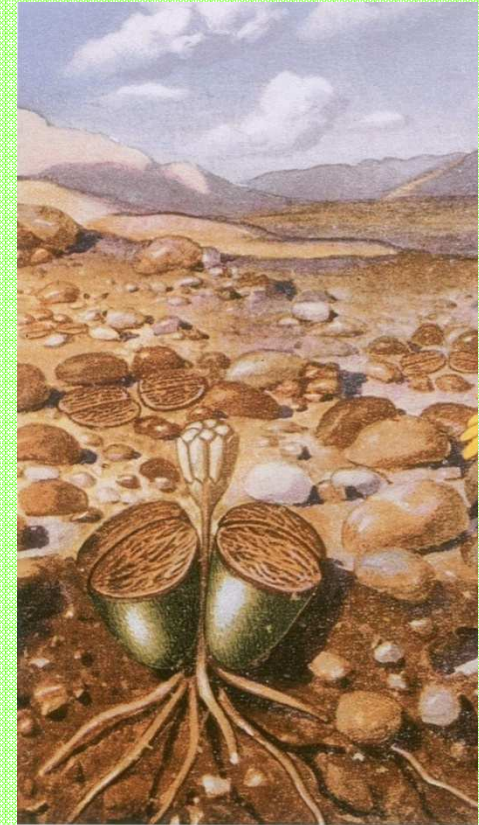
**Dužnatka (*Echeveria lauii*)**

Na zbarvení listů se podílí vysoké množství epikutikulárních vosků



**Aloe**



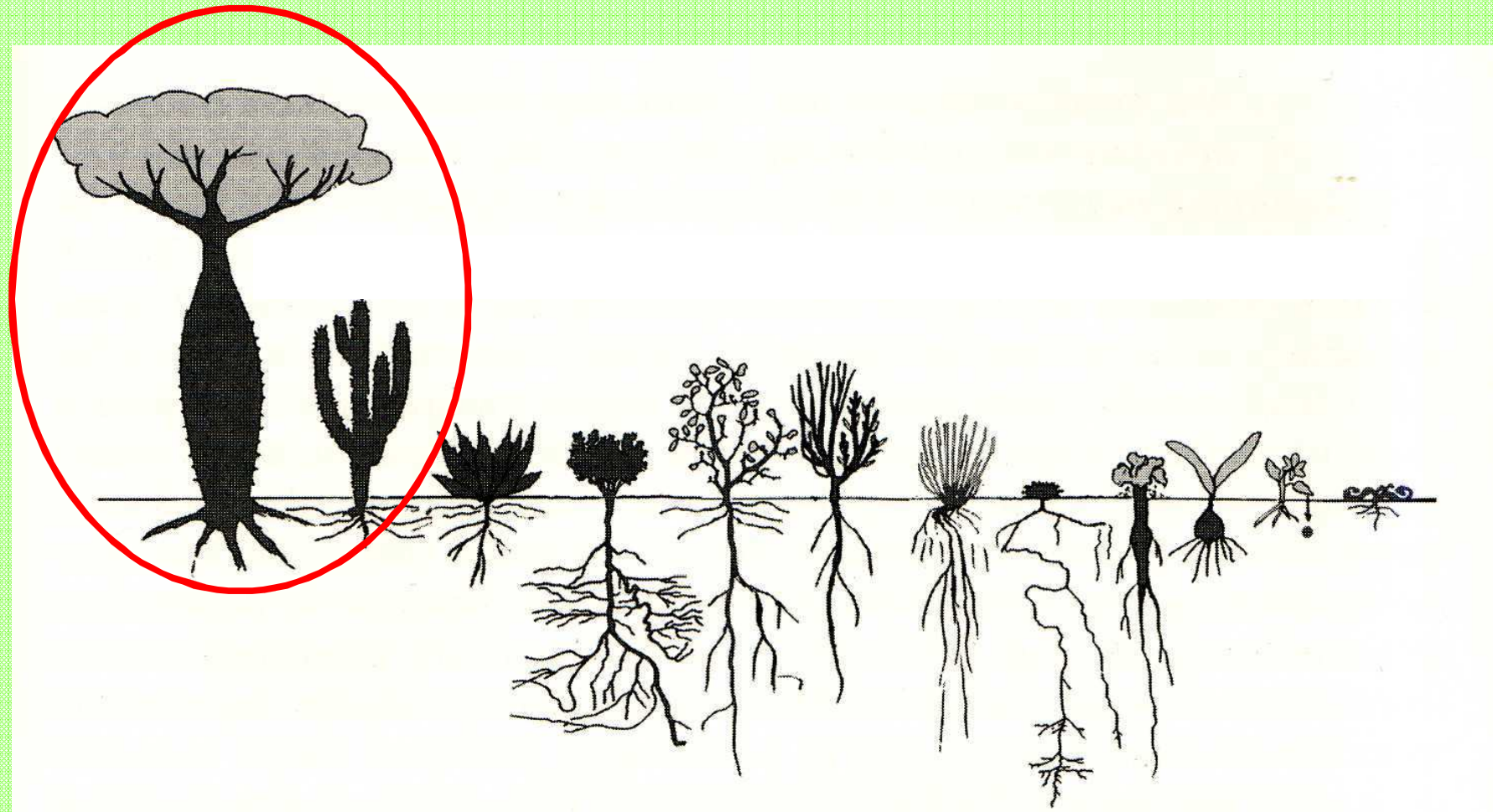


**Extrémním případem sukulence jsou tzv. živé kameny, rostliny rodu *Lithops* (Aizoaceae)**

## Jaké jsou adaptace xerofytů?

### 4. Stonky

sukulentní stonky, často bezlisté; ztloustlé stonky nebo jejich části



## Přizpůsobení podmínkám nedostatku vody



Vodní pletivo

*Cereus* z čeledi kaktusovité

**Rostliny přizpůsobené nedostatku vody** se často vyznačují úplným vymizením listů. Funkci hlavního orgánu fotosyntézy pak přebírá stonk, v jehož primární kůře je dobře vyvinutý chlorenchym. Zvláštním přizpůsobením podmínkám extrémního sucha jsou sukulentní stonky, které se vyskytují např. u kaktusovitých (Cactaceae), ale i u některých pryšcovitých (Euphorbiaceae), hvězdnicovitých (Asteraceae) a dalších. Bezlisté sukulentní stonky mají dvojí funkci – fungují jako hlavní fotosyntetické orgány a zároveň jako důležité zásobárny vody pro období sucha.



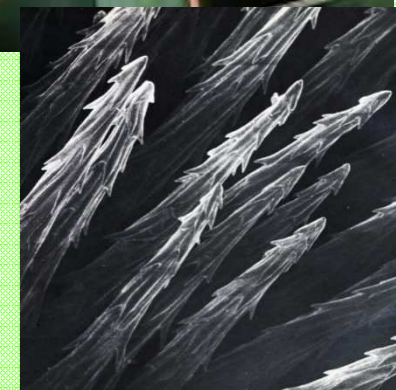
*Carnegiea gigantea* - saguaro



*Ferocactus schwarzii*



*Lophophora williamsii* (peyotl) je zdroj drogy meskalinu



*Rhipsalis*



*Acanthocereus tetragonus*



*Opuntia microdasys albispina*

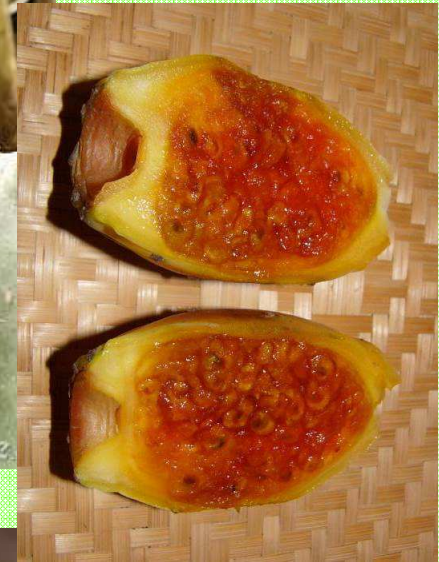
Kaktusy a opuncie mají na svém povrchu různé útvary (trny, trichomy) sloužící obraně



Jedlé plody kaktusu *Cereus repandus*



*Opuntia ficus-indica* s plody



MR  
© TopTropicals.com



Další příklady rostlin se sukulentními stonky



**Kleinia neriifolia** z čeledi hvězdnicovité,  
Kapverdy



***Euphorbia virosa*** z čeledi pryšcovité,  
Namibia



Copyright © Le Jardin Naturel 2006

**Baobab, *Adansonia***



***Adenium obesum* (pouštní růže)**

Roste v Africe a Arábii, obsahuje latex, je jedovatý a používán např. do šípových jedů.

Baobaby jsou stromy schopné skladovat vodu v kmenech a díky tomu přežít období sucha. Baobaby se vyskytují v suchých oblastech jižní Afriky a Madagaskaru. Jejich listy opadávají při nástupu období sucha. Dřevo baobabů obsahuje vodu; průměr kmene se tak mění v



***Jatropha cathartica*, pryšcovité, Texas**



# Zasolení

**Zasolení = vysoký obsah anorganických iontů v půdním roztoku. Rostliny adaptované k životu v zasolených oblastech se nazývají **halofyta**.**

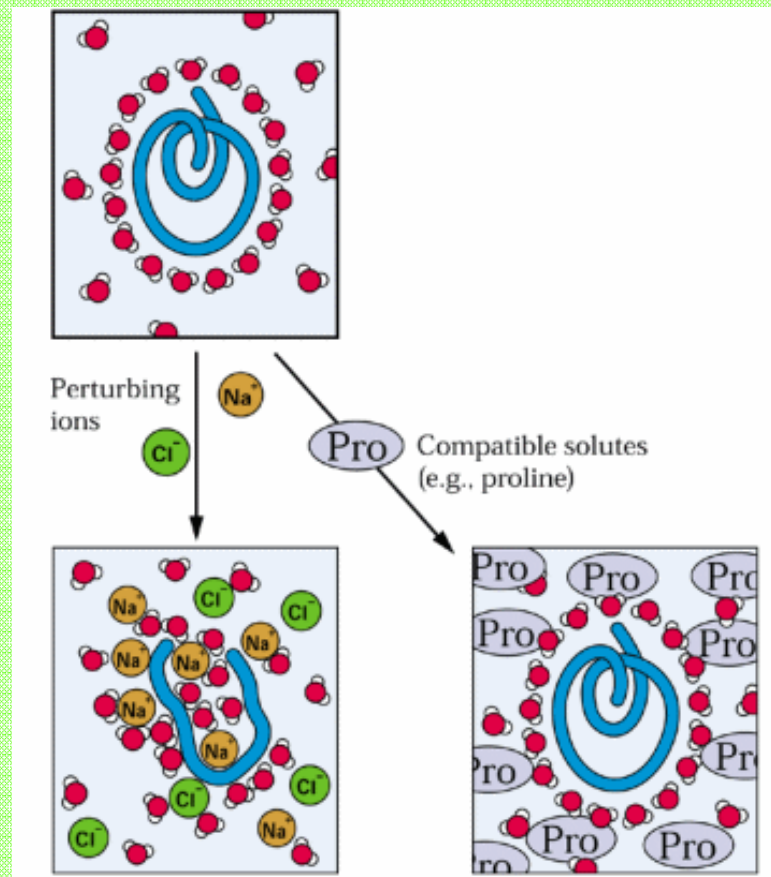
## Co zasolení působí?

**Příčiny zasolení - mořské, oceánské břehy a ústí řek, dlouhodobé závlahy, nadměrná aplikace minerálních hnojiv, zimní solení komunikací. Udává se, že asi na 6% povrchu pevniny jsou půdy zasolené.**

## Jak se rostliny se zasolením vyrovnávají?

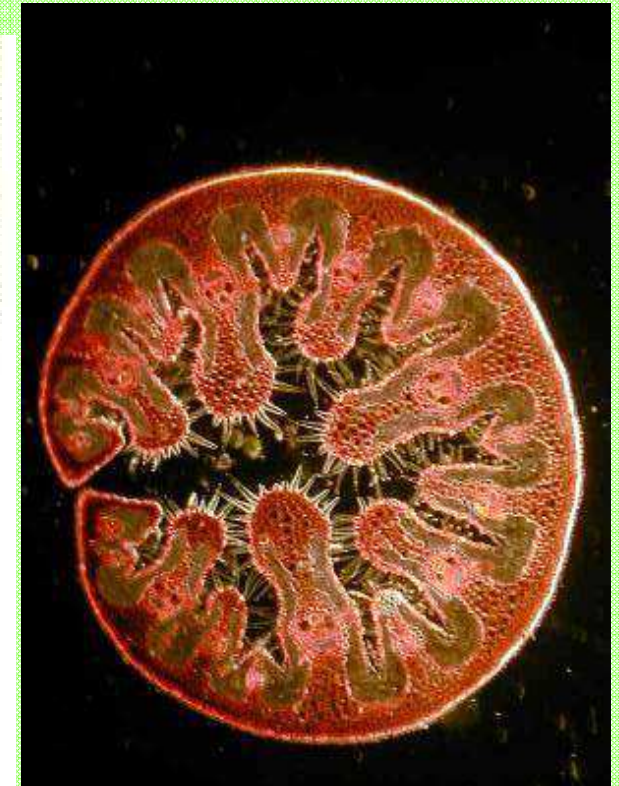
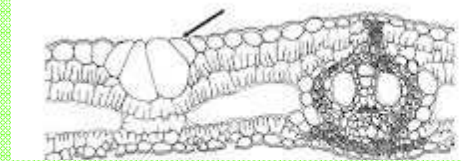
Prizpůsobení rostlin životu v zasolených půdách má některé charakteristiky obdobné jako prizpůsobení nedostatku vody.

Ochraňují proteiny



## Omezují ztráty vody a zadržují vodu

**Přizpůsobení rostlin životu v zasolených půdách má některé charakteristiky obdobné jako přizpůsobení nedostatku vody.**

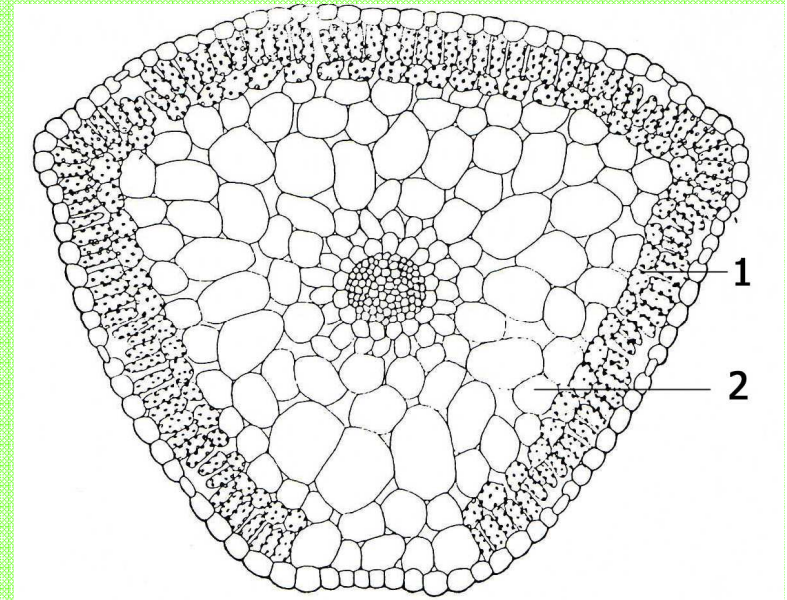


**Kamýš písečný**

**Další možností adaptace listů k zasolení je sukulence.**



*Salicornia*



**Řez sukulentním listem  
slanobýlu draselného  
(*Salsola kali*)**



*Salsola kali*

## Zabraňují hromadění solí.

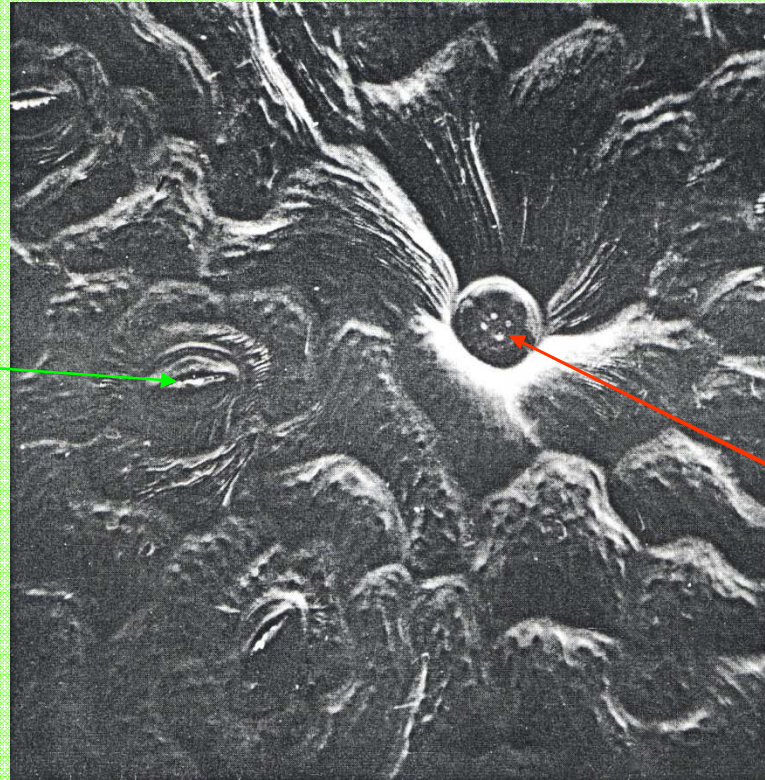
1. Vylučování nadbytečného množství anorganických iontů již v kořenech (tzv. **ultrafiltrace**)
2. Ukládání nadbytku solí **do vakuol, vylučování** solnými žlázkami solnými vlásky.



**Limonium vulgare**

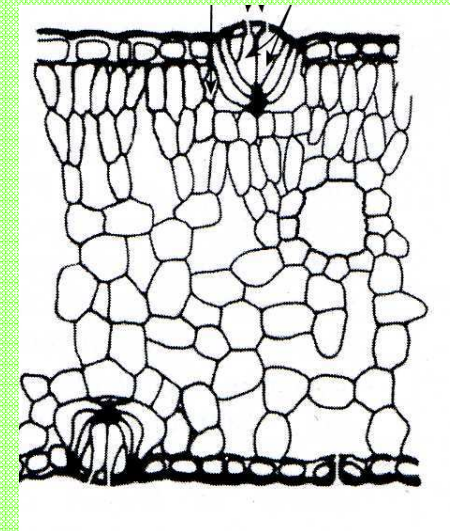
© J R Crellin 2006

**Halofyta se mohou zbavovat nadbytku solí sekrecí z nadzemních orgánů pomocí tzv. solných žlázek**



**Pohled na povrch listu *Limonium vulgare* se solnou žlázou**

Červená šipka označuje solnou žlázu, čtyři světlé body jsou otvory v kutikule, zelená šipka označuje průduch



Jinou možností, jak se zbavit solí jsou solné vlásky. V nich se přebytečné soli ukládají do vakuol, po jejím naplnění se vlasek odlomí.

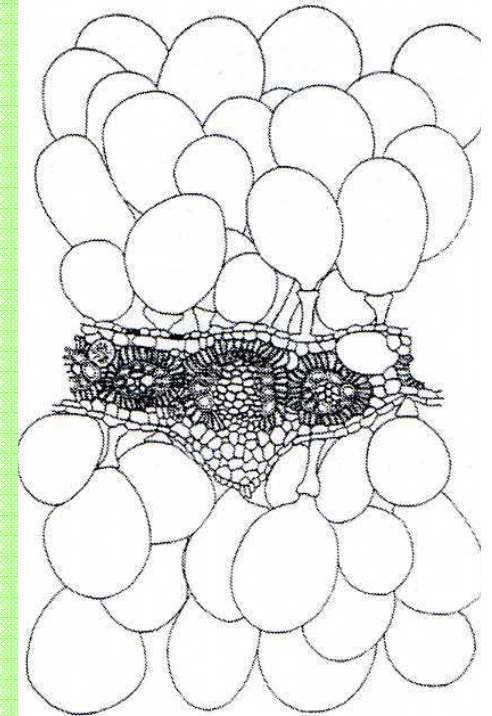
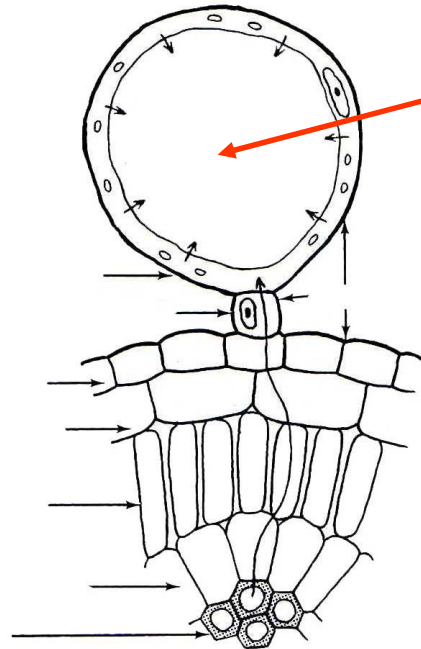


Schéma solného vlásku u lebedy (*Atriplex*)

Z Esau 1977

