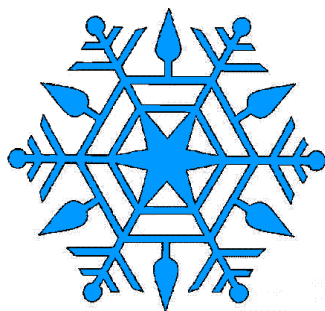


Kultivace mrazuvzdornosti kaktusů



Josef Foltýn

studie a přílohy
2025

V: publik

Cíl – pochopení mrazuvzdornosti kaktusů

Jako pěstitele kaktusů mě nadchla představa o pěstování těchto zimomřivých rostlinek v našich na zimu nic moc příznivých podmínkách. Začal jsem sledovat povzbudivé články o možnosti pěstování na divoko přímo na skalce, nebo poněkud opatrnější pěstitele v nevytápěných sklenících po celou zimu. Vše bylo psáno s nadšením, ale s poněkud tajemnými a nejednoznačnými informacemi o postupech a úspěšných výsledcích.



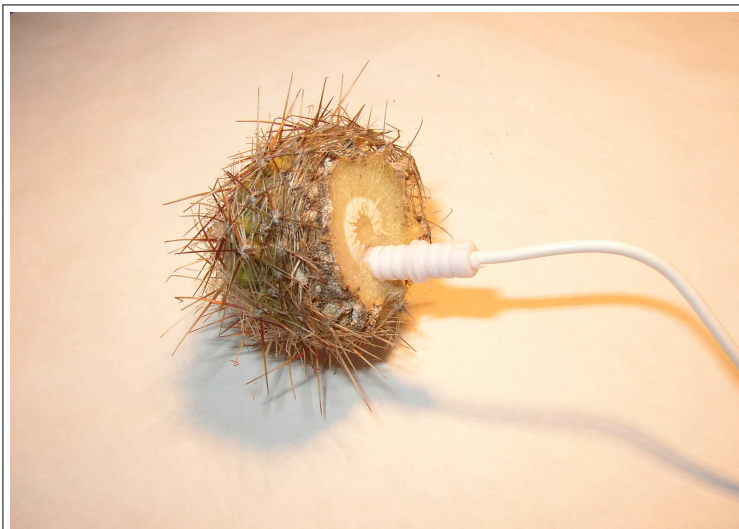
Výsev ponechaný vlivu zimy 2005-2006

Jednotliví autoři si navíc v popisech a návodech protiřečili, a jediné na čem se nakonec shodli, byl jeden mrazivý rok kdy jejich letité snažení skončilo v popelnici. Tehdy jsem také něco nastěhoval do odpadu, ale uvědomil jsem si, že je tady něco špatně. Vždyť za sto let od A. V. Friče se nic nezměnilo. Metoda v létě vypěstuji, na podzim nezazimuji, na jaře vyhodím je stále nejrozšířenější technika našich pěstitelů. Nebýt globálního oteplování, nemohli by se pěstitelé „mrazuvzdorných kaktusů“ ani pochlubit svými fantastickými úspěchy. Když jsem před mnoha lety přišel s rozhodnutím zabývat se mrazuvzdorností kaktusů mnohem důsledněji, byly zimy opravdu dlouhé a mrazivé. Pro překonání kritického chladného období bylo nezbytné zvětšit mrazovou odolnost. Protože ani dříve, ale ani dnes není žádná informace o tom, že by to někdo uměl, nezbylo mi nic jiného než si doporučený způsob ke zvětšení mrazuvzdornosti prakticky ověřit. Vysázel jsem asi 400 semenáčků odolného druhu *Gymnocalycium bruchii* do truhlíku a nechal venku zmrznout. Podle představ se bude výsev otužovat a vzniklí jedinci budou zárukou odolnější generace.

Při jarním probouzení se ještě zdálo, že nějaké pozitivní výsledky tato snaha přinese, protože asi čtyři jedinci měli stále zelenou barvu. Při pokusu o přesazování se ale ukázalo, že hniloba zasáhla od kořenů již celé tělo a nedá se nic zachránit.

Do poznámek jsem si zapsal: Tento pokus se nezdařil, snad příště ●(...a tečka)
Ale pozor – tou tečkou to neskončilo, ale naopak začalo!

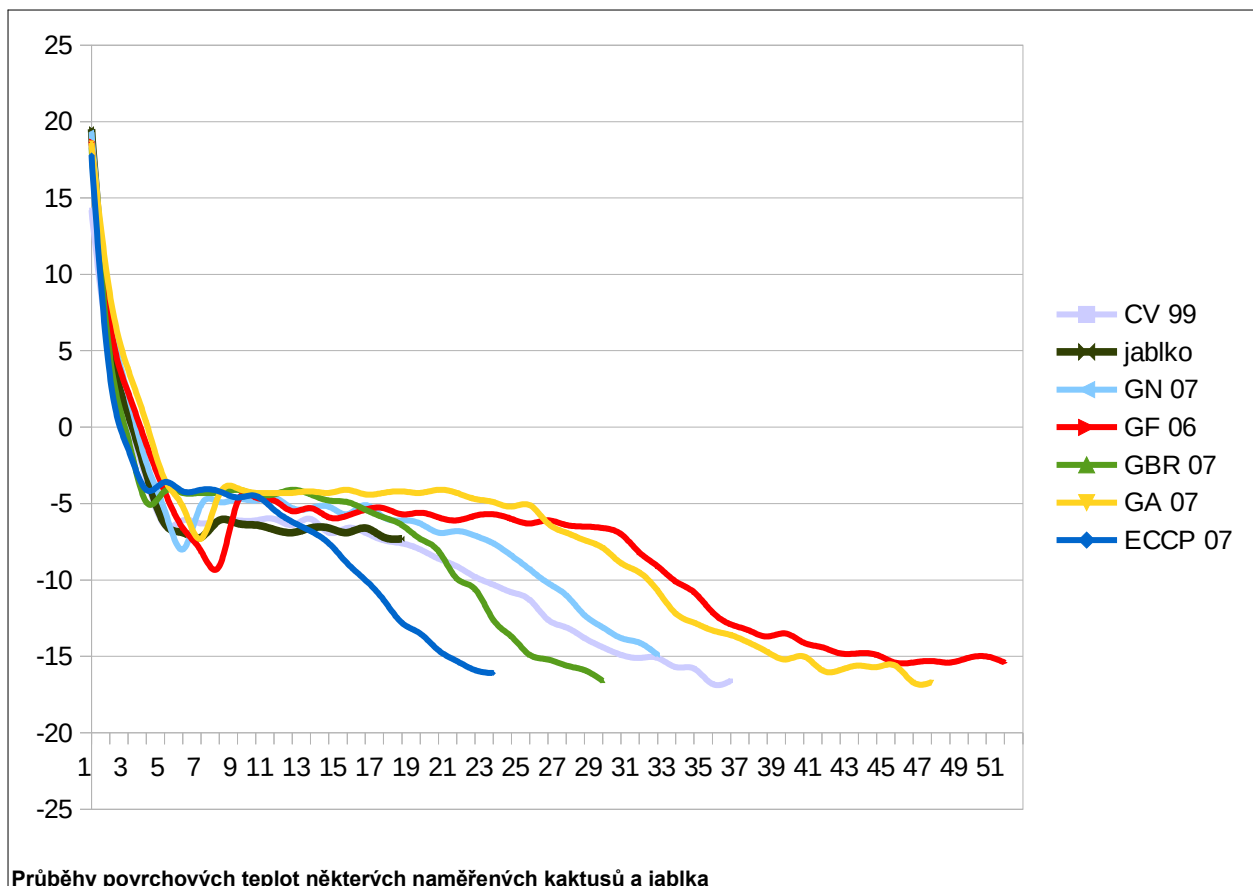
Analýza teplotních dějů při zamrzání kaktusu



Umístění sondy teploměru na tělo kaktusu

Při hledání důvodu, proč vlastně kaktusy zmrznou, jsem v literatuře našel úsměvný názor, že je to vznikem ledových krystalů, které svým zvětšováním pomocí ostrých hran poškodí stěny buňky. Rostlina se tomuto jevu brání tím, že vytváří látky, které snižují **bod mrznutí**. O tomto jednoduchém vysvětlení jsem tedy přemýšlel, jak tuto teplotu mrznutí změřit. Do buňky sice nevidím, ale pokud je to pravda, tak se to musí projevit teplotou na povrchu kaktusu, což lze jednoduše změřit kontaktním teploměrem. Bod mrznutí vody je vlastně změna skupenství která se musí projevit

výrazným pozastavením poklesu teploty. Připevnil jsem sondu teploměru k tělu kaktusu a umístil jsem ho do mrazáku.



Průběhy povrchových teplot některých naměřených kaktusů a jablka

Pro měření byly použity druhy *Coryphantha vivipara*, jablko, *Gymnocalycium neuhuberi*, *Gymnocalycium friedrichii*, *Gymnocalycium bruchii*, *Gymnocalycium andreae* a *Echinocereus purpureus*. V grafu je patrný zvrát, který je způsoben zahájením zamrznání vody a způsobí skokové zvětšení teploty. V tomto okamžiku se začíná uvolňovat skupenské teplo, které pozastaví další prochlazování. Teprve po úplné změně skupenství vody teplota začne opět klesat až na hodnotu okolí. Z grafu je však patrné, že téměř všechny kaktusy včetně srovnávacího jablka zamrzají stejně. Odolné nebo choulostivé druhy, to je jedno, všechny mrznou při **stejně teplotě!** Žádný FRIDEX v sobě neobsahují. Příčina uhynutí není tedy způsobena vznikem ledových krystalů, protože by u kaktusů s vyšší nebo nižší mrazuvzdorností muselo dojít ke změně rozdílné teploty zamrznání. Po naměření průběhu teplot na kaktusech, by se dalo uvažovat, že teploty zamrznání okolo -5°C jsou dány obsahem cukrů, šťáv a dalších příměsí v buňce rostlin. Provedl jsem proto totéž měření ale s obyčejnou kohoutkovou vodou, teplotní sonda byla na povrchu plastové nádoby.



Objeví se opět stejný tvar zamrznání s poklesem až na -7°C , pak skokové navýšení teploty a následuje dlouhé plato okolo -2°C . Teprve po konečné přeměně vody v led následuje pokles na teplotu mrazáku (ta již není v grafu zobrazena). Proč se ale voda podchladí až na tak nízkou teplotu, co

vyvolá zvrát po kterém následuje oteplení a proč je teplota nádoby na povrchu v -2°C když má voda mrznout při 0°C ?

Teplota na povrchu těla je dána rovnováhou mezi množstvím tepla odváděným z povrchu a množstvím tepla přiváděným z vnitřku. V počátku probíhá ochlazování po exponenciálně a provádí se postupné vyrovnávání rozdílných teplot. Podstatná změna však nastane v okamžiku, kdy se na povrchu podchlazené vody vytvoří slabá vrstva ledu. Jednak se začne ze změny skupenství generovat teplo, ale zároveň dojde ke změně ustálené rovnováhy. Je to způsobeno tím, že nově vzniklá vrstva ledu má 4x větší vodivost tepla než předchozí voda (voda: $0,55 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, led: $2,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

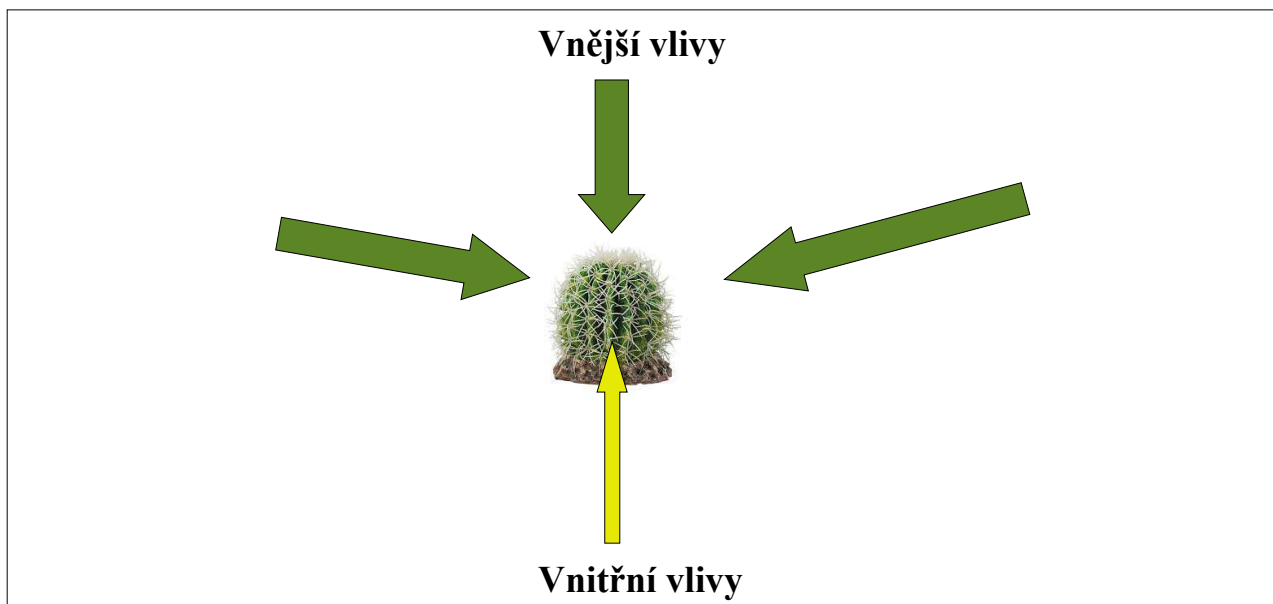
V tomto okamžiku se skokem změní dosavadní rovnovážný stav mezi teplem odváděným z povrchu a množstvím tepla přiváděným ledem. Nyní nastává fáze, při které se všechno teplo vzniklé změnou skupenství vody na led, musí nechat odsálat z povrchu ven. Tím vzniká velké, časově významné plato, kdy po dlouhou dobu je teplota na povrchu téměř konstantní. Ačkoliv je teplota zamrznání vody 0°C , vlivem vodivosti tepla v ledu je docílen takový teplotní spád, že na povrchu změříme -2°C . Fyzikální zákony tím nejsou nijak narušeny.

U kaktusů není žádná přímá nebo jednoduchá vazba mezi mrazuvzdorností a okolní teplotou. Autoři tabulek ve kterých přiřazují k jednotlivým druhům mrazuvzdornost ve $^{\circ}\text{C}$ nikde neuvádí, jak tuto teplotu ZMĚŘIT. Evidentně se jedná jen o odhad nebo přání aby to tak fungovalo.

K prolomení jejich tajemství bylo třeba učinit nejdůležitější krok v cestě za poznáním - k měření mrazové odolnosti kaktusů NELZE POUŽÍT TEPLOMĚR !

Analýza zamrzání kaktusů – zatím TEMNO

Pro pochopení dějů v těle zamrzajícího kaktusu a příčin proč přežije nebo nepřežije, je třeba vyhodnotit všechny vlivy, proč k tomu dochází. Přežití je závislé na mnoha příčinách, a při ponechání všech vlivů je nemožné něco zjistit. Když ale dojde ke zjednodušení až na jednu měřitelnou veličinu, již s tím lze pracovat. Zobrazení všeho, co ovlivňuje přežití kaktusu během zimy.

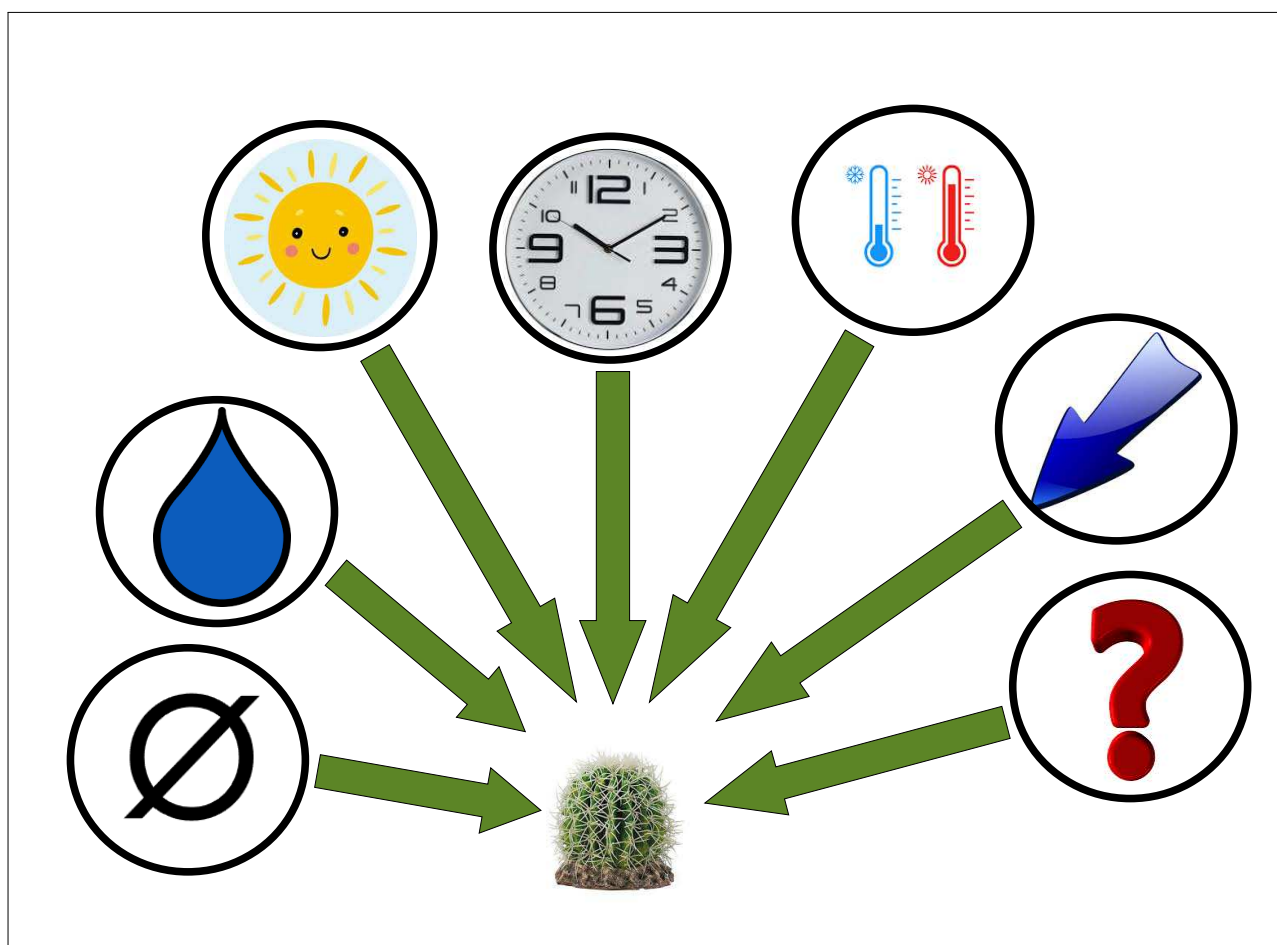


Vnitřní vlivy jsou v těle samotného kaktusu a je to jeho velikost (R), druh kaktusu (DRUH) a ostatní působení zdravotního stavu a celkové kondice (O).

Vnější vlivem je působení okolí, hlavně tedy ZIMA, což je ale široký pojem a nelze ji použít pro porovnání natož pak pro měření odolnosti. Je jí nutno rozdělit na tři samostatné vlivy a to na teplotu (T), gradient ochlazování (G) a dobu trvání chladu (D). Nelze opomenout ještě na jeden důležitý vliv a to je vlhkost (V) v podobě deště, sněhu, ledu, rosy a všech podobných forem vody. Neopomenutelnou příčinou ovlivňující přežití kaktusů v zimě je ještě sluneční svit (S).

Vlivy	označení
druh	DRUH
teplota	T
gradient	G
doba	D
velikost těla	R
sluneční svit	S
vlhkost	V
ostatní	O

Pro názornější představu jsou znázorněny jednotlivé vlivy na zamrznutí kaktusu pomocí obrazových symbolů, které zobrazují složitost úkolu k vyřešení a nutnost zjednodušení.



Pro zapsání vzorce **F** popisujícího zmrznutí kaktusu vlivem všech vnitřních a vnějších vlivů vazbou neznámých funkcí f_1, f_2, \dots až f_8 lze použít tento zápis:

$$F \sim f_1(\text{DRUH}) \wedge f_2(T) \wedge f_3(G) \wedge f_4(D) \wedge f_5(R) \wedge f_6(S) \wedge f_7(V) \wedge f_8(O)$$

Lze se na něj dívat jako na jednu rovnici o osmi neznámých která je neřešitelná jak z matematického tak kaktusářského pohledu.

Jediným řešením je tedy celou rozsáhlou problematiku vlivů postupně zjednodušit.

Ostatní vlivy- (O)

Do skupiny ostatních vlivů patří vlastnosti kaktusu vzniklé pěstováním. Jedná se o vyžrávání pletiva, zdravotní stav, dostatečnost stopových prvků a živin. To nelze individuálně vyhodnocovat, měřit a porovnávat. Pokud je však splněn předpoklad, že všichni jedinci mají k životu stejné, tedy srovnatelné podmínky, pak je možno prohlásit veličinu ostatní (O) za konstantní a ve funkci **F** ji ignorovat.

$$F \sim f_1(\text{druh}) \wedge f_2(T) \wedge f_3(G) \wedge f_4(D) \wedge f_5(R) \wedge f_6(S) \wedge f_7(V) \wedge f_8(\cancel{O})$$

Vlhkost – (V)

Vlhkost V je u kaktusářů dobře známá. Jedná se o vliv vlhkosti v zimním období, kdy se rozlišuje pěstování kaktusů jako zimuvzdorné a mrazuvzdorné. Každá forma vody na tělo nebo kořeny během zimování komplikuje přežívání a snižuje šanci na přežití. Pro naši potřebu snížit počet komplikujících vlivů je jednoznačně nutné provádět měření bez vody. Kaktusům sucho neuškodí a při hledání řešení to pomůže.

$$F \sim f_1(\text{druh}) A f_2(T) A f_3(G) A f_4(D) A f_5(R) A f_6(S) A \cancel{f_7(V)} A \cancel{f_8(O)}$$

Sluneční svit - (S)

Zdánlivě bezvýznamná veličina, ale sám jsem si ověřil, že při nechráněném zimování se osvětlovaná strana kaktusů poškodila. V témže roce jsem pozoroval i popálení listů břečťanu, který měl na osvětlené straně spálené špičky a o kus dále ve stínu byly všechny listy zdravé. Prováděl jsem pokusy při zakrytí truhlíku jen novinovým listem papíru a výsledky byly lepší než u sousedních nechráněných truhlíků.

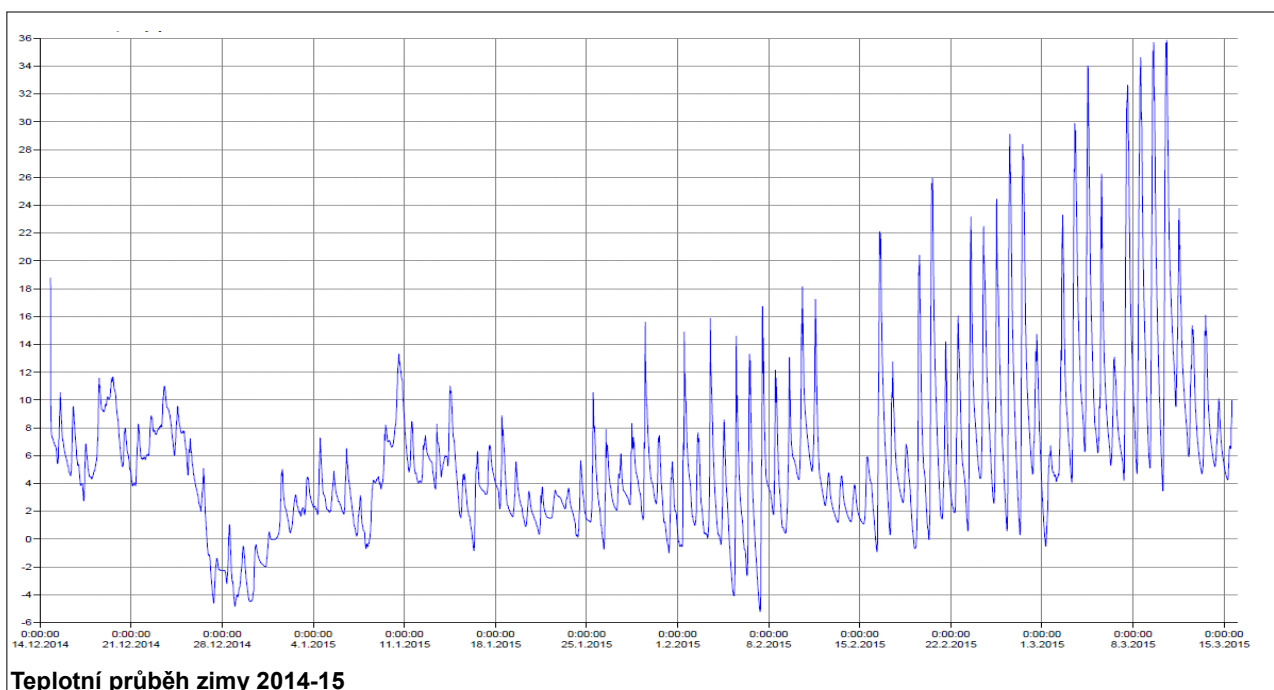
Ostatně se jedná o známou kaktusářskou radu jak zajistit kaktusy na zimu - přikrytí kletím. Závěr tedy je, odstranit sluneční svit ať neovlivňuje měření.

$$F \sim f_1(\text{druh}) A f_2(T) A f_3(G) A f_4(D) A f_5(R) A \cancel{f_6(S)} A \cancel{f_7(V)} A \cancel{f_8(O)}$$

A to je vše co dokázali kaktusáři vypožorovat, jak zjednodušit a zprůhlednit zimování kaktusů. Proti nim stále stojí jeden **malý nepřítel** v podobě velikosti těla kaktusu (R), ale hlavně jeden **moc velký nepřítel** a to je **ZIMA** ve skryté podobě tří démonů a to jsou teplota(T), gradient ochlazování (G) a doba zimy (D). Proto nemohou pěstitelé kaktusů překročit svůj vlastní stín v pěstování. Mrazuvzdorné kaktusy jsou tak jen kolektivní halucinace, o tomto preludu všichni jen mluví, ale nikdo neumí mrazuvzdornost definovat, změřit a v žádném případě zvětšit – a to je to **TEMNO!**

Nové řešení - SVÍTÁ

Pokud chci bojovat se zimou, musím nejprve vědět jak taková zima vypadá. Umístil jsem do skleníku na zimu 2014-15 mezi truhlíky záznamové zařízení. Zde je teplotní průběh.



Je to teplotní bramboračka plná změn, mrazu, oteplení, poklesů teplot, extrémů horní, dolní, průměrné. Jedna „Zima“ je naprosto neuchopitelná veličina která se k měření vůbec nehodí. Pro studium teplotních průběhů a dění v těle kaktusu nelze použít venkovní prostředí!

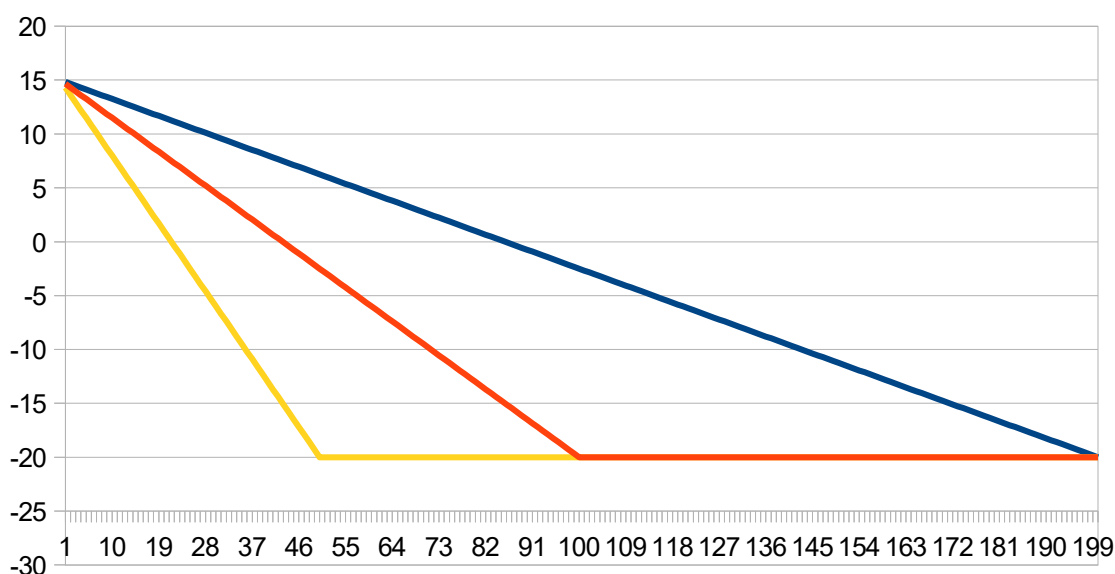
Teplota - (T)

Pro rozbor co se děje při zamrznání je nutno použít něco úplně jiného – tak jsem zvolil mrazák. Zde je teplota v porovnání s teplotou v zimě téměř konstantní. Teplota v mrazáku nepatrně kolísá okolo nastavené hodnoty, ale to je proti zimě téměř zanedbatelné. Platí však podmínka, že pro všechna měření bude použit stejný mrazák, pak lze závislost na teplotě (T) ignorovat.

$$F \sim f_1(\text{druh}) A f_2(T) A f_3(G) A f_4(D) A f_5(R) A f_6(S) A f_7(V) A f_8(O)$$

Řešení teplotního gradientu– (G)

Další podstatný a geniálně jednoduchý nápad který umožnil průlomové zjednodušení při hledání vzorce pro mrazovou odolnost vznikl na základě hledání přístroje pro konstantní gradient ochlazování. Chtěl jsem vytvořit zařízení, které by namodelovalo lineární pokles teploty s nastavitelným gradientem.



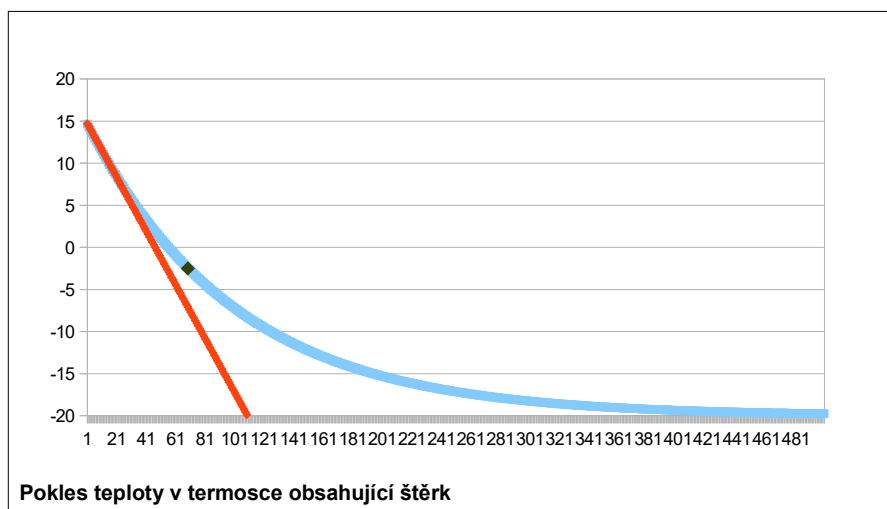
Požadovaný ideální průběh poklesu teplot uvnitř boxu s nastavitelným gradientem

Představoval jsem si tepelně izolovaný box, který by se vložil do mrazáku. Uvnitř by byl teploměr a regulovatelný elektrický zdroj tepla. Regulovatelný proměnlivý zdroj by dodával do boxu takové množství tepla, aby teplota klesala po zadané přímce.

Hezká představa, horší realizace a spolehlivost ale vůbec žádný přínos.

Použil jsem jednodušší řešení, které nevyžaduje žádnou elektroniku, funguje spolehlivě a nemusí se nic vyrábět – **termoska**.

Při naplnění termosky materiálem, který chladem nemění své skupenství (například štěrk) obdržíme při ochlazování sice jiný průběh než přímku a to exponenciálu.



Gradient v takovém případě není po celou dobu konstantní, ale stačí když má při každém pokusu stejný průběh. Při naplnění kaktusy má gradient poněkud složitější tvar, ale ten je také pro každý pokus podobný. Při dodržení podmínky stejného naplnění termosky a stejné počáteční teploty lze gradient z vlivů na mrazuvzdornost ignorovat.

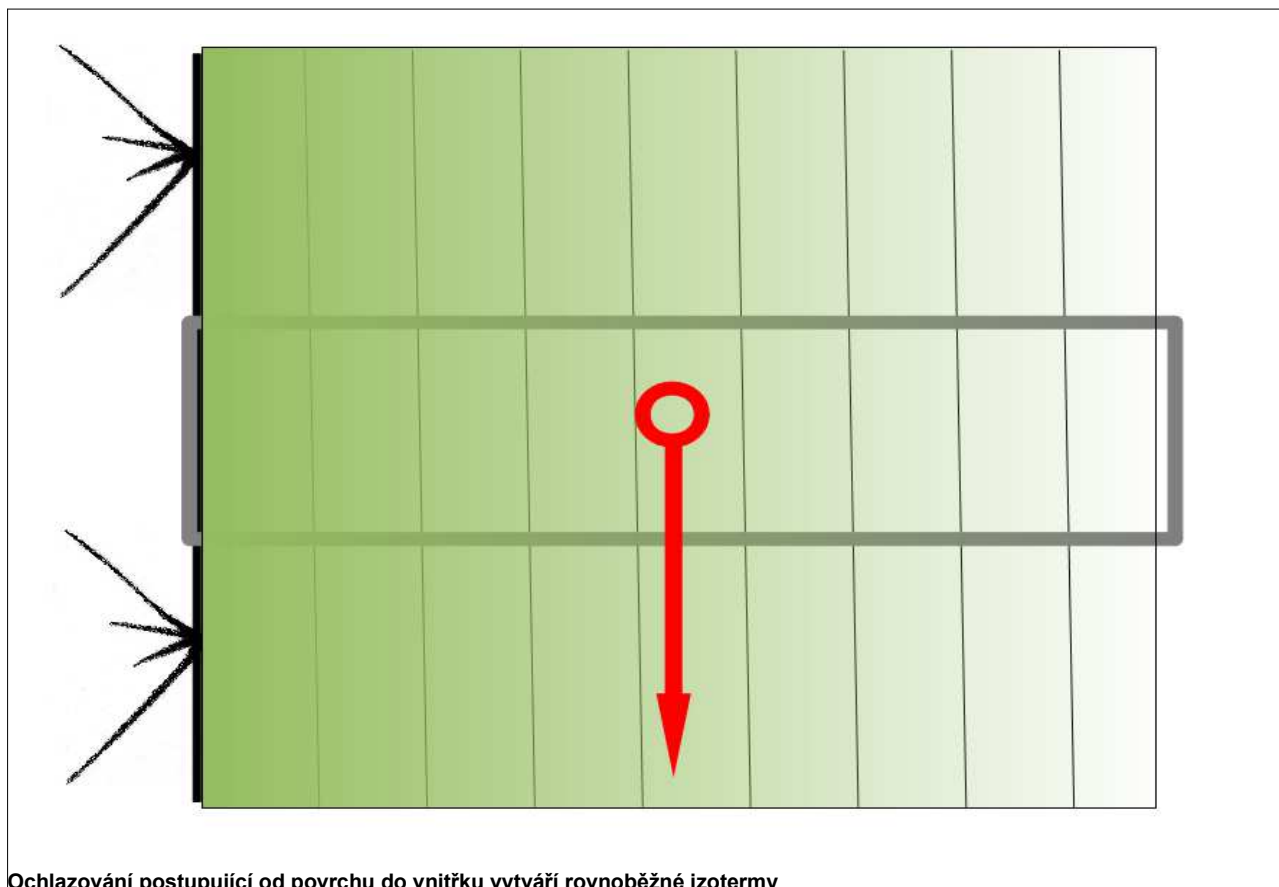
$$F \sim f_1(\text{druh}) \wedge f_2(\text{T}) \wedge f_3(\text{G}) \wedge f_4(\text{D}) \wedge f_5(\text{R}) \wedge f_6(\text{S}) \wedge f_7(\text{V}) \wedge f_8(\text{O})$$

Vedlejší efekt termosky na průměr (R)

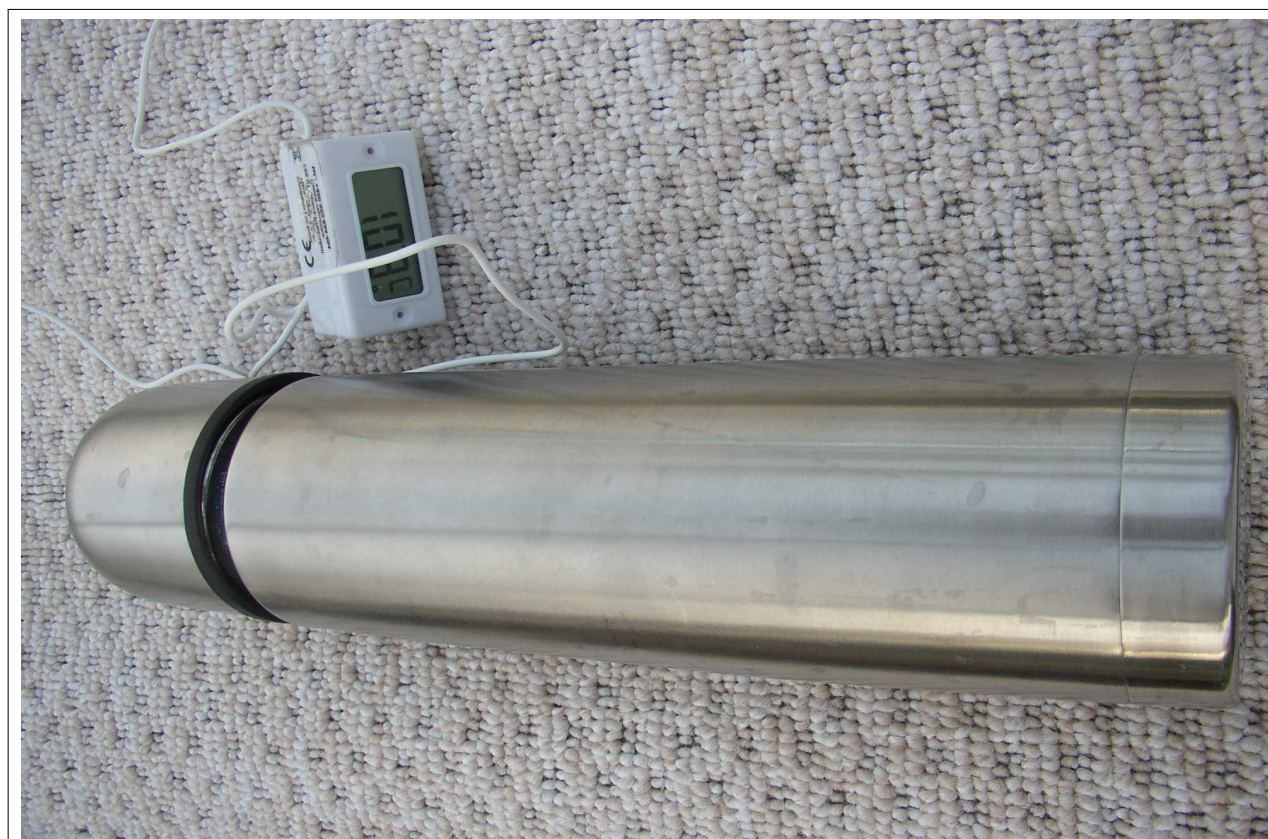
Při poklesu teplot dochází k rozdílné rychlosti prochlazování malých nebo naopak velkých těles a kaktusy nejsou výjimka. Přežití nebo nepřežití kaktusu vlivem promrznutí je tedy bezesporu závislé na jeho velikosti, hmotnosti, váze, objemu vody nebo čím chceme tento rozměr měřit. Můžeme si představit, jak to řeší kolega kaktusář z Aljašky. Tělo kaktusu je vyhřáté z léta, obsahuje velké množství vody a začíná se ochlazovat, jak to bývá na Aljašce zvykem. Pro zjištění, co se začne odehrávat v těle takového pořádného kaktusu, provedeme výřez a budeme sledovat dění pod povrchem, jak je ohraničeno obdélníkem.



Kolega kaktusář u svého výpěstku



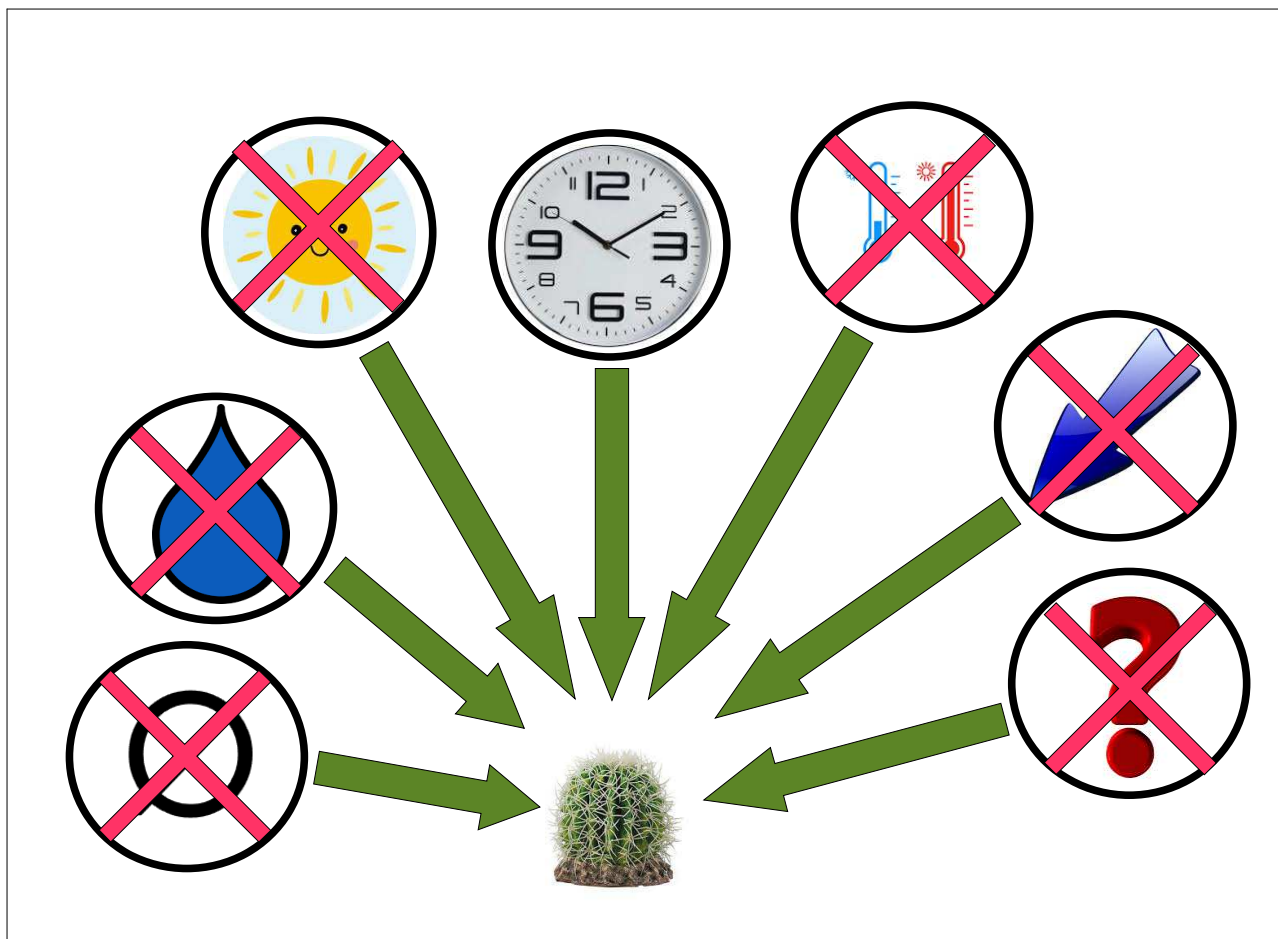
Teplo opouštějící tělo kaktusu vystupuje povrchem ven, ochlazená místa se stejnou teplotou pak vytvářejí pásy rovnoběžné s povrchem. A nyní celý monstrózní kaktus ignorujeme a budeme se zajímat jen o obdélníkovou oblast vyznačenou na obrázku. Tytéž vlastnosti ale má i kaktusy napěchovaná termoska.



Termoska jako nástroj pro výrobu ideálního prostředí pro měření mrazuvzdornosti

Jak se chová prostředí uvnitř termosky ? Lze si ho představit jako část velkého kaktusu mající průměr jeden nebo tři metry – to je jedno, ale platí že všechny kaktusy v termosce se chovají, jako by měly jeden konstantní průměr (R) !! Proto ho můžeme **zanedbat!!!**

$$F \sim f_1(\text{druh}) A f_2(\cancel{T}) A f_3(\cancel{G}) A f_4(\text{D}) A f_5(\cancel{R}) A f_6(\cancel{S}) A f_7(\cancel{V}) A f_8(\cancel{O})$$



Zde máme vysvětlení, proč lze při měření mrazuvzdornosti v termosce všechny rušivé vlivy zanedbat.

Mrazuvzdornost určitého druhu je závislá jen na čase.

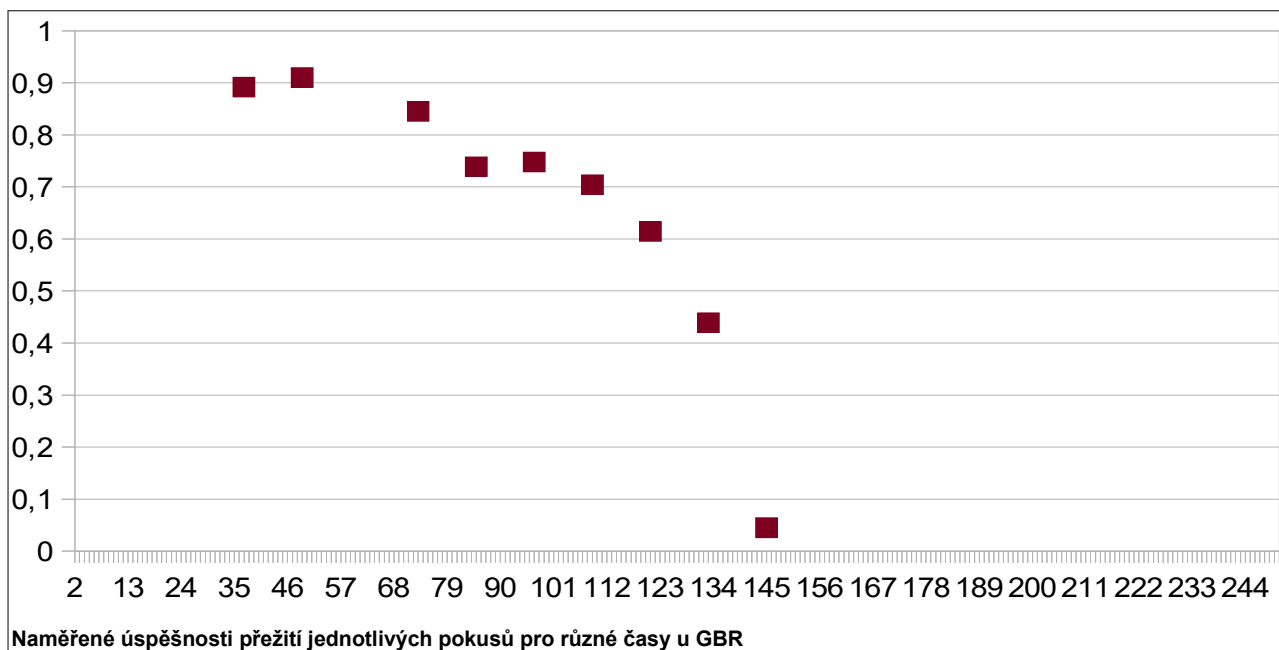
Mrazuvzdornost kaktusů – budiž jasno

Postup pro měření mrazuvzdornosti je následující - termosku jsem naplnil jednotným výsevem kaktusů a umístil do mrazáku. Mám tak mrazák s **konstantní teplotou**, jedním **stejným druhem** naplněnou termosku s kaktusy o stejné teplotě, ochlazování bude probíhat stále se **stejným gradientem**, a jediný údaj který se měří je nyní **čas!**

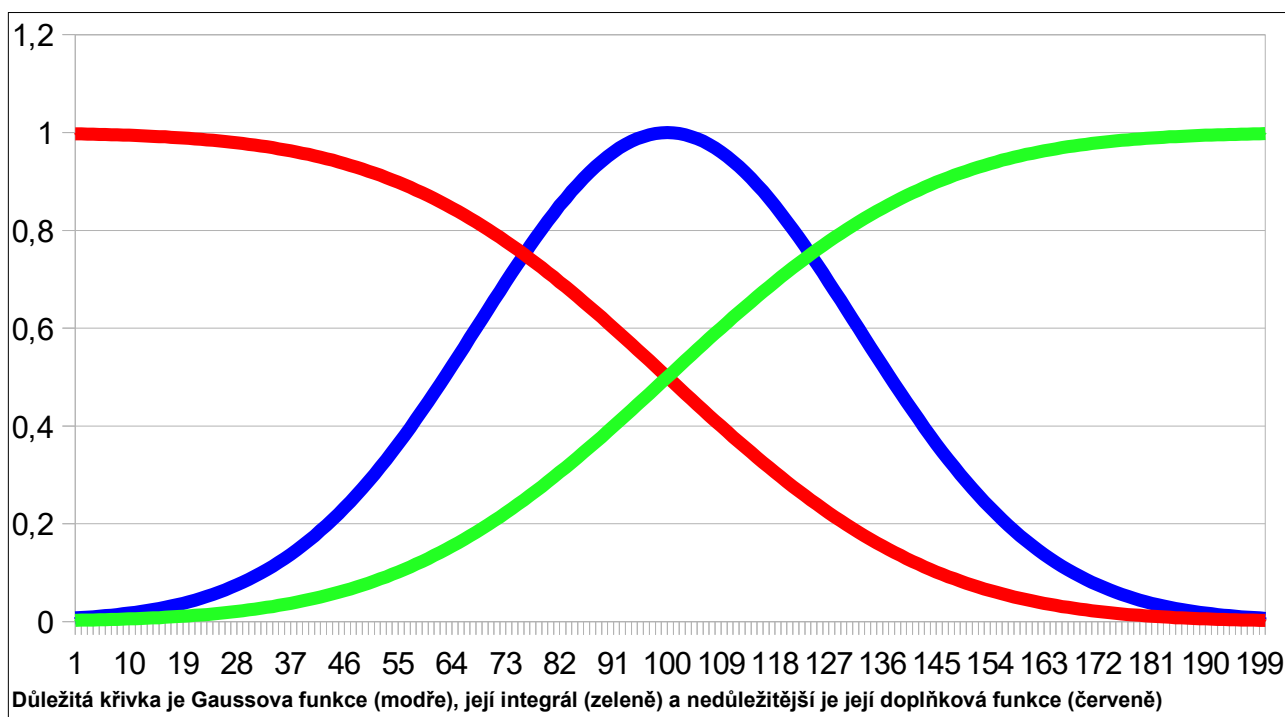
Po stanovené době jsem obsah vysypal (vysypávám **ihned!** po vyndání z mrazáku) a pokus jsem opakoval s další várkou, ale pro jiný **čas**. Následně jsem každou dávku přepočítal, kolik obsahovala kusů.

Pak následovalo celkem dlouhé období klidu – asi **3 až 4 měsíce**, kdy jsem každou dávku prohlédl a odstranil mrtvé jedince. Nakonec jsem vyhodnotil úspěšnost jednotlivých dávek v čase a zanesl do grafu, kde hodnotu **1** nabývá dávka kde přežilo vše, **0** kde nepřežilo nic a všechno ostatní je někde mezi tím.

Naměřené výsledky jsou pro druh GBR (*Gymnocalycium bruchii*), u kterého jsem měl dost pokusného materiálu.



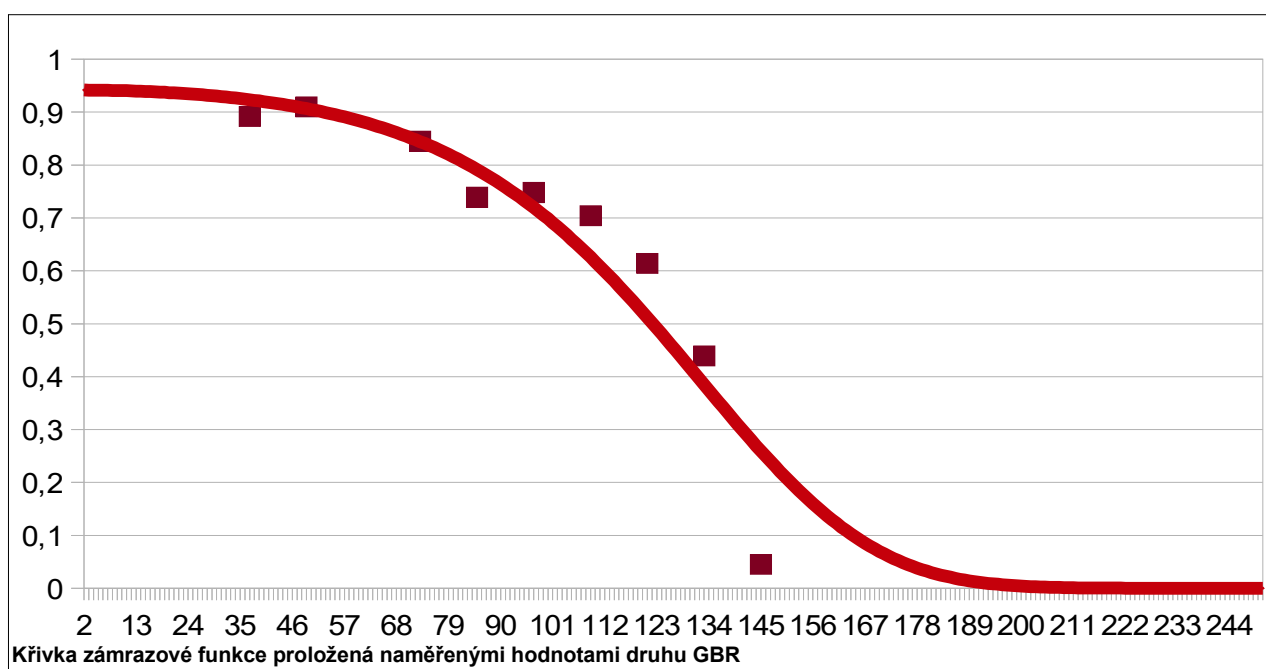
Nyní je základní otázka, jakou křivkou jednotlivé naměřené hodnoty spojit, podle jaké funkce probíhá zamrzání. K vysvětlení toho, co se děje v zamrzajícím výsevu je třeba použít Gaussovu funkci.



Zde v grafu označeno modře, je vyjádřeno pomocí Gaussovy funkce přirozené rozdělení četnosti nějaké sledované vlastnosti v jednotném výsevu. Nikdy se nestane, že by všichni jedinci měli shodné vlastnosti. Pokud budeme sledovat třeba mrazuvzdornost, je zde několik málo jedinců s mizernou mrazuvzdorností, pak následuje početná většina s průměrnou odolností, ale pak je zde několik jedinců s nejlepší odolností. Při prodlužování doby v mrazáku budou postupně hynout ty nejméně odolní jedinci, pak ty průměrní až nakonec dojde i na ty nejodolnější.

Narůstající počty mrtvých jedinců pak vyjadřuje zelený graf, který je matematicky vyjádřen jako integrál Gaussovy funkce $f(x)$. Z praktického hlediska je ale méně vhodné evidovat zmrzlé jedince, lepší je evidovat jen ty **úspěšné**, kteří jsou nadále ve sbírce a ty jsou

popsány červeným grafem – což je jen doplňková funkce k integrálu $1-f(x)$. Jedno nebo druhé řešení má ale jeden velký matematický problém, protože integrál této funkce nelze vypočítat (nemá explicitní řešení neboli neexistuje primitivní funkce). Jako náhradním řešením je nějaká matematická aproximace. Nejprve jsem používal jako funkci e^x (opravdu se nejedná o překlep!), ale nyní tabulkový program EXCEL nebo CALC umožňuje použít chybovou funkci ERF(x). Obě funkce vedou ke stejným výsledkům, jen ta druhá je poněkud jednodušší. Matematicky správný název chybová funkce nepoužívám, ale v tomto případě jej nahrazuji lépe vystihujícím výrazem: **zámrazová funkce**. Je nutné proložit křivku této funkce tak, aby se co nejvíce přibližovala naměřeným hodnotám. Toho se docílí jejím posuvem po ose X a změnou sklonu. To provádím metodou pokus-omyl, aby střední kvadratická odchylka byla minimální. Zde je zámrazová funkce pro druh GBR.



Obecná formulace zámrazové křivky funkce F má podobu:

$$F_{\text{DRUH}} = 1 - ((\text{ERF}(A+D * B) / 2) + 0,5)$$

parametry **A** a **B** mění sklon a posunutí křivky, čas **D** je v hodinách

Pro naměřený druh GBR má zámrazová funkce tvar:

$$F_{\text{GBR}} = 1 - ((\text{ERF}(-1,11 + D * 0,00015) / 2) + 0,5)$$

PODMÍNKY : [termoska TAU=47 hod (náplň=350g), mrazák T=-20°C,
vstupní teplota T=15°C,svit =0, suché prostředí, po 100 dnech]

Definovaná mrazuvzdornost jednotlivého druhu je **čas**, kdy zámrazová křivka nabývá hodnoty 0,5. Polovina kaktusů zmrzne – polovina kaktusů přežije. Uváděno též jako LT50 kdy je poškozeno 50% rostlin.

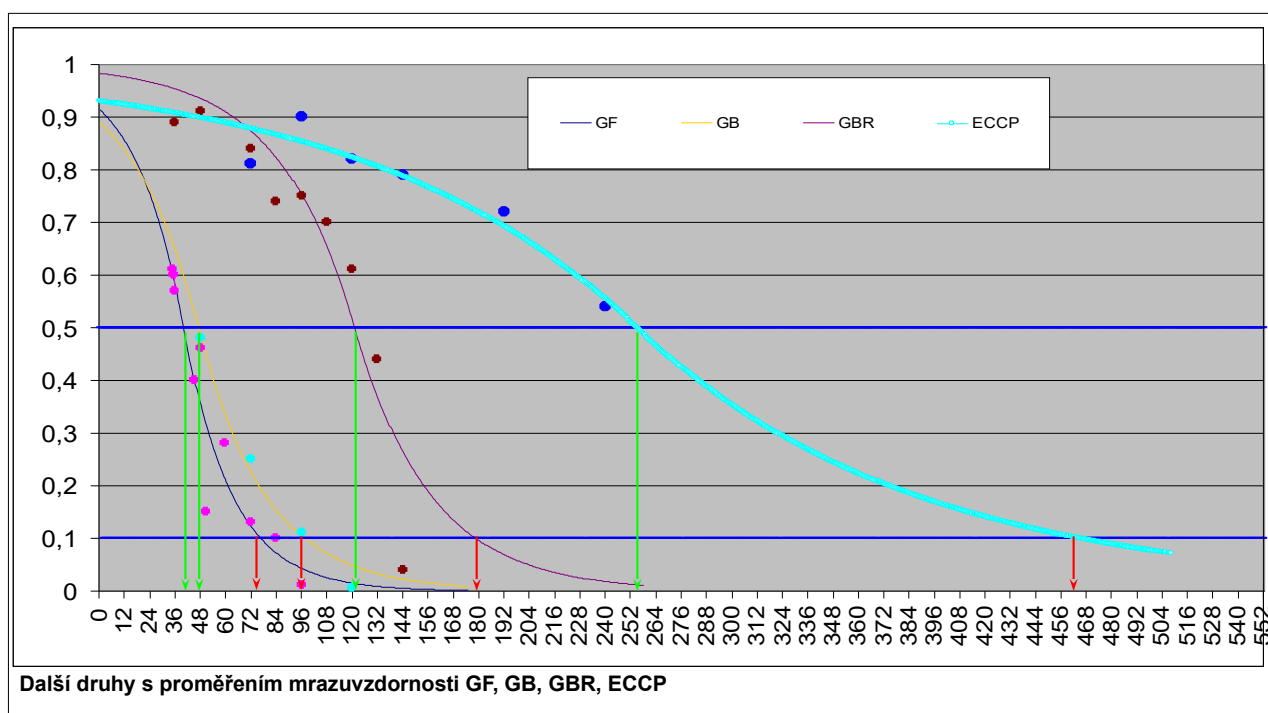
Jednotkou mrazové odolnosti je **DOBA** v hodinách. Např. pro **GBR** je **D50=120 hod**. Z mrazuvzdornosti kaktusů se nyní stává **VELIČINA**, která má fyzikální rozměr **čas**, má **podmínky platnosti** a je **objektivně měřitelná**.

Definice mrazuvzdornosti kaktusů

Umístím asi 1/2 litru kaktusové hmoty v termosce do mrazáku na takovou dobu, aby polovina kaktusů zmrzla.

Pro platnost definice je nutné dodržovat *PODMÍNKY*!

Nyní je popsána definice mrazuvzdornosti kaktusů, vzorec zámrazové křivky a z ní odvozena mrazová odolnost D50, podmínky platnosti a metoda měření. Stejný postup platí i pro další druhy, které jsem takto proměřil a to GF (*Gymnocalycium friedrichii*), GB (*Gymnocalycium baldianum*), GBR, ECCP (*Echinocereus purpureus*).



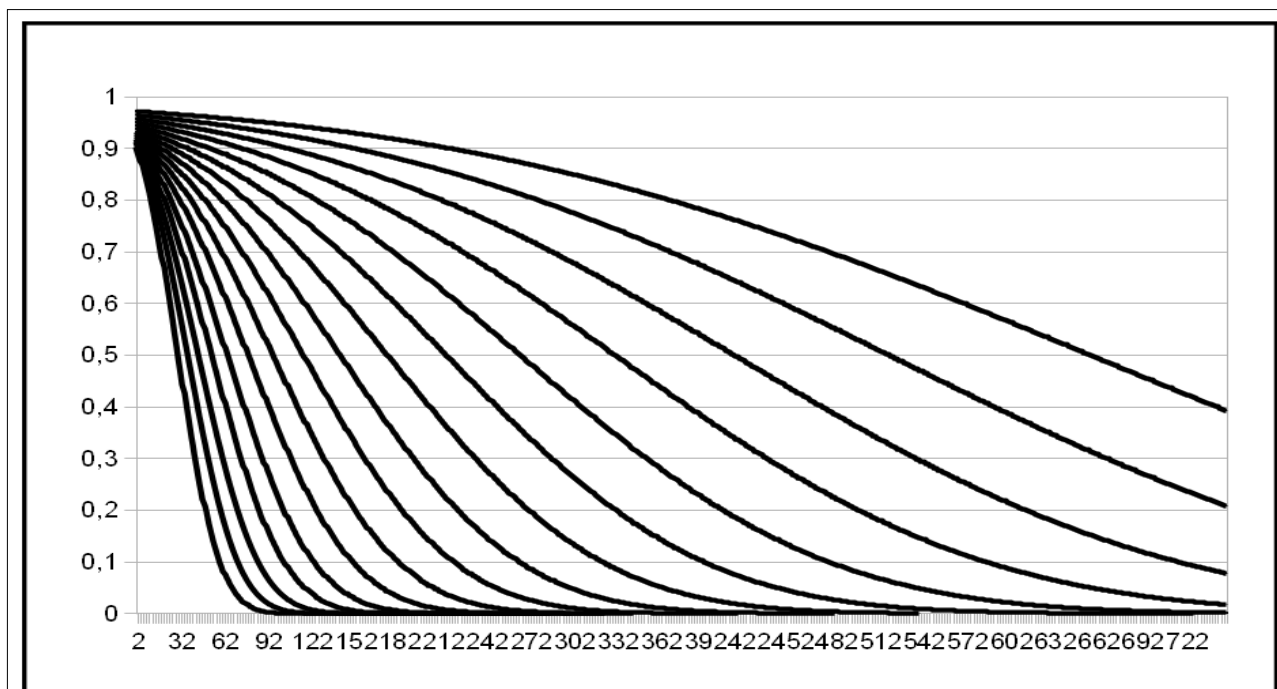
Výsledky proměřených druhů s D50 (zelené šipky) a D10 (červené šipky) v tabulce

druh	D50 hod	D10 hod
GF	40	73
GB	47	95
GBR	120	163
ECCP	268	474

V této přehledné tabulce je srovnáno několik druhů kaktusů které jsem měl v dostatečném množství, abych mohl uskutečnit několik měření pro srovnání jejich mrazuvzdornosti. Vzájemné porovnání mrazové odolnosti těchto druhů jsem již dříve jen tušil, ale teprve nyní když jde mrazuvzdornost opravdu změřit vidím, že se předpoklady potvrdily.

Provázanost parametrů v zámrazových křivkách

Tyto průběhy jsou jen pro čtyři druhy kaktusů, ale z jejich trendů lze vypočítat jednu důležitou souvislost. Pro nižší doby zámrazu je křivka strmá, pro vyšší doby zámrazu má křivka pozvolnější sklon. Na základě jejich provázanosti jsem odvodil novou formulaci funkce F , která nemá dva nezávislé parametry **A** a **B**, ale jen jeden – **PAR**.



Obálky jednotlivých zámrazových křivek vytvoří spojitě spektrum mrazuvzdornosti

Tyto jednotlivé zámrazové křivky představují spojitě spektrum mrazových odolností jednotlivých druhů. Žádné dělení na skupiny -12, -17, -23 °C podle USDA zón jak je zvykem uvádět, ale spojitě spektrum mrazových odolností. Protože není žádný předěl nebo omezení, nelze ani definovat mrazuvzdorné kaktusy

neexistují mrazuvzdorné kaktusy ale jen mrazuvzdornost kaktusů !!!

Stejně jako nelze rozdělit kaktusy na velké a malé, odolné a neodolné, květy červené a růžové, nelze rozdělit kaktusy na mrazuvzdorné a nemrazuvzdorné. Existuje jen mrazuvzdornost kaktusů (sukulentů) a tu lze nyní objektivně měřit.

Každá jednotlivá zámrazová křivka je definována jediným parametrem **PAR**. Z něho se odvozují dvě konstanty **A** a **B**, které jsou vypočteny z parametru **PAR** vztahem:

$$\begin{aligned} A &= 0,0000077 + 0,95/\text{PAR} \\ B &= -0,917 - 0,000948 * \text{PAR} \end{aligned}$$

Výsledný popis zámrazové křivky je dán vztahem :

$$F = 1 - ((\text{ERF}(B + D * A) / 2) + 0,5)$$

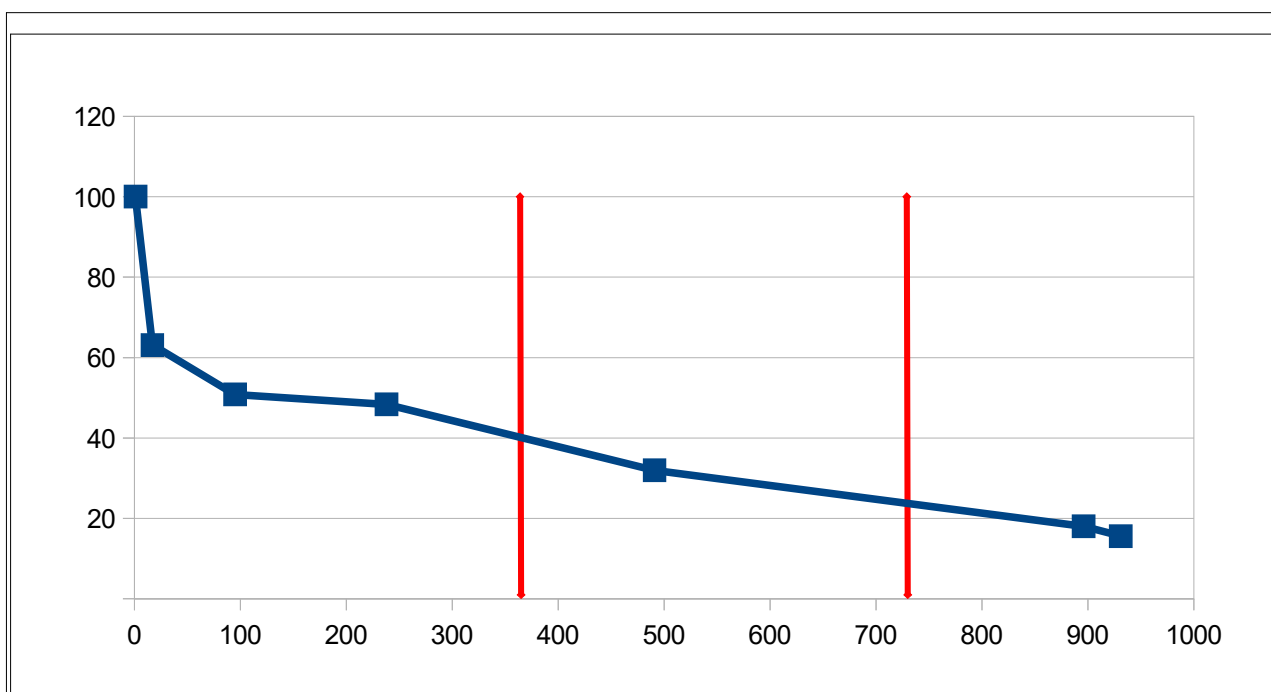
PODMÍNKY : [termoska TAU=47 hod(náplň=350g), mrazák T=-20°C, vstupní teplota T=15°C, svit=0, suché prostředí, po 100 dnech]

Přechod na výpočet zámrazové křivky pomocí jediného parametru **PAR** je zdánlivě složitější, má ale jednu podstatnou výhodu – k výpočtu mrazuvzdornosti stačí jedno měření !

Vytřídění kaktusů

Po vyndání termosky z mrazáku provádím **ihned** vysypání obsahu na misky a nechám kaktusy několik dnů ležet. Testoval jsem, zda je nějaký rozdíl mezi pozvolným oteplováním nebo okamžitým oteplováním. Kaktusáři jednoznačně horují pro pozvolné oteplování, ale je to nepodložená pověra. Provedl jsem porovnání obou způsobů oteplování a nezjistil jsem **žádný rozdíl** mezi pozvolným nebo okamžitým oteplením zamrzlých kaktusů.

Asi po třech dnech nastává ta nejkomplicovanější fáze celé kultivace, a to je jak roztrdit živé a mrtvé jedince. Mrazem viditelně poškození jedinci mají kašovitě změkklé tělo a uvolňují vodu. U těchto případů je to evidentní a je třeba takové ihned odstranit. Zůstává zde však velká početná část, u kterých se neumím rozhodnout zda ob stojí. Provedu proto jejich rozložení na misce jen do jedné vrstvy a třídění opakuji o několik dnů později.



Zobrazení počtu přeživajících kaktusů GB během tříletém sledování od doby vyndání z mrazáku

Časové intervaly třídění jsou tak třeba tři dny, týden, měsíc nebo několik měsíců od vyndání z mrazáku. Prováděl jsem proto vyhodnocení, jak v čase ubývá jedinců z jednoho stejného pokusu. Z uvedeného grafu je vidět, že největší úbytek třídění je do tří měsíců, pak se sice snížil ale úplně neustává ani po třech letech. Proto pro porovnatelné vyhodnocení úspěšnosti měření používám dobu 100 dnů.

Ani v této době není vytřídění dosud definitivní, ale protože mě tlačí čas kdy musím přikročit k výsadbě, tak sázím do truhlíku vše co má trochu naděje na přežití. Po výsadbě zahájím normální zálivku a pěstování. Pokud se obnoví růst a třeba i kvetení, je již přežití jisté, postupující hnědnutí a hniloba zase naopak hovoří o těch neúspěšných. Vždy se najde několik případů zombie – opravdu jako žijí, nehnijí ale ani nerostou a stagnují tak třeba celý rok. Tyto jedince pak při sčítání odstraňuji, protože jejich mrazová odolnost je někde na hraně a pro další kultivaci je nepotřebuji.

Doba mezi výsadbou a konečným vytřídění je dlouhá, a je to opravdu loterie, co nechat a co vyhodit.

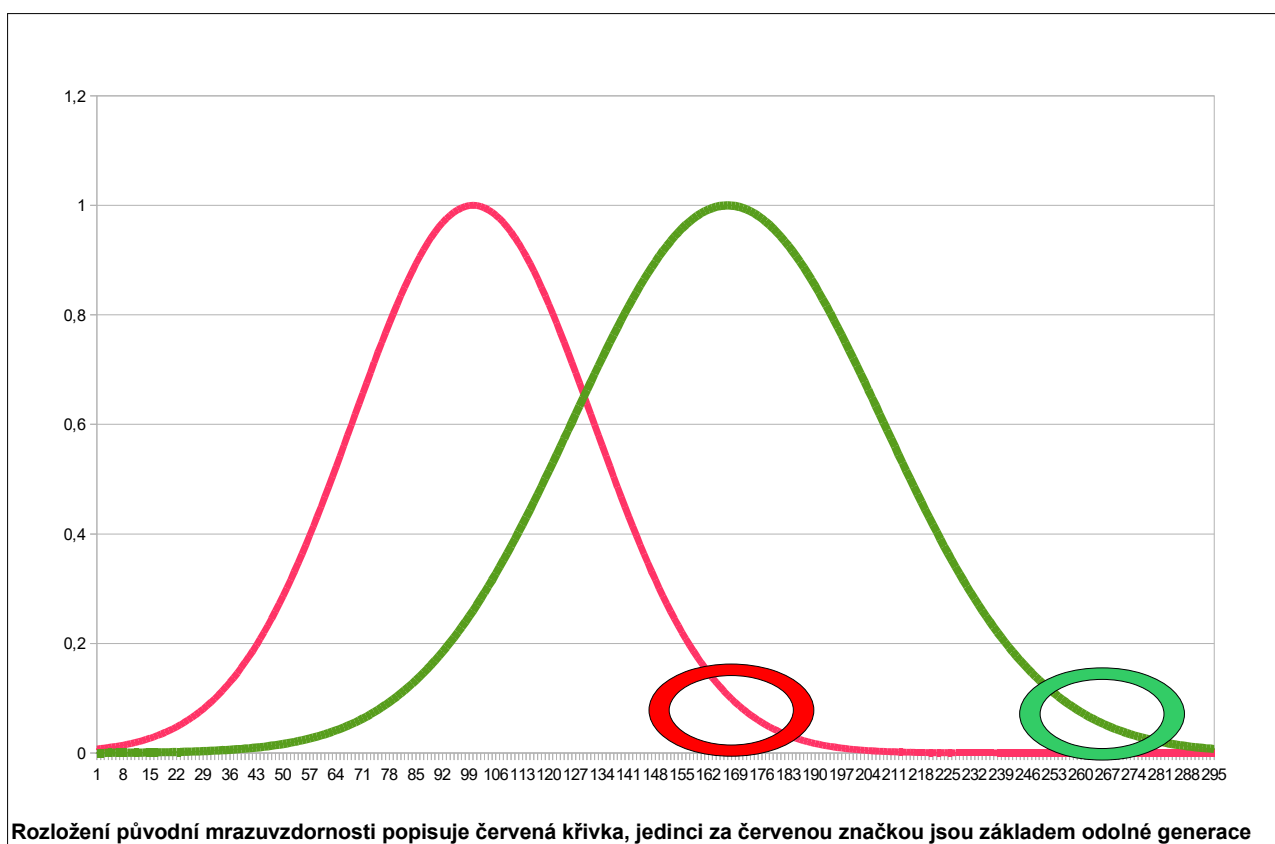
Kultivace mrazuvzdornosti kaktusů – Heuréka!

A nyní se můžeme konečně zaměřit na to, co se vlastně chce – **zvětšit mrazuvzdornost!** Protože to nikdo neumí, nikde jsem nenašel informaci že by to někdo provedl, musel jsem si nejprve vytvořit nástroj, který mi tu zvýšenou mrazuvzdornost **změří**, abych se přesvědčil, že to opravdu funguje. Bezpochyby platí zásada:

když tomu chci rozumět, musím to umět změřit

Protože je již vytvořena metoda jak postupovat při měření mrazuvzdornosti, lze nastínit představu jak postupovat při kultivaci kaktusů.

Pro názornější představu poslouží tento obrázek:



Původní rozložení mrazuvzdornosti je popsáno průběhem podle červené křivky. Nejméně odolní jedinci jsou vlevo, nejodolnější vpravo a uprostřed nejpočetnější skupina je střed, který odpovídá měřitelné mrazuvzdornosti druhu popsána jako D50. Výsev o takové skladbě podrobíme výběru tak, aby zůstal minimální počet těch nejodolnějších, které se nachází někde okolo červené značky. Snahou je, aby jich bylo co nejméně, ideálně dva. Tyto jedince vzájemně zkřížíme a provedeme výsev. Při výsevu takto vzniklé generace dojde k opětovnému rozložení mrazové odolnosti popsáno zelenou křivkou, ale tentokrát již jen průměr této nové skupiny odpovídá odolnosti rodičů, nemluvě o početné skupině jedinců vpravo, označení zelenou značkou, kteří mají odolnost větší než předchozí generace. Je vhodný výsev velkého množství jedinců aby bylo z čeho vybírat a postoupit o další stupeň výše. Opakováním tohoto postupu lze každou generací získávat stále odolnější a odolnější kultivary než původní mateční výsev.

Nyní je tedy připravena teoretická úvaha, jak lze navýšit mrazovou odolnost, ale jak to prakticky udělat - nic jednodušší!

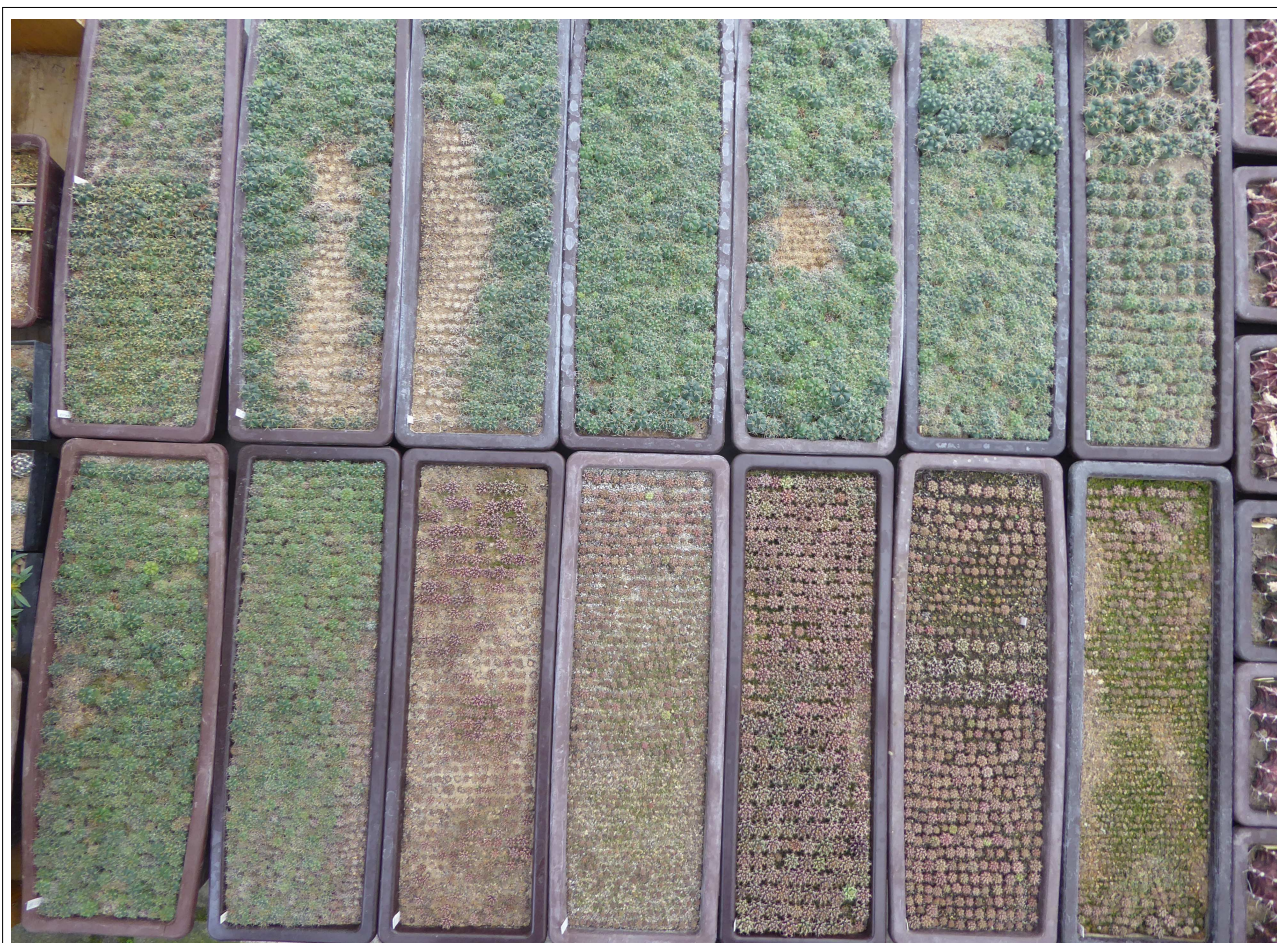
Kultivace mrazuvzdornosti kaktusů

**Strčím asi 1/2 litru kaktusové hmoty do mrazáku
v termosce na takovou dobu, aby podstatná
většina kaktusů zmrzla**

Pro platnost definice je nutné dodržovat *PODMÍNKY*!

Základem je vypěstovat velké množství semenáčků. Proto v podmínkách výběru vhodných druhů pro kultivaci byla zdůrazněna velká produkce semen, jejich snadný sběr a bezproblémový výsev. Provedl jsem obsáhlou analýzu druhů, které těmto podmínkám pěstování nejlépe vyhovují. Vítězem se staly dva druhy GF (*Gymnocalycium friedrichii*) a GB (*Gymnocalycium baldianum*), kterých jsem vyprodukoval dostatečný počet potřebných semenáčků a úkol nyní zní:

vybrat pro vzájemné křížení dva mrazově nejodolnější jedince z tohoto výsevu



Základem úspěchu kultivace je velká produkce semenáčků, o to náročnější je nalezení dvou mrazově nejodolnějších

Řešení zdánlivě nemožného úkolu lze vyčíst ze zámrazové křivky pro použitý druh. Použije se opět termoska naplněná kaktusovou hmotou, jen se použije jiná **do**ba, po kterou zůstane termoska v mrazáku. Z grafu zámrazové křivky se vyčte taková doba, kdy křivka nabývá hodnotu 0,1. Tento čas je uvedený ve sloupci D10 v předchozí kapitole. Je to taková doba, kdy 90% kaktusů zmrzne – ale to jsou ty málo mrazově odolné –

a to se chtělo!

Těch zbývajících 10% a dnes již třeba jen 5% jsou mrazově nejodolnější, a ty budou použity pro další vzájemné křížení.

Zjednodušeně to znamená :

- vyprodukovat co největší množství matečních semenáčků
- řízeně nechat co největší množství zmrznout (90% až 99%)
- jedince co přežijí použít pro další vzájemné křížení
- z těchto jedinců vyprodukovat co největší množství semenáčků
- tento postup stále opakovat

Od začátku této metody jsem vyprodukoval velké množství semenáčků, s navýšenou mrazuvzdorností oproti matečnímu výsevu. Výsevy jsou každý rok řádově několik tisíc, po vyfiltrování pak zůstává jen několik jedinců. Měřitelná mrazuvzdornost D10 se navýšila z původního D10=3D (3 dny) již k dnešní D10=8D (8 dnů) a stále v tom pokračuji.



Vyselektování dva jedinci GF po 6 dnech v mrazáku s označením 6D!

Popsaná metoda výběru mrazově nejodolnějších jedinců funguje, ale vždy je co vylepšovat. To platí o metodě kultivace, kdy je celá termoska naplněna kaktusy. Chtěl jsem prověřit, jaká je naděje na přežití v termosce nahoře nebo dole u dna.



Uspěšnost přežití podle pozice v termosce, provedeno s naplněním kaktusy od víčka až ke dnu

Po vyndání z mrazáku jsem vysypával obsah termosky opatrně na misku tak, aby se mi neproházely kaktusy podle pozice ve které byly v termosce. Při odstraňování mrtvých jedinců jsem se snažil ponechat ty živé v pozici, v jaké se nacházely po vysypání.

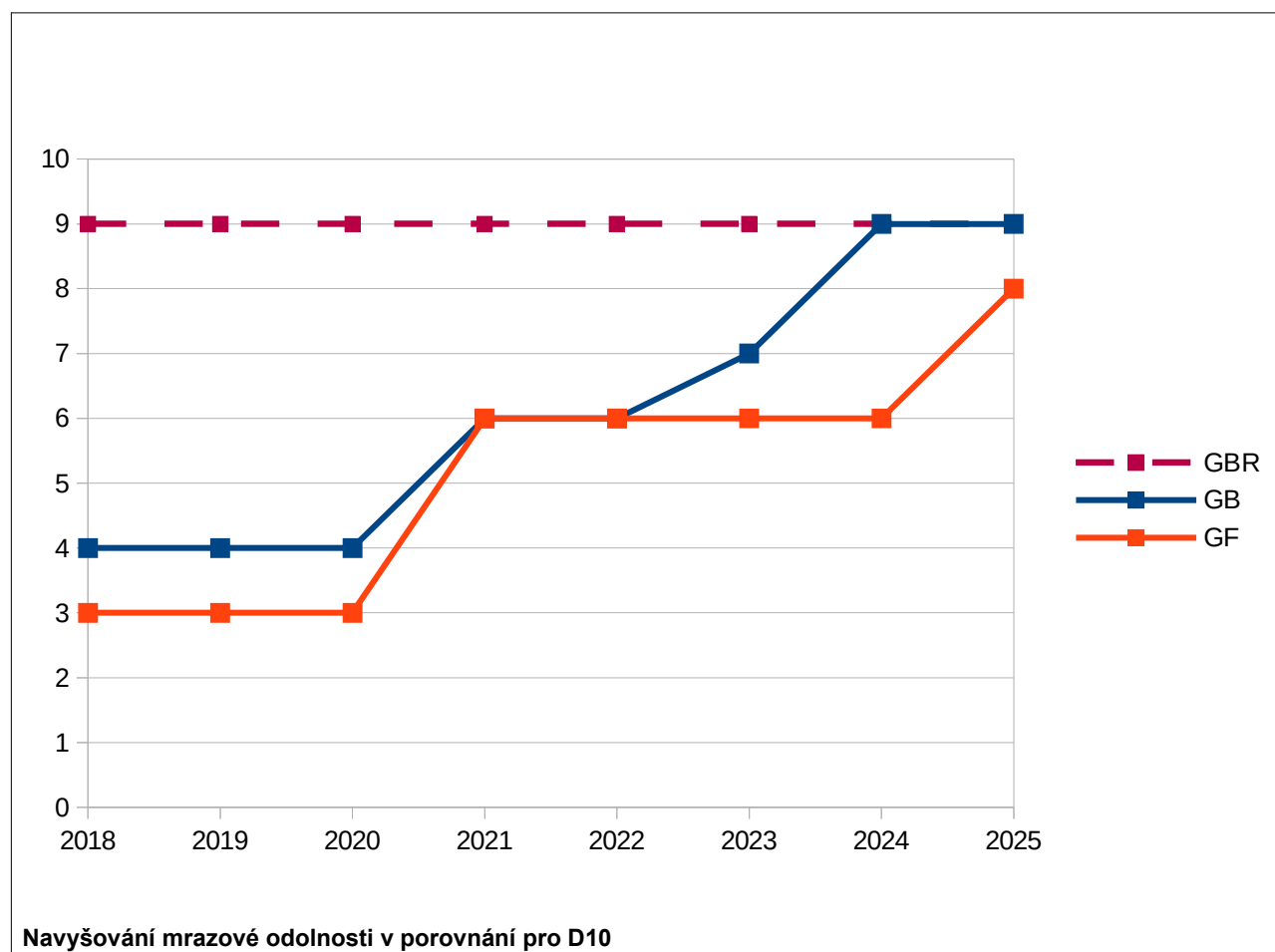


Příklad náhradního plnění pokus P217 jablko a kaktusy GB181F4D/22

Výsledek nepřekvapil, jen potvrdil, že naděje na přežití směrem od víčka se zvětšuje. Všechny kaktusy umístěné v termosce mají tedy shodnou dobu D, jen ty ode dna dál nedostaly takovou šanci. Vylepšení výběru lze uskutečnit tak, že kaktusy jsou umístěny jen na dně (3 až 5 cm) a zbytek je dosypán hmotou podobných zámrazových vlastností jako je třeba jablko, brambora nebo řepa. Tím mohu vytřídit kaktusy třeba o rok dříve – nemusím čekat až naroste tolik kaktusové hmoty, a mohu se odvážit používat delší doby zámrazu protože je více menších dávek. Ale pozor !

Tato metoda je použitelná jen pro kultivaci, nikoliv pro měření mrazuvzdornosti !

A jak si vede kultivace mrazuvzdornosti kaktusů v současné době?



GB si svůj počáteční náskok v odolnosti stále udržuje, ale těší mě hlavně GF, protože u tak mrazově choulostivého druhu jsem takový úspěch neočekával. Pro představu o jakou se jedná odolnost je zde zobrazen GBR, který je považován za neodolnější druh z rodu *Gymnocalycium*.

Již není otázkou jestli jde navyšovat mrazovou odolnost, nyní jde jen o to, až kam lze tuto odolnost navýšit, kde je hranice !

Vyhodnocení metody kultivace

Uvedená metoda jednoduchým způsobem umožní měření a zlepšení mrazové odolnosti v běžných amatérských podmínkách každého kaktusáře

- termoskou v mrazáku lze jednoduše změřit **mrazuvzdornost kaktusů**
- stejnou metodu lze použít k **cílené kultivaci** mrazově odolných jedinců
- mrazová odolnost je **dědičně přenositelná** na potomstvo
- nelze definovat co jsou **mrazuvzdorné kaktusy** ale lze jen definovat a změřit **mrazuvzdornost**
- kaktusům **vadí** záporný tepelný šok (ochlazení), je vhodné ho tlumit kumulací tepla nebo termoskou
- kaktusům **nevadí** kladný tepelný šok (ohřátí), při úplném zmrznutí je lze přenést bez poškození do tepla, ono se tvrdí něco jiného, ale prověřil jsem si to měřením
- kaktusy mají svou mrazovou odolnost stejnou **v libovolném vegetačním období**, pokusy s mrazovou odolností lze provádět při zazimování, po jarním probuzení, po napití vodou, během kvetení - zkrátka **kdykoliv** (měřením potvrzeno)
- měření mrazové odolnosti v termosce má tu výhodu, že není závislé na **velikosti (průměru) těla nebo stáří** jedinců
- opakování doby pobytu v mrazáku se nesčítá ale uplatní se **maximum**, rozhodující výsledek závisí jen na té nejdelší době
- počty úspěšných lze použít teprve 100 dnů po rozmrznutí
- metody pro měření a kultivaci kaktusů platí obecně pro sukulenty



Pohled na bohatě a téměř trvale kvetoucí záhon GF potěší i nekaktusáře, nyní i s kultivary se zvýšenou mrazuvzdorností

Žatec



Zpracováno programem LibreOffice 7.6.1.2

Josef Foltýn
merklin@seznam.cz
30.1.2026

Výběr vhodného druhu pro kultivaci kaktusů

Kvetení



G baldianum již během kvetení vytváří sadu dalších poutat

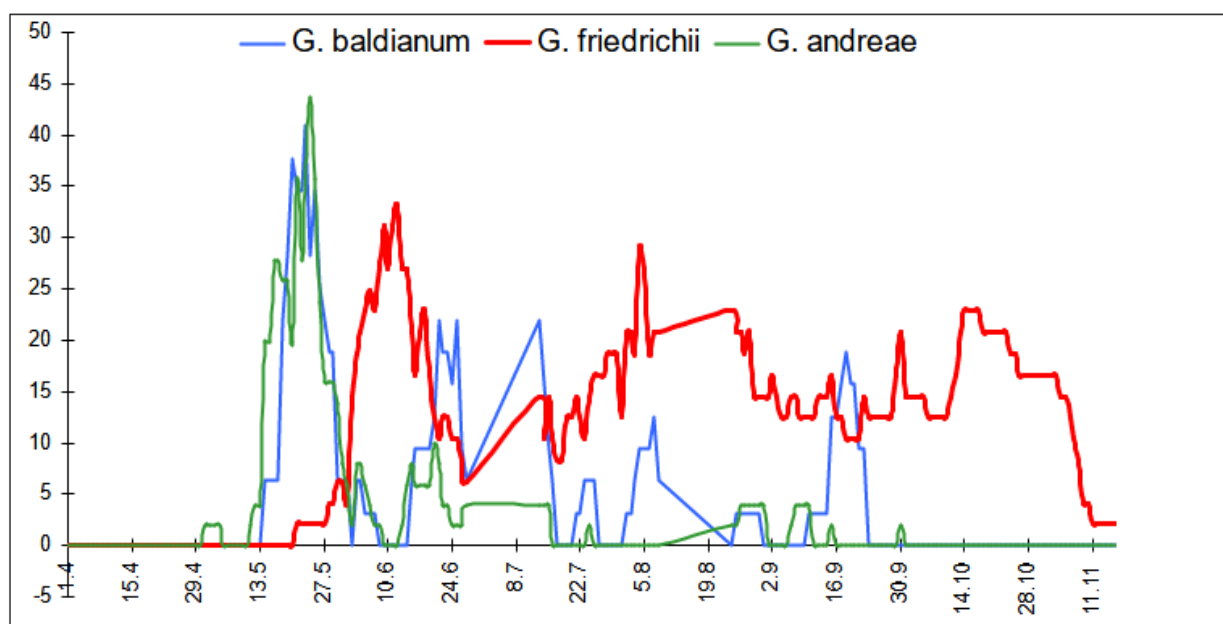
Jsou kaktusáři, kteří preferují kaktusy kvůli vzhledu trnů, já patřím ke skupině nadšenců kteří je obdivují hlavně pro jejich krásu při kvetení. Tak jak jsem se postupně dostával k momentu rozhodnutí, který druh budu preferovat při kultivaci mrazuvzdornosti, jsem viděl, že i kvetení bude hrát rozhodující úlohu při výběru vhodného druhu. O kvetení toho je hodně napsáno, ale to vše bylo pro mé účely nepoužitelné. V literatuře se objevují různé definice a popisy kvetení jako druh je bohatě kvetoucí, pravidelně kvetoucí, postupně vykvétající, věčně kvetoucí, vytváří věnečky květů, záplava květů a

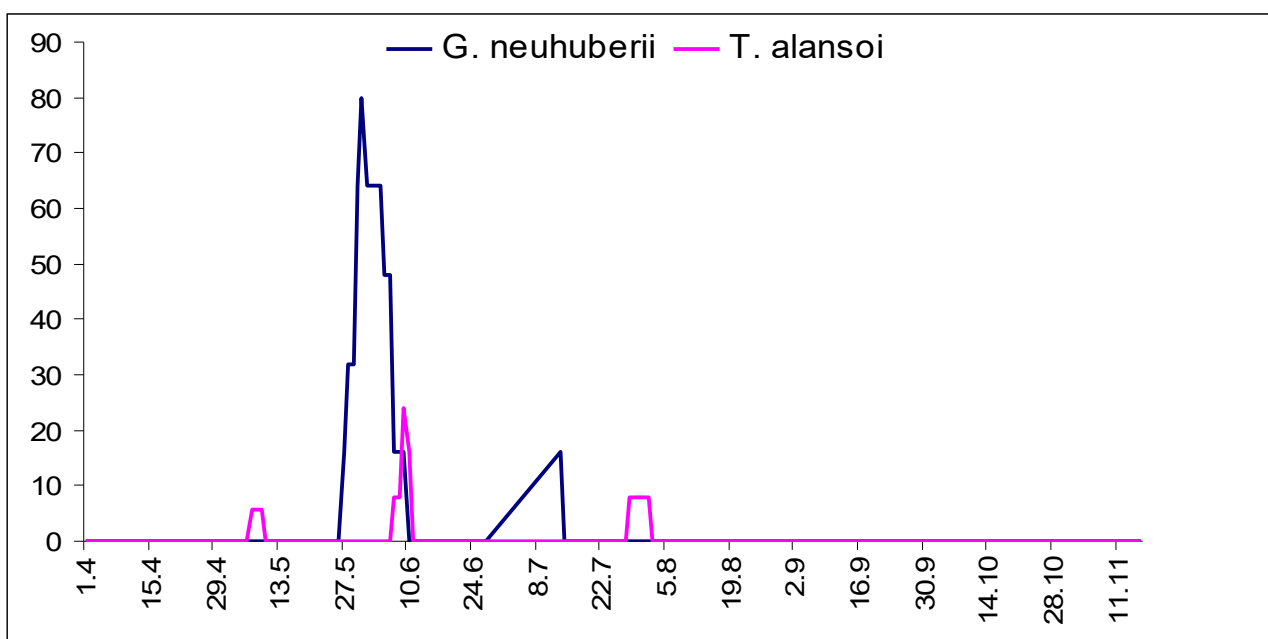
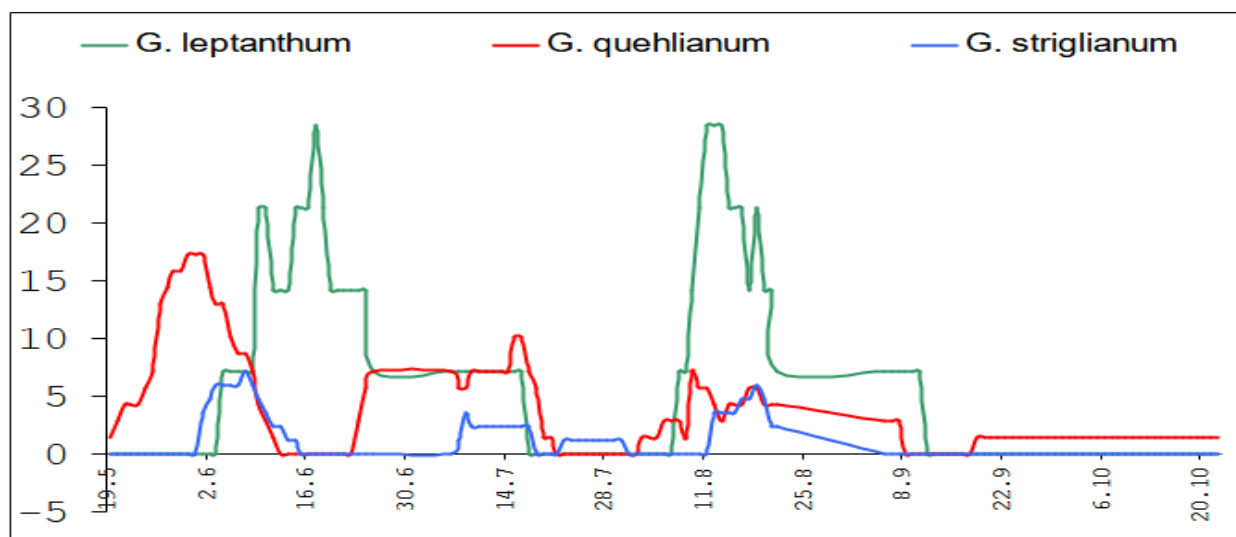
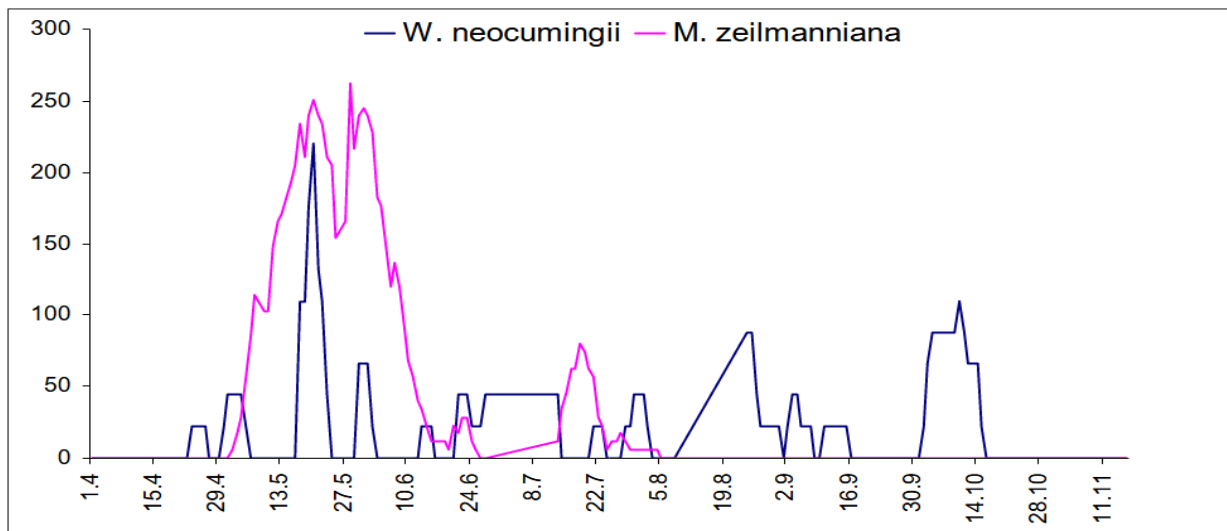


ECC purpureus v době kvetení je již bez násady dalších poutat

mnohé jiné neporovnatelné a hlavně neměřitelné a matoucí pojmy. K určení druhu, který pěkně a bohatě kvete nelze použít fotografii z katalogu, ale objektivní porovnání a měření, které umožní srovnání a určí vítěze, kterému v následujících letech budu věnovat námahu a hromadu času. Prováděl jsem pravidelné fotografování sbírky. Při fotografování je ale nutno volit záběr tak, aby se na něm objevoval měřitelný údaj o velikosti. Jinak není možno stanovit velikost a plochu květu, pro vyhodnocení těchto základních údajů o kvetení:

- časový průběh nasazování květů během vegetačního období
- průměrná doba trvanlivosti jednoho květu





Výsledek je znázorněn v doložených grafech. Lze z nich vyčíst následující hodnocení:

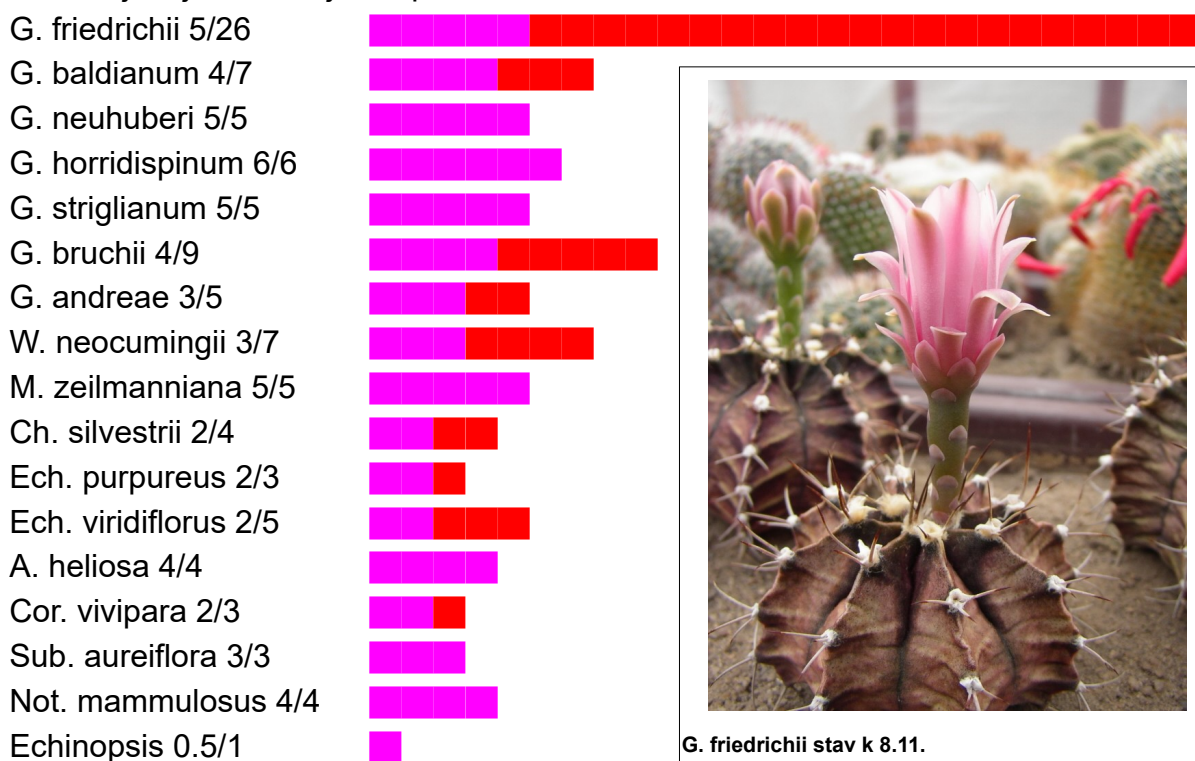
- požadavek na pravidelné a dlouhodobé kvetení nejlépe splňuje *G. friedrichii*
- v průběhu kvetení je vidět velkou podobnost u *G. baldianum* a *G. andreae*
- s dobrou kvalitou kvetení se setkáme u *W. neocumingii*, je to způsobeno biologickou zvláštností této skupiny, protože vytváří několik květů z jedné areoly.
- druh *G. quehlianum* je všude uváděn jako bohatě kvetoucí, má však kvalitu kvetení jen průměrnou, překonává ho třeba *G. leptanthum*
- největší krátkodobou násadu květů má *M. zeilmanniana*, brzy ale kvetení ustává
- velikou ale krátkodobou záplavou květů nás potěší *Ch. silvestrii* a rebucie. Zde je zmapované kvetení druhu *R. muscula*, která patří k nejdéle kvetoucím co znám.
- nejodolnější gymnocalycium *G. bruchii* má kvalitu kvetení jednu z nejhorších

Kvalita jednoho květu

Další sledovaná vlastnost je průměrná doba trvanlivosti jednoho květu, která nás informuje o tom, jak dlouho vydrží jeden květ od doby otevření do uvadnutí. Je nutno poznamenat, že i tato doba má určitou závislost na teplotě, opylování květu, celkové kondici rostliny, světelných podmínkách a dalších faktorech. Pro informaci uvádím minimální a maximální dobu kvetení i u některých dalších druhů.

Délka kvetení je jedna z vlastností, která naznačuje, co lze od druhu očekávat. Lze zde hledat důvod, proč nejsou u pěstitelů kaktusů oblíbené druhy *Echinopsis* a *Lobivia*, ačkoliv jsou to odolné druhy. Tato krása nikdy nevydrží do druhého dne.

Od většiny dobrých druhů lze očekávat dobu kvetení alespoň pět dnů. Extrémní doba byla naměřena u *G. friedrichii*, ale to bylo v době pozdního podzimu. Čísla za každým druhem zobrazují nejnižší a nejdelší počet dnů kvetení.



G. friedrichii stav k 8.11.

Kvalita kvetení byla rozhodující pro výběr druhů pro další pěstování. Z tohoto důvodu naprosto propadly klasické severoamerické druhy jako *C. vivipara*, *ECC. viridiflorus* ale i další. U těchto druhů je objeví jedna vlna kvetení a na další květy je nutno si počkat další rok. Pro objektivní posouzení kvality kvetení jednotlivých druhů je třeba zajistit shodné podmínky pěstování, stejné stáří rostlin, shodnou závlivku, osvětlení. Všechny sledované rostliny byly pravokořenné.

Z uvedeného výběru jednoznačně vychází vítěz s nejlepší kvalitou kvetení ***G. friedrichii***.

Požadované vlastnosti druhů pro kultivaci

S ohledem na techniku pěstování bylo nutno zúžit výběr jen na některé druhy podle následujících kritérií:

- snadné pěstování tj. druhy odolné, kořeny netrpí při přemokřením nebo naopak podeschnutím při suchém zimování
- velká produkce semen, umožní vypěstovat velké množství semenáčků, protože při pokusech jsou ztráty veliké, 90% ale i více
- vysoká klíčivost semen a vše ihned v jedné vlně
- cizosprašnost, která zajistí větší variabilitu semenáčků
- jednoduchý sběr semeníků není zbytečný luxus při požadavku na velkou produkci semen
- kvalita kvetení - hlavně délka kvetení a trvalé kvetení po celé léto zvětší možnost uskutečnit křížení vybraných semenáčků
- semenáčky jsou odolné, snadno se udržují při životě bez nutnosti roubování
- krátký reprodukční cyklus, semenáčky brzy vykvétají třeba i 3 roky po výsevu
- pro snadnou manipulaci preferují varianty bez trnů

Na základě znalosti kvality kvetení a uvedených podmínek pro výběr druhů pro kultivaci kaktusů jsem se rozhodl preferovat tyto dvě hlavní linie:

Gymnocalycium friedrichii*, *Gymnocalycium baldianum

Jsou to v současné době základní druhy které používám pro pokusy a ověřování metod kultivace kaktusů. V žádném případě však neplatí, že zákonitosti a metody pěstování fungují jen u těchto druhů. Zákony měření a kultivace fungují obecně u všech druhů, ale při použití těchto druhů jsem k výsledkům dospěl snadněji a rychleji.

Gymnocalycium baldianum - GB

Proč jsem se rozhodl v první řadě pro tento druh, to opravdu nebyla náhoda. Jednak je to velké množství velkých květů, které postupně vykvétají celé vegetační období. Květy nasazuje od jara přes celé léto až do pozdních chladných zářijových dnů. Zde teprve dochází chladem k podeschnutí květů a k přípravě na zimu. Květy jsou nasazovány poblíž vegetačního vrcholu z mladých areol. Jedná se o barevnou škálu od bílé přes růžovou až po tmavě červenou. Za běžných teplot květ vydrží asi týden. Druh je vždy cizosprašný. Po opylování se vytváří velký oválný plod zelené barvy s vysokým počtem semen, (průměrně



Druh je základem sbírky pro velké květy a bohaté kvetení

okolo 200 kusů) který při plném dozrání podélně puká a začne uvolňovat semena. Při plné zralosti lze plod bez problémů utrhnout nebo lépe ukrotit od těla rostliny. Semena jsou velká, od oplodí je lze čistit suchou cestou. Při čištění velkého množství plodů se ale projevují problémy s lepivostí, tak používám mokrou cestu, při které se semena dokonale vyčistí od zbytků plodu. Počet trnů je nízký 3-7, většinou jsou měkké nepíchavé, u některých starších jedinců se vyskytuje jeden pevnější středový. Při manipulaci s rostlinami celkem nečiní zvláštní problémy, přesto nyní začínám používat kultivar *nudum* – zcela bez trnů.

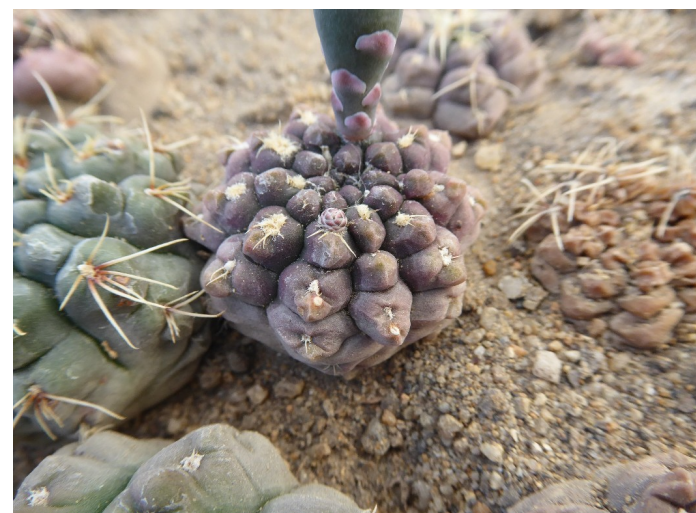
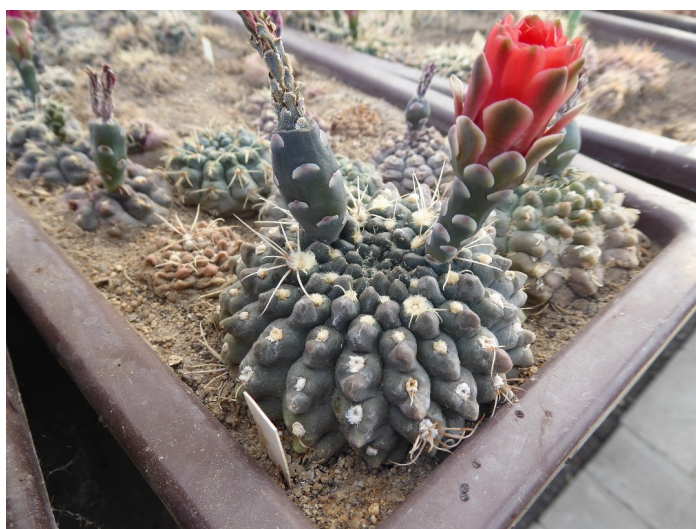
Při poškození kořenů, například při přesazování, je cítit nahořklá vůně jako od řeřich nebo křenu. Kúlovitý kořen způsobuje v zimním období zatažení rostliny do země, značný tlak na okolní zeminu a tak dochází k napěchování truhlíku a jeho deformaci.

Výsev nečiní problémy. Semena jsou velká, jak odpovídá na podrod *Ovatiseminae*. Klíčení probíhá hromadně naráz. Semenáčky narůstají rychle, nechávám je první rok ve výsevním truhlíku, kde přečkávají první zimu bez zálivky. Až během jara přesazují.

Beztrnná forma GB

Po intenzivním přesazování kaktusů se vždy našlo několik trnů, které se mi usadily do kůže na prstech. Napadla mě taková otázka, zda by to nešlo bez nich jako třeba u lofofor. Bylo by možné je brát do ruky beze strachu, že mi zabodnou trn do prstu.

Ve výsevech se několik takových jedinců našlo, tak jsem si je sesázel do jednoho truhlíku a začal jsem je mezi sebou křížit. Mezi semenáčky takového výsevu se mi jich pár beztrnných objevilo, ale není to tak přesvědčivé. V poměru jich je to tak okolo 5% a není to zatím vlastnost, která by se přenášela se 100% úspěšností. Nevzdávám se, zdá se mi že ani tolik nekvetou, ale pokračuji zatím dál.



Četnost beztrnných GBN v dosavadních výsevech

Rok výsevu	Výsev celkem	Z toho beztrnných	%
2018	17	1	6
2019	76	5	6
2021	276	8	3
2022	26	12	46

Gymnocalycium friedrichii – GF

Tento druh se v mé mrazuvzdorné kultivaci prosadil později, až po lepším vyhodnocení výsledků z předchozích let a po zdokonalení výsevu malých semenáčků. Zprvu jsem negativně hodnotil hlavně drobná semena podrodu *Muscoseminae* a malé semenáčky, které při volném výsevu lze v prvním roce jen obtížně vysazovat. Při delším ponechání výsevu v truhlíku je však situace lepší. Pokud se však jedná o další požadované vlastnosti vhodné pro kultivaci mrazuvzdornosti kaktusů, zatím neznám lepší druh. Kvalitou kvetení tento druh přímo udivuje, produkuje značné množství semen dobré klíčivosti, má zaručenou cizosprašnost a květy vydrží značně dlouho a opravdu se objevují postupně od jara do zimy. Kořenový systém je mnohem jemnější než u *GB*. Vlasové kořínky jsou jemné a neumožní během přípravy na zimu zatahování rostliny do země. Nikdy jsem také nepozoroval tlak na stěny truhlíků nebo jejich deformaci způsobenou tlakem kořenů nebo zatahováním do země. Zálivku proto volím také častěji, po celou dobu vegetace bez vynechání letní pauzy. Trny jsou jemné, ale nepříjemně se zapichují a odlamují v kůži. Byl by vhodný kultivar *nudum*, ale zatím se mi nedaří jej nalézt.

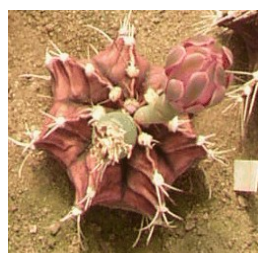


Červenokvětá varianta

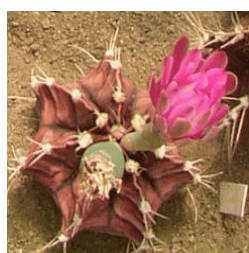
postupně od jara do zimy. Kořenový systém je mnohem jemnější než u *GB*. Vlasové kořínky jsou jemné a neumožní během přípravy na zimu zatahování rostliny do země. Nikdy jsem také nepozoroval tlak na stěny truhlíků nebo jejich deformaci způsobenou tlakem kořenů nebo zatahováním do země. Zálivku proto volím také častěji, po celou dobu vegetace bez vynechání letní pauzy. Trny jsou jemné, ale nepříjemně se zapichují a odlamují v kůži. Byl by vhodný kultivar *nudum*, ale zatím se mi nedaří jej nalézt.

Problematika doby kvetení druhu *G. friedrichii*

V popisech *G. friedrichii* jsem často četl informaci o kvetení: „..květy se plně otevírají na krátkou dobu v odpoledních hodinách..“. Chtěl jsem proto zjistit, co to znamená, protože mi tato definice mnoho neříkala. Tak jsem celý den prováděl fotografování jednoho květu, abych ze snímků mohl porovnat jeho otevření. Stav podle času uvádí následující foto.



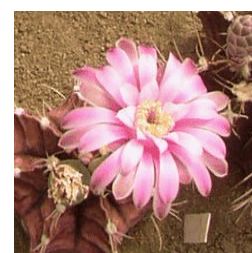
13.00



14.00



15.00



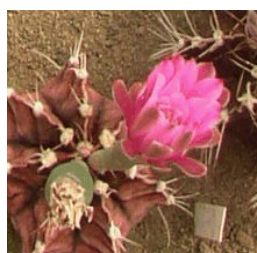
15.30



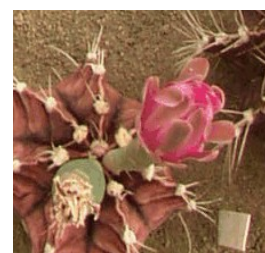
16.00



16.30

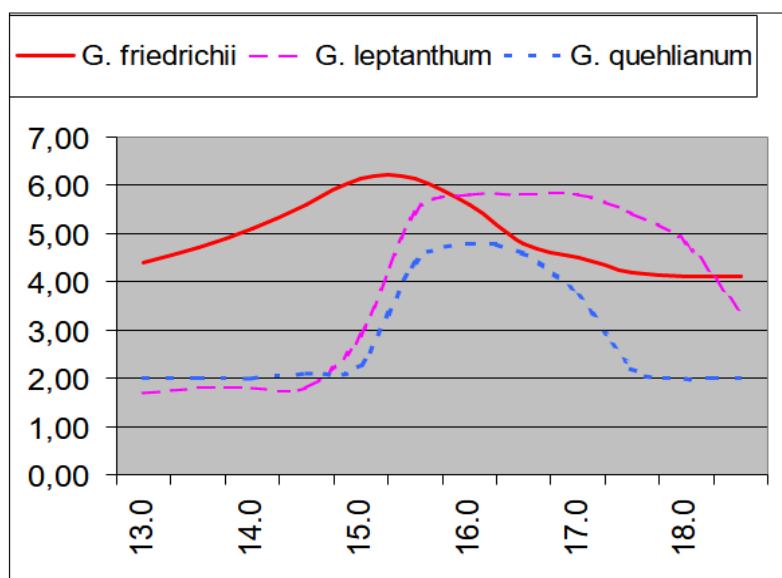


17.00



17.30

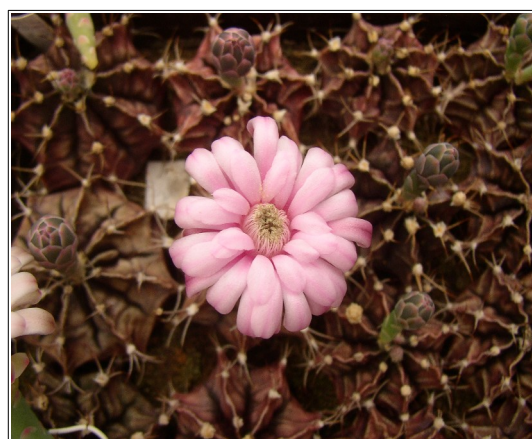
Tyto fotografie dokumentují otevírání a zavírání květu v průběhu dne, uvedená doba odpovídá letnímu času. Důležité je ovšem srovnání, co v takovém případě udělají jiné druhy. K porovnání jsem použil druhy *G. quehlianum* a *G. leptanthum*. Výsledek je v příloženém srovnávacím grafu, který zobrazuje průměr květu v závislosti na čase. Je vidět, že otevření květu u *G. friedrichii* je plně srovnatelné s těmito druhy a v mnohém je dokonce předčí.



Průběh otevírání květů během dne

Vedlejším efektem kultivace mrazuvzdornosti kaktusů je požadavek na výsev značného množství semenáčků. Při kvetení jsem pozoroval nejprve ojediněle, později stále častěji individuální rozdíly v otevírání květů brzy ráno a zavírání pozdě odpoledne. Někteří jedinci na sebe upozornili tak, že jsem si je vyčlenil a začal označovat jako stále kvetoucí GFO (GF Otevřený).

Upoutají květem, který je opravdu široce otevřený 24 hodin. Tato vlastnost by asi mohla být v přírodě na překážku životaschopnosti, ale ve skleníkovém prostředí tato zajímavá vlastnost může zůstat zachována a dále množena.



Kultivar GF se stále otevřeným květem

Příložené foto je z 7:00, naprosto shodné snímky jsou z každé další hodiny až do 19:00.

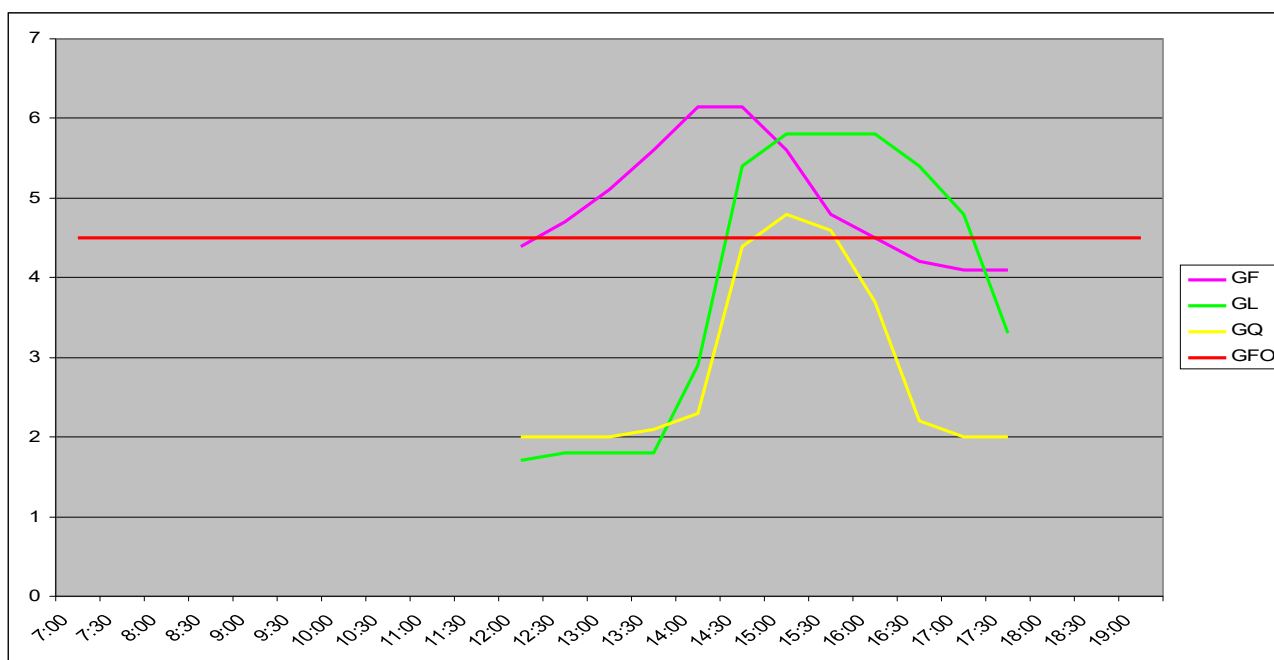


Objev roku 2013 GFO se stále otevřeným květem



nebo GFO dokonce s deseti žebry

Průběh otevírání květů během dne doplněný o GFO.



Poslední novinkou je varianta značená jako GFE (GF Elegantní), která se vyznačuje také stále otevřeným květem, ale je syté růžové barvy a střed květu je obnažený.



Plně otevřená varianta GFE

TT – Termosková transformace

Okolo termosky se vše točí. Provádí měření, selekci a řízenou likvidaci nevhodných kaktusů. Metoda výběru je návodem, jak si každý sám doma může ověřit její využití při kultivaci mrazuvzdornosti kaktusů. Má to ale jeden veliký zádrhel – popsaná metoda funguje na té **MÉ** termosce, na které provádím měření a kultivaci. Když se ale najde nějaký odvážlivec, který si tuto metodu bude chtít ověřit, použije nějakou jinou **SVOU** termosku.

Hodilo by se mu, kdyby bylo možné použít mé výsledky na pokusy na jeho termosce. Jak je možné výsledky na termoskách s rozdílnými parametry použít a vzájemně porovnat ?

K tomu je nezbytné vytvořit popis teplotních dějů, které vysvětlují co se v takové termosce odehrává. Na základě pochopení souvislostí je tak možné výsledky z rozdílných zařízení přetransformovat mezi sebou.

K tomu je nezbytné řešit rovnici, která popisuje množství tepla ΔQ , které odejde z termosky za dobu Δt do okolí.

$$\Delta Q_1 = -k \cdot (T - T_{OK}) \cdot \Delta t$$

k – koeficient výměny tepla do okolí

T – aktuální teplota uvnitř termosky

T₀ – teplota vnitřního média v počátečním stavu

T_{OK} - teplota v okolí termosky

Odchodem tepla z termosky do okolí se uvnitř nádoby změní teplota média, které má hmotnost **m** a měrnou tepelnou kapacitu **c** o teplotu ΔT . Platí tedy vztah

$$\Delta Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Protože ale množství uniklého tepla je shodné se změnou teploty média, platí že $\Delta Q_1 = \Delta Q_2$ pak platí

$$-k \cdot (T - T_{OK}) \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta T$$

když Δ nahradíme diferenciály a převedeme na správnou stranu teplotu a čas obdržíme rovnici

$$\frac{-k}{m \cdot c} dt = \frac{dT}{T - T_{OK}}$$

provedeme integraci podle **dt** a **dT**, výsledkem je

$$\frac{-k}{m \cdot c} \cdot t + C = \ln(T - T_{OK})$$

povýšením na **e^x** a prohozením stran obdržíme

$$T - T_{OK} = e^{\frac{-k}{m \cdot c} \cdot t + C}$$

konstanta C představuje maximální velikost rozdílu teplot, která je mezi T_0 a T_{OK} a lze zápis upravit do konečného tvaru

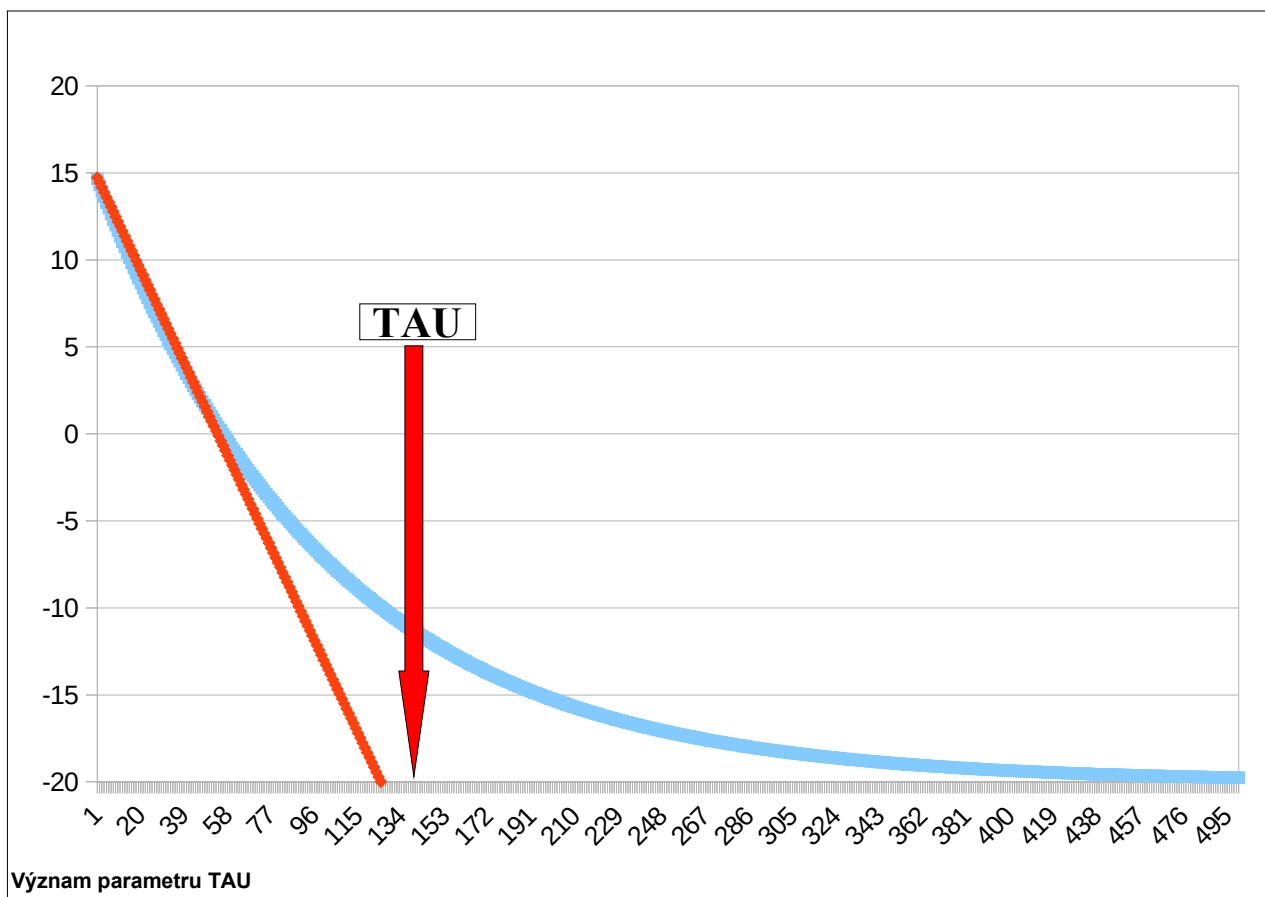
$$T = T_{OK} + (T_0 - T_{OK}) \cdot e^{\frac{-k}{m \cdot c} \cdot t}$$

To je zápis funkce teploty chladičného média. Řešení bylo použito podle příkladu uvedeném na stránkách J. REICHL – chlazení hrnku kávy.

Pro vyřešení problematiky termoskové transformace jsem použil tuto rovnici, protože nastínila, že vše se točí okolo exponenciálního chlazení od počáteční teploty ke konečné a jediným srovnávacím parametrem je rychlost kterým ochlazování probíhá. To je v rovnici vyjádřeno jako poměr koeficientu výměny tepla, měrné tepelné kapacity a hmotnosti média.

Při splnění požadavku, že pokus bude prováděn vždy se stejnými podmínkami, je možné použít výraz $-k/(m \cdot c)$ nahradit jedinou konstantou a to je časová konstanta $1/TAU$, která má rozměr čas.

Je to průsečík mezi tangentou křivky v počátku měření a mezi přímkou T_{OK} , což je teplota mrazáku.



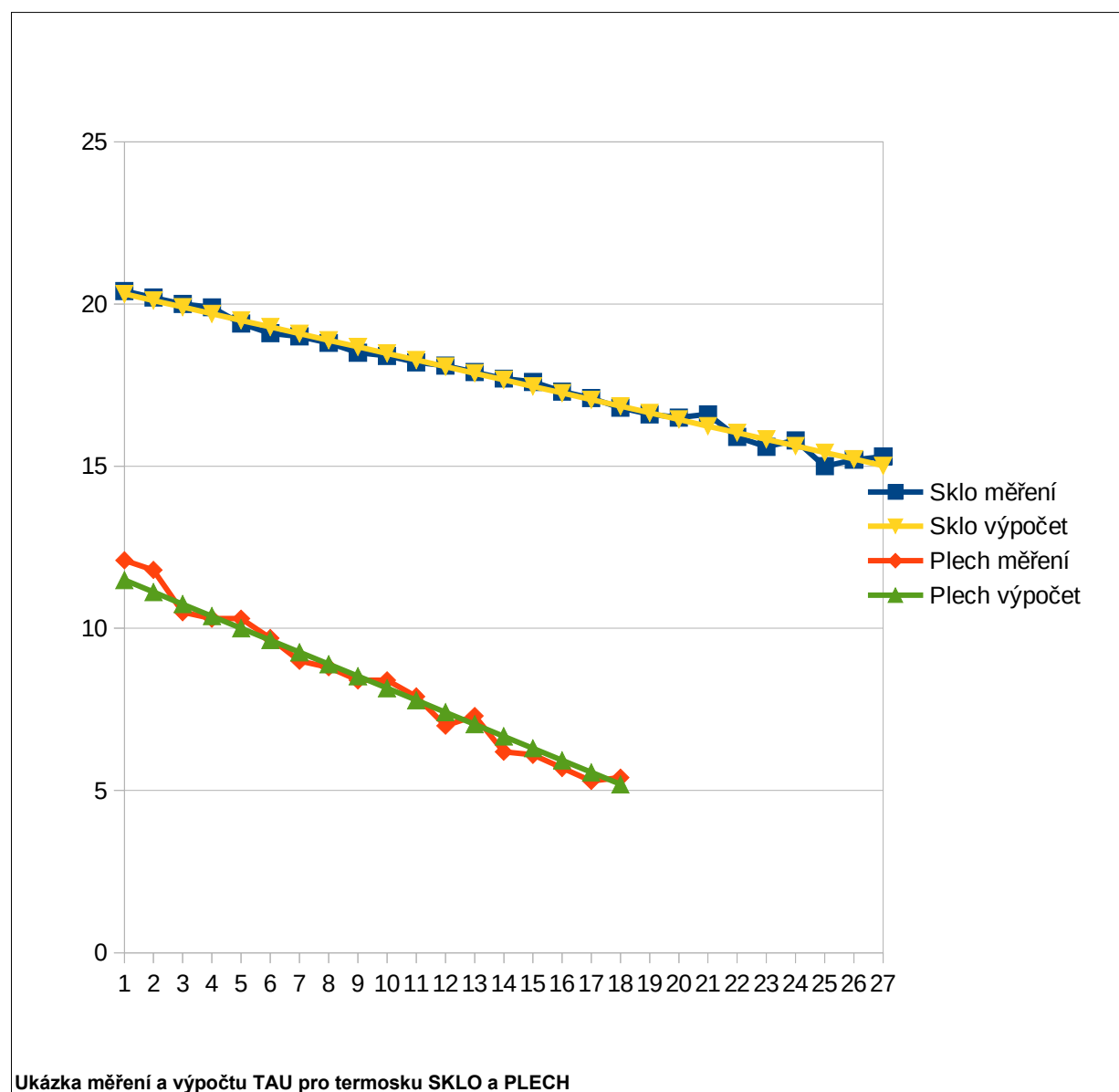
Provedl jsem měření teploty v termosce naplněné kaktusy s teplotním čidlem DOLE. Je možné mít čidlo nahoře nebo uprostřed, asi to na metodice nic nemění, ale pak se musí vždy srovnávací měření provádět s teploměrem na shodném místě – tak tedy DOLE.

Měří se pokles teplot v počátku a to jen po takovou dobu, kdy je křivka téměř lineární. U skleněné termosky probíhalo měření po dobu 7 hodin, u plechové to bylo 4,5

hodiny. Naměřenými body jsem proložil aproximační přímkou $y=A+K*t$, kde A je teplota v počátku a K je tangenta. Parametry A a K jsem přibližovací metodou upravoval tak, aby střední kvadratická odchylka byla minimální. Konečným výpočtem je $TAU = (A+T_{OK})/K$

Výhoda použití TAU – nezáleží na počáteční teplotě ani na teplotě okolí, tedy mrazáku. Záleží na kvalitě izolačních schopností termosky a na druhu a množství obsahu. Pokud je tak termoska naplněna vždy stejným množstvím kaktusové hmoty, je TAU pro každý pokus stejné.

	TAU hod.
SKLO	47
PLECH	20



Pro převod výsledků měření z jedné termosky na jinou byla použita tato úvaha: provedu měření mrazové odolnosti jednoho druhu v termosce s hodnotou **TAU₁**, získám výslednou mrazovou odolnost **T50₁**, se stejným druhem provedu měření v termosce s hodnotou **TAU₂**, obdržím mrazovou odolnost **T50₂**. Poměr **TAU** je rovný poměru **T50** pokud je vynásoben termoskovou konstantou **KTT**.

Vztah lze popsat rovnicí:

$$\frac{\text{TAU}_1}{\text{TAU}_2} = \frac{\text{T50}_1}{\text{T50}_2} * \text{KTT}$$

Nyní jde již jen o to, jak vypočítat **KTT**.

Použil jsem výsledky měření z předchozích let, kdy jsem provedl souběžně měření v skleněné a plechové termosce. Hodnota **KTT** pro tato měření je rovna **2**.

Konstanta **KTT** však musí splňovat některé další podmínky, a proto jsem ji linearizoval funkcí. Musí platit, že pokud **TAU₁ = TAU₂** pak **KTT=1**, a zároveň pro můj případ kdy **TAU₁=47** a **TAU₂=20** musí nabývat hodnotu **2**. To lze zajistit pomocí funkce:

$$\text{KTT} = (1 + (\text{TAU}_1 - \text{TAU}_2) * 0,037)$$

Funkce je ověřena za podmínky že **TAU₁ > TAU₂**.