

Mendelova univerzita v Brně

Zahradnická fakulta v Lednici

Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin

**Fyziologické aspekty vegetativního množení dřevin  
řízkováním**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Petr Salaš

Vypracovala:

Petra Kohoutková

Lednice 2016

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci na téma: „**Fyziologické aspekty vegetativního množení dřevin řízkováním**“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moi práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) se vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to že až do jejich skutečné výše.

V Lednici dne .....

Podpis autora .....

## **Poděkování**

Velice ráda bych touto cestou chtěla poděkovat doc. Dr. Ing. Petru Salašovi, za jeho odborné vedení, pomoc a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat také své rodině a přátelům, kteří mi byli vždy oporou.

## Obsah

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2. CÍL PRÁCE</b> .....	<b>8</b>
<b>3. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY</b> .....	<b>9</b>
3.1. Stresové faktory (stresory) působící na rostlinu.....	9
3.1.1. Abiotické faktory .....	10
3.1.2. Biotické faktory.....	17
3.2. Způsoby rozmnožování rostlin.....	21
3.2.1. Generativní rozmnožování .....	21
3.2.2. Nepohlavní (vegetativní) rozmnožování.....	22
3.3. Problematika vegetativního rozmnožování řízkováním.....	25
3.3.1. Matečné rostliny.....	25
3.3.2. Podmínky množárenského prostředí .....	26
3.3.3. Druhy řízků a způsob jejich množení.....	28
3.3.4. Úprava řízků.....	32
3.3.5. Termín a postup píchání řízků.....	33
3.4. Fyziologie tvorby kořenů .....	34
3.4.1. Tvorba kalusu.....	34
3.4.2. Topofýza .....	35
3.4.3. Tvorba adventivních kořenů – rhizogeneze .....	36
3.5. Růstové regulátory .....	38
3.5.1. Auxiny.....	39
3.5.1. Gibereliny.....	41
3.5.2. Cytokininy.....	42
3.5.3. Ethylen .....	43
3.5.4. Kyselina abscisová.....	45
3.5.5. Ostatní regulátory růstu.....	46
<b>4. VLASTNÍ KOMENTÁŘ K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE</b> .....	<b>50</b>
<b>5. ZÁVĚR</b> .....	<b>51</b>
<b>6. SOUHRN A RESUME, KLÍČOVÁ SLOVA</b> .....	<b>52</b>
<b>7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ</b> .....	<b>53</b>
7.1. Literární zdroje.....	53
7.2. Elektronické zdroje .....	54
<b>8. PŘÍLOHY</b> .....	<b>57</b>

## 1. ÚVOD

K nejstarším a nejvýznamnějším živým organismům patří rostliny, které díky slunečné energii přeměňují anorganické látky v látky organické. Za dobu svého dlouhého vývoje se rostliny naučily využívat prostředí, ve kterém se nacházejí. Není tomu tak ale vždy, protože působením některých faktorů vnějšího prostředí rostliny nejsou schopny se přizpůsobit dostatečně rychle, a proto tento vliv může vyvolat stresové stavy. Prostředí tak nepříznivě ovlivňuje jak jejich růst, tak vývoj rostlin.

Odborný výraz „stres“ je stav fyziologické zátěže organismu vyvolaný jedním nebo několika mimořádně nepříznivými vnějšími vlivy nebo podmínkami, tzv. stresovými faktory neboli stresory. Může, ale také nemusí, potom znamenat ohrožení života rostliny. Stres vzniká, když se její prostředí změní tak, že rostlina již není geneticky přizpůsobena. Na přirozených stanovištích k tomu dochází především v závislosti na čase, tzv. v určitých obdobích roku (Luštinec, Žársky, 2005).

Velký problém bývá se stresovými faktory působícími na řízky při jejich vývoji. Řízkování rostlin je totiž způsob vegetativního množení jak řízků bylinných, tak dřevitých. Tyto způsoby mají v posledních letech s dalšími metodami, jako je např. množení *in vitro*, velmi stoupající tendenci. Dále se také v poslední době velmi zmodernizovalo vybavení množáren a skleníků. Skleníky zlepšily vybavenost zavlažování, automatického zamlžování a použití růstových regulátorů.

Regulátory rostlinného růstu nemají však vztah jen k vlastnímu růstu rostlin, ale i k jejich vývoji. Teprve koncem dvacátých let minulého století byl výzkum růstové fyziologie obrácen k tzv. růstovým látkám, velmi záhy označovaným jako růstové hormony čili fytohormony (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

## **2. CÍL PRÁCE**

Cílem mé bakalářské práce je vypracovat odbornou literární rešerši výsledků českých a zahraničních autorů na téma Fyziologické aspekty vegetativního množení dřevin řízkováním.

V průběhu práce bylo potřeba podrobně prostudovat celou fyziologie rostlin. Dále jsem prostudovala problematiku odolnosti dřevin vůči stresovým faktorům a vlivu těchto faktorů na matečné rostliny.

V závěru mé práce jsem různorodé výsledky prostudovaných autorů zhodnotila a zevšeobecnila, a tak jsem se snažila podat nezaujatý pohled na danou problematiku.

### **3. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY**

#### **3.1. Stresové faktory (stresory) působící na rostlinu**

##### **Stres**

Stres je stav fyziologické zátěže organismu vyvolaný jedním nebo několika mimořádně nepříznivými vnějšími vlivy, tzv. stresovými faktory neboli stresory. Může pak, ale také nemusí, znamenat ohrožení života rostliny (Luštinec, Žárský, 2003).

##### **Problémy stresu u rostlin**

Rostliny jsou v průběhu svého života vystaveny velmi proměnlivým podmínkám vnějšího prostředí. Tyto podmínky mohou nejen zpomalovat jejich životní funkce, ale také poškozovat jejich jednotlivé orgány a v krajním případě vést i k uhynutí rostlin.

Problematika stresu u rostlin je mnohem komplikovanější než ve fyziologii živočichů. Je to dáno nejen přírodním způsobem života, který neumožňuje únik před působením jednotlivých stresorů, ale také tím, že u rostlin je mnohem větší mezidruhovú variabilita i heterogenita vnitřního prostředí buněk a pletiv. Ta se projevuje značným kolísáním fyzikálně-chemických parametrů rostlinných buněk i v průběhu „normálního“ fungování (Procházka a kol., 1998).

Mezi nepříznivé vlivy způsobující stres rostlin patří kromě infekce, vodní deficit, nízká nebo vysoká teplota, nedostatek kyslíku v půdě, vliv imisí a další. Na působení těchto nepříznivých faktorů prostředí, tj. stresorů, se rostlina adaptuje, tzv. přizpůsobuje. Vlivem stresorů je tedy zasažen metabolismus rostlin, transkripce i translace, zvyšuje se permeabilita membrán, zvedá se obsah prolinu atd. Většina stresorů zasahuje také i do hladiny fytohormonů i metabolismu rostlin. Tak se pak mění jejich růst, vývoj a také morfogeneze (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

Rostliny se také dále liší svojí citlivostí ke stresorům a vykazují různou míru adaptace. Adaptace rostlin na stres může být stabilní, která vzniká v průběhu fylogeneze nebo nestabilní, kdy je plně závislá na vývojové fázi rostliny a vnějších faktorech prostředí (Hrudová, 2011).

Tabulka č. 1. – Rozdělení stresových faktorů

Abiotické faktory		Biotické faktory
Fyzikální	mechanické účinky větru	herbivorní živočichové (spásání, poranění)
	nadměrné záření (UV, viditelné)	patogenní mikroorganismy (víry, mikrobi, houby)
	extrémní teploty (horko, chlad, mráz)	vzájemné ovlivňování (alelopatie, parazitizmus)
Chemické	nedostatek vody (sucho)	
	nedostatek kyslíku (hypoxie, anoxie)	
	nedostatek živin v půdě	
	nadbytek iontů solí a vodíku v půdě	
	toxické kovy a organické látky v půdě	
	toxické plyny ve vzduchu	

(Procházka a kol., 1998)

### 3.1.1. Abiotické faktory

#### Vysoké teploty

Primární sluneční paprsky, které pronikají okolním prostředím na povrch rostlin, jsou jejím zdrojem tepla. Rostliny dále přijímají teplo i z okolního prostředí, tj. vzduchu a půdy. Podle rozsahu tolerance k venkovním teplotním podmínkám tak rozlišujeme rostliny se širokou amplitudou – eurytermní a s nízkou amplitudou – stenotermní.

Stenotermní rostliny, dělíme podle toho, kde žijí na:

- **kryofilní**, které nacházíme jen v pásu trvalého sněhu,
- **mikrotermní**, které rostou v chladném pásu,
- **mezotermní**, které nacházíme v mírném pásu,
- **megatermní**, které rostou v teplém pásu.

O výměně energie mezi rostlinou a jejím okolím rozhoduje určitá část slunečního záření, kondukce tepla, konvekce tepla v atmosféře, její proudění a míšení a také transpirace rostliny. Rostlina se ohřívá infračerveným zářením. Kondukce tepla přenáší teplo z oblasti vyšší teploty do oblasti nižší teploty a představuje molekulární pohyb bez pohybu média. V okolí rostliny je to vrstva přibližně 10 mm nad listy. Při konvekci, tj. proudění a míšení tepla, jde o



přenos energie v proudícím médiu. Transpirací ztrácejí rostliny mimo vody tepelnou energii, a to přeměnou kapalné vody na páru (Švihra a kol., 1989).

Při zvýšení teploty zhruba nad 40°C dochází u většiny druhů rostlin k zásadním změnám ve fyzikálně - chemickým vlastnostech buněčných membrán i proteinů. Lipidová vrstva membrán přechází do lamelárně kapalného, tzv. superfluidního stavu, ve kterém nemůže plnit svoje základní funkce. Stává se pak propustnou pro ionty a přestává poskytovat dostatečně pevnou oporu pro membránové proteiny (Procházka a kol., 1998).

Samotné proteiny při vysoké teplotě ztrácejí normální konformaci a tím i svoji funkci. Při dosažení určité kritické teploty se tedy rozpadá cytoskelet a zastavuje se proudění cytoplasmy. Stupeň poškození buněk je pak úměrný součinu teploty a délky jejího působení. Teploty nad 50 až 55°C vyvolávají u většiny druhů absolutně nevratné poškození pletiv a jejich následné odumření (Luštinec, Žárský, 2003).

K pravidelně a nejdříve postiženým patří obvykle tylakoidní membrány v chloroplastech. Velmi nápadným indikátorem vznikajícího stresu je poškození fotosystému II, které lze lehce zjistit měřením fluorescence chlorofylu *in vivo*. Za zvyšující se teploty dochází totiž nejprve k rozpadu jednotlivých částí fotosystému, především k odtržení světlosběrných komplexů a teprve později k denaturaci proteinů (Procházka a kol., 1998).

### **Nízké teploty**

Nízká teplota inaktivuje enzymy tylakoidní membrány a zpomaluje intenzitu dýchání rostlin. Od určitých hodnot pak dochází k tvorbě ledu a může dojít k mechanickému poškození buněk, k dehydrataci buněk a následně i mezibuněčných prostor. Následkem tvorby ledu je dehydratace rostliny, což vede ke zmrznutí. Rostliny v mírném pásmu jsou na nízké teploty adaptovány, avšak náhlé poklesy teplot jsou škodlivé i pro ně. Různé druhy rostlin jsou k nízkým teplotám různě citlivé a citlivost může být různá i u jednotlivých kultivarů a liší se také v průběhu života rostliny či jejího vegetačního období. Nejcitlivější jsou generativní orgány. Vegetativní orgány jsou méně citlivé, přičemž lze tvrdit, že citlivost k chladu klesá se stářím pletiva, a to je dáno vyšším obsahem vody v jeho buňkách (Hrudová, 2011).

Za nízké teploty je v této souvislosti považována teplota 0 – 15°C. Rostliny chladnějších klimatických zón jsou k této teplotě většinou dobře přizpůsobeny, nehledě na obecné zpomalení jejich látkové výměny a růstu, nejsou chladným obdobím nijak podstatně

ovlivněny. Naproti tomu teplomilné rostliny, tj. rostliny tropické nebo subtropické se při teplotách nižších než 15°C dostávají do silného teplotního stresu (Luštinec, Žárský, 2003).

### **Nadměrné záření**

Sluneční záření má charakter elektromagnetického vlnění s různými vlnovými délkami. Toto sluneční záření rozlišujeme na tři základní typy: ultrafialové, viditelné a infračervené.

Ultrafialové sluneční záření má vlnovou délku menší než 390 nm. Jeho značnou část absorbuje atmosférický ozón ve stratosféře. Ultrafialové záření stimuluje u rostlin větvení stonku, omezuje dlouhivý růst, dochází ke zvětšování listů. Při větším působení je omezena fotosyntéza, urychleno stárnutí rostlinných pletiv a zvyšuje se obsah rozpustných proteinů a fotoaktivních flavonoidů.

Viditelné sluneční záření má vlnovou délku od 390 do 760 nm. Jeho barevné spektrum je od fialové po červenou. Je zdrojem světla, tepla a tzv. fotosynteticky aktivní radiace.

Infračervené sluneční záření má vlnovou délku větší 750 – 4000 nm a má fotoperiodické účinky.

### Nároky rostlin na světlo:

Rostliny se ve svých nárocích na světlo značně liší. Lze je rozdělit do tří základních skupin a to podle schopnosti fotosyntézy při určité hustotě světelného toku:

- **heliofytní** – sluncemilné druhy – např. druhy pouští, stepí a velehor
- **heliosciofytní** – světlomilné druhy – snáší mírné zastínění
- **sciofytní** – stínomilné druhy – druhy lesních podrostů, některé druhy pokojových květin a některé druhy rostlin, které ztratily chlorofyl a přešly k heterotrofní výživě (Hrudová, 2011).

Nadbytek světla může vést k poškození buněčných struktur zajišťujících primární fázi fotosyntézy nadbytkem energie. Dochází tak k tvorbě volných kyslíkových radikálů, které poškozují membrány. Při předpěstování rostlin ve sklenících existuje riziko poškození UV zářením po přesunu na venkovní plochy, jelikož sklo UV záření nepropouští. Poškození světlem se vyskytuje velmi zřídka a jeho příznakem jsou žlutohnědé až stříbřité papírově nekrotické skvrny na listech. Časté jsou ale např. při výsadbě rajčat, paprik a letniček na

venkovní stanoviště. Citlivější jsou také stínomilné pokojové rostliny, azalky, rododendrony a kapradiny.

Poškození rostlin přímým slunečním zářením může nastat v různých fázích jejich vývoje. Poškozeny bývají především nadzemní části, poškození cibulí a hlíz nastává jen při jejich dlouhodobém odkrytí a projevuje se většinou zezelenáním světlu vystavených částí. K intenzivnějšímu poškození dochází za sucha, větru a relativní nízké vzdušné vlhkosti, také po nástupu slunečného a horkého počasí po předchozích deštích. Intenzivní záření zesiluje příznaky chlorózy a nekrózy a to z nedostatku draslíku, hořčíku a zinku. Při nadbytku světla často dochází k přehřátí rostlin a následnému poškození vysokou teplotou.

Úžeh plodů vzniká při působení slunečního záření na povrchu plodů. Teplota plodů na povrchu může být o 10 – 15°C vyšší než v okolí a pletiva tak mohou být poškozena. Poškozené místo je nejdříve vodnaté, pak měkké, později nekrotizuje. Při nezávažném poškození se úžeh projeví jen vznikem chlorotické skvrny. Citlivá jsou rajčata, paprika, jablka, plody peckovin a melouny.

Prevence a ochrana poškození světlem spočívá v otužování rostlin před jejich vystavením světlu, tzn. ve stínování mechanickými stínovkami nebo v nátěrech skla speciálními barvami, např. modrý amarit. Otužovat je ale nutno i rostliny sluncemilné a světlomilné, (Hrudová, 2011).

### **Poškození mrazem**

Chladové poškození neboli poškození chladem je někdy používáno jako nadřazený termín pro poškození nízkými teplotami. Může dojít k mrazovému poškození a k poškození mrznutím, při němž se tvoří led v pletivech rostliny, dále pak dochází k dehydrataci pletiv a k hnědnutí i u stále zelených rostlin. Rozeznáváme také poškození chlazením, které je obvykle označováno jako posklizňové poškození rostlinných produktů ve skladech.

Poškození mrazem může vzniknout při poklesu teploty pletiv pod bod mrazu. V rostlinách dochází ke změně fyzikálních a chemických vlastností membrán v buňce, zahušťuje se buněčná šťáva ve vakuolách a narušuje se metabolismus, dále vznikají toxiny a dochází ke zmrazení vody a tvorbě ledových krystalů v buňce, které mohou buňku vážně poškodit. Nejdříve se led tvoří ve velkých cévách xylému – listech a stoncích.

K odumření buňky dojde vlivem dehydratace. Příčinou úhynu rostliny může být tzv. fyziologické sucho vlivem omezeného nebo přerušeno příjmu vody, kdy je transpirace přerušena, jako např. při zmrznutí půdy, kdy voda nemůže být přístupná rostlině.

Pokud se tvoří ledové krystalky jen v mezibuněčných prostorech, nemusí k poškození mrazem vůbec dojít.

Citlivost rostlin k mrazu je různá a mění se i v rámci fenofází. Citlivé rostliny mohou být poškozovány už teplotami – 2 až – 5°C (Hrudová, 2011).

Odolnost rostlin vůči mrazu neboli jejich mrazuvzdornost je založena na schopnosti dlouhodobě zabránit vzniku ledu uvnitř buněk a tolerovat jejich odvodnění při zamrznutí vody v apoplastu. Snížení bodu tuhnutí přítomností osmoticky aktivních látek (cukrů, aminokyselin, polyalkoholů) je mechanismus, který je účinný jen při mírných mrazech. Mnohem výraznější je schopnost po dlouhou dobu udržovat vodu v tekutém stavu i pod očekávaným bodem tuhnutí. To se však nedaří u parenchymatických buněk s velkými vakuolami a s tenkou buněčnou stěnou. Jedině pevná buněčná stěna je schopna zabránit větším deformacím buněk při tvorbě ledu v apoplastu a při dehydrataci cytozolu, a tak chrání zejména plazmatickou membránu a orgány před mechanickým poškozením.

Proces zvyšování odolnosti vůči mrazu, tzn. otužování rostlin, má u různých druhů odlišný charakter. Nejsložitější bývá u dřevin, kdy k zastavení růstu a k některým dalším přípravným změnám dochází již koncem léta. Vlivem postupně se snižujících denních teplot a zkracování délky dne dochází k plynulému zvyšování odolnosti rostlin až do nástupu zimních mrazů. U většiny mrazuvzdorných bylin je indukce odolnosti rychlejší a jednodušší, obvykle stačí jen několik dnů s teplotami blízkými nule. Důležitou podmínkou k získání odolnosti vůči mrazu u bylin je dostatek jejich asimilátů (Procházka a kol., 1998).

### **Zasolené a kyselé půdy**

Zasolené půdy se vyskytují nejen v blízkosti moře, ale i ve vnitrozemských oblastech. V těchto oblastech totiž potenciální výpar, tj. množství vody, které se za daných klimatických podmínek odpaří, pokud je voda v půdě stále v dostatečném množství, převažuje nad srážkami. Jde především o rozsáhlé pouště a polopouště na všech kontinentech. K zasolení může ale také dojít při dlouhodobých závlahách a rovněž v okolí komunikací, které jsou posypávány v zimním období solí (Procházka a kol., 1998).

Při nedostatku minerálních živin u rostlin rostoucích např. v písku nebo v hustém zápoji se vytvářejí malé formy, tzv. nanismus a tedy trpasličí růst. Naopak při velmi dobré zásobě přístupných živin a vody v půdě rostliny velmi nápadně a bujně rostou a dosahují tak obrovských rozměrů, což označujeme jako gigantismus.

Podle koncentrace chemických prvků v rostlinách rozlišujeme dva typy rostlin. První typ závisí na obsahu prvků v půdě, které rostliny hromadí. V jejich popelu proto nalézáme zvýšené množství těchto prvků. Druhý typ závisí na selektivní schopnosti rostlin, jejichž druhy přijímají a hromadí z určité půdy jen některé prvky, a to jen ve větším množství (Švihra a kol., 1989).

Běžně se druhy rostlin rozdělují podle nároků na půdní reakci, kterou snášejí bez ohledu na šířku amplitudy, do tří skupin:

- **acidofilní (oxyfilní)** rostliny vyžadují kyselé půdy s  $\text{pH} < 6,7$  do této skupiny patří vřesovištní rostliny. Velmi silně acidofilní rostliny vyžadují  $\text{pH} 3,5 - 4$  (kostřava ovčí, brusnice borůvka), silně acidofilní rostliny  $\text{pH} 4,1 - 4,5$  (vřesovec), acidofilní rostliny  $\text{pH} 4,5 - 5,4$  (lupina) a slabě acidofilní rostliny  $\text{pH} 5,5 - 6,4$  (žito, pohanka, brambor).
- **neutrofilní (hemioxyfilní)** rostliny rostou na půdách s hodnotami  $\text{pH} \pm 7$ . Pro většinu rostlin je optimální  $\text{pH} 6 - 7,5$ .
- **bazofilní (alkalifilní)** rostliny vyžadují zásadité půdy s  $\text{pH} > 7,2$  (ostřice nízká, třemdava bílá, ječmen, vojtěška), (Hrudová, 2011).

### Toxické látky

Plynné, kapalné i pevné složky prostředí, ve kterém rostliny rostou, jsou pestrou směsí desítek chemických sloučenin, z nichž některé mohou mít výrazně inhibiční až toxické účinky. Z plynů je nejvíce nebezpečný oxid siřičitý a ozon. V půdě pak jsou nebezpečné ionty těžkých kovů a aromatické organické látky. Stále vyšší a vyšší obsah toxických látek je spojen hlavně s průmyslovou a zemědělskou činností člověka. Napomáhá tomu spalování fosilních paliv, používání umělých hnojiv, pesticidů atd. Touto cestou se dostávají do prostředí i sloučeniny, které se dříve v přírodě vůbec nevyskytovaly a které nazýváme xenobiotika, (Procházka a kol., 1998).

Oxid siřičitý vstupuje do listů hlavně otevřenými průduchy. Při jeho vyšších koncentracích tam brzdí činnost enzymu Rubisco. Druhy  $\text{C}_4$  jsou vůči toxickému působení  $\text{SO}_2$  odolnější než

druhy C<sub>3</sub>, neboť PEP karboxyláza je k SO<sub>2</sub> méně citlivá než Rubisco. V odolnosti k toxickému působení SO<sub>2</sub> jsou velké mezidruhové rozdíly. Nejvíce postiženy bývají druhy s vytrvalými listy, a to zejména jehličnany (Luštinec, Žárský, 2005).

Ozon je nejméně toxický plyn než SO<sub>2</sub> a jeho koncentrace v přízemních vrstvách atmosféry bývá velmi podobná. Průměrná hodnota jeho maxim se nachází v rozmezí 300 až 500 μg m<sup>-3</sup>). Naprostá většina ozonu vzniká fotolýzou oxidů dusíku (NO, NO<sub>2</sub>) a také některých plynných organických sloučenin uhlovodíků. K rozkladu těchto látek dochází účinkem ultrafialového záření. Velké koncentrace ozonu se proto vytvářejí v horních vrstvách znečištěného ovzduší, které jsou vystaveny intenzivnímu slunečnímu záření, zvláště je-li inverzní typ počasí s malou turbulentní výměnou. Vznikající ozon může být v tom případě zvláště nebezpečný pro rostliny v horských oblastech. Koncentrace ozonu ve vzduchu má obvykle značné denní výkyvy s maximem v odpoledních hodinách. Nejvíce poškozené bývají druhy s intenzivní výměnou plynů v listech (Procházka a kol., 1998).

Toxické kovy, zejména zinek, olovo a kadmium, se dostávají do půdy ve větších množstvích usazováním prachu z průmyslových procesů, z výfukových plynů, z kontaminovaných odpadních vod a hnojiv. Ionty těchto kovů jsou velmi snadno přijímány kořeny rostlin, po vstupu do buněk tam inaktivují některé enzymy. Inhibice a dělení dlouhivého růstu buněk, která se projevuje zejména zpomalením růstu primárního kořene, bývá jedním z prvních příznaků jejich toxického působení. V kořenech také dochází k největšímu hromadění těžkých kovů. Část toxických látek je přesto translokována do nadzemní části, kde nejvíce ovlivňují procesy v listech, v první řadě fotosyntézu (Procházka a kol., 1998).

### **Nedostatek kyslíku**

Nadzemní části rostlin jsou obklopeny vzdušným prostředím, ve kterém se koncentrace kyslíku mění jen nepatrně. Ve zcela jiné situaci jsou ale podzemní orgány, neboť koncentrace kyslíku v plynné fázi půdního systému je trvale snížena ve srovnání s volnou atmosférou. Kyslík je totiž nepřetržitě odebírán nejen respiračními procesy kořenů, ale i respirací půdní mikroflóry. V půdě s dostatkem velkých pórů není toto snížení velké díky rychlému doplňování difuzním tokem ze vzduchu nad povrchem půdy. Pokud je ovšem vzdušných pórů málo a navíc jsou úzké, jak tomu bývá u těžkých jílových půd nebo v důsledku zvýšeného obsahu vody v půdě, pak může koncentrace kyslíku v rizosféře klesnout na hodnoty blízké

nule. Tyto hypoxické a anoxické podmínky způsobují vážný stres u těch druhů rostlin, které nemají vhodnou adaptaci.

V důsledku porušení vzdušného režimu půdy se se snížením obsahu  $O_2$  se současně zvyšuje obsah  $CO_2$ , který může tvořit až 50 % z celkové plynné fáze půdy. Nedostatek  $O_2$  a vysoký obsah  $CO_2$  v půdě je potom příčinou charakteristických, viditelných i metabolických změn rostlinného organismu v takovém prostředí.

Nedostatek  $O_2$  má specifický vliv na strukturu rostlinné buňky. Z buněčných organel jsou nejcitlivější na nedostatek  $O_2$  mitochondrie (Kolek a kol., 1988).

### **Vodní stres**

Voda tvoří v průměru 70 - 90 % z celkové hmotnosti rostliny.

Vodní deficit vyvolává v rostlině stres, který může postihnout všechny její funkce. Nejprve je zasažen dlouhivý růst buněk. K jeho měřitelnému zpomalení dochází již při poměrně slabém vodním deficitu a při slabém poklesu turgoru. Turgor je nejcitlivější fyzikální indikátor změn vodního potenciálu buňky. Mnohé reakce stresové jsou přímo nebo nepřímo vyvolány poklesem turgoru pod bod vadnutí. Růst se zastaví dříve, než dojde k zjevnému vadnutí listů (Luštinec, Žárský, 2005).

Ze všech abiotických faktorů, které omezují růst a produktivitu rostlinstva na kontinentech naší planety, stojí na prvním místě právě nedostatek vody. Voda, na rozdíl od minerálních živin, má velmi rychlý koloběh v ekosystémech a její zásoba v rostlinách i v půdě stačí jen na poměrně krátkou dobu. Navíc doplňování zásob vody srážkami bývá obvykle nepravidelné, náhodné a nejsou tedy vyloučeny ani delší periody sucha (Procházka a kol., 1998). Naopak také nadbytek vody v půdě může být pro rostliny stejně škodlivý jako jeho nedostatek. V průběhu vegetace tak existují období, kdy jsou rostliny velmi citlivé na nedostatek vody v půdě i ve vzduchu a kdy jsou stejně mimořádně citlivé na některé meteorologické faktory. Tato období vegetace se nazývají kritickými obdobími (Švihra a kol., 1989).

### **3.1.2. Biotické faktory**

#### **Herbivorní živočichové**

Rostliny jsou vystaveny stálému nebezpečí poškození svých orgánů mnoha druhy živočichů zejména početných skupin fytofágního hmyzu, ale i pastvou evolučně vyspělejších

býložravců. Kromě mnoha morfologických a morfogenetických adaptací k omezení herbivorie jako jsou ostré trny, trichomy, vysoký obsah tuhých sklerenchymatických pletiv, jsou také velmi časté i rozmanité biochemické adaptace.

Z velkého množství sekundárních metabolitů, které se syntetizují v rostlinách, mnohé působí odpudivě až toxicky na herbivorní živočichy. Z hlediska množství, v jakém se vyskytují, lze je rozdělit do dvou kategorií.

Kvalitativně významné, které se sice vyskytují jen v malých množstvích, ale zato jsou pro živočichy velmi toxické. Patří sem nejrůznější alkaloidy, glykosidy uvolňující kyanovodík a mnoho dalších. Rostliny s významnými ochrannými metabolity jsou sice před většinou herbivorů chráněny, ale bývají ohrožovány specializovanými škůdci, kteří získali dokonalou rezistenci vůči příslušnému toxinu.

Kvantitativně významné, metabolity, které sice nejsou toxické, ale ve větším množství způsobují špatnou stravitelnost, nechutnost až toxicitu. Mezi ně patří lignin, taniny a fenologické látky.

Integrace býložravých živočichů s rostlinami je do značné míry dynamický proces, ve kterém hrají významnou úlohu také stresové reakce postižené rostliny (Procházka a kol., 1998).

### **Patogenní organizmy**

Podobně jako člověk a živočichové jsou i rostliny napadány viry, bakteriemi, houbami a dalšími parazitickými organismy, které vyvolávají jejich onemocnění a stres (Luštinec, Žárský, 2005). Jejich průnik do buněk je sice ztížen pevnou buněčnou stěnou, ale ani ta není pro řadu z nich nepřekonatelnou překážkou.

Nejen průnik, ale často již kontakt patogenního organismu s buňkou, vyvolává celou řadu koordinovaných vnitrobuněčných procesů, jejichž cílem je omezit či zcela eliminovat jeho působení a šíření do dalších buněk. Na začátku všech obranných reakcí však musí být podnět k jejich spuštění, kterým obvykle bývá specifický metabolit uvolňovaný při počáteční interakci buňky s patogenem a identifikovatelný vhodným receptorem hostitelské rostliny.

Vlastní obranné reakce zahrnují jednak tvorbu specifických stresových proteinů, jednak syntézu a hromadění chemicky jednodušších sloučenin s výrazným antibiotickým účinkem. Tyto sekundární metabolity s ochrannou funkcí jsou u některých druhů rostlin přítomny trvale, i když v menším množství než při infekci (Procházka a kol., 1998).



V dnešní době známe více než 120 patotoxinů. Jedním z nejznámějších je fusicoccin. Je to zástupce nespecifických houbových toxinů, tzv. Diterpenglukoid produkovaný houbou *Fusicoccum amygdali* a vyvolávající vadnutí mandlovníků a broskvoní.

Jiný fytoalexin, victorin, produkovaný houbou *Cochliobolus victoriace*, je na rozdíl od fusicoccinu extrémně specifický. U odrůdy ovsa Victory vyvolává sněťové onemocnění. Citlivost této odrůdy k patogenu závisí na jediném dominantním genu. Všechny odrůdy ovsa, které tento gen neobsahují, jsou proti houbě a jejímu toxinu rezistentní (Luštinec, Žárský, 2005). K houbám vyskytujícím se na množárnách patří druhy rodu *Pythium*, především *P. debaryanum*, *P. ultimum*. Všechny tyto houby ohrožují jako kořenoví paraziti bylinné řízky (Bärtels, 1988).

### **Alelopatie**

Z listů, kořenů a rozkládajících se zbytků rostliny mohou být do prostředí uvolňovány různé primární a sekundární látky. Když působením těchto látek rostlina zeslabí růst jiných, v blízkosti rostoucích rostlin, zajistí si lepší přístup k zářivé energii, vodě a živinám a stává se tak vývojově zdatnější. Alelopatie označuje vzájemné škodlivé působení rostlin, ale přesnější definice zahrnuje i působení pozitivní. Přesvědčivých důkazů o alelopatickém působení látek vylučovaných z živých rostlin je málo. Takové působení se může týkat látek těkavých, hlavně terpenů, uvolňovaných z nadzemních orgánů, ale hlavně látek fenologických vylučovaných z kořenů nebo smývaných z povrchu listů a působících v půdě (Luštinec, Žárský, 2005).

Účinné látky musí být z jedné zdrojové rostliny vyloučeny a přeneseny na jinou cílovou rostlinu v dostatečné koncentraci. Při tomto transportu nutně dojde k poklesu jejich koncentrace vzhledem k neusměrněnému šíření difuzí, možné sorpci na koloidech či částečnému mikrobiálnímu rozkladu. Z toho ovšem vyplývá, že zdrojová rostlina musí být vůči účinné látce mnohem méně citlivá než rostlina cílová. Toto působení je teoreticky možné i u nadzemních orgánů přenosem těkavých látek hlavně terpenů či smýváním netěkavých metabolitů vyloučených na povrch listů, ale hlavní význam bude mít nepochybně v kořenové zóně.

Velká pozornost je v současné době věnována těm druhům, které odolávají špatným kompetitivním předpokladům, a to zejména pokud trpí vrozeně pomalým růstem a mají malý odběr živin a vody z půdy. Tyto rostliny přesto vytvářejí souvislé porosty, ve kterých se jiným

druhům nedaří. Mezi tyto rostliny patří např. *Avenella flexuosa*, *Allium ursinum*, *Mercurialis perennis*. Poněkud lépe prozkoumané je nepřímé alelopatické působení zprostředkované metabolity uvolněnými mikrobiálním rozkladem z odumřelých částí rostlin. Zvláštní postavení zde mají také fenolické látky, které se nacházejí v půdě v hojném množství jako produkt rozkladu některých složek biomasy, především ligninu.

Mechanismus působení látek s potenciálním alelopatickým účinkem je znám velmi nedostatečně. Inhibice membránových funkcí, včetně příjmu iontů minerálních živin, inhibice dělivého i dlouhivého růstu buněk a inhibice klíčení, patří k nejčastěji pozorovaným účinkům. Citlivost různých druhů rostlin je vůči zmíněným sloučeninám značně rozdílná a lze proto předpokládat existenci rozdílně účinných detoxikačních schopností (Procházka a kol., 1998).

### **Parazitismus**

Jedná se o kontaktní antagonistickou koakci charakteristickou krátkodobým či dlouhodobým soužitím dvou druhově rozdílných organismů negativně na sebe působících. Vzájemné negativní působení vyvolává jednostranné nebo spíše oboustranně specifické i nespecifické reakce zúčastněných druhů, indukované jejich kontaktem. Vztah parazita a hostitele je od počátku nutno chápat jako trofický vztah, kde parazit, podle šíře své specifikace, je organismus životně závislý na příjmu živin z hostitele. Adaptací, mutací a selekcí je jeho celý metabolismus k tomuto cíli zaměřen. Hostitel je organismus, u něhož se během evoluce nevytvořila jediná adaptace, která by sloužila ke snadnějšímu napadení parazitem ba právě naopak. Ve větší či menší míře jsou všechny adaptace zaměřeny na zachování stavu napadením a proti činnosti parazita.

Pro parazita je nezbytné proniknout do pletiv, která mu mohou poskytovat nutriční látky rozkladem buněčných stěn a protoplastu, případně napojením na cévní svazky hostitele. Ať penetruje do pletiva kteroukoliv cestou, mechanicky či enzymaticky před poraněné části pletiv či přes zdravé buňky, průduchy či lenticelami, je ve velmi krátké době rostlinou identifikován jako cizí agens.

Holoparaziti, tj. úplní paraziti jsou heterotrofní nezelené rostliny, které žijí a přijímají celou svou výživu, jež tvoří asimiláty a roztoky minerálních látek, z hostitele, jímž je autotrofní rostlina. Listy i kořeny jsou silně redukovány. Kořeny jsou přeměněny v haustoria, která jsou napojena na dřevní i lýkovou část cévního svazku hostitele. Napadají většinou jen

určité skupiny druhů rostlin, na něž jsou specializováni. Semena parazitních rostlin mohou vyklíčit jen v blízkosti hostitelské rostliny. Nejvíce parazitů rostlin se vyskytuje v tropech.

Hemiparaziti, tj. poloparaziti mají volnější metabolické vztahy s hostitelem. Poloparazité jsou zelené rostliny, schopné fotosyntézy. Pouze vodu a minerální živiny přijímají z hostitele a jsou napojeny na dřevní část cévního svazku hostitele (Jirout, 2005).

### **3.2. Způsoby rozmnožování rostlin**

Rostliny se dají rozmnožovat dvěma způsoby:

- Generativní rozmnožování – semenem
- Vegetativní rozmnožování – a) přímé (řízkování, dělení trsů, kořenové výmladky, kopčení a hřížení),  
b) nepřímé (roubování a očkování, štěpování, přikájení).

#### **3.2.1. Generativní rozmnožování**

Kvetoucí semenné rostliny se v přírodě nejčastěji rozmnožují semeny. Je to generativní způsob množení a jako takový vždy poskytuje možnost rozmanitých genetických kombinací. V jejich důsledku jsou ze semen vyrostlé rostliny velmi proměnlivé. Takováto proměnlivost je základem toho, že se rostliny mohou přizpůsobovat svému životnímu prostředí a umožňuje šlechtění kultivarů žádaných vlastností. V zahradnictví je proměnlivost nevýhodná, pokud si pěstované rostliny mají zachovat svoje určité vlastnosti. Je však výhodou, když se vyhledávají vlastnosti nové a vylepšené (Brickell, 2012).

Generativní rozmnožování spočívá v oplození, při němž uvnitř zárodečného vaku ve vajíčku splyne jedna samčí a jedna samičí pohlavní buňka. Z oplozeného vajíčka se vyvíjí embryo. Ve vajíčku se spojí dědičné základy mateřské a otcovské rostliny. Jestliže se ve vajíčku spojí dědičný materiál dvou různých rostlinných druhů, potom se potomstvo označuje jako kříženci. Semena některých dřevin ztrácejí rychle svou klíčivost (Bärtels, 1988).

Generativní rozmnožování ze semen je přirozený způsob množení všech původních druhů a mnohých odrůd. Účelné je však jen tenkrát, když všichni jedinci potomstva nebo alespoň téměř všichni, se navzájem shodují v určité kombinaci relativně stálých význačných znaků. Těmito znaky se pak odlišují od jedinců populace každého jiného druhu, popřípadě odrůdy. U dřevin má faktor variace zvláštní význam u těch druhů, které se používají pro krajinářské

úpravy. Ze semen množené okrasné dřeviny se ve většině případů udrží v extrémních nebo kolísavě nepříznivých přírodních podmínkách lépe než dřeviny množené nepohlavně, tj. vegetativně. Rozmnožování výsevem semen je také nejlevnější a nejefektivnější, zejména při masovém množení dřevin.

Pro generativně množené dřeviny jsou genetické vlastnosti výchozího materiálu rozhodující. Pro výsevy ve velkém je nutno tedy předem zjistit, jaké potomstvo, populaci, semenné stromy a keře produkuje nebo zda dodavatel osiva zaručuje vyrovnanou a druhu odpovídající produkci sazenic (Walter, 2011).

### **3.2.2. Nepohlavní (vegetativní) rozmnožování**

Při nepohlavním rozmnožování je třeba rozlišovat vegetativní množení přímé, např. řízkování, hřížení a dělení a dále nepřímé, např. roubování, očkování a přikájením. U okrasných dřevin je snaha využít hlavně vegetativní množení přímé, a to jednak proto, že je pracovně snazší a efektivnější než nepřímé. Dále také proto, že rozmnožované rostliny nepodléhají případným nepříznivým vlivům podnoží, popř. se neobjevuje špatná afinita při růstu podnože a roubu, a konečně i proto, že nemohou vyrůst plně výhony (Walter, 2011). Nepohlavní rozmnožování, jak již bylo zmíněno, je tedy nejlepší způsob, jak udržet některé druhy, zejména pak individuální, které nejlépe reprezentují ten který druh. Klony jsou skupiny rostlin, které jsou shodné s jejich jedním rodičem (University of Maine Cooperative Extension, 2016).

#### **Přímé rozmnožování**

##### Hřížení

Hřížení je přirozený způsob množení. Tvorba kořenů je vyvolána přikrytím stonku zemí, zatímco stonek je stále spojen s mateřskou rostlinou. Zakořeněná část stonku se pak oddělí od mateřské rostliny a pěstuje se dále již samostatně.

Stonek, který chceme pohřížit, se často nařezává, kroužkuje nebo ohýbá. To částečně přeruší tok hormonů a uhlohydrátů, po jejichž nahromadění je růst kořenů podpořen. Pletiva za tímto omezením jsou vystavena slabému vodnímu stresu a to také příznivě ovlivňuje tvorbu kořenů. Další důležitou pobídkou k vytvoření kořenů je zamezení přístupu světla ke stonku. Buňkám takto strádajícím nedostatkem světla se pak ztenčují stěny a kořeny se snáze

vytvářejí. Abychom zakořeňování ještě více povzbudili, používáme v místě hřížení zakořeňovací hormony (Brickell, 2012).

### Dělení trsů

Tento způsob množení lze použít u mnohých dřevin. Provádí se jednoduše a nevyžaduje téměř žádná pěstební zařízení, zároveň ale vede velmi rychle k cíli. Dělením se dají množit všechny keře, které se přirozenou cestou vytrvale zmlazují větším či menším počtem výhonků z kořenového krčku. Dělení však přichází v úvahu obecně jen při rozmnožování malých keřů v malém počtu (Bärtels, 1988).

Dělení trsů je to snad nejstarší a nejjednodušší způsob vegetativního rozmnožování. Matečné keře druhů, které samovolně tvoří kořeny na bázi svých výhonů nebo vyhánějí kořenové výmladky, se mohou ze země vyjmout, roztrhat nebo rozřezat na jednotlivé dělence. Tyto se vysadí přímo na jednotlivá stanoviště nebo se zaškolují, je-li třeba nebo jsou-li slabší (Walter, 1997).

### Kořenové výmladky

Při rozmnožování okrasných dřevin nemá tato metoda již dnes velký význam. Jedině maliníky a ostružiníky, které netvoří šlahouny, se často množí pouze kořenovými výmladky. Starší, dobře odnožující matečné rostliny se buď na jaře, nebo v pozdním létě, po vyzrání výhonů vyjmou ze země a rozdělí se. Dělení provádíme tak, aby každému kusu zůstal aspoň jeden olistěný výhon s kořeny. Oddělky je pak nejlépe vysadit do studeného pařeniště, kde mohou být pěstovány až do prodejního stavu (Bärtels, 1988).

### Kopčení

Tento způsob přímého rozmnožování se uplatňuje u okrasných dřevin jen zřídka. Matečné keře se nakopčí vždy na jaře, když mladé letorosty dosáhly potřebné výšky. Později se ještě jednou, nebo někdy však až na jaře dalšího roku, keře odhrnou a mladé sazenice, tzv. oddělky se stříhají (Walter, 1997).

Půdní poměry matečnice musí odpovídat určitým nárokům. Půda má být drobtovitá, kypřejší s dostatkem přirozené vláhy. Půda se musí dát dobře nahrnovat a také nasypávat mezi výhony matečné rostliny. Těmto požadavkům odpovídá sypká, písčitohumózní, avšak nepřiliš suchá půda (Bärtels, 1988).

## Řízkování

Podrobně v kapitole č. 3.3.

## **Nepřímé rozmnožování**

### Štěpování

Pod pojmem „štěpování“ rozumí každý školkař takový způsob rozmnožování, při kterém se dřevina přiměje ke srůstu s vhodnou podnožovou dřevinou. V mnoha případech představuje štěpování poslední prostředek rozmnožování dřevin (Bärtels, 1988). Při štěpování přenášíme část ušlechtilé odrůdy na rostlinu, která většinou není ušlechtilá, ale může naštěpovanou rostlinu či její odrůdu ovlivňovat, a to buď příznivě, nebo nepříznivě. Nejdůležitější způsoby štěpování jsou očkování – okulace, roubování – kopulace a také přikájení – ablaktace, (Vilkus, 1997).

Trvalé spojení podnože a rouby se docílí jen při přesném dodržení techniky technologie štěpování. Tyto techniky jsou ze všech způsobů rozmnožování nejnáročnější na zručnost, dodržování termínů, jakost náradí a potřeb, vybavení pěstitelských zařízení, a také závislé na průběhu počasí (Walter, 1997).

### Roubování

Je způsob množení, které se běžně používá pro přenášení části z jednoho stromu na druhý. Větvička ustřižená z jedné rostliny se spojí s jinou a vytvoří zcela novou rostlinu. Při roubování se přenáší pupen i s dřevem na podnož.

Roubování lze rovněž rozdělit podle techniky provedení, jako je roubování do rozštěpu, kopulace, anglická kopulace, roubování za kůru, roubování na kozí nožku a další (Wikipedie: Rozmnožování rostlin, 2016). Protože řezy při roubování poškozují rostlinné buňky, tenkostěnné buňky v místě srůstu rouby a podnože jsou citlivé k napadení houbami a bakteriemi, je nezbytné mít sterilní a ostré nože, aby postačil jeden jediný řez (Brickell, 2012).

### Očkování

Je to nejjednodušší způsob štěpování, ale je zapotřebí, aby podnože i roubový materiál pro odebrání oček byly pro očkování do T-řezu v dobré míze. Jinak bychom museli vsazovat oka při plátování, tzv. Forkertovou metodou, což je sice při očkování ve výšce koruny stromů

jednoduché, u země však obtížnější a v každém případě méně jisté v případě ujmoutí oček (Walter, 1997).

Rozlišujeme dva druhy očkování: na „spící“ a na „bdící“ očko. Všeobecně začneme začátkem července s očkováním na spící očko, přičemž vsazené očko vyraší až na jaře příštího roku potom, co jsme podnož seřezali nad očkem naostro nebo na čípek. U některých dřevin, jako jsou například břízy a některé javory, je výhodnější, když je budeme očkovat již v květnu nebo začátkem června na bdící očko. K tomu použijeme již plně vyvinutá očka letošní, popřípadě i spící z loňského roku (Walter, 1997).

### **3.3. Problematika vegetativního rozmnožování řízkováním**

#### **3.3.1. Matečné rostliny**

K rozpoznání rostlin se mají vybírat jen geneticky hodnotné matečné rostliny. Materiál k řízkování se získává buď ze zvláštních matečných rostlin, nebo též z porostů ve školce. V mnohém případě umožňují vzrostlé porosty dostatek množitelského materiálu. Matečné dřeviny poskytují kontinuálně materiál k řízkování, umožňují přezkušování odrůdové pravosti a dovolují srovnání starších odrůd kultivarů s novými introdukovanými druhy a odrůdami (Bärtels, 1988). Pro množitelský podnik jsou potřebné matečnice poskytující dostatečně dlouhou dobu kvalitní řízků. Proto je velmi důležitý způsob výsadby matek, kterým se může usnadnit sklizeň řízků ve velkém, dále pak správný řez matek, včasné při hnojení a péče o jejich zdravotní stav (Obdržálek, Pinc, 1997).

Každá školka musí klást největší váhu na absolutní odrůdovou pravost množených rostlin. Odebírá-li se množitelský materiál pouze ze školkařských porostů, stává se i při největší pozornosti vždy znovu, že se do porostů vloudí falešné rostliny. Každý školkař ví, jak je těžké právě u druhů s početnými sortimenty udržet odděleně jednotlivé odrůdy pouze podle vegetativních znaků. Jako příklad může sloužit sortiment rodů *Philadelphus*, *Weigela* nebo *Deutzia*.

U mnohých druhů dřevin má velký význam pro rychlé a jisté zakořenění stáří matečných rostlin. Přitom často nejlepší výsledky dává materiál z mladých rostlin. V Holandsku proto odebírají řízků již ze zakořeněných řízkovanců (stek van stek), (Bärtels, 1988).

### **Podle délky trvání matečnic rozlišujeme:**

- Matečnice „trvalejšího charakteru“ 10 i více let – pro sklizeň dřevitých a bylinných řízků, roubů a oček. Výsadby mají charakter řad, izolačních pásů, stěn, solitérních i skupinových výsadeb.
- Matečnice krátkodobé – pro sklizeň bylinných řízků. Produkční využití matečnic se kryje s délkou výrobního cyklu. Výsadby jsou součástí produkčních ploch. Obnovují se po 2 až 4 letech, kdy výpěstky vyžadují přesazení či expedici.
- Řízky se sklízí z mladých rostlin přímo z pěstitelských ploch ve školce. Řezem zároveň docílujeme požadovaného tvaru výpěstku (Obdržálek, Pinc, 1997).

### **3.3.2. Podmínky množárenského prostředí**

Teplota, vlhkost a světlo jsou faktory, které působí v množárenském prostředí a významně ovlivňují zakládání a růst kořenů, v další fázi se jedná o prorůstání pupenů a růst letorostů. V letních měsících, v době kořenění řízků, se působením slunečního záření ve skleníku půdní teplota ustálí přibližně na 21-22°C a v době horských letních dnů může teplota vystoupit až k 30°C. Při extrémně vysokých teplotách musí být prostor množárny přiměřeně zastíněn. Vyšší teplota substrátu v létě urychluje zakořenění řízků.

Pro podzimní a zimní množení se doporučuje udržovat půdní teplotu na 14 až 16°C, vzdušnou teplotu ve dne v rozmezí 15 až 17°C, v noci o 1 až 4°C nižší. Tepelný spád je velmi důležitý pro založení a růst kořenů u dřevin, které koření již na podzim nebo dokořeňují v předjaří.

V zimním období dochází při nedostatku světla a v důsledku vysokých teplot na množárně s teplotou nad 18°C k nadměrnému růstu kalusu, který brzdí zakládání a prorůstání kořenů. Dochází tak často k předčasnému prorůstání pupenů, aniž řízky zakoření, např. u velkokvětých rododendronů.

### **Množárenský substrát**

Množárenské substráty mají značný význam pro růst a utváření kořenů řízkovanců. Základní složkou těchto substrátů na množení je rašelina.

Pro množení dřevin se nejčastěji používají směsi rašeliny s pískem nebo perlitem v poměru 1:1, 2:1 a 3:1. Písek jako nejsnadněji dostupný materiál je nevhodnější vátý, dunový, např.



z okolí Strážnice Přívozu nebo křemité, sklářský z Jestřábí. Pro mnoho školkařů jsou dostupnější těžené říční písky, které v některých lokalitách, kde došlo ke kontaminaci spodních vod, mohou obsahovat pro řízky fytotoxické látky.

Pěstitelé volí často složení množárenských substrátů podle typu množárny. Pro zamlžované množárny jsou vhodné vícesložkové směsi, a to s vysokým obsahem vzduchu (78 – 90 % pórů, z toho kapilární voda 20 – 36 %, nekapilární /vzduch/ 50 – 60 %). U zamlžovaných množáren by se lépe uplatnily standartní směsi rašeliny s pískem, doplněné až o 30 % styromulu, nebo drceného Grodanu (čedičová vlna), Vermiculit a polyuretanová pěnová hmota Baystrat. Výhodou samotných syntetických materiálů oproti klasickým množárenským substrátům je jejich stabilní struktura, homogenita, vysoká vzdušná a vodní kapacita. Avšak jejich nevýhodou je zvýšené riziko poškození rostlin přeschnutím, pokud jsou nedostatky v zavlažování.

Vhodný množárenský substrát splňují tříložkové směsi rašeliny, písku (zrnitost 2/4 mm) a drceného polystyrenu nebo perlitu.

Při množení dřevin pod fólií je vhodné používat standartní dvousložkové směsi, které obsahují vyšší podíl kvalitní rašeliny. Aby nedocházelo k případnému přeschnutí substrátů při nedostatečné kontrole, lze použít na množárnách hydroabsorbční přípravky, které zabraňují ztrátám vody dostupné rostlinám. Hydroabsorbční polymery mohou být obohaceny také o živiny, růstové látky i ochranné přípravky.

Příznivý vliv na tvorbu kořenů řízků i na jejich další růst má přípravek mletého vápence, který je přidán do množárenské směsi, a to pro vřesovištní dřeviny a kyselomilné druhy v poměru 0,5 kg mletého vápence/m<sup>3</sup>. Ještě před pícháním řízků je doporučeno zalít substrát fungicidním přípravkem Previcur N v koncentraci 0,15 % v množství 10 litrů na 2m<sup>2</sup>, (Obdržálek, Pinc, 1997).

Bärtels (1988) vychází z Burchardce (1974), podle kterého musí mít rozmnožovací substrát následující vlastnosti:

- **Fyzikální vlastnosti** – musí být schopen rozdělovat teplo od zdroje (půdní od topení), aby umožňoval zakořeňování. Musí dobře vést a udržovat vlhkost, musí umožňovat přístup dostatečného množství kyslíku ke kořenům a musí mít také stabilní strukturu.

- **Chemické vlastnosti** – nesmí obsahovat žádné fyto toxické látky, ani je nesmí uvolňovat při částečné mineralizaci, musí se pečlivě sledovat hodnota pH a kvalita vody.
- **Fytosanitární vlastnosti** – důležitým předpokladem pro optimální výsledek zakořeňování je, aby substrát nebyl prorostlý rostlinnými a živočišnými škůdci, avšak aplikace přípravků na ochranu rostlin se může projevit negativně na tvorbu a vývin kořenů.
- **Růstové látky** – k pozitivním vlastnostem substrátu patří také přítomnost látek, které podporují zakořeňování. Některé růstové látky jsou přítomny ve vláknité rašelině, ale především v drcené černé rašelině.

Množárenský substrát se připravuje ze 2 dílů jemně prosáté čerstvé mechové rašeliny, 1 dílu jemného, pokud možno říčního písku a 1 dílu drceného pěnového polystyrenu. V tomto složení se hodí pro množení téměř všech běžných, ale i mnoha vzácnějších dřevin. (Walter, 1997). Místo písku nebo polystyrenu se dá také použít perlit, který je lehký i sterilní, ale oproti písku nemá žádné rozhodující přednosti. Perlit je uměle vyrobený při vysoké teplotě až 1000°C a neobsahuje žádné zárodky chorob a škůdců. Kladné a pozitivní výsledky množení byly zaznamenány i při zakořeňování listnatých dřevin v čistém tříděném štěrku (Obdržálek, Pinc, 1997).

### 3.3.3. Druhy řízků a způsob jejich množení

Řízky dělíme podle místa odběru na rostlině:

**Stonkové řízky (vrcholové, osní a bazální)** – Vrcholové řízky jsou ukončeny vrcholovým pupenem nebo párem pupenů. Méně vyzrálým výhonům vrcholek raději odstraňujeme. Osní řízky jsou odebrané ze střední části letorostu nebo výhonu. Bazální řízky se odebírají z nejspodnějších částí letorostů (Obdržálek, Pinc, 1997).

Řízky bazální, osní a vrcholové upravujeme jednotně (obr. č. 5). Délka by měla být cca 30 – 70 mm. Zanecháme alespoň jeden pár listů, a to bez zakrácení čepele nebo podle potřeby čepel listů zakrátíme o 1/3 (Obdržálek, Pinc, 1997). Řízek by měl být odebraný tak, aby na něm zbyly profily dřeva z předcházejícího rostlinného růstu (Macdonald, 1996). Dřevité řízky se mohou zpracovat z výhonu v celé délce, až na tenké výhony, které jsou méně vhodné (Bärtels, 1988).

**Listové řízky** – K vegetativnímu množení okrasných dřevin se listové řízky téměř nepoužívají (Šebánek, 2008). Naopak rostliny jako například *Sinningia* a *Streptocarpus* množíme dílky nařezanými z plně rozvinutých a nepoškozených listů. Mohou se odebírat jako řízky celé listy s řapíkem nebo bez něj, (Brickell, 2012). K vytvoření celé rostliny je potřeba dlouhá doba (Šebánek, 2008).

**Řízky kořenové** – Některé dřeviny s masitými kořeny se dají množit kousky kořenů. Tento způsob množení je méně používaný, ale v některých případech se přece jen provádí, protože může být jedinou možností vegetativního množení (Bärtels, 1988). Kořenové řízky se odebírají v období vegetativního klidu z mladých, bujně rostoucích kořenů přibližně tloušťky tužky a to u většiny stromů a keřů. U některých bylin například u floxů, by však kořeny měly být poněkud tenčí.

Řízky pícháme tak, aby jejich druhé konce byly v jedné rovině s půdním povrchem. Kořenové řízky bylin se však často pokládají vodorovně (Brickell, 2012). Nařezané kousky kořenů o velikosti 70 – 100 mm dlouhé se rozloží do písčitohlinité půdy v truhlících. Kousky kořenů se zatlačí lehce do země, aby byly překryty asi 10 – 20 mm vrstvou zeminy. Zemina by měla být přiměřeně vlhká a po založení kořenů se už nemusí zalévat. Půda se musí po celou zimu udržovat mírně vlhká, a jakmile začnou řízky rašit, musíme truhlíky přenést na světlo (Bärtels, 1988).

### **Řízkování opadavých listnáčů měkkými jarními a letními zelenými řízky**

Všeobecně platí, že letorosty řežeme za rosy v brzkých ranních hodinách, nebo po dešti, kdy je největší turgor. Z hlediska obsahu uhlohydrátů mají řízky největší bilanci uhlohydrátů v pozdějších poledních hodinách. V noci již ale dochází u rostlin v důsledku dýchání k spotřebě těchto uhlohydrátů. Co se týče minerálních látek, jsou řízky zásobené nejvíce ráno a v dopoledních hodinách (Obdržálek, Pinc, 1997).

Výchozí materiál odebíráme z matečných rostlin nejlépe po opadu listů, před nástupem tuhých mrazů (Walter, 1997). Výhony nesmějí být příliš měkké, poněvadž řízky pak velmi snadno vadnou a jsou zvláště citlivé na botrytidu (Bärtels, 1988).

Bylinné řízky jsou řízky opadavých listnatých dřevin, kdy z jednoletého olistěného výhonu, letorostu získáváme řízek bazální, a to z nejspodnější části tohoto letorostu

(obr. č. 1). Řízky s patkou používáme při letním množení u těch opadavých dřevin, u kterých se výhony snadno vylamují (Obdržálek, Pinc, 1997).

Při ručním odebírání měkkých zelených bylinných řízků je možno odřezávat nebo odstříhat jednotlivé řízky ihned tak, aby je bylo možno bez další úpravy stimulovat a napíchat. Řízkový materiál se musí chránit ihned po odebrání z matečné rostliny před zavadnutím. Zásadně by se měl odebírat materiál jen v časných ranních hodinách, dokud je ještě rosa (Walter, 1997).

#### Postup při přípravě řízků pro píchání

Řízkový materiál upravíme nožem nebo lehkými nůžkami. Bazální část řízku seřízíme šikmo. Takto upravené řízky vykoupeme ve slabém roztoku hypermanganu nebo v jiném fungicidu, čímž jsou připraveny k napíchání. Jednotlivé druhy dřevin můžeme podpořit i aplikací růstových regulátorů, jako jsou např. stimulanty.

#### Postup při píchání řízků

Pracujeme v zastíněném skleníku ve velmi rychlém tempu tak, aby řízky neměly čas zavadnout. Napícháme je buď do jamek, které naznačíme značkovačem, nebo vytvoříme důlky kolíčkem, pokud možno mělce, podle velikosti řízků. Každý napíchaný jeden běžný metr množárny ihned důkladně zalijeme tak, aby se jamky vyrovnaly. Pak záhon zakryjeme pouze 0,03 mm silnou, výhradně novou, nepoužitelnou polyethylenovou fólií (Walter, 2011).

### **Řízkování opadavých listnáčů dřevitými řízků**

Plně vyzrálé tvrdé dřevité řízky se odebírají na konci vegetačního období, a to od podzimu až do jara, kdy jsou pletiva plně vyzrálá (obr. č. 3). Tak se dají nejlépe udržet zdravé, často však pomalu zakořeňují. Dřevité řízky se rozdělují do dvou kategorií. Na bezlisté řízky z opadavých dřevin a na olistěné řízky ze stálezelených dřevin. Řízky z mnoha stálezelených dřevin s lesklými listy, jako je například cesmína (*Ilex*) nebo rododendrony, snadno uvadají, když jsou mladé. Důvodem toho je jejich ochranný voskový povlak na listech, který se vytváří jen velmi pomalu, a proto se dají nejlépe množit polovyzrálými nebo dřevnatými řízků (Brickell, 2012).

Výchozí materiál pro dřevité řízky řežeme tedy vždy včas před příchodem tuhých mrazů a bezodkladně ho zabezpečíme. Délku řízků volíme podle délky internodií mezi pupeny, zpravidla to bývá 15 až 20 cm. Nařezané řízky pak svazkujeme ve školkách po 25 nebo 50

kusech. Dále je označíme jmenovkou, vykoupeme ve slabém roztoku hypermanganu a uložíme ve fóliovém obalu do chladírny při teplotě od 0 do 2°C.

Nejvhodnější pro zakořeňování jsou humózní, kypré, rychle se zahřívající půdy. Po napíchní řízky ihned a řádně přišlápneme, abychom jim tímto zajistili vzlínavost spodní vláhy (Walter, 2011).

### **Řízkování stálezelených listnáčů**

V této skupině dřevin se množí řízky nejen zahradní odrůdy, tj. kultivary, ale téměř všechny ostatní druhy. K nim přiřazujeme i dřeviny s listy přezimujícími.

Materiál k řízkování musí být velmi dobře vyzrálý. V žádném případě nesmí být vrchol výhonu ještě měkký. Tak např. neúplně vyzrálé řízky *Berberis x stenocephalla* nerostou, ani když měkký vrcholek odstraníme až na tvrdé dřevo. Naproti tomu *Prunus laurocerasus* není v tomto ohledu tolik choulostivý.

Období množení vřesovcovitých druhů trvá od konce července až do poloviny srpna, množení stálezelených dřevin následuje od srpna do září. Následkem tvrdosti výhonů potřebují řízky velmi často dlouhou dobu k zakořeňování. Při méně rozsáhlém množení se doporučuje napíchnat řízky do truhlíků, které se dají při nástupu chladného počasí přenést do skleníku (Bärtels, 1988).

### **Řízkování jehličnatých dřevin**

Řízkování jehličnanů je přibližně shodné s množением stálezelených listnáčů. Provádí se hlavně od poloviny srpna do poloviny září (Bärtels, 1988). U konifer se používají nejčastěji vyzrálé řízky. Řežeme je za podmračeného dne nebo brzy z rána, dokud je rosa. Řízky v žádném případě nesmí zaschnout. Řízky řežeme z konců vrcholových nebo odtrháváme z bočních letorostů s tzv. patkou staršího dřeva (obr. č. 6).

Lépe koření řízky z mladších rostlin, pokud možno vzniklých taktéž řízkováním. Roztřepaný konec trhaných jehličnatých řízků odstříhneme a na spodní třetině řízku odstraníme jehličí. Někdy kořenění pomůžeme seříznutím kůry na bazální části řízku, ale nikdy nesmíme řezat do dřeva (Mojžíšek, 2016).

Při zimním množení se zpravidla nepoužívá mlžení. Překrytí záhonů polyethylenovou fólií 0,05 mm přináší lepší výsledky. Jednou týdně se pak větrá, přitom mají řízky úplně oschnout.

Suchá místa v substrátu se pečlivě zalijí. V 3týdenních intervalech se stříká střídavě různými fungicidy, ale ve slabých koncentracích. Půdní teplota se udržuje asi do začátku ledna přibližně na 16°C, teplota vzduchu na 12 až 15°C, (Bärtels, 1988).

### 3.3.4. Úprava řízků

Při úpravě řízků byl dříve kladen velký důraz na význam řezání, popřípadě seříznutí ostrým nožem na bázi řízku bezprostředně pod očkem. Dnes již ale víme, že příliš velká pečlivost bývá jen zřídka nutná. Kořeny se vyvíjejí mnohem častěji z části výhonu nad místem řezu než z kalusového pletiva, vytvořeného v místě řezu. Řízky se mohou společně s matečnicemi stříhat nůžkami. Seříznutí před napíchním není zpravidla nutné (Bärtels, 1988).

Všechny řízky s krátkými internodii a malými listy se mohou bezprostředně napíchat, pouze spodní listy na bázi se odstraní. Také u řízků s velkými listy jejich spodní listy odstraníme. Takové řízky se dají snadno píchat (obr. č. 7). Kdybychom ale listy zcela nebo částečně zakryli zemí, napomáhali bychom výskytu plísní a hniloby a zamezili bychom tak jejich asimilační funkci.

U mnohých druhů dřevin, zejména u těžko množitelných, se často doporučuje postranní, tzv. boční poranění spodní části výhonu. Například u rodu *Rhododendron* je zakořenění řady druhů a odrůd bez takového poranění nemožné. Z větší řezné plochy totiž podporuje tvorbu adventivních kořenů zesíleným vytvářením ránového meristému, vývinem hojivého kalusu a zlepšením schopnosti přijímat syntetické růstové látky. Při postranním poranění se odstraní dolů směrem k bázi vedeným řezem 20 – 30 mm dlouhý proužek kůry až na kambium (Bärtels, 1988). Poranění může být hluboké u řízků jehličnatých, a to až v délce 25 – 50 mm, např. u *Chamaecyparis*, *Juniperus*, *Thuja*. Mělké poranění je však obecně vhodnější než hluboké (Macdonald, 1996).

Redukce listové plochy je oprávněná pouze u dřevin s velkými listy z důvodu úspory místa, také u bylinných řízků můžeme odstranit měkké vrcholky, které mají větší sklon k zavadání.

Velkou roli hraje také velikost řízků především u jehličnanů. Pokud je řízek velký, má své přednosti. Roste rychleji a lépe zakořeňuje a dorůstá dříve do prodejné velikosti. U mnoha druhů se může nastříhat z jednoho výhonu i více řízků. Vrcholové řízky zakořeňují rychleji

než řízky z úseků výhonu. Na kolik dílů se může výhon rozdělit, záleží hlavně na vyzrálosti, zdřevnatění výhonu a zakořeňovacích vlastnostech druhu (Bärtels, 1988).

Další možností je rozštěpení báze řízku. To se provádí nůžkami do hloubky asi 10 mm. Tato metoda je vhodná především u množení dřevitými řízků. Ve srovnání s poraněním bází řízků z boku je zde dovoleno rozštěpením vyvinout kořeny i u tvrdších řízků, kde se vytvořil kalus. Tato poraněná místa lépe koření a maximální zisk můžeme dosáhnout, použijeme-li nějaký stimulant. Větší poraněná plocha, ale může podporovat hnilobu řízků (Macdonald, 1996).

Často se vyžaduje řezat řízky v časných ranních hodinách, jelikož v poledních a odpoledních hodinách rychleji zavadnou. Pokud není možné řízky ihned zpracovat, rozložíme je na stůl na stinném místě v pracovním, pokropíme a přikryjeme fólií (Bärtels, 1988).

### **3.3.5. Termín a postup píchání řízků**

Termín množení se řídí podle druhu rostliny, podle jejich vývojového stádia, druhu řízku a podle množárenského vybavení. U jednotlivých druhů rozlišujeme z hlediska množitelské techniky mezi opadavými dřevinami, stálezelenými listnáči a jehličnany. Tomuto rozdělení odpovídají i typy řízků. Řízky odebíráme:

- z výhonů v plném růstu
- z výhonů, které právě ukončily růst a jejich úžlabní pupeny ještě nejsou patrné (obr. č. 2)
- z výhonů s patrnými vrcholovými pupeny, které dokončily růst a zdřevnatěly

Termín píchání letních řízků rozhoduje o větší či menší jistotě výroby zakořeněných řízků a jejich schopnosti přenést nejbližší zimu. Přirozeně nejvíce jsou ohroženy v tomto ohledu těžko množitelné a ne zcela mrazuvzdorné druhy. Problematické druhy by měly přezimovat pod sklem a přesazovat by se měly až na jaře (Bärtels, 1988).

#### Postup při píchání řízků

Pracujeme v zastíněném skleníku velmi rychle, aby řízky neměly čas zavadnout. Pícháme je buď do jamek, které naznačíme značkovačem nebo vytvoříme důlky kolíčkem, pokud možno mělce, podle velikosti řízku jen 10 – 25 mm hluboko (Walter, 1997). Pod řízkem nesmí nikdy zůstat prázdný prostor, to by totiž nepříznivě ovlivnilo zakořeňování (Bärtels,

1988). Zeminu ihned zalijeme tak, aby se jamky vyrovnaly. Pak záhon zakryjeme polyetylenovou fólií. Roli této fólie rozvíjíme postupně po celém záhonu. Když se fólie vzápětí vespod hustě zamlží, je vše v naprostém pořádku. Substrát se přitom pěkně pod fólií prohřeje slunečními paprsky, které pronikají skrz stínovky (Walter, 1997).

Vzájemné spony řízků se řídí podle velikosti listů určitého druhu dřeviny a vlastnostmi svrchní plochy listů. Zpravidla se píchá tak, že se listy dotýkají. Řízky se silně chlupatými listy a měkkými listy, jež jsou zároveň náchylné k hnilobě, si vyžadují větší spon (Bärtels, 1988).

### **3.4. Fyziologie tvorby kořenů**

#### **3.4.1. Tvorba kalusu**

Dostane-li se řízek do vhodných podmínek vnějšího prostředí, zde jde především o vlhkost a teplotu, které často bývají typické pro jednotlivé rostlinné druhy, můžeme již mluvit o počátku regeneračního růstu (Švihra, 1989).

Kalus, vrstva nazývaná někdy jako zával či svalek, je vrstva ochranného pletiva chránící ránu vzniklou poškozením, např. při řezu dřevin (obr. č. 4). Někdy bývá toto pletivo nazýváno hojivé. Kalus se vytváří na koncích řízků a jsou viditelné jako zduřeliny. Vytváření kalusu je obvykle součástí regenerace rostlin, kdy se již například při průklestu nevytvoří odejmutá část rostliny, tzv. patologická regenerace (Wikipedie: Zával, 2016).

Na řezné ploše řízku vystupuje z porušených pletiv a buněk šťáva, která se dostává na povrch řezné rány. Tato šťáva na vzduchu silně oxiduje a vytvoří tenkou blanku, která chrání pletivo. Buněčná šťáva je velmi dlouho živnou půdou pro různé mikroby, vyvolávající zahnívání. Pod ochrannou blankou se vytváří jemná korková vrstva a kalus. Kalus je tvořený především z kambia nebo z druhotných pletiv se schopností se dělit. Dělením nově vzniknutých buněk se ochranná blanka trhá a vzniká nádorovitý útvar – kalus. Je to útvar vzniklý růstem a dělením živých buněk obnaženého pletiva (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

U většiny taxonů (rostliny dvouděložné, jednoděložné, nahosemenné, kapradiny i mechorosty) může být tvorba kalusu vyvolána relativně snadno. Pletiva mnohých orgánů mohou mít vlastní potenciál pro dělení buněk na vhodném médiu. Avšak některá pletiva např.



meristémy – kambium jsou lépe disponována pro rychlé dělení buněk než pletiva diferencovaných buněk.

Kalusy mohou mít strukturu:

- pevnou – tvořené buňkami se silně lignifikovanými stěnami – zpravidla pomalu rostoucí kalusy
- snadno se rozpadající na malé fragmenty – rychle rostoucí kalusy (Masarykova univerzita, 2012).

### **3.4.2. Topofýza**

Jde o rozdílné fyziologické vlastnosti řízků odebraných z různých míst na výhonu rostliny. Topofýza se uplatňuje hlavně při zakořeňování řízků. Řízky z horních částí letorostů zakořeňují lépe než z dolních.

Místo iniciace adventivních kořenů souvisí s topofýzou. Pokud kořenové iniciály vznikají u zakořeňovaného druhu z primárních pletiv, je zakořeňovací potenciál největší v apikální části výhonu. U bylinných letorostů stoupá zpravidla obsah auxinů od báze k apexu a obsah giberelinů od apexu k bázi. S tím souvisí lepší zakořeňování řízků získaných z apikální části rostlin (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

Letorosty jsou vzdáleny od kořenové soustavy syntetizující gibereliny a cytokininy, a tak pro zakořeňování stonkových řízků jsou zde nejspíše rozhodující auxiny, tvořící se v apikální části prýtu. Situace zakořenění je odlišná v průběhu roku a je také odlišná u jednotlivých druhů dřevin (Šebánek, 2008).

V době intenzivního růstu letorostů, v období května až června, nejlépe zakořeňují řízky bazální a osní. I v době, kdy je růst kořenů ukončený, zakořeňují převážně řízky osní a vrcholové. Nestejné kořenění částí stonků téže rostliny je dáno různým obsahem fytohormonů (Obdržálek, Pinc, 1997). Schopnost zakořeňování stoupá s tím, s čím spodnější části koruny řízky odebíráme (Šebánek, 2008).

### 3.4.3. Tvorba adventivních kořenů – rhizogeneze

Hlavním činitelem určujícím tvar a velikost kořenové soustavy je aktivita kořenových růstových vrcholů. Růstové vrcholy oddělují pletiva na 3 hlavní typy kořenů:

- Primární, tj. hlavní kořen
- boční kořeny
- vedlejší adventivní kořeny

Hlavní kořen se vyvíjí z kořenového pólu embryonálního kořínku – radikuly. Boční kořeny vznikají větvením všech typů kořenů před začátkem sekundárního tloušťnutí. Po nástupu sekundárního tloušťnutí se boční kořeny již normálně netvoří. Na kořenových odřezcích mohou vznikat další kořeny z elementů sekundárních pletiv anebo z kalusu – adventivní kořeny (Kolek, 1988).

Vznik adventivních kořenů probíhá ve třech etapách:

1. remeristematisace pericyklu, lýka i jiných částí rostliny,
2. determinace kořenových základů,
3. vyrůstání kořenových základů v adventivní kořeny.

Remeristematisace a tvorba základů adventivních kořenů je spojena se vzestupem biosyntézy bílkovin a nukleových kyselin. Jestliže se použijí inhibitory syntézy těchto látek, naruší se proces rhizogeneze. Tvorba adventivních kořenů na řízku má polární charakter, tvoří se buď na spodním, nebo bazálním pólu a výhonky na horním, apikálním pólu (Kutina, 1988).

Procházka, Šebánek a kol. (1998) ve své publikaci potvrdili výzkum pana Dostála (1912), který vyslovil na podkladě svých morfologických pokusů hypotézu, že tvorba adventivních kořenů je podporována specifickými vlivy regulačními (hormonálními), jež vychází z rostoucích axilárních pupenů. Ještě na počátku minulého století bylo běžné, že tvorba adventivních kořenů podobně jako jiné růstové korelační jevy souvisí jen s vlivy trofickými.

Adventivní kořeny se na rozdíl od laterálních kořenů, které jsou kořenovými větviemi, vytváří na stoncích, listech, oddencích, a starších druhotně ztlustlých kořenech. Adventivní kořeny vznikají většinou endogenně dělením buněk lýka na okraji cévního svazku, mezisvazkového parenchymu, popřípadě dřevného paprsku, nebo kambiálního válce. Místo

vzniku adventivních kořenů je druhově předurčené a nedá se měnit ani pomocí růstových regulátorů.

Místo iniciace adventivních kořenů souvisí s topofýzou. Pokud kořenové iniciály vznikají u zakořeňovaného druhu z primárních pletiv, je zakořeňovací potenciál největší v apikální části prýtu. Z hlediska ontogenetického nestárne strom jako celek. Apikální části rostliny se jeví proti nižším částem rostliny staršími, neboť vznikají již na staré rostlině. Spodní části vznikly, když byla rostlina ještě mladá. Proto také řízky odebrané z dolní části koruny zakořeňují lépe než řízky z horní části koruny. S věkem však zakořeňovací schopnost klesá (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

Řízky odebíráme v době, kdy vstupují do endogenního odpočinku, špatně zakořeňují nebo vůbec ne, a to i po stimulaci auxinoidem. Schopnost řízků tvořit primordia kořenů může být značně snížena, pokud se z něj odstraní listy nebo pupeny. Dormantní pupeny mají na zakládání kořenů inhibiční vliv (Kutina, 1988).

Totéž cytokinin hraje v procesu rhizogeneze značnou roli. Exogenní aplikace cytokininu inhibovala ve většině případů tvorbu adventivních kořenů. Vývoj kořene v různých stádiích byl odlišný vlivem aplikace cytokininů. V různých koncentracích byl dokonce zaznamenán pozitivní vliv na růst laterálních kořenů. Aplikací cytokininu na listy matečných rostlin nebo na listy řízků může pozitivně ovlivnit zakořeňování obtížně kořenících druhů (Procházka, Šebánek a kol., 1997). Cytokininy stimulují zakládání axilárních pupenů, ale potlačují apikální dormanci a tím podporují růst postranních výhonů. Používají se tedy především k lepšímu větvení.

Záporný vztah giberelinu k tvorbě adventivních kořenů je běžně prokazován, jak na endogenní, tak na exogenní úrovni. Adventivní kořeny však vznikají pod vlivem nízké hladiny giberelinu a nesporně i zvýšené hladiny auxinu, jelikož bazipetální proud je zářezem přerušen. Gibereliny ruší dormanci pupenů a podporují apikální dormanci a to vede k lepšímu vyrašení namnožených řízků (Obdržálek, Pinc, 1997).

Procházka, Šebánek a kol. (1997) vyšli z Dostála (1972), který prokázal pozitivní úlohu růstově korelačních inhibic v tvorbě adventivních kořenů. Nepřekvapuje proto, že korelační inhibice je možno napodobit aplikacemi inhibičních látek, včetně běžných retardantů.

Kyselina abscisová působí proti účinkům giberelinu a může ovlivňovat toleranci rostlin vůči stresu například při odběru a transportu řízků. Vliv aplikace ABA na tvorbu adventivních

kořenů je ovlivněn řadou faktorů, především druhem, fyziologickým stavem matečné rostliny v době odběru, délkou zakořeňování.

Vznik a růst kořenů a tím i forma kořenové soustavy jsou kromě dědičné dispozice značně ovlivněny také kvalitou prostředí, ve kterém se rostliny vyvíjejí, ale taky fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi vlastního prostředí kořenů a zeminy. Kořeny jsou při průniku půdou vystaveny účinku mnoha malých i velkých stresů, které vyvolává např. nedostatek vody, nevhodná teplota, nepřiměřený přísun živin, mechanické působení atd. (Kolek, 1988).

### 3.5. Růstové regulátory

Přirozeným regulátorem rostlinného růstu se rozumí rostlinný hormon, tj. fytohormon, ale můžeme se setkat i s mnoha jinými termíny, jako je např. stimulátor růstu nebo morforegulátor. Jedná se o organickou sloučeninu syntetizovanou v jedné části rostliny a translokovanou do jiné části rostliny. Rostlina je schopna si většinu těchto látek vytvořit sama, což jsou přirozené nativní regulátory. Dále existuje skupina průmyslově vyráběných syntetických regulátorů. Každá rostlina si vytváří rostlinné hormony podporující její růst (stimulátory) a rostlinné hormony s opačným efektem, tedy brzdí její růst (inhibitory), (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

Rozlišujeme dvě základní skupiny přírodních regulátorů růstu:

- a) Regulátory růstu vznikající při metabolismu aminokyselin, mezi které patří indolové a neindolové auxiny (AU) a fenolové látky tvořící se z aminokyselin tryptofanu (TRP), fenyalaninu (PHE) a tyrosinu (TYR) a ethylen (EN) vznikající z methioninu (MET), přičemž u hub může mít svou úlohu i kyselina glutamová (GLU).
- b) Regulátory růstu tvořené izoprenovými jednotkami vzniklými z kyseliny mevalonové, přičemž cytokininy (CK) získávají svůj postranní řetěz z jedné isoprenoidní jednotky, abscisiny, jako kyselina abscisová (ABA) a xanthoxin, jsou triméry a gibereliny (GA) tetraméry těchto jednotek. Auxiny, gibereliny a cytokininy jsou stimulátory růstu (Kutina, 1988).

Produkce fytohormonů není vázána na nějaký zvláštní orgán, který by byl analogický živočišným orgánům s vnitřní sekrecí. Může probíhat v různých pletivech různých orgánů,

ovšem také různě rychle. Často jsou buňky určitého pletiva nebo orgánu podníceny k syntéze fytohormonu teprve nějakým faktorem vnějšího prostředí.

Regulace hladiny fytohormonů znamená, že fytohormony podléhají rychlé metabolické inaktivaci prostřednictvím konjugace, např. glykosylace nebo oxidace působením cytokininoxidasy. Tím je zabráněno tomu, aby se v místě působení hromadily v aktivní formě. Jejich účinná koncentrace může být regulována prostřednictvím jejich biosyntézy, inaktivace, degradace a transportu (Luštinec, Žárský, 2005).

Způsoby aplikace stimulátorů zakořeňování mohou být různé:

- Roztoky – přípravek se prodává ve formě tablet, které se rozpouští ve vodě a řízky se postaví nebo položí na předepsanou dobu do roztoku a nakonec se obvyklým způsobem napíchají.
- Pudry – přípravek je vyroben ve formě pudru a okamžitě připraven k použití. Hotový seříznutý řízek nesmí být mokrá, nýbrž jen mírně navlhlý. Řízek se místem řezu krátce ponoří do pudru a lehce oklepe.
- Pasty – pasta se nanáší na řeznou ránu houbičkou nebo prstem. Je-li dávkování příliš silné, tedy nanese se příliš velkou vrstvou této pasty, objeví se u pomaleji zakořeňujících dřevin po nějakém čase fialové zbarvení v místě řezu a tvorba kořenů je pak pozdější a velmi pomalá (Bärtels, 1988).

### 3.5.1. Auxiny

Auxiny jsou nejvýznamnější a nejdéle známé rostlinné hormony. Objev auxinu vyšel ze studia fototropizmu a gravitropizmu, které započal již známý přírodovědec Charles Darwin. Podstatu tropizmů se podařilo vysvětlit až F. W. Wentovi v letech 1926 – 1928 při práci s koleoptilemi ovsa. Prokázal, že špičky koleoptilí produkují látku, která difunduje do agaru a stimuluje prodloužovací růst. Odtud pochází i jméno auxin. V řečtině auxein znamená růst a zvětšovat se (Procházka a kol., 1998).

Nejdůležitější auxiny jsou produkované rostlinami. Patří mezi ně indol-3 kyselina octová (IAA), (Plant biology: Auxin, 2011). Všechny známé syntetické auxiny jsou slabé organické kyseliny a jejich společným znakem je aromatický kruhový systém. V rostlinách se vyskytuje celá řada indolových derivátů, které jsou syntetizovány v apexu, v mladých listech, květních orgánech a vyvíjejících se plodech, zejména v semenech. Co se účinku týče, nejvíce se

připisuje účinek auxinů na stimulaci dlouhivého růstu a s tím i spojená regulace tropismů (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

IAA se tvoří hlavně v mladých apikálních pletivech, odkud je transportována do celé rostliny. Její syntéza vychází od indol-3-glycerolfosfátu a probíhá buď tzv. dráhou nezávislou na tryptofanu, nebo, a to často za stresových podmínek, přes aminokyselinu tryptofan. Na dlouhou vzdálenost je IAA transportována vodivými pletivy, především floémem. Mimo to, z buňky do buňky, např. v parenchymu, probíhá tzv. polární transport auxinu jak na krátkou vzdálenost, tak i na relativně dlouhou vzdálenost. Tento transport probíhá v nadzemních částech rostliny bazipetálně od vrcholu k bázi i radiálně, v kořenech bazipetálně, akropetálně i radiálně. Polární transport IAA je aktivní proces vyžadující energii a je jedním z hlavních faktorů fyziologické polarity rostlin. Do buňky IAA vstupuje buď pasivní difúzí jako nedisociová molekula nebo prostřednictvím přenašeče jako aniont (Luštinec, Žárský, 2005).

V praxi se většinou používají auxiny syntetické, protože IAA je pro praktické účely příliš nestálá. V zahradnictví se auxiny používají zejména ke stimulaci zakořeňování řízků, při vysoké koncentraci auxinů se také využívají při probírce květů při velkém nasazení (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

Bez auxinů nemůže dojít k hojivému procesu řezné plochy bází řízků tj. kolagenezi a následnému založení kořenových základů (primordií). Auxinem je kontrolována fáze založení a růstu adventivních kořenů – rhizogeneze (Šebánek, 2008).

### **Kyselina indolyl -3- octová (IAA)**

Je to aktivní látka se stimulačním účinkem. Syntetická IAA je bílá krystalická látka, která je na světle nestabilní. V létě při teplotě 18°C se její aktivita snižuje a zpomaluje, ale při velmi vysokých teplotách se rozkládá. Její draselná sůl IAK je velmi aktivní stimulant, chemicky stálější a dobře rozpustný v ethanolu. IAA a IAK se používají buď jako pudr nebo jako roztok v nízkých koncentracích (Šebánek, 2008).

### **Kyselina indolyl -3- máselná (IBA)**

Je to nejčastěji používaný auxinoid pro stimulaci řízků. Vysoce aktivní je především její draselná sůl IBK. Je to látka, která se dobře rozpouští v ethanolu, na vzduchu a světle je nestabilní. Chemicky čistá IBA je ovšem méně účinná. Exogenně aplikovaná IBA aktivuje a

také upravuje hladinu nativního auxinu v pletivech řízků a v průběhu rhizogeneze přímo stimuluje zakládání a růst adventivních kořenů. Řízky stimulované IBA vytváří dlouhé a silné kořeny, které se brzy větví (Obdržálek, Pinc, 1997).

### **Kyselina naftyloctová (NAA)**

Je to velmi stálá látka, dobře rozpustná v teplé vodě a v ethanolu. Vysoce aktivní je její draselná sůl NAK. Aktivní je taky amid a metyl ester kyseliny naftyloctové. NAA v nízkých koncentracích také aktivuje nativní auxin a dobře stimuluje tvorbu adventivních kořenů. Báze řízků ošetřené NAA silně zduří, pletiva poté praskají a bohatě se tvoří kořeny. Při postřiku listové plochy rostlin NAA se zpomaluje opad listů a zabraňuje rašení pupenů (Obdržálek, Pinc, 1997).

#### **3.5.1. Gibereliny**

Jedním z neaktivnějších je kyselina giberelová (GA). GA má řadu účinků na růst rostlin, ale nejdramatičtější je jeho vliv na růst stonku (Plant biology: Gibberellins, 2011)

Bílé krystalky látky špatně rozpustné ve vodě, z chemického hlediska, můžete najít ve skupině terpenů. Gibereliny jsou slabé organické kyseliny, které byly objeveny v rostlinách teprve v padesátých letech. Podle struktury je lze rozdělit na gibereliny s 19 a gibereliny s 20 atomy uhlíku ( $C_{19}$ - a  $C_{20}$ - gibereliny). Tyto různé skupiny giberelinů mají odlišnou aktivitu v různých růstových a vývojových fázích. Gibereliny vznikají ve všech rostlinných orgánech, především v nejmladších listech, semenech a kořenech. Transport probíhá obousměrně. Syntéza probíhá v kořenech a do ostatních částí rostlin jsou transportovány floémem i xylémem. Účinek giberelinů je spojen s dlouhým růstem nadzemních částí rostlin, stimulací buněčného dělení a tím i zvětšujícího se počtu buněk. Za zmínku stojí i schopnost giberelinů indukovat kvetení u dlouhodobých rostlin. Tato schopnost však byla omezena na rostliny vytvářející přizemní listovou růžici a regulace kvetení nebyla u dalších rostlin zjevně prokázána (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

U řízků dřevin působí aplikace giberelinů na zakořeňování negativně. Přitom fytohormonální příprava vzniku adventivních kořenů je spojená s poklesem hladiny endogenních giberelinů na bázi řízku. Zakořeňující účinek auxinu lze snížit anebo úplně zrušit aplikací giberelinu. Dále bylo dokázáno, že dobře zakořeňují řízky z těch kultivarů, které mají

vysokou hladinu endogenních auxinů a nízkou hladinu endogenních giberelinů. Špatně pak zakořeňují řízky kultivarů, u kterých je tento proces opačný (Šebánek, 2008).

Gibereliny se nejvíce využívají v ovocnářství ke zvýšení nasazení plodů. V případě révy vinné k získání větších plodů, kdy se zvětšuje celý hrozen a mění se i jeho tvar. Vlivu kyseliny giberelové na aktivitu  $\alpha$ -amylázy se využívá ve sladovnictví ke zvýšení podílu sladu před fermentací. U cukrové třtiny gibereliny výrazně zvyšují výnos i obsah cukru v důsledku zvýšené elongace internodií. Šlechtitelé využívají kyseliny giberelové ke zkrácení juvenilní periody u jehličnanů a někdy ke stimulaci tvorby samčích květů nebo vybírání dvouletých rostlin. Inhibitory biosyntézy giberelinů, tzv. retardanty se využívají k redukci dlouhivého růstu zejména v zahradnictví, ale lze je použít i v obilnářství (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

### 3.5.2. Cytokininy

Cytokininy (CK) jsou využívány jako růstové regulátory jak přírodní, tak uměle vytvořené. Rostlina umí přirozeně syntetizovat na 30 různých cytokininů a díky jejich jednoduchému metabolismu je lze velice dobře připravovat i uměle. Přítomnost těchto látek stimuluje v rostlině buněčné dělení, větvení stonku, reguluje pohyby prùdchů a zpomaluje stárnutí rostlin. Převážně jsou syntetizovány cytokininy v kořenových vrcholech. Hladina CK v rostlinných buňkách je regulovaná pomocí dalších fytohormonů, především auxinem (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

První cytokinin, nazývaný kinetin (furfurylaminopurin), byl izolován v 50. letech z DNA sledího spermatu, částečně rozložené autoklávováním, v laboratoři F. Skooga v USA. V rostlinách se volně nevyskytuje a vyrábí se synteticky. První přirozený cytokinin zeatin byl později izolován z nezralého endospermu kukuřice (*Zea mays*). V současné době známe více než 30 přirozených cytokininů. Jsou to látky odvozené od adeninu neboli aminopurinu substituovaného na aminoskupině v poloze 6. substituenty mohou být:

A – isopentenyl nebo hydroxyisopentenyl (u zeatinu)

B – benzyl, nesoucí v poloze 2 nebo 3 hydroxylovou skupinu. Podle výskytu v topolu byly nazvány topoliny. Jsou to aromatické cytokininy. Nejaktivnější z nich je 3-topolin (Luštinec, Žárský, 2005).



Procházka, Šebánek a kol., (1997) uvádějí podle Kameníka (1974), že se cytokininy v rostlinách vyskytují jako volné sloučeniny a jako součást molekul některých tRNA. Pokud je v tRNA přítomen, nachází se cytokinin vždy vedle 3-konce antikodonu. Vzniká na úrovni polynukleotidu přenesením izopentenylového řetězce odvozeného od mevalonátu na adenylový zbytek. Některé skutečnosti však naznačují, že rostlinné tRNA nejsou fyziologicky významným zdrojem cytokininů. Jedná se zejména o nízký obsah druhů tRNA obsahujících cytokinin v rostlinných buňkách a jejich modifikaci převážně *cis*-zeatinem, který ve srovnání s volným *trans*-zeatinem vykazuje velmi nízkou cytokininovou aktivitu. Cytokininy s aromatickým jádrem v postranním řetězci se v tRNA vůbec nevyskytují.

Z praktických aplikací cytokininů je nejvýznamnější jejich využití v rostlinných biotechnologiích jako složek kultivačních médií při odvozování a udržování rostlinných tkáňových kultur a dále při regeneraci rostlin *in vitro*. Cytokininy současně prodlužují období fotosyntetické produktivity rostlin a zvyšují celkovou produkci biomasy. Perspektivní je rovněž potencionální využití cytokininů při zvyšování odolnosti rostlin vůči stresovým podmínkám, jako je zasolení a zaplavení kořenů rostlin (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

Dále se cytokininy využívají pro stimulaci větvení okrasných rostlin, v kombinaci s gibbereliny ke tvarování plotů některých odrůd jablek (Procházka a kol., 1998).

### **3.5.3. Ethylen**

Ethylen je rostlinný hormon, který se liší od jiných rostlinných hormonů tím, že je jediný plyný. Ethylen totiž podporuje dozrávání plodů (Plant biology: Ethylene, 2011). Ethylen je nejjednodušší uhlovodík s dvojnou vazbou. Již v roce 1901 popsal ruský fyziolog D. N. Neljubov některé účinky ethylenu jako složky svítiplynu na růst rostlin. Ve třicátých letech bylo prokázáno, že ethylen syntetizovaný v rostlinách je zodpovědný za zrychlené dozrávání plodů. Intenzivní výzkum ethylenu jako fytohormonu mohl začít až v šedesátých letech minulého století díky nové metodě pro jeho stanovení pomocí plynové chromatografie (Luštinec, Žárský, 2005).

Vliv svítiplynu na některé procesy u rostlin, zejména na opad listů, byl znám již koncem 19. století. Ethylen je velmi stálý bezbarvý plyn. Jeho rozpustnost ve vodě při 0°C a za normálního tlaku se zvýšením teploty snižuje. Rozpustnost ve vodných roztocích solí je nižší

než ve vodě. Etylen snadno oxiduje za vzniku etylenoxidu, etylenglykolu až formaldehydu. Reaguje nebo tvoří komplexy s řadou vzniklých kovů.

Etylen vzniká ve vyšších rostlinách a ve většině rostlin nižších z aminokyseliny L-metioninu. Jako první meziprodukt vzniká S-adenosylmetionin (SAM), který je v další reakci přeměněn na kyselinu 1-aminocyklopropan-1-karboxylovou (ACC) a metyltioadenosin. Enzym katalyzující přeměnu ACC na etylen se podařilo izolovat teprve nedávno. K získání aktivního enzymu je nutné provést izolaci za nepřístupu vzduchu (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

Prvním popsaným fyziologickým účinkem ethyleny na rostlinu je tzv. trojná odezva (triple response). Projevuje se inhibicí dlouhivého růstu, stimulací radiálního růstu a ztrátou gravitropické reakce, např. epikolu klíčení etiolované rostliny hrachu. Změna podélného růstu v růst radiální je spojena se změnou roviny buněčného dělení, reorientací mikrotubulů a celusových mikrofibril. Dále stimuluje dozrávání některých plodů. Ve zrajících plodech se tvorba ethyleny silně zvyšuje. Etylen je z nich uvolňován do vzduchu a zpětně působí na plody, ze kterých byl uvolněn, i na plody sousední. Také urychluje stárnutí pletiv a vyvolává opadávání listů, květů a plodů. K oddělení těchto orgánů od stonku dochází působením enzymů štěpících polysacharidové složky buněčných stěn (Luštinec, Žárský, 2005).

Etylen jako plyn je, svými vlastnostmi, nevhodný k praktickému využití, snad jen s výjimkou jeho využití při dozrávání ovoce v kontrolované atmosféře. Antagonistů ethyleny, iontů stříbra se často využívá při skladování řezaných květů a v mnoha *in vitro* regeneračních systémech ke zvýšení regenerace.

Nejvyšší využití v praxi dosáhl regulátor, ze kterého je etylen uvolňován v rostlinných pletivech, kyselina 2-chloretylfosfonová, známá pod komerčními názvy Ethrel (ethephon), Camposan, Flordimex. Je to dosud jediný regulátor rozkládající se v pletivech rostlin výhradně na přirozené složky (etylen, chloridy a fosforečnany). Využívá se zejména v obilnářství jako retardant, a to v kombinaci s chlorcholinchloridem (Retacel Super), (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

### 3.5.4. Kyselina abscisová

Kyselina abscisová (ABA) je seskviterpen. Izolována a identifikována byla v první polovině šedesátých let třemi vědeckými týmy téměř současně v Kalifornii, na Novém Zélandě a v Británii. Izolována byla ze senescentních a dormantních orgánů (Luštinec, Žárský, 2005). Je to slabá kyselina (pH 4,8), lehce rozpustná v methanolu, ethanolu, etheru, chloroformu a ethylacetátu. Zatímco při nízkém pH téměř nedisociuje, ale rozpouští se v organických rozpouštědlech, při pH 8 disociuje úplně a ve vodě se rozpouští (Procházka, Šebánek a kol. 1997).

Kyselina abscisová je v rostlině syntetizována především v dospělých listech, tj. v chloroplastech a také v semenech a kořenech. Její tvorba je vyšší za krátkého dne a silně stoupá při nedostatku vláhy (Procházka a kol., 1998). Hladina ABA v rostlinách se pravděpodobně nezvyšuje jen při vodním stresu, ale i když jsou rostliny vystaveny stresu na zasolených půdách, nebo stresu vyvolaném nízkou či vysokou teplotou (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

Fyziologické účinky na rozdíl od auxinů, giberelinů a cytokininů, které působí převážně stimulačně, ABA růstové procesy většinou inhibuje. Urychluje dále opad listů, květů a plodů. Vyvolává sezónní dormanci pupenů, semen a hlíz. Urychluje stárnutí pletiv a také vyvolává uzavření průduchů. Při nedostatku vody vzrůstá její syntéza v listech i v kořenech. Z kořenů je transportována do listů, kde přechází do svěracích buněk. A nakonec zvyšuje permeabilitu kořenů pro vodu (Luštinec, Žárský, 2005).

Transport ABA je nepolární. Rychlý účinek ABA je zřejmý v jejím účinku na uzavírání průduchů, kde je ABA vázána na receptory plazmatické membrány (Procházka a kol., 1998). Transportuje se z kořenů do nadzemní části v xylému a v rámci nadzemní části ve floému. Rostoucí pletiva a orgány většinou reagují na aplikaci ABA snížením růstové rychlosti. V tomto ohledu je účinek ABA antagonistický k účinkům auxinů a giberelinů. Ve zralých pletivech brzdí kyselina abscisová metabolickou aktivitu, stimuluje degradační procesy, a tak urychluje proces stárnutí. Využití ABA je poměrně omezené. Největší využití nacházejí asi strukturální analoga kyseliny abscisové, kterými lze zvýšit odolnost vůči stresovým podmínkám, zejména vůči nedostatku vody a působení nízkých teplot (Procházka a kol., 1998).

Navzdory mnoha letům intenzivního bádání základní informace o fyziologickém účinku ABA nejsou zcela kompletní a ve většině procesů není vliv ABA jednoznačně definován. Nejvíce se výzkum soustředil na vztah kyseliny abscisové ke stresu rostlin, zejména k vodnímu stresu, tvorbě a zrání semen, abscisi a dormanci (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

### **3.5.5. Ostatní regulátory růstu**

Kromě popsaných pěti skupin fytohormonů obsahují rostliny další skupiny látek s růstově regulačním působením. Tyto látky zatím mezi fytohormony řazeny nejsou, i když některé jsou tomu velmi blízko z různých důvodů. Tyto růstové regulátory se vyskytují v koncentracích vyšších než hormonálních, univerzalita jejich výskytu není dostatečně prokázána. K těmto látkám patří brassinosteroidy, kyselina jasmonová, polyaminy, oligosachariny a některé typy fenolických látek (Procházka a kol., 1998).

#### **Brassinosteroidy**

Brassinosteroidy je skupina více než třiceti fyziologicky aktivních steroidů přítomných v různých orgánech mnoha druhů rostlin, pouze v kořenech nebyly zjištěny. Nejrozšířenější jsou brassinolid, castasteron a typhasteron. Syntéza brassinolidu vychází z kampestrolu, který je modifikován hydrogenací a opakovanými oxidacemi/hydroxylacemi. Mutace enzymů biosyntézy brassinosteroidů a *Arabidopsis* potvrzují, že to jsou látky pro rostliny nezbytné (Luštinec, Žárský, 2005).

Výrazně stimulují prodlužovací růst, dokonce více než auxiny. Neovlivňují transport ani metabolismus auxinu, ale zvyšují citlivost pletiv vůči auxinu. Dále zvyšují odolnost ke stresům, jako je třeba sucho a nízká teplota.

Nejvíce brassinosteroidů obsahují obvykle reprodukční orgány. Jsou aktivní pouze na světle. Inhibují zakládání adventivních kořenů, oddalují opad listů a plodů (Procházka a kol., 1998).

To, že se tyto látky používají dosud v poměrně malé míře při kultivaci explantátů, je způsobeno asi tím, že se jedná o relativně novější skupinu regulátorů (Procházka, Šebánek a kol., 1997).

## **Kyselina jasmonová**

Kyselina jasmonová dostala své jméno po prvním zdroji z vyšších rostlin, ze kterého byla izolována z esenciálních olejů *Jasminum grandiflorum* a *Rosmarinum officinalis*. Dříve však byla již izolována z houby *Lasioidiplodia theobromae*. Dnes víme, že kyselina jasmonová (JA) a její metylester (MeJA) jsou obsaženy ve všech orgánech mnoha rostlinných druhů, a to relativně vysokých množstvích. Jsou to až desítky mikrogramů na gram čerstvé hmotnosti (Procházka a kol., 1998).

Kyselina jasmonová působí v několika směrech. Podobně jako kyselina abscisová inhibuje některé růstové procesy a je důležitou signální látkou chránící rostlinu před útokem patogena. Dále reguluje prostorově směřovaný růst úponků posedu (*Bryonia dioica*). Jestliže úponky této rostliny narazí na pevný předmět, např. stonk jiné rostliny, nastane u nich specifická ohybová reakce spojená se zvýšením kladiny kyseliny jasmonové. Externě aplikovaná kyselina jasmonová vyvolává stejnou ohybovou reakci, což svědčí o tom, že je přenašečem dotekových signálů (Luštinec, Žárský, 2005).

## **Polyaminy**

Polyaminy jsou jednoduché organické látky s více aminoskupinami v molekule, které jsou široce rozšířené ve všech živých organizmech. V rostlinách se nejčastěji vyskytuje putrescin, spermin a spermidin. Tyto polyamidy se vyskytují v různém vzájemném poměru, a to v dosti vysokých koncentracích až stovky  $\mu\text{mol}$  na gram čerstvé hmotnosti. Nejvyšší hladiny nacházíme v meristematických pletivech.

Polyaminy často stimulují růst zejména v systémech *in vitro*, ve kterých probíhá intenzivní buněčné dělení. Z procesů *in planta* lze jmenovat stimulaci prorůstání dormantních hlíz slunečnice nebo stimulaci klíčení fazolu. Polyaminy, zejména putrescin, stimulují somatickou embryogenezi u mnoha rostlinných druhů a v průběhu embryogeneze, ať již somatické, či zygotické, byl zjištěn nárůst endogenní hladiny fluorometylargininu a  $\alpha$ -difluorometylnitinu, výrazně brzdí embryogenezi a jejich vliv lze překonat dodáním putrescinu. Polyaminy se s největší pravděpodobností účastní regulace buněčného cyklu. Polyaminy jsou schopné stabilizovat buněčné pH a zvyšují vnitrobuněčnou osmolaritu (Procházka a kol., 1998).

## **Oligosachariny**

Oligosachariny se uvolňují z buněčných stěn rostlin nebo patogenních hub působením hydrolytických enzymů. Rostlina napadená houbou produkuje glukanasu a chitinasu, jejichž působením se uvolňují oligosacharidy a chitooligosacharidy z buněčné stěny houby. Patogen produkuje enzymy, které rozkládají pektin ve stěně rostlinných buněk za vzniku oligogalakturonidů. Všechny tyto oligosacharidy působí jako elicitory vyvolávající obrannou reakci napadené rostliny. Působí také jako inhibitory dlouhivého růstu.

## **Systemin**

Důležitou součástí signální sítě živočichů jsou peptidové hormony. Také u rostlin byl objeven peptid, který funguje jako signální sloučenina, je tvořen 18 aminokyselinami a nazývá se systemin. Buňky pletiva, poraněného např. housenkami nebo patogeny, jej uvolňují do apoplastu. Odtud se dostává do floemu, jehož prostřednictvím se transportuje do různých částí rostliny. V plasmalemě cílových buněk se váže na receptor a iniciuje syntézu kyseliny jasmonové. Ta vyvolává expresi genů, které kódují inhibitory proteas, jež mohou brzdit rozklad bílkovin proteasami patogenu a když se dostanou do zažívacího ústrojí herbivora např. hmyzího, brzdí tam hydrolýzu bílkovin při jejich trávení. U rostlin jsou objevovány další peptidové regulátory jako např. Clavata 3 (Luštinec, Žárský, 2005).

## **Fenolické látky**

Fenolické látky představují velmi rozsáhlou a různorodou skupinu sekundárních metabolitů. Patří do ní látky od jednoduchých derivátů benzenu, kyseliny benzenové a skořicové, přes flavonoidy, antokyany a kumariny až po látky složité jako jsou, např. třísloviny či lignin. Fenolické látky jsou rozšířeny obecně v celé rostlinné říši, vyskytují se často ve značných koncentracích a většinou jsou uloženy ve vakuolách.

Syntéza fenolických látek vychází z fenylalaninu, který je za katalýzy enzymem fenylalaninamoniaklyázou (PAL) přeměněn na kyselinu skořicovou, do jejíž molekuly jsou pak zaváděny hydroxylové a metoxylové skupiny. Tyto látky mohou být polymerizovány na lignin, ale mohou z nich vznikat i kamuriny, flavonoidy apod.

Fenolické látky se účastní procesů infekce rostlin půdní bakterií *Agrobacterium tumefaciens*, která je schopna infikovat pouze poraněné dvouděložné rostliny (Procházka a kol., 1998).

#### 4. VLASTNÍ KOMENTÁŘ K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE

Rostliny byly v průběhu svého života vystaveny mnoha proměnlivým podmínkám vnějšího prostředí. Tyto stresové faktory mohou zpomalovat jejich životní funkce, ale také zároveň jednotlivé orgány a v nejhorším případě dojde k uhynutí rostliny. Rostliny jsou dále ovlivněny prostředím, ve kterém žijí, proto každý faktor stresu působí jiným způsobem. Ze všech různých stresových faktorů, nejvíce ovlivňují rostlinu faktory světla, tepla a vody. Nejsilnějším stresovým faktorem z těchto třech faktorů je sluneční záření, které výrazně ovlivňuje fotosyntézu a také přístupnost vody, bez které by rostlina nebyla schopna rozvinout živiny. Bez těchto faktorů, bychom nikdy nedocílili zdravých rostlin.

Řízkování patří do vegetativního způsobu množení, kterým se již zabývají celou řadu let. Již několik desítek let probíhají pokusy na zjištění nejlepší techniky řezu, které ovlivňuje zároveň zakořeňování řízků. Stejně tak probíhají pokusy s růstovými regulátory, které podporují zakořeňování, ale zároveň mohou inhibovat.

Velké množství pokusů již proběhlo, některé byly úspěšné a některé ne. V použití růstových stimulatorů na růst kořenové soustavy stále nenašli způsob jak docílit přiměřeně vysoké úspěšnosti zakořeňování řízků. Dále nejsou nejlepší způsoby úspěšnosti v odvětvích tvorby kalusu u řízků. Může, to být způsobeno také tím, že každá rostlina má svou specifickou morfoloickou a morfogenetickou stavbu, a proto je velmi těžké zkoumat všechny faktory u každé rostliny zvlášť např. v jaké dávce určitý fytohormon používat.

Každá firma má jiné pěstitelské a množitelské podmínky, ve kterých v dané lokalitě fungují. Také velkou roli hrají finance např. při koupi kvalitních růstových stimulatorů a celkového množáreského vybavení.

Z vlastní praxe si myslím, že použití rostlinného stimulatoru je pro rostlinu velmi prospěšné, ale zároveň si myslím, že bude velký rozdíl ve formách podání stimulatorů, např. ve formě pudru, roztoku nebo gelu. Já jsem se setkala pouze s formou pudrového růstového stimulatoru, který jsme používali u množení bylinnými řízků.



## 5. ZÁVĚR

Tuto bakalářskou práci jsem zpracovávala na téma: „Fyziologické aspekty vegetativního množení dřevin řízkováním“. Měla jsem za úkol zpracovat literární rešerši na toto téma s kladeným důrazem na množení řízkováním, stresové faktory a použití stimulantů. Stresové faktory jsou hlavní představitelé právě zakořeňování a celkového vývoje rostliny.

V průběhu mé práce jsem došla k názoru, že většina autorů, jako jsou třeba Šebánek Jiří či Walter Vilém se víceméně shodují v postupech při množení rostlin. Další autoři, jako třeba Procházka Stanislav nebo Luštinec Jiří se naopak shodují v použití stimulantů a vlivu stresových faktorů, které pozitivně či negativně ovlivňují správný růst rostlin.

Velmi hodnotným zdrojem mi byl internetový zdroj od Hrudkové Evy, kde jsem se dozvěděla důležité poznatky v oblasti stresových faktorů působících na rostliny.

## 6. SOUHRN A RESUME, KLÍČOVÁ SLOVA

Moje práce se zabývá fyziologickými aspekty vegetativního množení dřevin řízkováním. Na základě četby a studia jednadvaceti odborných publikací a třinácti článků v elektronické podobě jsem se snažila popsat podstatu vlivů ovlivňujících rostliny. Jednalo se o stresové faktory, o způsoby množení rostlin a o použití růstových stimulantů u dřevin.

V této práci se především zaměřuji na nejlepší způsob, jak množit rostliny pomocí řízkování a jak fungují fytohormony na řízky. Rostliny mohou působit na produkci stresových faktorů, které ovlivňují vývoj rostlin.

**Klíčová slova:** fyziologie, stres, řízky, vegetativní množení, růstové regulátory, fytohormony

My work deals with physiological aspects of vegetative multiplication of species through section. On the basis of reading and studying of twenty-one specialised publications and thirteen electronic articles I tried to describe the core of impacts influencing the plants. I was concerned with stress factors, ways of multiplication of plants and using of growth stimulants.

In my work I especially focus on the best way of multiplication of plants through section and on function of phytohormones on cuttings. Plants can influence production of stress factors impacting their progression.

**Keywords:** physiology, stress, cuttings, vegetative multiplication, plant-growth regulator, phytohormones

## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

### 7.1. Literární zdroje

BÄRTELS, Andreas. *Rozmnožování dřevin*. 1.vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988.

BRICKELL, Christopher (ed.). *A-Z encyklopedie zahradních rostlin*. Vyd. 1. Praha: Knižní klub, 2008, 1128 s. Česká zahrada. ISBN 978-80-242-2069-7.

BRICKELL, Christopher (ed.). *Encyklopedie zahradničení*. Vyd. 1. Praha: Knižní klub, 2012, 728 s. ISBN 978-80-242-3368-0.

HESSAYON, David Gerald. *Okrasné stromy a keře v zahradě*. Vyd. 1. Praha: Beta-Dobrovský, 1997, 128 s. Expert (Beta-Dobrovský. ISBN 80-860-2924-7.

HUŠÁK, Stanislav, Vladimír TÁBORSKÝ a Pavel VALÍČEK. *Pěstování citrusů*. 2. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství). ISBN 80-209-0080-2.

KOLEK, Jozef a KOZINKA, Vladimír a kol. *Fyziológia koreňového systému rastlín*. Vyd. Veda, SAV: Bratislava, 1988.

KUTINA, Josef. *Regulátory růstu a jejich využití v zemědělství a zahradnictví*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988.

LUŠTINEC, Jiří a Viktor ŽÁRSKÝ. *Úvod do fyziologie vyšších rostlin*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2003, 261 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0563-5.

MCDONALD, Bruce. *Practical woody plant propagation for nursery growers*. Portland: Timber Press, c2006. ISBN 978-0-88192-840-2.

NOORDHUIS, Klaas T. *Zahradník: praktický rádce pro začátečníky i rozené zahrádkáře*. 4. vyd. Překlad Miroslav Volf. Čestlice: Rebo, 2010. ISBN 978-80-255-0314-0.

OBDRŽÁLEK, Jiří a Miroslav PINC. *Vegetativní množení listnatých dřevin: [Investice do rozvoje vzdělávání, reg.č.: CZ1.07/2.2.00/15.0084]*. Průhonice: Výzkumný ústav okrasného zahradnictví, 1997. ISBN 80-85116-13-8.

PROCHÁZKA, Stanislav a Jiří ŠEBÁNEK. *Regulátory rostlinného růstu*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1997, 395 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-200-0597-8.

PROCHÁZKA, Stanislav a Viktor ŽÁRSKÝ. *Fyziologie rostlin*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1998, 484 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-200-0586-2.

PROCHÁZKA, Stanislav. *Botanika: morfologie a fyziologie rostlin*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-313-2.

SVOJANOVSKÝ, Josef. *Skleníky, pařeniště, fóliovníky*. 1. vyd. Praha: Grada, 1998, 97 s., [4] s. barevných obrazových příloh. Česká zahrada. ISBN 80-716-9473-8.

ŠEBÁNEK, Jiří. *Fyziologie vegetativního množení dřevin: Physiology of vegetative propagation of woody species : monografie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 60 s. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-238-5.

ŠVIHRA, Ján a kol. *Fyziológia rastlín*. Vyd. Príroda: Bratislava, 1989. ISBN 80-07-00049-6.

VILKUS, Eduard. *Roubování a očkování*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 86 s., [6] s. barev. obr. příl. Česká zahrada. ISBN 80-247-0539-7.

VILKUS, Eduard. *Rozmnožování ovocných a okrasných dřevin: základy školkařství*. Vyd. 1. Praha: Květ, 1997. ISBN 80-85362-32-5.

WALTER, Vilém. *Rozmnožování okrasných stromů a keřů*. Vyd. 2. Praha: Brázda, 1997. ISBN 80-209-0268-6.

WALTER, Vilém. *Rozmnožování okrasných stromů a keřů*. Vyd. 3. Praha: Brázda, 2011, 310 s. ISBN 978-80-209-0385-3.

## **7.2. Elektronické zdroje**

AUXIN. *Plant Biology*. [online]. 2011 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/A/Auxin.html>

ETHYLENE. *Plant Biology*. [online]. 2011 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/E/Ethylene.html>

- GIBBERELLINS. *Plant Biology*. [online]. 2011 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/G/Gibberellins.html>
- HRUDOVÁ, Eva. Stresové faktory působící na rostliny. *mendelu.cz*. [online]. [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_sklad/frvs/hrudova/index\\_soubory/Page723.htm](http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/frvs/hrudova/index_soubory/Page723.htm)
- JIROUT JIŘÍ. Parazitické a poloparazitické rostliny. *Katedra botaniky*. [online]. 9. 1. 2005 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:KT68En50au4J:botanika.prf.jcu.cz/suspa/vyuka/materialy/populac/Parazrostliny.doc+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>
- KALUSOVÉ KULTURY. *Masarykova univerzita*. [online]. 2012 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2012/Bi6120/um/06\\_Kalusy\\_2012.pdf?lang=en](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2012/Bi6120/um/06_Kalusy_2012.pdf?lang=en)
- KODIČKOVÁ, Jindřiška. Vegetativní množení rostlin. *Living.cz*. [online]. 27. 3. 2009 | Zahrada [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://www.living.cz/zahrada/vegetativni-mnozeni-rostlin.html>
- MADROVA, Marcela. Na substrátu hodně záleží. *Flóra*. [online]. 5. 4. 2015 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://www.floranazahrade.cz/na-substratu-hodne-zalezí/>
- MOJŽÍŠEK, Mirko. Jak se rozmnožují jehličnany. *Abeceda zahrady a bydlení*. [online]. [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://abecedazahrady.dama.cz/clanek/jak-se-rozmnozuji-jehlicnany>
- PLANT PROPAGATION. *The University of Maine: Cooperative Extension: Garden & Yard*. [online]. [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <https://extension.umaine.edu/gardening/master-gardeners/manual/propagation/plant-propagation/>
- ROZMNOŽOVÁNÍ ROSTLIN. *Wikipedia*. [online]. 10. 3. 2016 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Rozmno%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD\\_rostlin](https://cs.wikipedia.org/wiki/Rozmno%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD_rostlin)
- TRUEMAN, Shanon. Plant Stresses: Abiotic And Biotic Stresses. *about education*. [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://botany.about.com/od/PlantsAndTheEnvironment/a/Plant-Stresses-Abiotic-And-Biotic-Stresses.htm>

ZÁVAL. *Wikipedia*. [online]. 12. 3. 2016 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1val>