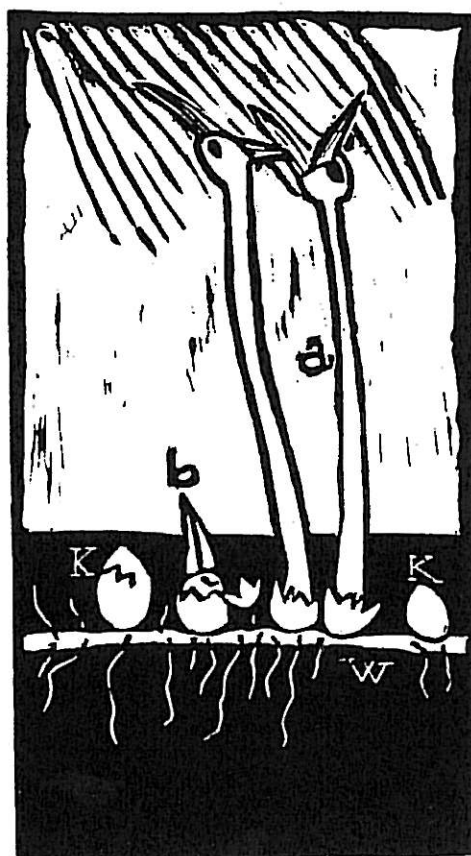


Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Biologická fakulta



Bakalářská práce

Banka pupenů na kořenových fragmentech



Alena Kociánová

Školitel: RNDr. Jitka Klimešová CSc.

České Budějovice
2004

Bakalářská práce

Kociánová A. (2004): Banka pupenů na kořenových fragmentech. [Bud bank on root fragments, Bc. Thesis, in Czech] – pp. 31, Faculty of Biological Sciences, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation: In nineteen species that are able to form adventitious buds on roots, the potential to regenerate from root fragments was experimentally studied. Under simulated disturbance conditions, the significance of vegetative regeneration from root fragments and generative regeneration from seeds was compared in the short-lived herb *Rorippa palustris*.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a pouze s použitím citované literatury.

V Třeboni 9. 5. 2004

Alena Kociánová

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat hlavně své školitelce za vedení mé bakalářské práce, trpělivost a věnovaný volný čas. Díky jí patří také za poskytnutí kreseb a linorytu na titulní stránku, jejichž je autorkou. Janě Martínkové děkuji za fotodokumentaci pokusů a cenné připomínky k práci. Děkuji také všem nejmenovaným, kteří k dokončení této práce nějakým způsobem přispěli.

Výzkum byl finančně podpořen grantem GACR 206/01/1039.

OBSAH

1. Úvod	1
1.1. Cíle práce.....	1
2. Literární přehled	2
2.1. Banka pupenů.....	2
2.2. Adventivní pupeny na kořenech rostlin.....	2
2.3. Studované druhy.....	3
2.3.1. <i>Artemisia vulgaris</i>	3
2.3.2. <i>Barbarea vulgaris</i>	3
2.3.3. <i>Centaurea jacea</i>	3
2.3.4. <i>Cirsium arvense</i>	4
2.3.5. <i>Convolvulus arvensis</i>	4
2.3.6. <i>Coronilla varia</i>	4
2.3.7. <i>Epilobium angustifolium</i>	5
2.3.8. <i>Hypericum perforatum</i>	5
2.3.9. <i>Linaria vulgaris</i>	5
2.3.10. <i>Lotus corniculatus</i>	6
2.3.11. <i>Plantago lanceolata</i>	6
2.3.12. <i>Plantago media</i>	6
2.3.13. <i>Potentilla anserina</i>	6
2.3.14. <i>Rorippa palustris</i>	6
2.3.15. <i>Rorippa sylvestris</i>	7
2.3.16. <i>Rumex acetosella</i>	7
2.3.17. <i>Rumex obtusifolius</i>	7
2.3.18. <i>Trifolium repens</i>	8
2.3.19. <i>Viola riviniana</i>	8
3. Metodika	9
3.1. Banka pupenů na kořenových fragmentech.....	9
3.2. Vegetativní regenerace versus růst ze semen u druhu <i>Rorippa palustris</i>	10
4. Výsledky	11
4.1. Banka pupenů na kořenových fragmentech.....	11
4.2. Vegetativní regenerace versus růst ze semen u druhu <i>Rorippa palustris</i>	13
5. Diskuze	18
5.1. Banka pupenů na kořenových fragmentech.....	18
5.2. Vegetativní regenerace versus růst ze semen u druhu <i>Rorippa palustris</i>	19
6. Závěr	22
7. Literatura	23
8. Přílohy	26

1. Úvod

Rostliny jsou ve svém životním prostředí vystaveny narušení. To vzniká díky přírodním katastrofám, jako je povodeň, požár, větrná bouře či eroze půdy, nebo výkyvům klimatu. Narušení mohou způsobit i různé lidské aktivity například obdělávání půdy, stavby nebo vypalování. Neméně významný je vliv herbivorů a patogenů. Všechny tyto jevy spojuje jedno slovo – disturbance. Disturbance neboli narušení způsobuje částečné nebo úplné zničení rostlinné biomasy (Grime 2001). Intenzita narušení není na všech stanovištích stejná. Relativně málo narušované prostředí představuje dospělý temperátní les, zatímco druhým extrémem jsou například obdělávaná pole, kde v pravidelných intervalech dochází ke zničení velké části biomasy (Grime 2001).

Regeneraci po narušení nebo kolonizaci sekundárních sukcesních stanovišť umožňuje banka semen v půdě a přežívající vegetativní části rostlin s dormantními meristémy (banka pupenů) (Walker & Chapin 1987). Která z nich bude hrát klíčovou roli, ale záleží na dalších podmínkách.

Je-li při silné disturbanci vegetace úplně zničena, větší význam při její obnově se běžně přikládá bance semen v půdě a semenům šířícím se z okolí (Harper 1977, Grime 2001). Zůstanou-li však zachovány rostlinné orgány nesoucí zásobu asimilátů a pupenů, umožní rostlinám i po silné disturbanci vegetativní regeneraci z banky pupenů. Toho například využívají vytrvalé plevely, které se uplatňují vedle jednoletých díky regeneraci z kořenových fragmentů (Korsmo 1930, Wehsarg 1954, Kutschera 1960, Hamdoun 1972).

Schopnost regenerace z kořenů má více druhů rostlin, ale dosud neexistuje srovnání míry regenerace mezi různými druhy. Zároveň chybí srovnání vegetativní regenerace z kořenového fragmentu a generativní regenerace ze semene u téhož rostlinného druhu. Právě na tyto dva problémy byla zaměřena moje bakalářská práce.

1.1. Cíle práce

1. Vyzkoušet metodu na zjišťování regenerační schopnosti kořenových fragmentů různých rostlinných druhů, které jsou známé svou schopností odnožovat z kořenů. Zároveň zjistit vliv počtu viditelných, předem založených adventivních pupenů a délky kořenového fragmentu na míru regenerace.
2. Porovnat vegetativní regeneraci z kořenových fragmentů s růstem rostlin ze semen u modelového druhu *Rorippa palustris*.

2. Literární přehled

2.1. Banka pupenů

Banka pupenů představuje soubor dormantních axilárních a adventivních pupenů (Harper 1977). Slouží k vegetativní regeneraci podobně, jako banka semen slouží k regeneraci generativní. Hlavní nevýhodou banky pupenů oproti bance semen je její menší životnost. Po oddělení od rostliny jsou totiž částice nesoucí pupeny omezeny jednak množstvím zásobních látek a zároveň hnilobnými procesy (Harper 1977), zatímco semena jsou často do těchto podmínek vybavena dormancí. Také transport na větší vzdálenosti není u poměrně velkých částí rostlinných těl nesoucích pupeny tak jednoduchý jako u semen, která k tomu jsou v mnoha případech přizpůsobena. Velkou výhodou banky pupenů, nesenou orgány, jako jsou oddenky, hlízy a kořeny rostlin, je větší nahromadění zásobních látek, které prodlužuje životnost banky pupenů (Harper 1977) a umožní rychlý růst regenerovaných prýtů.

Vegetativní regenerace se většinou účastní pupeny axilární (úžlabní), které se při normálním ontogenetickém vývoji zakládají v každém nodu a vyskytují se tedy v úžlabí listů na stoncích nebo na cibulích, hlízách a oddencích rostlin (Esau 1966). Při vegetativní regeneraci však zůstává dosud opomíjenou role adventivních pupenů.

2.2. Adventivní pupeny na kořenech rostlin

Adventivní pupeny se mohou bez spojení s apikálním meristémem zakládat na stonku, listech i kořenech rostlin nebo na kalusovém pletivu, vytvořeném po poranění rostliny (Esau 1966). Nejčastějším místem vzniku adventivních pupenů na kořenech je pericykl nebo pletiva od něj odvozená, jako je například felogén (Peterson 1975). Vznik adventivních pupenů na kořenech je regulován rostlinnými hormony. Přesný mechanismus regulace však není zatím znám. Tvorbu adventivních pupenů podporují cytokininy produkované v kořenovém systému a transportované do nadzemních částí, ale auxiny, které vznikají v zelených částech rostliny a transportují se do kořene, tvorbu pupenů potlačují (Peterson 1975).

Schopnost tvorby adventivních pupenů na kořenech není u rostlin příliš častá. Je známá přibližně u 300 druhů stredoevropské flóry, což představuje méně než 10 procent bylinných druhů ve střední Evropě (Klimešová & Klimeš 2003). Poměrně často s jedná o rostliny narušovaných stanovišť a dokonce se vyskytuje i u některých krátkověkých

monokarpických druhů rostlin, u nichž vegetativní regenerace není příliš obvyklá (Klimešová 2003, Martínková et al. 2004).

Ne pro všechny rostliny je schopnost adventivního odnožování z kořenů stejně významná. Některé druhy ji využívají jen po poranění, jiné spontánně vytváří kořenové odnože. Pro část druhů může být adventivní odnožování z kořenů dokonce nezbytnou součástí jejich životního cyklu (Klimešová 2001).

1.3. Studované druhy

Studovány byly druhy v krajině běžně dostupné. Jejich popis je dělán s ohledem na schopnost tvorby adventivních pupenů na kořenech. U druhu *Rorippa palustris* je zmíněná kvůli druhému pokusu, i tvorba semen. K popisu druhů byla využita databáze CLO-PLA. *Hutoco*

2.3.1. *Artemisia vulgaris*

Výjimečně bylo pozorováno, že na kořenech druhu *Artemisia vulgaris* mohou vznikat adventivní odnože (Reichardt 1857). Žádná mladší zmínka zřejmě neexistuje.

2.3.2. *Barbarea vulgaris*

U tohoto druhu Korsmo (1930) poukazuje na možnost jeho šíření díky kořenovým fragmentům, na kterých se vytváří adventivní pupeny. Jako příklad uvádí rozorání louky a následné rozptýlení kořenových fragmentů při dalším obdělávání tohoto místa. Adventivní pupeny však vznikají na kořenech až po oddělení nadzemních orgánů. Pupy, nacházející se bezprostředně pod řezem začnou ihned vyrůstat v prýty. Teprve poté, co se obnoví možnost asimilace, začnou se na všech tlustých i tenkých vedlejších kořenech tvořit další adventivní pupeny. Díky adventivním pupenům na kořenech může zraněná rostlina druhu *Barbarea vulgaris*, který je jinak dvouletý, vytrvat i více let (Rauh 1937). Zřídka odnožuje z kořenů také bez narušení (Kott 1963).

2.3.3. *Centaurea jacea*

Kott (1962) pozoroval u tohoto druhu regeneraci z kořenů na obnovené polní cestě, kdy z rány na kořenu vyrůstaly do boku adventivní odnože. V pokusech tuto schopnost regenerace ověřil a zároveň zjistil, že adventivní odnože vyrůstají i na odhalených neporaněných kořenech.

2.3.4. *Cirsium arvense*

Adventivní pupeny rostou na kořenech ve dvou řadách, vždy v horním paždí bočního kořene. Jakmile pupeny prorazí primární kůru, vyrůstají v prýty (Beijerinck 1887). Semenáček má na konci sezóny na hlavním kořenu i na jeho větvích adventivní pupeny, ze kterých druhým rokem vyrůstají prýty. Nadzemní část rostliny přes zimu odumírá, hlavní prýt tedy nekvete, ale kvetou až adventivní druhým rokem života (Korsmo 1930). Adventivní pupeny po proražení primární kůry mohou vytrvávat v podobě spících pupenů, krytých šupinami až do následujícího roku. Adventivní prýt tvoří vlastní adventivní kořenový systém, takže při oddělení od mateřského kořenového systému přežívá (Rauh 1937). Na polích rostliny v hlubších vrstvách vytváří masité horizontální kořeny s adventivními pupeny, které slouží k rozmnožování. Pokud se pole neoře, odumřou horizontální kořeny v hloubce a vyrostou nové blíže povrchu půdy. Je-li půda příliš suchá, horizontální kořeny se netvoří a adventivní pupeny na vertikálních kořenech slouží spíš k nahrazení prýtu, než k rozmnožování (Wehsarg 1954). Po odplození často celá rostlina odumírá. Nejsou-li však z kořenů vyčerpány zásobní látky a nadzemní prýty jsou dost velké, může *Cirsium arvense* pomocí kořenového systému vytrvávat a šířit se (Kutschera 1960).

2.3.5. *Convolvulus arvensis*

Kořeny mají schopnost tvořit adventivní pupeny. Můžeme je často najít těsně jeden vedle druhého a v různém stupni vývoje (Irmisch 1857). Vznikají v pericyklu a jsou rozptýlené po celé délce kořene (Beijerinck 1887). U některých semenáčků už v prvním roce života vyrůstají z hlavního kořene boční, víceméně horizontální kořeny a z nich adventivní odnože. Některé z nich dosáhnou povrchu půdy už první podzim. Rostliny kvetou až druhým rokem (Korsmo 1930). *Convolvulus arvensis* je považován za nepříjemný polní plevel. Jeho kořeny mohou jít až do hloubky 1,5m a tam tvořit velká klubka. K obnovení po poranění pak stačí kousek kořene. Odnože navíc vytváří vlastní kořenový systém (Rauh 1937).

2.3.6. *Coronilla varia*

Mnoho adventivních pupenů se vyvíjí nejčastěji na bázích postranních kořenů (Beijerinck 1887). Zakládají se už během prvního roku a za příhodných podmínek vyrůstají ihned v zelené přezimující prýty. Blízko pod povrchem se šíří vedlejší kořeny, které nesou často velké množství adventivních pupenů a slouží tak jako reprodukční orgán (Rauh 1937).

Kvetoucí prýty rostou teprve z adventivních pupenů, protože hlavní prýt zůstává sterilní a na konci první vegetační sezóny odumírá (Kutschera 1960).

2.3.7. *Epilobium angustifolium*

Tento druh vytváří na svých laterálně se šířících kořenech velké množství adventivních kořenů, ze kterých vyrůstají i v průběhu vegetační sezóny adventivní odnože (Korsmo 1930). Pupy vznikají u semenáčku nejdříve na bázi stonku a pak postupně na rostoucích kořenech, napřed v místě větvení kořenů, později v celé jejich délce (Stöcklin 1992). Už na semenáčku lze na hlavním kořeni pozorovat množství adventivních pupenů. Primární prýt na podzim odumírá až po horní část hypokotylu, takže obnovování je závislé na adventivních pupenech na kořenech. U potlačených jedinců v zástinu mohou přetrvávat adventivní pupeny spící (Rauh 1937). Klony těchto rostlin porůstají plochu 15-20 m². Postgenerativní jedinci se začínají rozpadat na dceřinné rostliny, pokračuje zakládání adventivních pupenů na kořenech, ale vyrůstá už jen málo prýtů (Zabelkin & Ulanova 1995).

2.3.8. *Hypericum perforatum*

Adventivní pupeny vyrůstají často na hlavním a silných bočních kořenech, ale nejde o ně i na adventivních kořenech. Často vyrůstají v prýty (Kutschera & Lichtenegger 1992). Tlustší dřevnaté kořeny nesou malé skupiny načervenalých naběhlých pupenů, které se obvykle nachází kolem báze vedlejších kořenů (Beijerinck 1887). Na vodorovných nebo k povrchu půdy jdoucích kořenech se tvoří adventivní odnože, které rostou na jaře vzpřímeně nebo na podzim plagiotropně. Podzimní prýty přezimují a na jaře na jejich bázi vyrůstají vzpřímené prýty, které pokvetou (Hagemann 1983). Báze prýtů mají vlastní krátké adventivní kořeny (Rysin & Rysina 1987).

2.3.9. *Linaria vulgaris*

Kořeny v různých hloubkách, a to buď těsně pod povrchem nebo i ve větších hloubkách, nesou adventivní pupeny. Hlavní prýt semenáčku prvním rokem nekvete, přezimují podzemní části rostliny, které v dalším roce tvoří prýty a kvetou. Současně vyhání nové rozmnožovací kořeny s adventivními pupeny, které v následujícím roce poskytují kvetoucí prýty. Po poranění kořenového systému *Linaria vulgaris* snadno regeneruje (Korsmo 1930). Často hustě porůstá i metr čtvereční a tvoří až metrové horizontální kořeny

s množstvím adventivních pupenů. Kořen vedoucí k odnoži je vždy tenčí než kořen vedoucí od ní, což svědčí o jednosměrném transportu asimilátů (Rauh 1937).

2.3.10. *Lotus corniculatus*

Na bočních kořenech tohoto druhu byla pozorovány tvorba adventivních odnoží, a to zvláště v kultuře, když se kořeny dostaly na světlo. Odnože se však fyzicky neosamostatnily od mateřské rostliny (Piskovackova & Mikhajlovskaya 1983)

2.3.11. *Plantago lanceolata*

Na odřezaných částech kořenů tohoto druhu se zakládají adventivní pupeny a vznikají noví jedinci (Zhukova 1983). Na suchém udusaném substrátu měla většina mladých generativních rostlin několik horizontálních adventivních kořenů a na nich ve vzdálenosti 0,5-8 cm od mateřské rostliny adventivní odnože (Zhukova & Osmanova 1999).

2.3.12. *Plantago media*

Při oddělení od zbytku rostliny má kořen díky adventivním pupenům schopnost vegetativní regenerace (Korsmo 1930). Lukasiewicz (1962) u některých jedinců pozoroval tvorbu adventivních odnoží na silnějších kořenech.

2.3.13. *Potentilla anserina*

Silný kořen má trochu ztlustlá místa větvení, se schopností tvorby adventivních pupenů a tedy regenerace. Pupy se vytvářejí pouze v případě, že dojde k narušení nebo fragmentaci kořene (Korsmo 1930; Wehsarg 1954).

2.3.14. *Rorippa palustris*

Rorippa palustris je jednoletá, výjimečně vytrvalá bylina (Tomšovic 1992). Vyskytuje se převážně na přirozeně narušovaných stanovištích, ale šíří se i na stanoviště polopřírodní a narušovaná člověkem (Klimešová et al., submitted). V kompetici o světlo je to rostlina slabá, proto obsazuje spíše otevřená stanoviště (Klimešová et al., submitted).

Na hlavním, bočních i adventivních kořenech vznikají adventivní pupeny (Klimešová et al., submitted). Přestože pupeny vytváří i rostliny neporaněné a mohou jim tedy sloužit jako banka dormantních pupenů (Kočvarová 2002), hlavním faktorem iniciujícím tvorbu adventivních pupenů u tohoto druhu je poranění rostlin (Martínková et al. 2004). Schopnost

regenerace z kořenů se u druhu *R. palustris* mění v průběhu vegetační sezóny, kdy jarní kohorty mají nižší schopnost regenerace než kohorty letní a rostliny z pozdního léta regenerují minimálně (Sosnová 2003). Schopnost regenerace z kořenů tohoto druhu ovlivňuje také fenologická fáze rostliny v okamžiku poranění (Sosnová 2003). Na základě této studie však nelze říci, že je snížena v době květu a plodů ve srovnání s vegetativní fází rostlin, jak by se dalo předpokládat vzhledem k očekávanému nižšímu obsahu zásobních látek v době generativní reprodukce (Chapin et al. 1990).

R. palustris disponuje permanentní bankou semen v půdě. Na každé rostlině vzniká obrovské množství semen, od 200 u malých jedinců až po 130 000 semen u jedinců větších (Grime et al. 1988). Semena *R. palustris* jsou schopná klíčit po celý rok (Grime et al. 1988), nejvíce semenáčků se objevuje na jaře (Kästner et al. 2001). Šíření pomocí semen převažuje nad vegetativním šířením (Klimešová et al., submitted).

2.3.15. *Rorippa sylvestris*

Na všech kořenech od hlavního po nejslabší jsou adventivní pupeny, které vyrůstají v prýty a kvetou druhým rokem (Rauh 1937). Všechny podzemní části rostliny přezimují a dalším rokem pokračují v růstu, takže vznikají nové rozmnožovací kořeny a nové prýty. Po narušení regeneruje z adventivních pupenů na kořenech (Korsmo 1930).

2.3.16. *Rumex acetosella*

Adventivní pupeny se tvoří na většině kořenů. Už semenáčky mohou mít adventivní pupeny na hlavním kořeni v blízkosti bočních kořenů. Později se vytváří více adventivních pupenů na mělce rostoucích bočních a adventivních kořenech než na kořeni hlavním (Beijerinck 1887; Rauh 1937). Podzemní části rostliny přezimují a druhý rok vyrůstají nové boční rozmnožovací kořeny a z nich adventivní odnože, které ve stejném roce kvetou (Korsmo 1930). Oddělením kořene s pupeny vznikají samostatné rostliny (Kutschera 1960).

2.3.17. *Rumex obtusifolius*

Jediná zmínka je, že při fragmentaci kořene vyrůstají z fragmentu adventivní pupeny, z nichž se posléze stávají prýty (Korsmo 1930).

2.3.18. *Trifolium repens*

U starších rostlin tohoto druhu vznikají ve velkém množství na kořenech adventivní pupeny (Reichardt 1857). Novější zmínka neexistuje.

2.3.19. *Viola riviniana*

Pouze Irmisch (1857) popisuje, že našel několik adventivních pupenů na oddělených kouscích kořene.

3. Metodika

Nomenklatura: Kubát K. et al. 2002

3.1. Banka pupenů na kořenových fragmentech

V červnu až srpnu 2003 bylo v okolí Třeboně (Jižní Čechy) odebráno po pěti kvetoucích rostlinách z 19 druhů (tab.1), u kterých se v literatuře uvádí schopnost odnožovat z kořenů. Rostliny byly odebrány tak, že byl vyryt půdní monolit o přibližné ploše 20x20 cm kolem kvetoucího prýtu do hloubky nejméně 20 cm. Kořenový systém byl na místě zbaven hlíny a promyt v laboratoři. Pro pokus byla modifikována metoda pro zjišťování tvorby adventivních kořenů na stonkových fragmentech (Hodgson et al.1993). Z každé rostliny byly odebrány dva fragmenty kořene o průměru do 0,5 cm a délce 3 cm a 6 cm, to je celkem deset fragmentů na jeden druh. Druhy se lišily typem kořenového systému, takže u druhů *Barbarea vulgaris*, *Lotus corniculatus*, *Rorippa palustris* a *Rumex obtusifolius* byly fragmenty odebrány ze dvou náhodných míst na hlavním kořeni. U ostatních druhů byly fragmenty odebrány vždy z různých adventivních nebo postranních kořenů náležejících odebíranému prýtu. U každého fragmentu byly spočítány viditelné předem založené adventivní pupeny (tj. takové, které již prorazily primární kůru kořene). Všechny fragmenty byly po dobu čtyř týdnů pěstovány v klimaboxu (KLIMABOX ZVK E-008, Váha Kladno) za standardních podmínek při režimu 14h/10h světlo/tma a teplota 22°C/15°C (den/noc). Fragmenty byly umístěny jednotlivě na vlhkém písku v Petriho miskách (obr. I). Vždy po čtyřech týdnech byl u každého druhu pokus ukončen. Byla zhodnocena míra regenerace podle následující stupnice (tab.1):
0 - fragment nevytvořil žádné pupeny ani kořeny; 1 - jen nově založené kořeny; 2 - málo adventivních pupenů, žádné nové kořeny; 3 - málo adv. pupenů, málo nových kořenů; 4 - hodně adv. pupenů, málo nových kořenů; 5 - málo adv. pupenů, hodně nových kořenů; 6 - hodně adv.pupenů, hodně nových kořenů.

Výsledky byly zpracovány v programu Statistika 5.5 (StatSoft 1998) pomocí jednocestné analýzy variance ANOVA. Pro počty pupenů byla použita odmocniná transformace, rostlina byla považována za faktor s náhodným efektem.

3.2. Vegetativní regenerace versus růst ze semen u druhu

Rorippa palustris

Pro svoji schopnost adventivního odnožování z kořenů a zároveň velkou produkci semen byl pro pokus vybrán krátkověký druh *Rorippa palustris*, který se přirozeně vyskytuje na narušovaných stanovištích. V terénu (břeh rybníka Ratmírov) byly dne 18. 4. 2003 vykopány přezimující růžice rostlin s kořenovým systémem tohoto druhu. Přes noc byly ponechány v chladu a ve vodě. Druhý den byly z 10 rostlin odebrány náhodně 4 typy fragmentů kořene z každé rostliny. Jednalo se o kombinaci délky (3cm a 6cm) a průměru (<0,5 cm a >0,5 cm) kořenového fragmentu. Jednotlivé fragmenty byly vodorovně položeny do květináčů (průměr 15 cm), naplněných směsí zahradnického substrátu typu B a písku v poměru 1:5 a poté zakryty asi centimetrovou vrstvou této směsi. Do stejné směsi substrátu a stejných květináčů byla zároveň vyseta semena z loňského roku. Všechny květináče byly umístěny do skleníku do van, kde byla udržována stálá hladina vody. V průběhu pokusu byla u všech rostlin několikrát změřena délka nejdelšího listu. Po 2 měsících, když většina zregenerovaných rostlin vytvořila plody, byl pokus ukončen. U všech rostlin byla změřena výška a spočítány vytvořené šesule. Odebraná nadzemní a podzemní biomasa byla při 80°C vysušena do konstantní hmotnosti a zvážena na analytických vahách (Mettler AE 163).

Výsledky byly zpracovány v programu Statistika 5.5 (StatSoft 1998) pomocí analýzy variance ANOVA. U dat s hodnotami váhy podzemní a nadzemní biomasy a počtu šesulí, která neměla normální rozdělení, byla použita logaritmická transformace $\log(x+1)$.

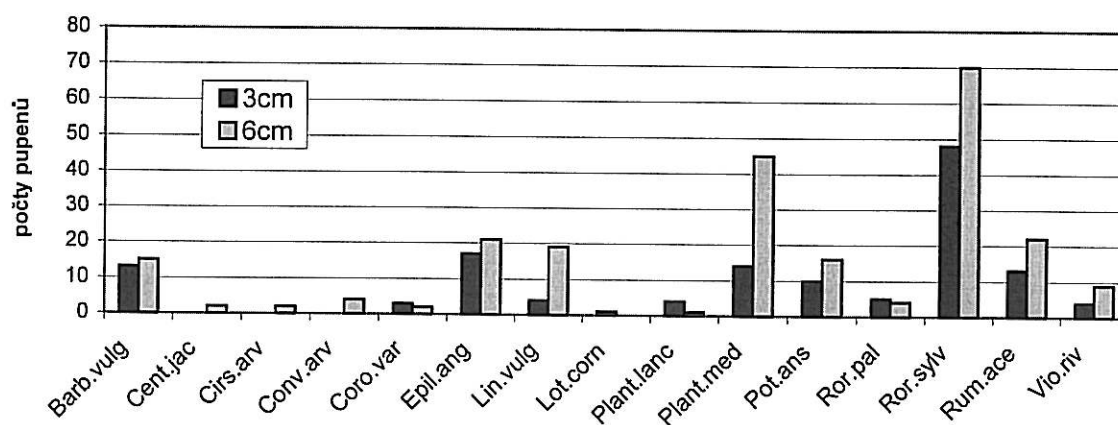
4. Výsledky

4.1. Banka pupenů na kořenových fragmentech

Experimentálně byla ověřena v literatuře uváděná schopnost regenerace z kořenových fragmentů u 19 druhů rostlin (tab. 1): Druhy *Artemisia vulgaris*, *Hypericum perforatum* a *Trifolium repens* neregenerovaly vůbec. *Rumex obtusifolius*, který sice nevytvořil žádné adventivní pupeny, vytvořil téměř na všech fragmentech nové kořeny. Druhy *Centaurea jacea* (obr. X), *Convolvulus arvensis*, *Lotus corniculatus* a *Viola riviniana* vytvořily na kořenových fragmentech málo adventivních pupenů (1 až 3), ale žádné nové kořeny. Druhy *Cirsium arvense* (obr. III a V), *Coronilla varia* (obr. II) a *Rorippa palustris* vytvořily málo adventivních pupenů (1 až 4) a zároveň málo nových kořenů (do 10). Druhy *Epilobium angustifolium* (obr. X), *Linaria vulgaris* (obr. X), *Plantago media* (obr. X) a *Rumex acetosella* (obr. X) vytvořily na kořenových fragmentech hodně adventivních pupenů (více než 5) a málo nových kořenů (do 10). Druh *Plantago lanceolata* (obr. IV) vytvořil málo adventivních pupenů (max. 2), ale hodně nových kořenů (nad 10). Nejlépe regenerovaly druhy *Barbarea vulgaris* (obr. X), *Potentilla anserina* (obr. VIII-IX) a *Rorippa sylvestris* (obr. VI-VII), které vytvořily hodně adventivních pupenů (*Rorippa sylvestris* až 42 na jednom fragmentu) a zároveň dostatek kořenů (nad 10).

Počtem předem založených adventivních pupenů na regeneraci fragmentů byl kladně ovlivněn počet všech adventivních pupenů a prýtů na konci pokusu ($F=23,73$; $p<0.05$).

Délka kořenového fragmentu neovlivnila počet vytvořených adventivních pupenů resp. prýtů. Přestože dlouhé fragmenty některých druhů vytvořily více adventivních pupenů než krátké, u žádného druhu nebyl vliv délky statisticky průkazný (obr. 4.1).



Obr. 4.1 Celkové počty vytvořených adventivních pupenů na krátkých (3cm) a na dlouhých (6cm) kořenových fragmentech.

Tab.1 - Regenerace kořenových fragmentů

Míra regenerace: 0 - druh neregeneroval; 1 - jen nové kořeny; 2 - málo adventivních pupenů, žádné nové kořeny; 3 - málo adv. pupenů, málo nových kořenů; 4 - hodně adv. pupenů, málo nových kořenů; 5 - málo adv. pupenů, hodně nových kořenů; 6 - hodně adv.pupenů, hodně nových kořenů. Celkové počty na kořenových fragmentech předem založených viditelných adventivních pupenů. Celkové počty vyrostlých adventivních pupenů. Nově vytvořené kořeny: - žádné nové kořeny; + do deseti nových kořenů; ++ nad deset nově vytvořených kořenů.

* hlavní kořen

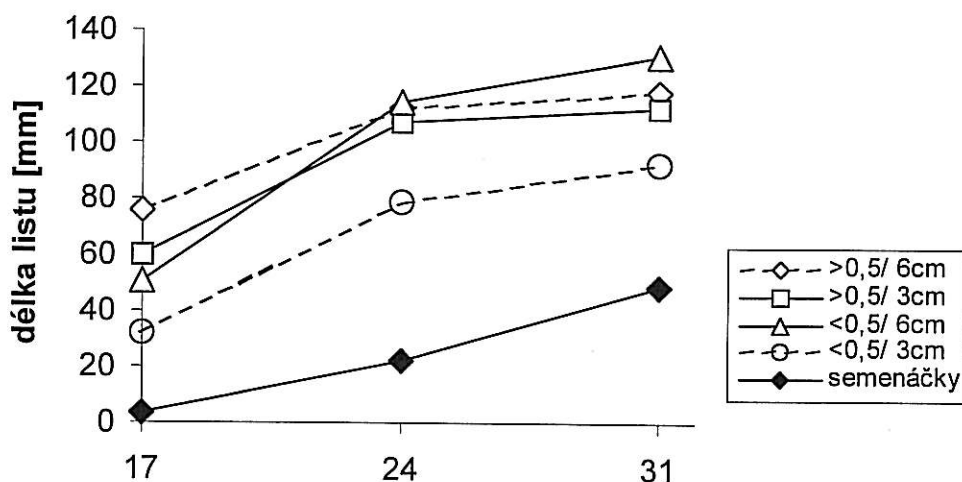
druh	míra regenerace	předem založené pupeny	vyrostlé pupeny	nové kořeny
Artemisia vulgaris	0	0	0	-
Hypericum perforatum	0	0	0	-
Trifolium repens	0	0	0	-
Rumex obtusifolius*	1	0	0	+
Centaurea jacea	2	0	2	-
Convolvulus arvensis	2	0	4	-
Lotus corniculatus*	2	1	1	-
Viola riviniana	2	0	13	-
Cirsium arvense	3	0	2	+
Coronilla varia	3	2	5	+
Rorippa palustris*	3	8	9	+
Epilobium angustifolium	4	36	38	+
Linaria vulgaris	4	37	23	+
Plantago media	4	0	59	+
Rumex acetosella	4	29	35	+
Plantago lanceolata	5	0	5	++
Barbarea vulgaris*	6	0	28	++
Potentilla anserina	6	0	29	++
Rorippa sylvestris	6	77	126	++

4.2. Vegetativní regenerace versus růst ze semen u druhu

Rorippa palustris

Ze všech kořenových fragmentů ($n=40$), které byly vysazeny, neregenerovaly pouze čtyři fragmenty (tři krátké s průměrem do 0,5 cm a jeden krátký fragment s průměrem nad 0,5 cm). Všechny ostatní fragmenty vytvořily prýty, které vykvetly a odplodily. Také všechny rostliny vyrostlé ze semen, až na jednu výjimku, vytvořily plody.

Rostliny vyrostlé z kořenových fragmentů se celkově lišily svým vzrůstem od rostlin vyrostlých ze semen. Rostliny z kořenových fragmentů začaly růst dříve než rostliny ze semen. Po čtrnácti dnech měly adventivní prýty z kořenových fragmentů už několikacentimetrové listy (obr. XII). Ve stejné době semenáčkům začaly listy teprve růst (obr. 4.2).



Obr. 4.2 Průměrná délka listu u rostlin různého původu (kořenové fragmenty, semena) 17., 24. a 31. den pokusu

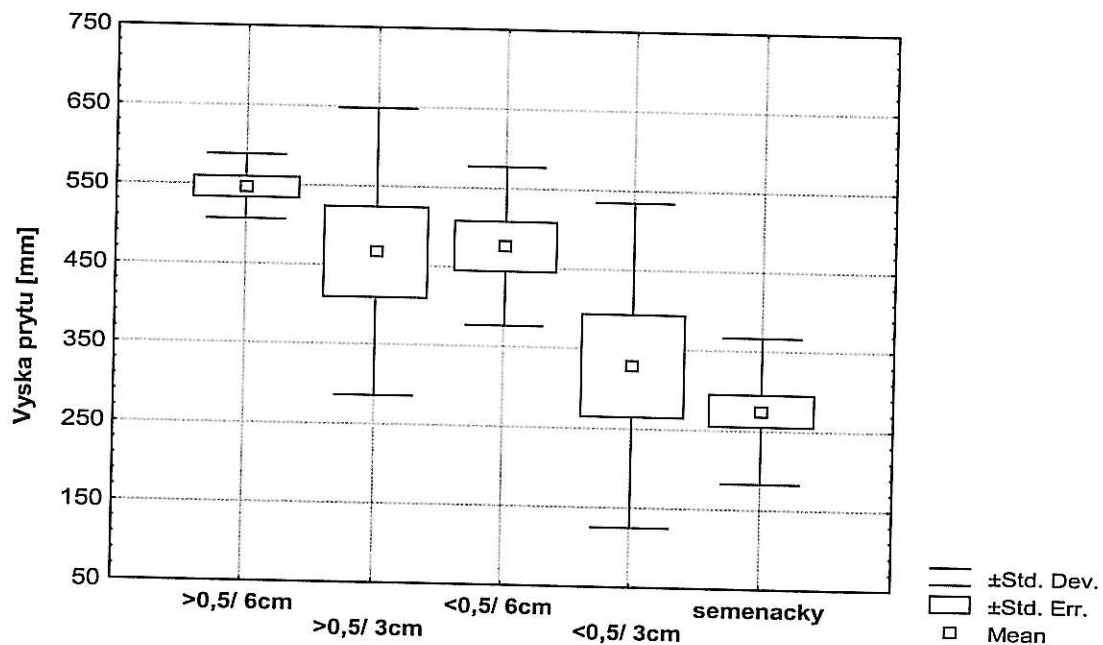
Rostliny vyrostlé z kořenových fragmentů měly často více prýtů (až 13 prýtů) (obr. XVI), zatímco semenáčky měly vždy jen jeden. Prýty rostlin různého původu se zároveň lišily svojí výškou ($F=9,993$; $p<0,001$), nejvyšší vyrostly ze semen (obr. 4.3).

Předešlé charakteristiky se odrazily i v množství vytvořené nadzemní biomasy (obr. 4.4). Nejvíce jí vytvořily rostliny z kořenových fragmentů o průměru nad 0,5 cm a délce 6 cm. O něco méně nadzemní biomasy vytvořily rostliny z fragmentů o průměru nad 0,5 cm a délce 3 cm. Poté následovala skupina rostlin z fragmentů o průměru do 0,5 cm a délce 6 cm a za ní rostliny z fragmentů o průměru do 0,5 cm a délce 3 cm. Nejméně nadzemní biomasy

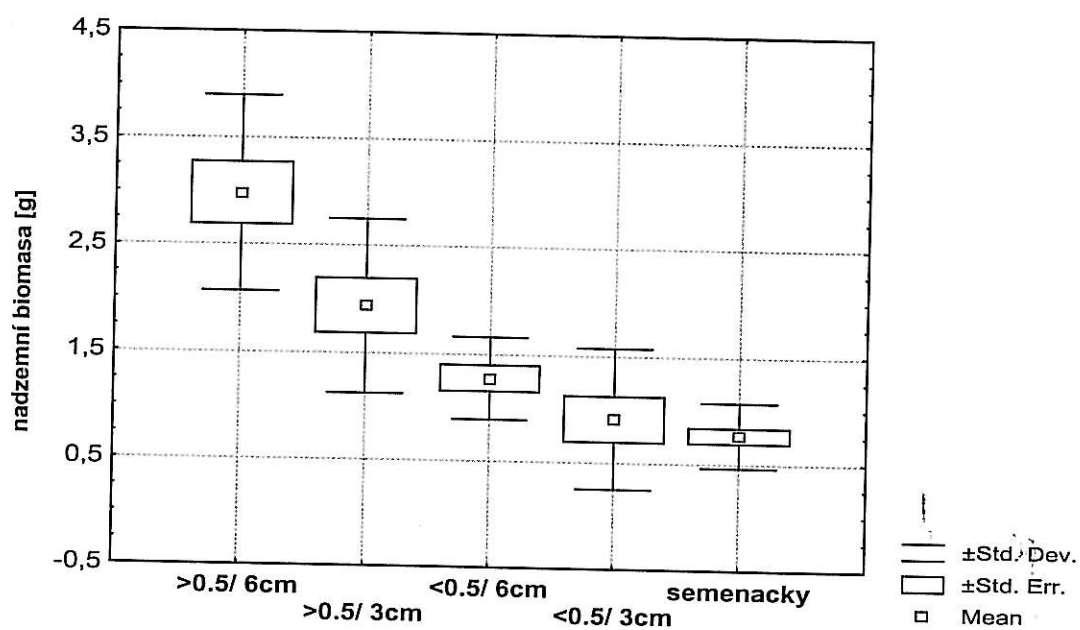
vytvořily rostliny vyrostlé ze semen ($F=4,575$; $p=0,003$). Množství vytvořené nadzemní biomasy bylo ovlivněno délkou kořenového fragmentu ($F=4,797$; $p=0,035$) (obr. 4.5), ale průměr fragmentu toto množství neovlivnil ($F=3,309$; $p=0,077$).

Narozdíl od nadzemní biomasy, v množství podzemní biomasy byly rozdíly mezi jednotlivými skupinami neprůkazné ($F=2,128$; $p=0,089$) (obr. 4.6). Poměr biomasy podzemní a nadzemní se statisticky průkazně u rostlin různého původu nelišil ($F=1,249$; $p=0,301$). Nejmenší však byl u rostlin vyrostlých z větších kořenových fragmentů. Větší byl pak tento poměr u rostlin ze semen a z nejmenších kořenových fragmentů (obr. 4.7).

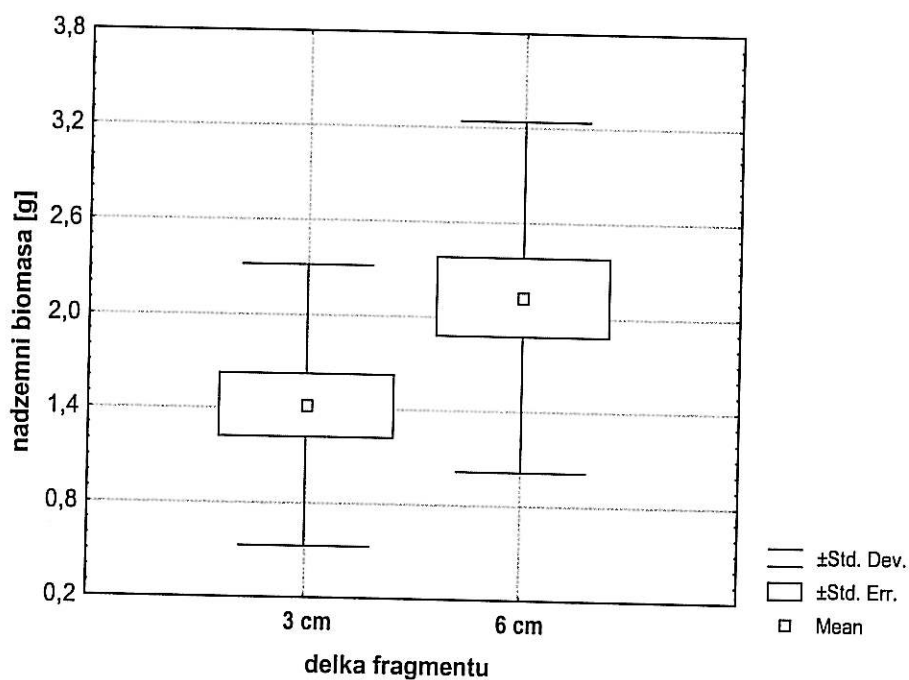
Nejvíce plodů vytvořily rostliny, které regenerovaly z největších kořenových fragmentů a nejméně rostliny ze semen ($F=5,131$; $p=0,001$) (obr. 4.8).



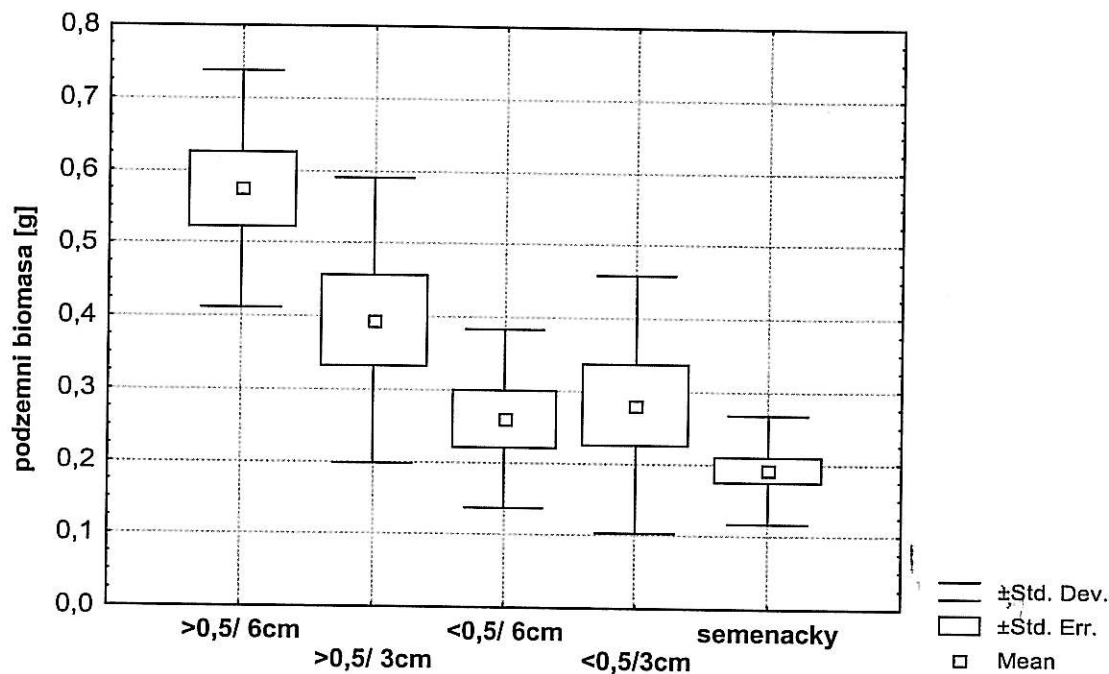
Obr. 4.3. Průměrná výška prýtu u rostlin různého původu (kořenové fragmenty/semena). Na ose x je velikost kořenového fragmentu (průměr/délka).



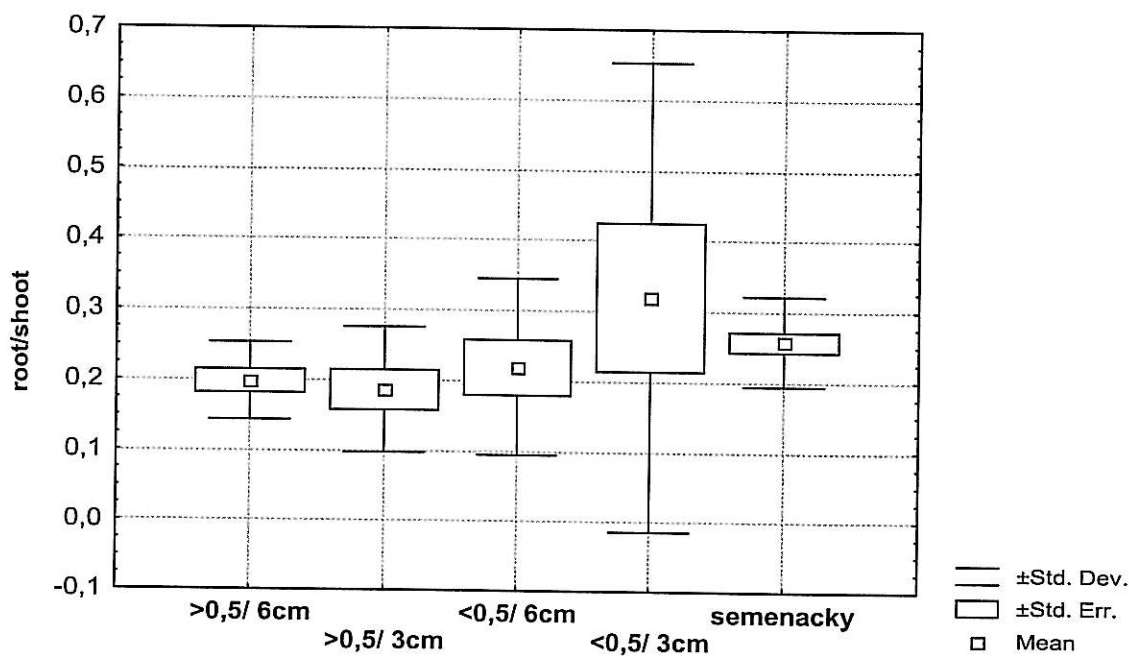
Obr.4.4. Průměrná nadzemní biomasa u rostlin různého původu (kořenové fragmenty/semena). Na ose x je velikost kořenového fragmentu (průměr/délka).



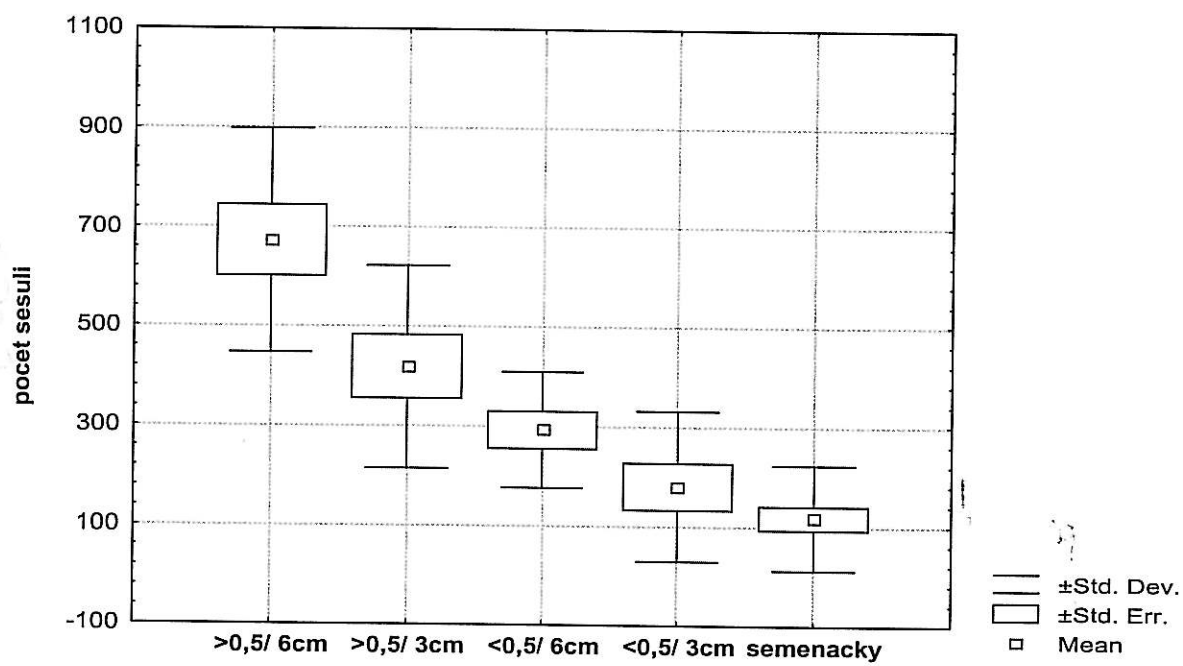
Obr. 4.5 Průměrné množství nadzemní biomasy u rostlin vyrostlých z kořenových fragmentů o délce 3 cm a 6 cm.



Obr. 4.6 Průměrná podzemní biomasa u rostlin různého původu (kořenové fragmenty/semena). Na ose x je velikost kořenového fragmentu (průměr/délka).



Obr. 4.7 Poměr podzemní a nadzemní biomasy u rostlin různého původu (kořenové fragmenty/semena). Na ose x je velikost kořenového fragmentu (průměr/délka).



Obr. 4.8 Průměrné počty vytvořených šesulí u rostlin různého původu (kořenové fragmenty/semena). Na ose x je velikost kořenového fragmentu (průměr/délka).

5. Diskuse

5.1. Banka pupenů na kořenových fragmentech

U druhů *Artemisia vulgaris*, *Rumex obtusifolius* a *Trifolium repens* se potvrdily pochybnosti o údajích v literatuře (*Artemisia vulgaris* – Rauh 1937, *Rumex obtusifolius* – Korsmo 1930, *Trifolium repens* – Reichardt 1857), týkajících se jejich schopnosti regenerace z kořenů, protože druhy v pokusných podmínkách vůbec nezregenerovaly. Zároveň byl u druhu *Hypericum perforatum* neúspěch v regeneraci překvapením, protože je tato jeho schopnost známá z terénu (vlastní pozorování) i z literatury (Wittrock 1883, Beijerinck 1887 a další).

Přestože v tomto pokusu druhy s viditelnými, předem založenými pupeny lépe regenerovaly, většinou nevytvořily o mnoho více adventivních pupenů, než kolik jich měly na začátku pokusu. Hamdoun (1972) nepozoroval u druhu *Cirsium arvense* velký rozdíl v produkci adventivních prýtlů mezi fragmenty s viditelnými a bez viditelných pupenů. Uvádí, že pokud byly pupeny předem založeny, vytvořilo se na fragmentech jen o 18 % více adventivních prýtlů než na fragmentech bez založených pupenů. Prýtlý z předem založených pupenů zároveň o něco rychleji rostly.

V literatuře byly u různých druhů zjištěny různé účinky délky kořenových fragmentů na jejich regenerativní kapacitu (Peterson 1975). Pro druhy obecně existuje minimální délka fragmentu, která limituje tvorbu adventivních pupenů na kořeni, a mezi délkou fragmentu a počtem pupenů bývá pozitivní korelace. Například u druhu *Cirsium arvense* byla minimální délka fragmentu, ze kterého byla regenerace úspěšná, 5 mm. Zjištěný počet adventivních prýtlů na jednotku délky fragmentu byl větší, pokud byl kořen nasekán na více menších kousků, než když byl rozdělen na málo velkých fragmentů (Hamdoun 1972). Množství pupenů na kořenových fragmentech může tedy souviset s apikální dominancí růstových vrcholů pupenů a nemusí přímo záviset na délce fragmentu. První rostoucí pupeny mohou díky auxinu, produkovanému zelenou částí rostliny zastavit vývoj dalších adventivních pupenů (Peterson 1975).

Je zajímavé, že si v regeneraci oproti předpokladu nevedly nejlépe polní plevely, jako je *Convolvulus arvensis* a *Cirsium arvense*. Z krátkověkých monokarpických druhů velice dobře regenerovala *Barbarea vulgaris* a o něco hůře *Rorippa palustris*.

U druhů *Barbarea vulgaris*, *Lotus corniculatus*, *Rorippa palustris* a *Rumex obtusifolius* fragmenty pocházely z hlavního kořene. Žádný výrazný rozdíl v růstu adventivních pupenů a kořenů oproti fragmentům z adventivních nebo vedlejších kořenů však

pozorován nebyl. Druhy *Linaria vulgaris*, *Rumex acetosella* nebo *Epilobium angustifolium*, mohou běžně kořeny využívat i jako orgán klonálního růstu (Rauh 1937, Klimešová 2001). Tyto druhy také v pokusu nápadně dobře regenerovaly. Regenerace u druhu *Centaurea jacea* probíhala vytvořením adventivních pupenů z kalusového pletiva vzniklého na řezu fragmentu (obr. 3). Podobně regeneruje například i *Centaurea scabiosa* nebo *Taraxacum officinale* agg. (Wittrock 1884, Rauh 1937).

Studované druhy se liší schopností regenerace, ale je třeba zdůraznit, že to platí pro studované podmínky, protože za odlišných podmínek mohou být výsledky jiné. Roli může hrát typ substrátu nebo světlo. Fenologická fáze rostlin v době narušení může způsobit neúspěch regeneraci, protože tvorbu adventivních pupenů na kořenech ovlivňuje. Například druh *Oenothera biennis* v době květu téměř neregeneruje (Rauh 1937, Martínková et al. 2004). Také Sosnová (2003) pozorovala u druhu *Rorippa palustris* vliv fenologické fáze na schopnost regenerace, ta však nebyla oproti předpokladu snížena u rostlin kvetoucích ve srovnání s rostlinami vegetativními. Také optimální teplotní podmínky pro regeneraci z kořenových fragmentů se u různých druhů liší (Peterson 1975), takže podmínky v klimaboxu nemusely všem druhům plně vyhovovat. Pokus probíhal omezenou dobu a výsledky regenerace tedy nemusely být definitivní. Například druhy, které ani po delší době nevytvorí na kořenových fragmentech nové kořeny, nebudou patrně schopné regeneraci úspěšně dokončit i přesto, že vytvořily adventivní pupeny.

5.2. Vegetativní regenerace versus růst ze semen u druhu

Rorippa palustris

Tento pokus simuloval situaci, která nastává po narušení stanoviště silnou disturbancí, kdy je odstraněna všechna nadzemní biomasa rostlin a kořenový systém fragmentován. Po takové zásahu jsou dvě možnosti regenerace rostlin: 1) ze semen (všechny druhy vytvářející semena) nebo 2) z kořenových fragmentů (jen druhy tvořící adventivní pupeny na kořenech) (Rauh 1937). Vzhledem k tomu, že se *Rorippa palustris* přirozeně vyskytuje na silně narušovaných stanovištích, může být její schopnost regenerace z adventivních pupenů na kořenech adaptací na tuto situaci (Klimešová & Klimeš 2003).

Z výsledků je vidět, že tento druh dobře snáší vážné narušení svého kořenového systému, protože v pokusných podmínkách regenerovalo 92% kořenových fragmentů.

I v jiných pokusech, kde byl narušován kořenový systém, *R. palustris* poměrně dobře regenerovala (Kočvarová 2002; Sosnová 2003; Martínková et al. 2004). Mezi faktory ovlivňující tvorbu adventivních pupenů u tohoto druhu patří vlastní poranění rostlin, které tvorbu adventivních pupenů iniciuje (Martínková et al. 2004), a fenologická fáze rostlin v okamžiku poranění (Sosnová 2003). V práci Sosnové (2003) však byly srovnávány rostliny v prvním roce života a nebyla tam tedy zahrnuta schopnost regenerace přezimujících rostlin, u nichž mohla být úspěšná regenerace podpořena větším množstvím zásobních látek uložených v kořenech.

Rostliny vyrostlé z kořenových fragmentů rychleji rostly, měly větší biomasu, výšku, více prýtů a plodů oproti rostlinám vyrostlým ze semen. V dané sezóně byly tedy úspěšnější. Rostliny vyrostlé z kořenových fragmentů však měly menší poměr kořenů ku nadzemní biomase než rostliny ze semen, což by mohlo znamenat menší schopnost regenerace po opakovaném narušení a snížené přežívání do následující sezóny ve srovnání s rostlinami vyrostlými ze semene. Vegetativní regenerace i přezimování jsou zřejmě závislé na zásobních látkách v kořenech (Sosnová 2003) a regenerované rostliny, které vytvořily méně kořenů si vedly lépe v první sezóně, ale jejich odolnost vůči narušení nebo přežívání do další sezóny jsou pravděpodobně sníženy.

Roripa palustris je rostlina výrazně světlomilná (Tomšovic 1992), takže jednou ze složek omezujících úspěšnost jedinců tohoto druhu na stanovišti je kompetice o světlo. Naproti tomu, po silné disturbanci snadno a rychle obsadí stanoviště díky regeneraci z kořenových fragmentů rostliny, které pak budou ve výhodě nad rostlinami vyrůstajícími později ze semen. Silná disturbance je tedy pro tento druh vlastně výhodná (Martínková et al., in press), přinejmenším v prvním roce.

Množství nadzemní biomasy v mém pokusu bylo větší u delších fragmentů (6 cm) než u kratších (3 cm). To souvisí pravděpodobně s tím, že ve větším kořenovém fragmentu je více zásobních látek využitelných pro růst adventivních odnoží. Zároveň, pokud nedojde k omezení růstu adventivních pupenů apikální dominancí, je délka kořenového fragmentu pozitivně korelována s počtem adventivních pupenů (Peterson 1975), což vysvětluje i více prýtů na delších kořenových fragmentech. Rozdíl v množství vytvořené biomasy kořenů mezi rostlinami z kořenových fragmentů a rostlinami ze semen nebyl příliš velký. Rostliny z vyrostlé z kořenových fragmentů měly právě díky kořenovému fragmentu už od počátku vytvořenou část kořenového systému s uloženými zásobními látkami, nemusely tedy do tvorby kořenového systému investovat tolik energie. O to více mohly vložit do růstu

nadzemních orgánů a kvetení. Rostliny vyrostlé ze semen zřejmě více energie vkládali do růstu kořenů, protože musely svůj vlastní kořenový systém nejdříve vytvořit.

Fitness jedince závisí především na jeho úspěšné reprodukci (Begon et al. 1997). Semenná produkce rostlin regenerujících z fragmentů kořene byla v roce narušení mnohem větší než produkce semen u rostlin vzniklých se semen. Silná disturbance a s ní spojená fragmentace kořene umožní jedinci vegetativně se rozmnožit, přičemž každá z dceřinných rostlin je zároveň schopná vytvořit větší množství semen, než kolik vytvoří neporaněná rostlina zregenerovaná v okamžiku disturbance ze semene (Martínková et al., in press). V případě mírnější disturbance už toto platit nemusí, protože na stanovišti budou i nenarušené rostliny, jejichž semenná produkce by mohla být větší než u poraněných jedinců. Nicméně je u druhu *Rorippa palustris* schopnost tvorby adventivních pupenů na kořenech vlastností výhodnou a na silně narušovaných stanovištích hraje významnou roli.

6. Závěr

1. V pokusu byla otestována metoda na zjišťování regenerační schopnosti kořenových fragmentů rostlin. Fragmenty kořenů kvetoucích jedinců 19 druhů se lišily mírou regenerace. Regenerace byla kladně ovlivněna předem založenými pupeny, ale nezávisela na délce fragmentu kořene.
2. Rostliny druhu *Rorippa palustris* regenerované z kořenových fragmentů vytvořily více biomasy i semen než rostliny, které vyrostly ze semen. V sezóně, kdy dojde k silné disturbanci, je pro rostlinu druhu *Rorippa palustris* výhodnější dát přednost regeneraci vegetativní z adventivních pupenů na kořenech před regenerací generativní ze semen.

7. Literatura

- BEGON M., HARPER J.L. & TOWNSEND C.R. (1997): Ekologie: jedinci, populace a společenstva.- Nakladatelství University Palackého, Olomouc.
- BEIJERINCK M. (1887): Wurzelknospen und Nebenwurzeln. – Verhelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen 25/3: 1-150.
- CHAPIN III S.F., SCHULZE E.D. & MOONEY H.A. (1990): The ecology and economics of storage in plants. – Annual Review of Ecology and Systematics 21, 423-447.
- ESAU K. (1966): Anatomy of seed plants. – John Wiley & Sons, New York.
- GRIME J.P. (2001): Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties.- John Wiley & Sons, Chichester
- GRIME J.P., HODGSON J.G & HUNT R. (1988): Comparative plant ecology. A functional approach to common British species. – Unwin Hyman, London.
- HAGEMANN I. (1983): Wuchsformenuntersuchungen an zentraleuropäischen Hypericum-Arten (Analysis of growth forms of Central European Hypericum species).- Flora 173: 97-142.
- HAMDOUN A.M. (1972): Regenerative capacity of root fragments of *Cirsium arvense*. – Weed Res. 12, 128-136.
- HARPER J.L. (1977): Population biology of plants. – Academic Press, London.
- HODSON J.G., PEARCE A.M.K. & BOOTH R.E. (1993): Adventitious rooting of cuttings. – In: Hendry G.A.F. & Grime J.P. [eds.], Methods in comparative plant ecology, p. 74-77, Chapman & Hall, London.
- IRMISCH T. (1857): Ueber die Keimung und die Erneuerungsweise von *Convolvulus sepium* und *C. arvensis*, so wie über hypokotylische Adventivknospen bei krautigen phanerogamen Pflanzen. – Botanische Zeitung 15/28: 465-474, 489-497.
- KÄSTNER A., JÄGER E.J. & SCHUBERT R. (2001): Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas. – Springer-Verlag, Wien.
- KLIMEŠOVÁ J. (2001): Adventivní odnožování – přehlížená vlastnost kořenů rostlin. – Zprávy Čes. Bot. Společ., Praha, 36, Mater. 18: 63-72.
- KLIMEŠOVÁ J. (2003): Monokarpické druhy schopné přežít silnou disturbanci. Zprávy Čes. Bot. Společ., Praha, 38, Mater. 19: 37-48.

- KLIMEŠOVÁ J. & KLIMEŠ L. (2003): Resprouting of herbs in disturbed habitats: is it adequately described by Bellingham-Sparrow's model. – *Oikos* 103: 225-229.
- KLIMEŠOVÁ J., MARTÍNKOVÁ J. & KOČVAROVÁ M.: Biological flora of Central Europe: *Rorippa palustris* (L.) Besser. [submitted]
- KOČVAROVÁ M. (2002): Životní cyklus druhu *Rorippa palustris* a jeho význam pro výskyt na sekundárních stanovištích. – mag. práce, Biologická fakulta, Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- KORSMO E. (1930): Unkräuter im Ackerbau der Neuzeit.- Verlag von Julius Springer, Berlin, 580 p.
- KOTT S.A. (1962): Novoje v biologii vasilika lugovogo [in Russian] – *Bot. Zhur.* 47: 678-681.
- KOTT S.A. (1963): Biology of *Barbarea vulgaris* R.Br. [in Russian] – *Bot. Zhur.* 48: 1648-1652.
- KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. JUN., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. & ŠTĚPÁNEK J. [eds.] (2002): Klíč ke květeně České republiky. – 928 p., Academia, Praha.
- KUTSCHERA (1960): Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerkräuter und Kulturpflanzen. - DLG - Verlags gmbh, Frankfurt am Main.
- KUTSCHERA L. & LICHTENEGGER E. (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. - Band 2 Dicotyledoneae, Teil 1, Gustav Fischer Ver., Stuttgart..
- LUKASIEWICZ A. (1962): Morphologic development types of perennials. [in polish] – The Poznan Society of Friends of Science, Department of Mathematical and Natural Sciences, Publication of the Section of Biology, 27, 1-398.
- MARTÍNKOVÁ J., SOSNOVÁ M., KOCIÁNOVÁ A. & KLIMEŠOVÁ J.: Jak poranění ovlivňuje produkci semen u krátkověhých druhů schopných odnožovat z kořenů. – *Zprávy Čes. Bot. Společ.*, [in press].
- MARTÍNKOVÁ J., KLIMEŠOVÁ J. & MIHULKA S. (2004): Resprouting after disturbance: an experimental study with short-lived monocarpic herbs.- *Folia Geobotanica*.39: 1-12.
- PETERSON R. L. (1975): The initiation and development of root buds. – In: Torrey J. G. & Clarkson D. T. [eds.], *The development and function of roots*, p. 125-161, Academic Press, London.
- PISKOVACKOVA N.P. & MIKHAJLOVSKAYA I.S. (1983): *Lotus corniculatus* L.- In: Rabotnov T.A. [eds.] *Biological flora of Moscow region*. - *Izd. Moskovskogo Universiteta* 7: 111-127.

- RAUH W. (1937): Die Bildung von Hypocotyl- und Wurzelsprossen und ihre Bedeutung für die Wuchsformen der Pflanzen. – Nova Acta Leopoldina 4/24: 395-555.
- REICHARDT H. W. (1857): Beiträge zur Kenntniss hypokotylicher Adventivknospen und Wurzelsprosse bei krautigen Dikotylen. – Vehr. Zool.-Bot. Ver. Wien 7: 235-244.
- RYSIN & RYSINA (1987): Morphology and structure of below-ground organs of forest herbs. [in Russian] - Nauka, Moskva, 206p.
- SOSNOVÁ M. (2003): Vegetativní regenerace jednoletého druhu *Rorippa palustris* (L.). – bak. práce, Biologická fakulta, Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- STÖCKLIN J. (1992): Differences in the location of subcotyledonary buds among *Epilobium angustifolium* L., *E. dodonaei* Vill. and *E. fleischeri* Hochst. (Onagraceae) and effects on architecture and population structure.- Botanical Journal of the Linnean Society 108: 35-47.
- TOMŠOVIČ P. (1992): *Rorippa* Scop. - In Hejný S. & Slavík B. [eds.]: Květena České Republiky Vol. 3, p. 76-78.- Academia, Praha.
- WALKER L.R. & CHAPIN III F.S. (1987): Interactions among processes controlling successional change. – Oikos 5: 1, 131-135.
- WEHSARG O. (1954): Biologie der Ackerunkräuter.- Akademie-Verlag GmbH., Berlin, 294 p.
- WITTROCK V. B. (1884): Ueber Wurzelsprossen bei krautartigen Gewächsen, mit besonderer Rücksicht auf ihre verschiedene biologische Bedeutung. – Botanisches Centralblatt 17 (8, 9): 227-232, 257-264.
- ZABELKIN N.A. & ULANOVA N.G. (1995): *Chamerion angustifolium*(L.) Holub. - In: Pavlov V.N. et Tikhomirov V.N. [eds]: Biological flora of Moscow Region 11: 166-191.
- ZHUKOVA L.A.(1983): *Plantago*. In: Rabotnov T.A. [eds.]: Biological flora of Moscow Region 7: 188-209.
- ZHUKOVA L.A. & OSMANOVA G.O. (1999): Morphological plasticity of subterranean organs in *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae).- Bot.Zh. 84/12: 80-86.

8. Přílohy



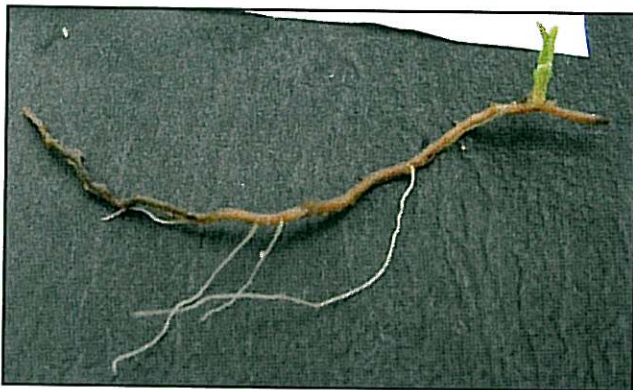
Obr. I. Kořenové fragmenty několika druhů umístěné v klimaboxu



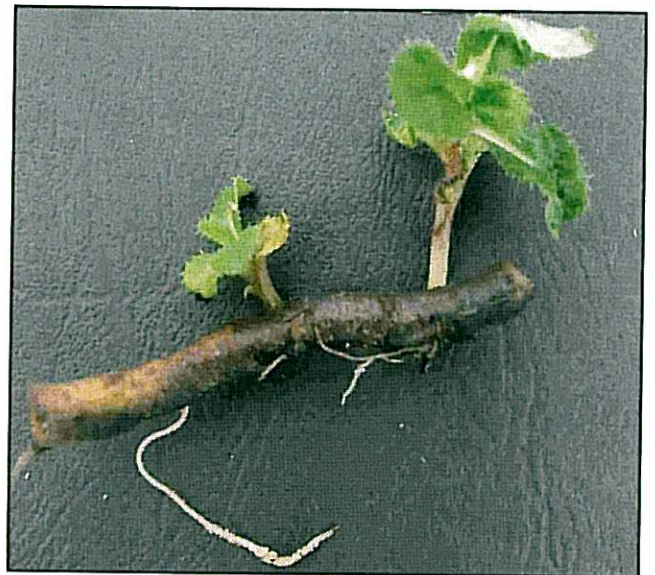
Obr.II. *Coronilla varia* – adventivní pupen



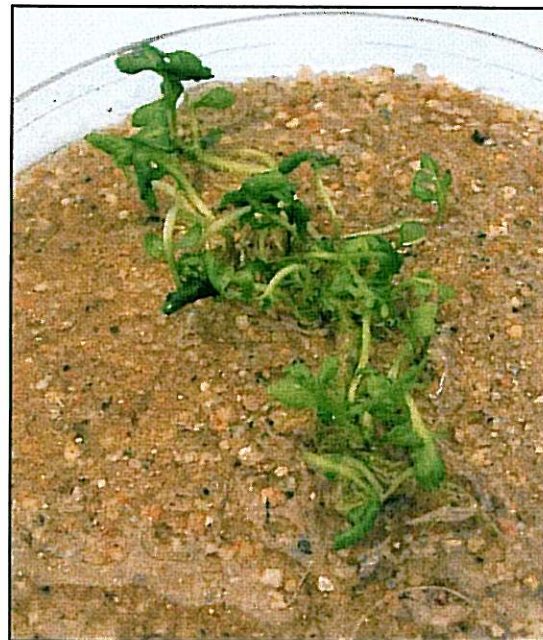
Obr. III. *Cirsium arvense* – adventivní pupeny



Obr. IV. *Plantago lanceolata* – adventivní pupen



Obr. V. *Cirsium arvense* – adventivní odnože



Obr. VI.- VII. *Rorippa sylvestris* – zregenerovaný kořenový fragment



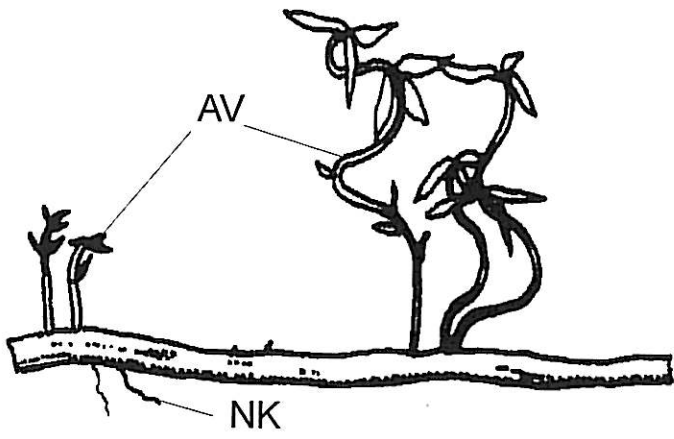
Obr. VIII. *Potentilla anserina* – adventivní pupeny



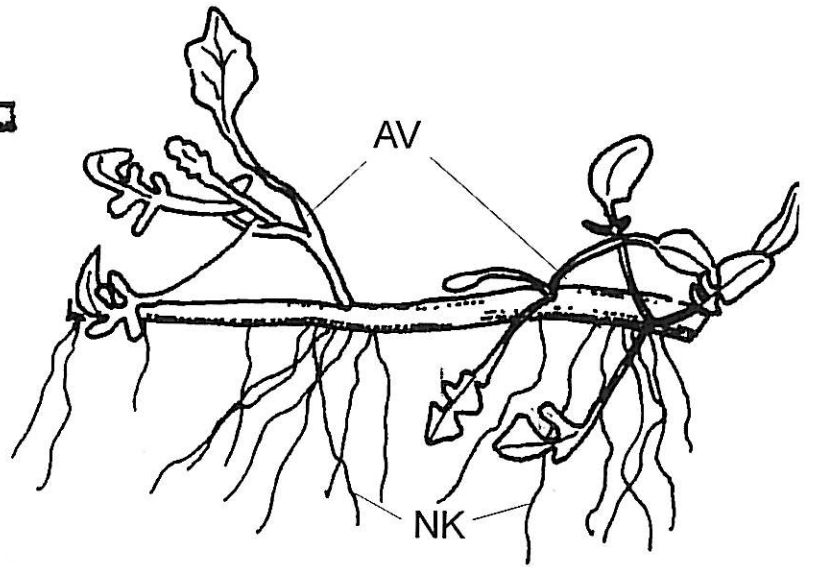
Obr. IX. *Potentilla anserina* - zregenerovaný kořenový fragment

Následující stránka:

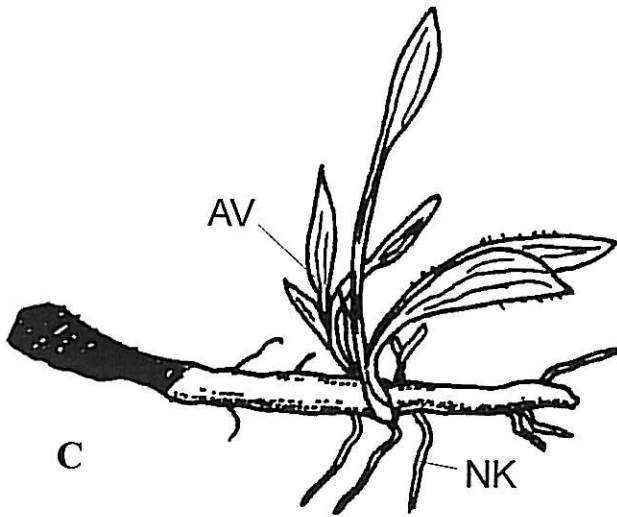
Obr. X Adventivní pupeny (AP), adventivní výhony (AV) a nově vytvořené kořeny (NK) na kořenovém fragmentu: A) *Linaria vulgaris*; B) *Barbarea vulgaris*; C) *Plantago media*; D) *Rumex acetosella*; E) *Epilobium angustifolium*; F) *Centaurea jacea* – adventivní pupeny z kalusového pletiva na řezu kořenového fragmentu (vpravo detail)



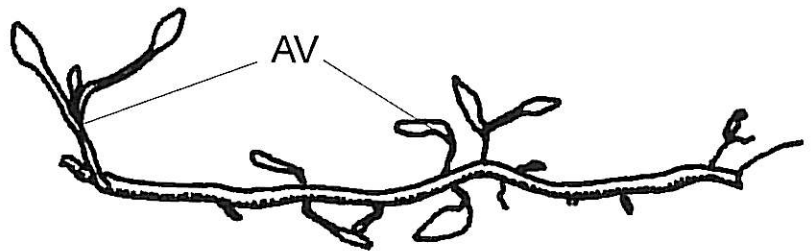
A



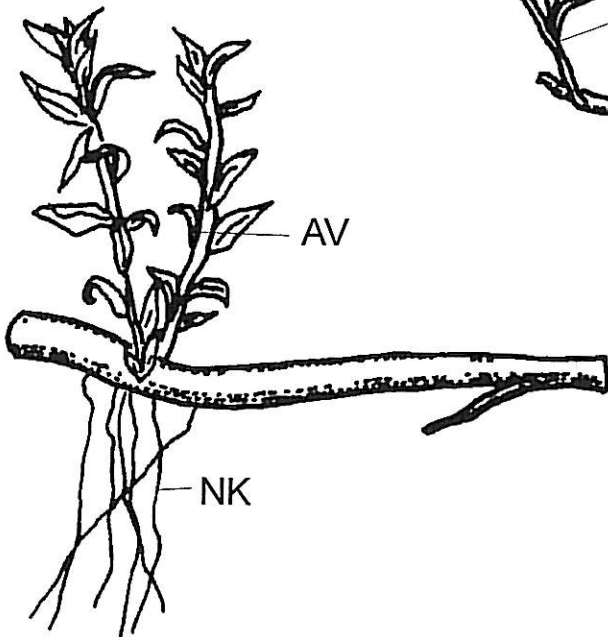
B



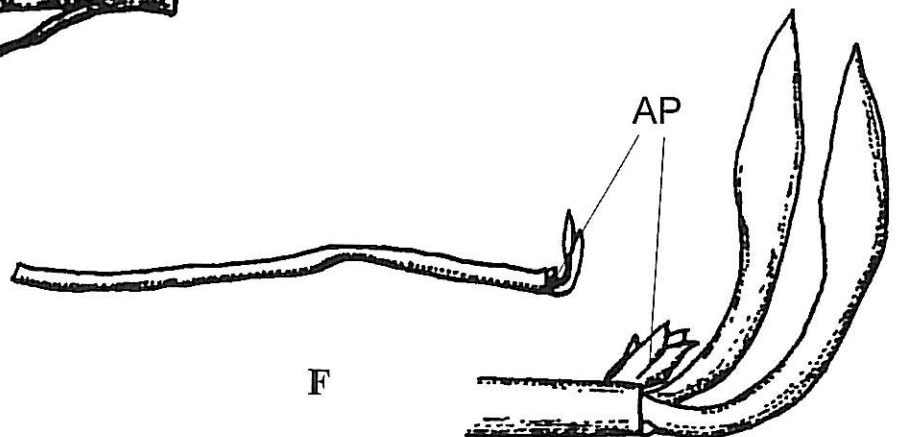
C



D



E



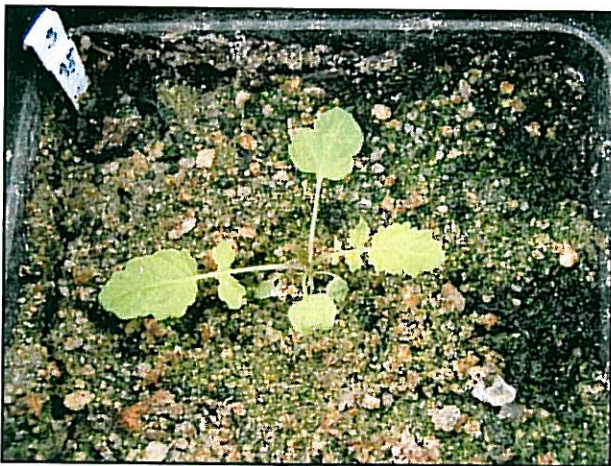
F



Obr. XI. *Rorippa palustris* – květy a nezralé šešule



Obr. XII. *Rorippa palustris* - adventivní odnože na kořenovém fragmentu 14 dní po vysazení



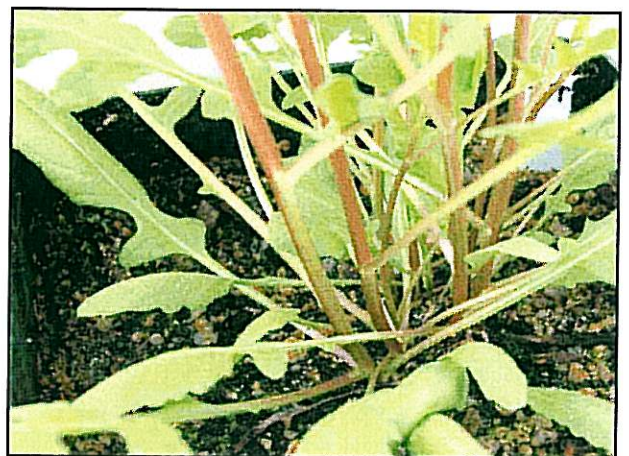
Obr. XIII. *R. palustris* – semenáček po 4 týdnech



Obr. XIV. *R. Palustris* – kořenový fragment po 4 týdnech



Obr. XV. *R. palustris* – semenáčky (vlevo) po 14 dnech od fragmentace kořene teprve vytvářejí listy, některé zregenerované fragmenty (ostatní) už kvetou



Obr. XVI. *R. Palustris* – množství adventivních odnoží z kořenového fragmentu