

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní obor: všeobecné zemědělství

Katedra rostlinné výroby

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Porovnání vybraných kulturních a plevelných druhů z rodu

Amaranthus

Vedoucí diplomové práce:
Ing. Jana Kalinová PhD.

Autor diplomové práce:
Jan Válek

ČESKÉ BUDĚJOVICE
2007

Prohlašuji, že jsem výsledky získal sám a vyhodnotil je na základě vlastních měření a pozorování.

V Českých Budějovicích dne 1. 5. 2007

.....
podpis autora

Mé poděkování patří vedoucímu mé diplomové práci Ing. Janě Kalinové PhD, za metodické vedení. Dále Mgr. Vojtovi Lantovi PhD za odborné vedení, pomoc při realizaci pokusů a zpracování statistických analýz.

OBSAH:

1. ÚVOD	1
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	3
2.1. Původ amarantu	3
2.2. Důvody znovuobjevení amarantu	4
2.3. Popis rostliny	8
2.4. Perspektiva rostliny	10
2.5. Taxonomie	11
2.6. Kříženci rodu <i>amaranthus</i>	12
2.7. Růst, vývoj, poškození a ekologie rostliny	14
2.7.1. Růst	13
2.7.2. Choroby, škůdci	16
2.7.3. Ekologie	17
2.8. Dormance semen	18
3. MATERIÁLY A METODIKA	20
3.1. Botanický popis sledovaných druhů	21
3.2. Skleníkové pokusy	23
3.3. Semenná banka	24
3.4. Analýza dat	25
4. VÝSLEDKY	26
4.1. První skleníkový pokus	26
4.2. Druhý skleníkový pokus	34
4.3. Semenná banka	38
5. DISKUZE	42
6. ZÁVĚR	46
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47

1. ÚVOD

Amaranthus (L.) patří mezi staré kulturní rostliny. Zkulturnělé formy některých druhů pěstovali již ve starověku Aztékové a Inkové, kdy *Amaranthus* tvořil významnou složku jejich potravy, avšak se zánikem těchto civilizací byla tato plodina zapomenuta. K znovuobjevení a rozšíření této plodiny (v Nepálu, Tibetu, Číně, Indii, USA, Rusku a konečně i v Evropě) přispěla významná vlastnost semen amarantu, a to vysoká nutriční hodnota semen, dále velká variabilita druhů a vysoká adaptabilita vůči pěstebním podmínkám. Mezi rod *Amaranthus* (L.) patří asi 100 druhů rozšířených od tropů do mírných pásem po celém světě.

Pro produkci semen, což je hospodářsky nejvýznamnější komponenta amarantu, se pěstují tři kulturní druhy: *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* a *A. caudatus*, které se liší od plevelných příbuzných především světlou barvou semen. Pro podmínky ČR se jeví jako nejvhodnější k pěstování na semeno druhy *A. cruentus* a *A. hypochondriacus* (Jarošová 1997). Různé odrůdy zrninového i naťového amarantu ze sortimentu USA a zemí bývalého Sovětského svazu se pokusně pěstují na pozemcích v různých oblastech ČR (např. experimentálně byl zkoušen v Olomouci nebo Českých Budějovicích, velkokapacitně byl pěstován ve Velké Bystřici, okr. Olomouc, či v Kratohohách, okr. Hradec Králové. (Lanta 2001).

Tyto zkoušené odrůdy se zákonitě dostávají do styku s plevelnými druhy laskavce, které k nám byly zavlečeny z oblastí Severní Ameriky a rozšířily se jako plevel již na počátku 19. století (Jehlík 1990). Vlastnost snadného křížení je proto velmi důležitá, zaměříme-li se na pěstování této plodiny ve velkých měřících, kdy se tyto kulturní plodiny setkávají s plevelnými druhy (Lanta 2001). Tato práce by měla přispět k lepšímu poznání ekologie běžného křížence odrůda x plevel ($A. \times turicensis = A. cruentus \times A. retroflexus$) a tím navázat na práci Lanty (2001), který se zaměřil pouze na základní popis tohoto křížence.

Cíle diplomové práce

(1) Popsat produkční a morfometrické vlastnosti vybraných příbuzných kulturních a plevelných druhů rodu *Amaranthus* a křížence odrůdy *A. cruentus* vs. plevel *A. retroflexus* ($A. \times turicensis$).

(2) Zjistit biotické vazby jednotlivých druhů ve dvou skleníkových pokusech, kde se testovaly jejich konkurenční schopnosti a adaptace na možné narušení rostliny. Tyto pokusy umožňují detailněji popsat proces křížení kultur s plevelným druhem, protože jsou prováděny v kontrolovaných skleníkových podmínkách.

(3) Sledovat výskyt a přežívání plevelu *A. retroflexus* ve spojení se složením ostatních plevelů na plochách, kde byl již v minulosti kulturní amarant pěstován.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Původ Amarantu

Rod *Amaranthus*, laskavec, zahrnuje asi 100 druhů, z nichž většina pochází z obou kontinentů Nového Světa subtropických a tropických oblastí. 15 druhů bylo zaznamenáno v Evropě, Asii, Africe a Austrálii. Amarant je považován za pionýrskou rostlinu, poněvadž je schopen rychlého šíření pomocí semen. Tyto pionýrské rostliny obsazují otevřená stanoviště jako jsou horské či pouštní kaňony, říční štěrkové lavice, břehy jezer nebo mořské pláže (Sauer 1967). Nejméně pět druhů tohoto rodu se podílelo na vzniku významné užitkové plodiny, amarantu „zapomenuté rostliny Inků“ (Popenoe et al.1989), plodiny náležející k vůbec nejstarším domestikovaným rostlinám.

Podle literárních záznamů byl amarant rozšířen již v době nejstarších civilizací v různých oblastech Střední a Jižní Ameriky před 5 až 8 tisíci lety. Nejstarší nálezy z vykopávek v Mexiku kde byla objevena světlá semena amarantu, se datují do období 4000 let př.Křtem.

Se zánikem říše Inků a celé mayské kultury upadl do zapomutí. Znovu objeven byl v posledních několika desetiletích jako slibná zrnina. Produkce zrna byla největší ve Střední Americe v období Mayů a Aztéků. Údaje o jeho důležitosti v kmenech Aztéků a Inků v Peru se objevují později. Aztékové byli zřejmě první civilizací, která využívala laskavec jako vysoce produkční plodinu. Aztékové před příchodem Španělů produkovali ročně 15-20 tisíc tun semen, což znamenalo, že laskavec byl nejrozšířenější plodinou po kukuřici a fazoli (Schnetzleer a Breene1994). Po obsazení Mexika Cortezem v roce 1519 byly všechny porosty amarantu zničeny a jeho další pěstování bylo zakázáno. Zajímavou praktiku při přípravě pokrmů, jež byly součástí náboženských obřadů, provozovali Aztékové. Připravovali tzv. *zoale*, což byla kombinace praženého amarantu s medem nebo melasou a lidské krve. Tento pokrm byl později z iniciativy španělských konkvistorů zakázán. Ačkoli kukuřice a fazole se staly významnými potravinovými plodinami na světě, laskavec téměř v průběhu jedné noci upadl do zapomnění, přestal se pěstovat a využívat. Zachoval se na odlehlejších místech hor Střední a jižní Ameriky a také v drsných podmínkách hornatých oblastí Indie, Nepálu, Tibetu a Číny, kam byl introdukován. Kromě Asie došlo k introdukci zrnových forem i do Afriky a mnohé dekorativní typy se dostaly do botanických zahrad celé Evropy (Schnetzleer, Breene1994). Viz obrázek 1.

Obr. 1. Geografické rozšíření různých druhů amarantu (Aufhammer 2000)



2.2. Důvody znovobjevení amarantu

V posledních dekádách našeho století stále stoupá počet obyvatel naší planety a současně hladem a podvýživou trpí 800 miliónů lidí. Od začátku 90. let se stále snižují celosvětové zásoby obilovin. V roce 1995 poklesly na 17 %, tj. pod kritický limit 19 %. Vyspělé státy světa a mezinárodní organizace se stále více zabývají otázkou, jak zabezpečit dostatek potravin pro hladovějící zejména v rozvojových zemích. Pro obyvatele vyspělých států je naopak typický nadbytek potravin, ovšem nevhodných svým složením a nutričními hodnotami. To je také jednou z příčin vzestupu civilizačních onemocnění. Proto se stále více hledají nové zdroje a způsoby výroby zemědělských komodit, které by ovlivnily současný nepříznivý výživový trend. Hledají se cesty, jak zvýšit dodávku kvalitních obilovin, bohatých na nenasycené tuky, vlákninu, minerály a vitamíny. Právě z těchto důvodů byl znovu objeven amarant, který může být jednou z cest zvyšujících nabídku kvalitních obilovin.

Amarant je v dnešní době konzumován jako zelenina v méně rozvinutých zemích Střední a Jižní Ameriky, Afriky a Asie (v Západní Africe je někdy amarant využíván jako ingredience pro dochucení zeleninových polévek). Přesto je v těchto zemích kladen hlavní důraz na potravinářské zpracování semen, a proto se variabilní druhy amarantu dělí na typy zeleninové nebo semenné. Zelené části rostlin bohaté na bílkoviny, minerální látky a vitaminy mohou být konzumovány jako zelenina nebo se z nich poměrně snadno získají proteinové extrakty vysoké nutriční hodnoty.

Amarantová semena mají podobné nutriční složení jako jednoděložné obilniny. Zatímco semena obilnin disponují vysokým obsahem škrobu v endospermu a menším obsahem lipidů a proteinů uložených v embryu, tak semena amarantu mají škrob uložený v perispermu a ačkoliv embryo zabírá hodně prostoru v semeni, je amarant dobrým zdrojem lipidů a proteinů. Endosperm je málo vyvinutý. U obilnin je oddělen aleuronovou vrstvou od zárodku, tato vrstva však u laskavce chybí. Vnější vrstvy včetně zárodečné obsahují většinu bílkovin, tuků, a minerálních látek. Jejich podíl činí kolem 25% z hmotnosti semene (Kalač, Moudrý 2000).

Mouka amarantu je charakteristická mnohem vyšší koncentrací bílkovin (17,9%), než je mouka obilnin (8,5-14%). Obsah tuku je rovněž relativně vysoký (7,7%) ve srovnání s kukuřicí (4,5%), rýží, pšenicí (2,1%) a výrazně vyšší je i obsah popela, jak ukazuje tabulka 1. Obsah škrobu je u laskavce srovnatelný s obsahem nejdůležitějších obilnin. Bílkoviny jsou po škrobu druhou největší složkou semene. Svými hodnotami se blíží ideálnímu proteinu doporučenému FAO/WHO (1973) (Jarošová et al. 1998).

Tabulka 1. Chemické složení semen amarantu (*A. hypochondriacus*) a zrna některých obilnin (Jarošová et al. 1998)

Charakteristika (%)	laskavec	kukuřice	rýže	pšenice
Vlhkost	11,1	13,8	11,7	12,5
Hrubé bílkoviny	17,9	10,3	8,5	14,0
Tuk	7,7	4,5	2,1	2,1
Vláknina	2,2	2,3	0,9	2,6
Popel	4,1	1,4	1,4	1,9
Škrob	57,0	67,7	75,4	66,9

Chemické složení a tím také nutriční hodnota zrna laskavce je závislá především na druzích a odrůdách, dále pak na pěstitelských a klimatických podmínkách. Při hodnocení základního složení druhů amarantu pěstovaných v ČR bylo možno sledovat nepatrný rozdíl obsahu bílkovin. Jeví se tendence odrůd *A. hypochondriacus*, respektive jejich kříženců k tvorbě většího množství bílkovin. Naopak u *A. cruentus* je patrný vyšší obsah vlákniny. V zrnech amarantu je obsah proteinů vyšší ve srovnání s proteiny běžných cereálií a v tomto srovnání mají též vyváženější složení esenciálních aminokyselin. Vyšší obsah lyzinu a tryptofanu je srovnatelný s bílkovinami živočišnými. Až 65% proteinu v amarantu je koncentrováno v klíčku (Stallknecht, G.F. a Schulz-Schaefer 1993).

Další důležitou nutriční hodnotou amarantu je obsah tuku pohybuje se v rozmezí 5-6%. Největší koncentrace tuku je soustředěna v embryu. Variabilita v kompozici mastných kyselin není tak značná jako u slunečnice nebo řepky. Největší podíl mastných kyselin tvoří kyselina linolová, olejová a palmitová. Olej amarantu má menší stravitelnost, což pravděpodobně souvisí s větším obsahem squalenu (7-8%). Který je jednou z důležitých kosmetických ingrediencí a používal se i při výrobě disket do počítačů. Je rovněž znám jako biologický prekurzor sterolů, zpětně ale může působit i jako inhibitor biosyntézy cholesterolu. Ve spektru mastných kyselin zaujme dominantní obsah kyseliny palmitové, olejové a linolové, přičemž druh *A. cruentus* je bohatší na kyselinu olejovou, druh *A. hypochondriacus* na kyselinu linolovou (Lyon a Becker 1987; Becker 1989; Lehman 1991). Škrob je nejrozsáhlejší strukturální složkou semen amarantu. Jeho obsah tvoří 50-60%sušiny. Hlavní složkou je amylopektin a obsah amylozy se pohybuje od 0 do 22%. Velikost škrobových zrn (1-3 μm) je ve srovnání s rýžovým (3-8 μm) nebo běžným bramborovým škrobem (100 μm) velmi malá.

Pro amarant a další pseudocereálie (pohanka, quinoa) je charakteristické, že škrobová zrna mají schopnost vytvářet shluky. Škrob amarantu se vyznačuje specifickými fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Ve srovnání s pšeničným a kukuřičným má větší rozpustnost ve vodě, bobtnavost a váže větší množství vody. Interval mazovatění je v rozmezí 62-72°C. Kromě toho je rezistentní k mechanickému namáhání a je stabilní při zmrazování i rozmrazování. Mimo škrobu jsou v malém množství v semenech amarantu zastoupeny ostatní sacharidy-sacharóza, rafinóza, maltóza, stachyóza.

Semena amarantu jsou rovněž dobrým zdrojem minerálních látek a vitamínů. Ve srovnání s obilovinami obsahuje amarant více P, Ca, K a Mg (Cervantes 1990). Zajímavý je poměr fosforu k vápníku, který kolísá v intervalu 1,9-2,6. Z nutričního hlediska významný relativně vysoký obsah Fe, který je vyšší než u obilnin (Becker et. al. 1987). Obsah vitamínů je u jednotlivých druhů obdobný jak prezentuje tabulka 2.. Z vitamínů stojí za zmínku obsah vitamínu C (kyselina L-askorbová), jejíž hodnota je u ostatních cereálií nulová. Obsah ostatních stanovených vitamínů: thiaminu, riboflavinu, niacinu a pyridoxinu je srovnatelný s obilovinami. Amarant je také zdrojem důležitých antioxidantů alfa-tokoferolu a beta- a gama-tokotrienolů. Zelená hmota amarantu se dá využít na výrobu přírodního barviva. Amarant obsahuje pigmenty v listech, květenství i semenech. Jsou to červené betacyaniny.

Barviva z amarantu úspěšně konkurují betacyaninům z červené řepy, mají jasnější zbarvení a lepší stabilitu. Úspěšně se používají v potravinářském průmyslu k barvení nápojů, zmrzliny, želatiny apod. (Jarošová et al 1998) Obsahuje ovšem také některé alkaloidy a antinutriční látky. Amarant je pozoruhodnou plodinou i z hlediska produkčního potenciálu. Vyniká totiž intenzivním růstem, vysokou rychlostí a efektivností fotosyntézy.

Dále jde o druh velmi plastický, tolerantní k různým extrémním podmínkám klimatu, počasí i půdním podmínkám. Cení se také výborný zdravotní stav a množitelský koeficient (na rostlině se může vytvořit až tisíc semen). V nadzemní zelené hmotě však může být větší obsah nitrátů, zejména po hnojení dusíkem, kyseliny šťavelové, což může omezovat možnost zkrmování a zpracování na bílkovinné koncentráty (Petr 1997).

Tabulka 2. Obsah vitamínů v semenech (mg/100g) (Jarošová et al.1997)

Druhy amarantů	B1	B2	B6	niacin	C
<i>A.hyp x hyb.</i>	0,10	0,28	0,012	1,39	2,6
<i>A.cruentus</i>	0,09	0,21	0,02	1,3	3,8
<i>A.hypochondr.</i>	0,12	0,25	0,015	0,28	2,9

2.3. Popis rostliny

Amaranthus (*L.*) viz obr. 2, patří k jednotlivým, širokolistým C4 rostlinám. Jednoleté byliny vytváří hlavní kulový kořen s četným postranním větvením. Je to hluboko kořenící rostlina s výrazně melioračními účinky na půdu. Lodyhy kulturních forem jsou 0,9-1,8m vysoké, jednoduché, bez postranního větvení. Listy jsou řapíkaté, čepele jsou velké, lysé, nejčastěji vejčité s výraznou špičkou na konci. Zbarvení listů je většinou zelené, u některých odrůd s fialovou kresbou ve tvaru podkovy nebo na okraji listu, zbarvení řapíků a žilkování na listech i na lodyhách je charakteristické pro řadu odrůd. Květy jsou jednopohlavné, seskupené v klubičkách, které jsou rozloženy v podlouhlý latnatě rozvětvený, vzpřímený lichoklas. (Jarošová 1997).

Obr. 2. Morfologický popis rostliny amarantu (*Amaranthus cruentus*):

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. květenství | 6a. květní klubičko |
| 2. list | 6. květní klubička |
| 3. stonek s bočními větvemi | 7. semínko |
| 4. samčí kvítek | 8. prašník |
| 5. samičí květenství | |



Rod *Amaranthus* zahrnuje v sobě druhy jednodomé i dvoudomé. Základní jednotkou květenství jsou malé složené vrcholíky tvořící květní klubička (glomeruly), která jsou tvořena samčími a samičími květy. Tato skladba je shodná pro jednodomé i pro dvoudomé druhy.

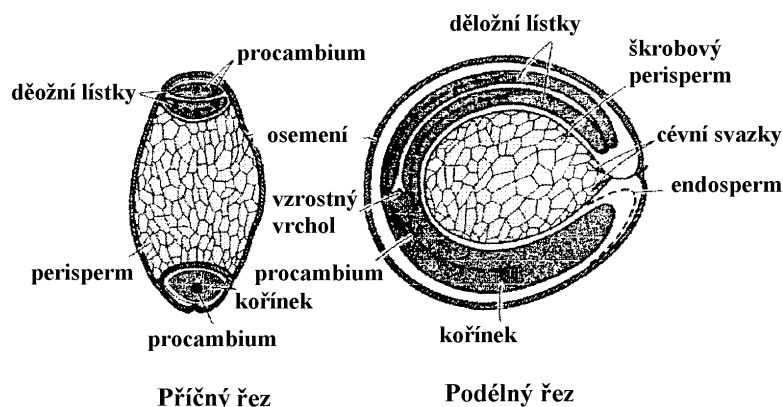
U jednodomých se setkáváme se dvěma typy struktury květenství (Frey 1973, Weaver a McWilliams 1980, Sauer 1967, Priszter 1958).

1) první květ každého glomerulu je samčí, zatímco další květy jsou jenom samičí. Toto uspořádání je typické pro šlechtěné druhy.

2) květy samčí jsou jenom v klubičkách umístěných v horních partiích květenství a samičí květy jsou v klubičkách umístěných v dolní části lody (např. *A. spinosus*). Každý květ je podpírán jedním listenem a má 3 až 5 okvětních lístků. Samčí květy produkují 3-5 tyčinek. Samičí květ je tvořen jedním semeníkem obsahujícím jedno karyotopní vajíčko s krátkým funikulem.

Pro glomeruly, jež obsahují samčí i samičí květy, je rozhodující, že samčí květy po vypylení rychle degradují. Amarant je větrosprašný a v případě šlechtěných druhů je samosprašný. Plod je nejčastěji vejčitá tobolka, v níž jsou okrouhle elipsovité, čočkovitá semena (obr. 3) s hladkým, lesklým povrchem (Jarošová 1997).

Obr. 3. Řez semenem amarantu



Amarant je dvouděložná rostlina, která nepatří mezi pravé obilniny, a je tedy označovaná jako pseudoobilnina stejně jako dvouděložné druhy pohanka a quinoa (*Chenopodium quinoa*) pro podobné nutriční složení semen. V rostlinné výrobě se pro potravinářské využití pěstují zpravidla tři druhy, které se vyvíjely z plevelných druhů třemi podobnými cestami (Sauer 1967). *A. hypochondriacus* má původ v druhu *A. powellii*, *A. cruentus* má progenitora *A. hybridus x* a *A. caudatus* pravděpodobně pochází z domestikace *A. quitensis* jako starodávné andské zemědělské plodiny.

2.4. Perspektiva rostliny

Vzhledem ke své minulosti patří amarant k málo prošlechtěným kulturním plodinám. Rozsáhlý výzkumný program zaměřený na genetiku, šlechtění a pěstování laskavce, jeho nutriční hodnotu a potravinářské využití byl iniciován asociací pro vědu a techniku mezinárodního rozvoje (BOSTID) při Americké Akademii věd v roce 1981. Základním

předpokladem rychlého rozšíření a pěstování amarantu jsou výkonné a kvalitní odrůdy. Proto je šlechtění a tvorba nových odrůd součástí mnoha řešených výzkumných projektů. U semenného amarantu byl vytvořen ideotyp a zformovány obecné cíle jeho šlechtění. Za hlavní šlechtitelské cíle jsou považovány : nízký vzrůst, redukce větvení, odolnost k poléhání, postavení květenství nad listy a rovnoměrnější dozrávání semen. Dalšími úkoly ve šlechtění jsou zvětšení velikosti semene, rovnoměrnější vzcházení rostlin, rezistence k nemocím a škůdcům, odolnost vůči suchu, vysokým teplotám.(Jarošová et. al.1998) Speciální šlechtitelské programy řeší nutriční kvalitu semen, chuť, kvalitu pukání a expandování. Rychle pokračuje šlechtění nových hlavních odrůd laskavce, tj. *Amarantus cruentus*, *A. hypochondriacus* a dalších, což dává naději získat odrůdy pro technologicky lepší, méně rizikové pěstování amarantu (Petr 1997).

Tabulka 3. Plochy oseté amarantem v letech 1995-1998(Aufhammer 2000)

země	plocha(ha·10 ³)	pramen
Čína	80	Weber 1999
USA	1	Weber 1999
Česká republika	0,55	Jarošová 1998
Polsko	0,50	Nalborezyk 1999
Rusko	>100	Kulakov 1991
Rakousko	0,50	Posch 1999

2.5. Taxonomie

Rod *Amaranthus* bývá někdy členěn na dvě sekce podle počtu lístku v okvětí a podle umístění květenství na rostlině (Frey 1973, Weaver et McWilliams 1980, Sauer1967, Priszter 1958).

Sekce *Amaranthotypus* (= *Amaranthus*) je typická rostlinami s 5 lístky v okvětí (nebo s varírujícím počtem 3-5 na tomtéž jedinci) a květenstvím spíše vrcholovým. Okvětím složeným ze 3 lístků, umístěným v paždích listů, se vyznačuje sekce *Blitopsis*.

Pro determinaci druhů se někdy v taxonomii používá hledisko rozdílného počtu chromozómů. Rod *Amaranthus* je v tomto směru velmi heterogenní. Šlechtěné druhy amarantu mají $2n = 32$ (*A. hypochondriacus* a *A. caudatus*) a $2n = 34$ (*A. cruentus*). Plevelné druhy *A. retroflexus* a *A. powellii* vykazují počet $2n = 34$, dále *A. hybridus* má $2n = 32$ (Sauer1967). Podle Greizerstein a Poggio (1992) je základním číslem $x = 8$, takže $n = 16$ je

druhotným základním číslem z čehož plyne, že rod *Amaranthus* je polyploidní. Počet $n = 17$ je vysvětlován modelovým křížením *A. cruentus* ($2n = 34$) a *A. quitensis* ($2n = 32$); v tomto případě hybrid ve všech buňkách obsahoval $15\text{II} + 1\text{III}$. Ze studie vyplývá, že počet $n = 17$ je odvozen od počtu $n = 16$; změna je způsobena primární trisomií.

Zajímavý proces –aneuploidie– byl zachycen u druhu *A. dubius* ($2n = 64$) –allootoploid, kdy je jedním z rodičovských druhů *A. spinosus* ($2n = 34$).

2.6. Kříženci rodu *Amaranthus*

Genofond amarantu je rozsáhlý a vyznačuje se obrovskou mezidruhovou i vnitrodruhovou diverzitou znaků vlastností. Největším zdrojem variability jsou především původní oblasti vzniku (primární centra) a oblasti jejich následné introdukce. Paredes Lópéz (1994) uvádí nejméně pět možných zdrojů genetické variability laskavce, které mohou být využity ve šlechtění semenných typů:

1. plané a plevelné příbuzné druhy
2. pěstované semenné druhy
3. morfologické skupiny semenných druhů(semenné typy)
4. krajové populace(landraces)
5. šlechtitelský materiál (kmeny, linie, odrůdy)

Plevelné druhy se kříží se šlechtěným amarantem. Do Evropy bylo zavlečeno asi 20-25 druhů, část z nich jako plevele nebo jako šlechtěné druhy a část jich byla záměrně introdukována. Priszter (1958) se intenzívně zabýval studiem hybridů a jejich rozšířením v Evropě. Konstatoval, že jsou pouze 2 druhy, které se s žádným druhem nekříží (*A. ascendens* a *A. angustifolius* var. *silvester* = *A. graecizans*). Hybridizace s plevelem hrála roli při evoluci zminového amarantu a je důležitá ve šlechtitelských pokusech a genetických manipulacích. Hybridizace je variabilní, což může být způsobeno hybridizačními bariérami, mezi něž patří odlišný počet rodičovských sádek chromozómů Gupta a Gudu (1991). Hybridizaci lze ovlivnit i podmínkami, ve kterých se hybrid objevil Espitia-Rangel (1994).

Espitia-Rangel (1994) nás uvádí do problému, kdy na základě morfologických znaků (např. výška rostliny, velikost hlavního květenství, způsob větvení a fenologické fáze, jako je počet dnů do kvetení a délka vegetační doby bylo v rámci každého zrnového druhu popsáno několik morfologických skupin (typů).

V průběhu evoluce nebyla změněna velikost semen. Rozhodující význam v evoluci kulturního zrnového laskavce měla mutační změna semen z černé barvy na bílou a současné zlepšení kvality pukání a expandování u pražených semen (Jarošová et al. 1998). Například geny řídící rané vykvétání z plevele *A. retroflexus* byly začleněny do genomu druhu *A. cruentus* (Kulakow a Hauptli 1994). Dále je známo, že se *A. pumila* vyznačuje tvorbou poměrně velkých semen. Znak se šlechtitelé pokouší též pomocí genetických manipulací začlenit do genomů semenných odrůd.

V rámci druhu *A. cruentus* byly diferencovány zrninové typy „Mexican“, „Guatemalan“ a „African“, u *A. hypochondriacus* 5 typů („Aztec“, „Mercado“, „Mixteco“, „Nepal“ a „Spike“) a u *A. caudatus* skupiny „South American“ a „Edulis“.

V rovině *A. hybridus* byly rozlišeny typy „Prima“ a „Sangorache“.

Pritzer poukazuje na fakt, že dochází ke křížení tropických a subtropických druhů amerického původu zvláště v oblastech sekundárního výskytu, tedy v Evropě a mediteránní Africe.

S některými kříženci se v Evropě setkáme velmi často (např. *A. crispus* × *deflexus* var. *rufescens* = *A. × thevenaei*, *A. powellii* × *retroflexus* = *A. × ozanonii*, *A. albus* × *blitoides* = *A. × budensis*), s jinými se setkáme v jednom či dvou exemplářích, které záhy vymizí a nadále se s nimi nesetkáme.

Jehlík (1990) registroval na území ČR tři hybridní taxony (*A. caudatus* × *powellii* = *A. alleizettei*, *A. powellii* × *retroflexus* = *A. × ozanonii* a *A. cruentus* × *retroflexus* = *A. × turicensis*) a několik dalších kříženců uvádí z ČSSR Dostál (1989).

Semena amarantu mají velikost 1-2 mm o hmotnosti 0,2-1,1 mg. Kigel (1994) a Weaver a McWilliams (1980) udávají, že hmotnost semen je pozitivně korelována se zeměpisnou šířkou (větší semena jsou v severnějších populacích).

Tmavá semena plevelných druhů jsou determinována alespoň 2 geny. Důkaz byl získán při křížení *A. cruentus* × *A. retroflexus* (Kulakow a Hauptli 1994). Semena hybridů znečišťují výnosy šlechtěných odrůd, jsou odlišně zbarvena (v barevné škále od hnědé po černou) a musí být z výnosů vybírána (Jarošová, Olomouc, ústní sdělení). Zatím byl detekován hybrid *A. × turicensis* (= plodina *A. cruentus* × plevel *A. retroflexus*). Jedná se o

plevel, který je schopný dlouhodobé dormance semen a projevuje se jev v heteróze (Lanta et al. 2003). Navíc má identický počet chromozómů $2n$ sádky jako jeho rodiče (= 32) a je schopen mnohonásobné hybridizace (Tlusták, Olomouc, ústní sdělení). Z výše uvedených údajů vyplývá, jak je důležité sledovat křížence. Ty svými vlastnostmi mohou ve zvýšené míře ohrozit, případně znehodnocovat produkci pěstovaných odrůd. Následkem toho může dojít na postižených plochách k omezení pěstování amarantu eventuelně k navýšení nákladů spojených s pěstováním kultury.

2.7. Růst, vývoj, poškození a ekologie rostliny

2.7.1. Růst

Rostliny laskavce dosahují v původních oblastech výšky 2,6 m s dlouhým latovitým květenstvím měřícím až 0,9 m a jsou pěstovány v nadmořské výšce 1500- 3600 metrů (Fernández, Plchová 1997).

Amarant patří k teplomilným rostlinám, které vyžadují pro svůj rychlý vývoj teplo a světlo. Nepříznivě působí zastínění zejména v ranné fázi růstu. K vytvoření plnohodnotných semen je potřeba suma 2500-3100°C za vegetaci. Amarant potřebuje pro růst méně vody než ostatní plodiny, např. 42-45% potřeb pšenice, nebo 51-62 % kukuřice. Dostatek vláhy potřebuje po výsevu, v době vzcházení a počátečního růstu, naopak při dozrávání semen je nezbytně nutné suché a teplé počasí (Jarošová 1997). Rezervoárem vody jsou stonky, které v době deficitu půdní vláhy zásobují asimilují orgány vodou a zabezpečují vodní homeostázi (Muravjeva et al. 1997). Pro rychlé vzcházení a růst potřebuje amarant teploty vzduchu nad 15° C a půdy vyhřáté na 10° C. Optimální růst nastává při teplotách 20-25° C a dostatečné intenzitě světla. Preferuje půdy mající pH okolo 6,0 (Schulte et al. 1991). Při nedostatečných teplotách a intenzitě slunečního svitu se růst rostlin, zejména v počátečním období, výrazně zpomaluje. Za příznivých podmínek vzejde amarant za 5-6 dní, při nižších teplotách za 10-12dní. Při deficitu vláhy a tepla jsou známy případy vzcházení opožděného o 20, ale i 40 dní (Gregorová 1993, Jarošová et al. 1997). Vzcházející rostliny jsou velmi náchylné na přisušek. Počáteční růst amarantu je velmi pomalý.

Prvních 10-14 dní po vzejití jsou nad povrchem půdy vytvořeny 2 děložní lístky, formují se pravé listy. V tomto období rychle roste hlavní kořen. V případě vlhkostního stresu

amarant prodlužuje hlavní kořen, který může dosáhnout hloubky 1,4-2,5 m. Od zasetí do 25cm výšky porostu uplyne v příznivém roce 30-40 dní, v nepříznivém roce 40-55 dní. Toto období do vytvoření 4 pravých listů je pro rostliny nejkritičtější.

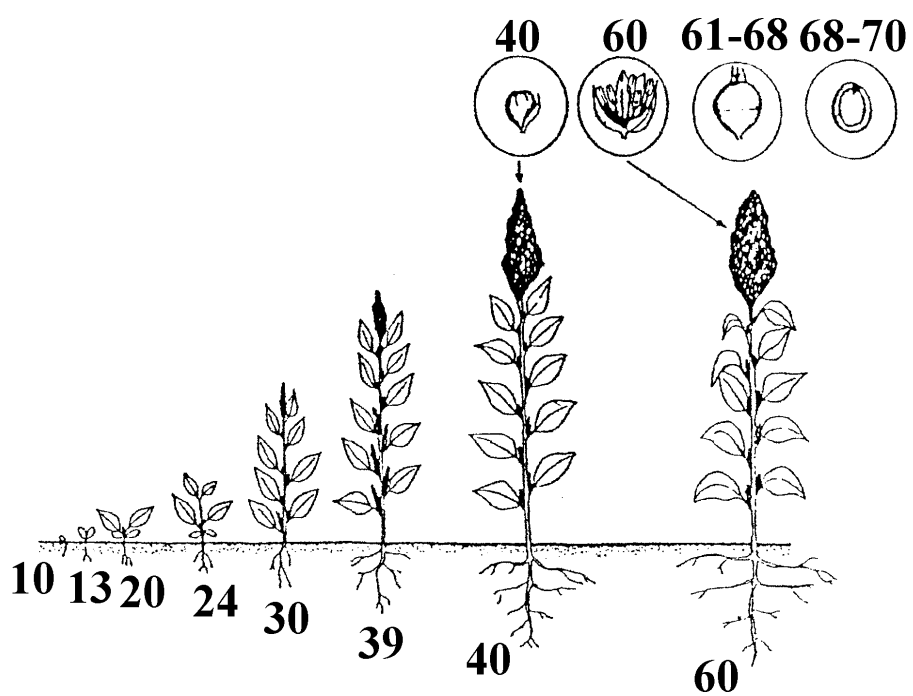
Amarant nesnáší zastínění v ranné fázi růstu, které může způsobit značné zpomalení růstu až odumření rostlin, například při silnějším zaplevelení.

Rostliny amarantu jsou mírně odolné proti chladu. Snesou krátkodobě nízké jarní mrazíky -1 až -2°C. mrazíky -3 až -4°C způsobí zmrznutí mladých i vzrostlých rostlin. Po vytvoření dostatečného kořenového systému, za 2-3 týdny po vzejití jsou rostliny schopny čelit i déle trvajícím suchu (Jarošová 1997).

Pěstování amarantu má určitá rizika a někdy se nepodaří ani sklídit. Již samotné založení porostu s výsevem v květnu přináší problémy vzhledem k drobným semenům a nutnosti mělkého setí a nízkého výsevku (okolo 2 kg na 1 ha). Amarant byl plodinou spíše malovýrobní a pěstování na větších plochách potřebuje kvalifikovaný přístup (Petr 1997).

Obr. 4. Makrofenologická stupnice pro hodnocení amarantu (Jarošová et al.1997)

kód	fáze růstu	kód	fáze růstu
00	klíčení	40	formování vrcholku hlavní lody
10	vzcházení	61-68	dozrávání květných útvarů, opálení a začátek tvorby semen
13	Objevení děložních	70	mléčná zralost
20	první dva pravé listy	80	vosková zralost
24	první čtyři pravé listy	90	plná zralost
30	intenzivní prodlužování stonků		
39	větvení stonků		



2.7.2. Choroby, škůdci

Škůdci na šlechtěných odrůdách nepředstavují v našich podmínkách vážnější nebezpečí. Bylo jen zaznamenáno napadení rostlin dřepčíky podčeledi *Halticinae* a rodu *Chaetocnema* (Jarošová et al. 1998).

Weaver a McWilliams (1980) se zmiňují o škodlivosti *Coleophora lineapulvella* (napadají semena *A. retroflexus* a *A. hybridus*), *Ostrinia nubialis* (rostliny *A. retroflexus*) a v USA na *A. retroflexus* byly sbírány nymfy *Lygus lineolarus*. U nás nebyla přítomnost těchto škůdců na šlechtěném amarantu zaznamenána (Jarošová et al. 1998).

Weaver a McWilliams (1980) s odvoláním na Connerse (1967) uvádějí na rostlinách druhů *A. retroflexus*, *A. hybridus* a *A. powellii* tyto houbové parazity: *Albugo bliti*, *Alternaria amaranthi*, *A. solani*, *Fusarium oxysporum*, *Perenospora amaranthi*, *Phoma longissima*, *Rhizoctonia solani* a mnoho dalších.

V USA byl *A. retroflexus* označen jako alternativní hostitel pro *Orobanche ramosa* (Weaver a McWilliams 1980).

Horváth (1991a,b,c) konstatuje, že virologicky neprozkoumaný, druhově bohatý rod *Amaranthus* tvoří důležitou jednotku pro studium ekologie a rozšíření virů. Udává, že druhy laskavce mohou být uměle nakaženy až 121 rostlinnými viry náležejícími do 24 virových skupin.

Ve vnímavosti vůči rostlinným virům jsou v rámci rodu *Amaranthus* známy značné rozdíly. Několik druhů, například *A. caudatus*, jsou vnímavé k 84 virům, ale jiné (*A. aurora*, *A. blitoides*) pouze vůči jedinému. Je jím virus mozaiky okurky (cucumovirus), který se vyznačuje velmi širokým okruhem hostitelů.

2.7.3. Ekologie

Amarant dosahuje největší nárůst biomasy spíše v relativně teplých oblastech, kde jsou vysoké hodnoty slunečního záření. Růst je bržděn vlivy klesající světelné intenzity a nízkými teplotami. Jako u jiných C₄ druhů amaranty akumulují biomasu zvláště při teplotách 30-40°C. Amaranty řadíme mezi nitrofilní rostliny, u nichž platí, že růst koreluje s vyššími přísunů dusíku. Bez ohledu na vzrůstnost jednotlivých odrůd a velikost jejich květenství se výnos z jedné rostliny pohybuje okolo 5-7 g při počtu 30-40 rostlin /m². Naopak u porostů s nízkým počtem rostlin (10-15 / m²) činila sklizeň z jednoho květenství 17-29 g.

Jako optimální, z hlediska výnosu i zapojení porostu, se ukazuje počet 20-25 rostlin/m² výnosem 11-21 g semen z květenství (Jarošová 1997).

Doba vykvétání asociuje s velikostí rostliny. Velikost květenství je důležitý znak, pomocí něhož určujeme dobu sklizně amarantu. Počet dnů do vykvétání rostlin je negativně korelován s výnosem a výškou rostliny. Podmínky krátkého dne vyvolávají redukci počtu listů rostoucích na krátkém hlavním stonku, který se mění na reprodukční orgán (tím je určen konečný počet listů). Délka stonku je dána menším počtem a kratšími internodii (Kigel 1994).

V kompetici o světlo vykazují rostliny známou reakci „vyhnutí se stínu“ včetně zrychleného a rozšiřujícího se růstu stonku, zaostalého listového vývoje a zesílené apikální dominance (Morgan a Smith 1976).

Elongace stonku nabývá zvláště pozornosti jako příklad „přizpůsobivé plastičnosti“ (Schmitt 1997; Sultán 2000).

Podle McWilliams (1966) in Weaver a McWilliams, 1980) čas *A. retroflexus*, *A. powellii* a *A. hybridus* je korelován se zeměpisnou šířkou, kdy severnější populace kvetou dříve. Pořadí kvetení u těchto druhů je následující *A. powellii* → *A. retroflexus* → *A. hybridus*. Výjimku představují populace v JZ Ontariu (USA), jelikož zde vykvétají jedinci *A. retroflexus* a až následně jedinci *A. powellii*.

A. powellii a *A. retroflexus* začínají vykvétat na začátku července a periodu kvetení ukončují během prvních dvou týdnů v září. Rostliny *A. hybridus* nezačínají kvést dříve než v pozdním červenci či začátkem srpna a periodu ukončují až na konci října.

Agresivní habitus a hojnost semen umožňuje plevelným druhům amarantu plně konkurovat s plodinami o světlo, vodu, a živiny (Barkley 1986; Knezevic et al. 1997; Murphy et al. 1996).

2.8. Dormance semen

Amaranty jsou jednoleté rostliny, které každoročně klíčí ze semen. Načasování klíčení semen je důležité nejen pro rychlejší růst semenáčků, ale i pro dospělé rostliny, které musí během sezóny vytvořit dostatečnou zásobu dalších semen. Semena uložená v klubíčkách dozrávají postupně. U některých druhů dochází k samovolnému vypadávání semen, která zůstávají v blízkosti mateřských rostlin, byly klasifikovány druhy pukající , „polo-pukající“ a

nepukající (Brenner a Hauptli 1990). Po vydrolení drobných semen může docházet k šíření i větrem (Kigel 1994).

Jejich velikost je ovlivněna druhem, lokalizací na rostlině a podmínkami prostředí. Množství srážek během vegetace ovlivňuje velikost semen více než její délka. Různé plevelné druhy amarantu stejně jako jiné druhy rostlin mají fyziologické a genetické charakteristiky, které se odráží v odlišných semenech a tudíž i v dormanci. Semena mají velikost 1-2 mm o hmotnosti 0,2-1,1 mg. Kigel (1994) a Weaver et McWilliams (1980) udávají, že je hmotnost semen pozitivně korelována se zeměpisnou šířkou (větší semena jsou v severnějších populacích).

Klíčení semen je upraveno interakcí environmentálních podmínek a stavu fyziologické pohotovosti. Každý rostlinný druh má specifickou sadu environmentálních požadavků nutných pro klíčení (Baskin J. M. a Baskin C. c. 1989). Schopnost přežívat nepříznivá období v dormantním stavu v půdní zásobě byla studována u šlechtěných odrůd amarantu.

Dlouhodobá dormance semen byla prokázána u druhu *A. edulis* (12 let), jako zanedbatelná dormance se jeví u semen *A. caudatus* a *A. hypochondriacus* (Kigel 1994). Jako jiné zdomácnělé plodiny ztratily šlechtěné amaranty schopnost dormance a tím schopnost vytvářet semennou banku a ihned po vysetí většina semen klíčí, přičemž málo jich zůstává v dormantním stavu. Naproti tomu mají semena plevelných laskavců prodlouženou dormanci a dlouhodobě perzistují v půdě (např. semena *A. blitoides*, *A. graecizans*, *A. retroflexus* klíčí i po 6 letech po vysemenění). U některých druhů amarantu byly objeveny alelopatické chemikálie jež ovlivňují vzcházení některých plodin a plevelů (Menges 1987, 1988). Selektované domestikované druhy ztratily schopnost primární dormance a semena krátce po sklizni okamžitě klíčí (Kigel 1994). Šlechtěné druhy ke svému klíčení striktně nevyžadují světlo (klíčí ve tmě) a pokud jsou čerstvá klíčí v širším rozsahu teplot než plevelné druhy. Čerstvě vyprodukovaná semena potřebují ke klíčení vyšší teploty. Klíčivost semen amarantu se zlepšuje vystavením nabobtnalých semen nízkým teplotám (chlazení), rychlým změnám z vysoké na nízkou teplotu.

Vlhkost půdy je pro rychlost klíčení a vzcházení velice důležitá proto, že amarant má malé semeno s nízkým obsahem zásobních látek a klíčivé rostliny jsou brzy zcela závislé na okolí.

Kritické teploty, při nichž je amarant schopen klíčit, se pohybují mezi 10 až 45°C. Podle Ghorbaniho et al. (1999) je minimální teplota pro klíčení plevelného amarantu (*A. retroflexus*) větší než 5 °C, zatímco maximální klíčení nastává mezi 35 a 40 °C. Empirická

pozorování indikovala, že *A. powelli* klíčí při nižší teplotě než *A. retroflexus* ale rychlost klíčení *A. retroflexus* je mnohem rychlejší při zvýšení teploty (Oryokot et al. 1997).

K zvýšení klíčivosti působením vyšší teploty dochází u těchto druhů: *A. lividus*, *A. hybridus* a *A. blitoides*. Inhibovány v růstu působením vyšších teplot jsou druhy *A. gangenticus*, *A. dubius* a *A. albus*.

Většina druhů amarantu produkuje fotoblastická semena (reagující na světlo) a jejich klíčení je pod kontrolu fytochromů. Reakce semen na světlo podléhá vlivům teploty. Světlo je důležitým procesem v klíčení několika druhů amarantu (Gallagher a Cardina 1998a, 1998b; Taylorson a Hendricks 1969).

3. MATERIÁLY A METODIKA

Jak jsem již výše uvedl, plodina amarant je schopná se křížit s plevelnými druhy (Dostál 1989, Jehlík 1990, Prizster 1958). Na Olomoucku bylo dokonce sledováno, že hybrid *A. x turicensis*, je schopen vytvářet i hybridní roje sestávající z populací několikanásobných kříženců (dosud nepublikováno). Kříženci jsou schopni přežít v půdní semenné bance, díky vysoce sklerotizovaným semenům po několik let (Lanta 2001). Tím pádem mají i dlouhodobější dopad, neboť se na poli mohou objevit i s delším časovým odstupem. Křížení se projevuje zejména jako příměs tmavých semen v osivu sklizeného amarantu (Lanta et al. 2003). Je to i hospodářsky významné, protože je třeba tato semena, která znehodnocují výnosy, vytřídit od bílých semen. Moje vlastní sběry, jež jsem zevrubně provedl na několika polích na střední Moravě, ukázala, že tato semena mohou být světle hnědá až černá, což je v souladu s pozorováními a pokusy s křížením Lanty (2001). Lanta (2001) se detailněji zaměřil na možnost křížení na Olomoucku, kde byl amarant vůbec poprvé zkoušen v ČR po roce 1989 a kde je dosud šlechtitelsky pěstován firmou Bohemia Amarant, byla hybridní semena plus černá semena plevelů ručně odstraňována ze sklizených výnosů.

3.1. Botanický popis sledovaných druhů

Amaranthus hypochondriacus - laskavec červenoklasý

Kulturní druh, původem pravděpodobně v tropické Americe, pěstován ve většině teplých a mírných oblastí světa s výjimkou Austrálie, zejména v tropech.

Jednoleté jednodomé byliny. Lodyhy 50-150cm vys., přímé, jednoduché nebo větvené, zelené, lysé. Listy dlouze řapíkaté, čepele ± kosníkovitě vejčité, velké, na vrcholu přitupé, na bázi klínovité. Květenství prodloužené, často větvené, štíhlé, složené z dlouhého koncového a kratších úžlabních lichoklasů, tuhé, obvykle červené; listence asi 2x delší než okvětní lístky, vejčité, vybíhající v dlouhý pichlavý hrot. Okvětních lístků 5, špičaté až tupé, často osinkatě zakončené; tyčinek obvykle 5; blizny 3. Plod tobolka, otvírající se obřízně víčkem, ± zdělí okvětních lístků. Semena v obrysu okrouhle eliptická černá a černohnědá.

Amaranthus cruentus - laskavec krvavý

Kulturní druh, původem pravděpodobně v tropické Americe, pěstovaný po celém světě s výjimkou Austrálie, zejména v tropech. Místy zplaňuje. V Asii, Africe a v Americe pěstován místy jako obilovina nebo jako zelenina.

Jednoleté, jednodomé byliny. Lodyhy (5-)20-100 cm vys., přímé, jednoduché nebo větvené, lysé, jen nahoře slabě pýřité, zelené nebo červené. Listy dlouze řapíkaté ± kosníkovitě vejčité, velké, tupé až špičaté, na bázi klínovité, řídce pýřité nebo lysé, zelené až purpurové. Květenství husté, větvené, složené z koncového vzpřímeného lichoklasu a v dolní části z většího počtu nahlučených kratších postranních lichoklasů, červené až fialové, řidčeji žluté nebo výjimečně zelené; listence 1-1,5 x delší než okvětní lístky, kopinaté, ostře špičaté. Okvětních lístků 5, špičaté až tupé nebo s krátkým hrotem ; tyčinek 5; blizny 3.

Plod kosníkovitě vejcovitá tobolka, otvírající se obřízně víčkem, delší než okvětní lístky. Semena v obrysu eliptická, asi 1,2-1,4 mm dl., černá nebo hnědavá, lesklá.

***Amaranthus retroflexus* – laskavec srstnatý**

Původem v Severní Americe, odkud se postupně rozšířil v teplejších a mírných oblastech všech kontinentů. V Evropě zdomácnělý (kromě nejsevernějších částí). V teplejších krajích místy úporný plevel v polích a v průmyslových a dopravních objektech. Ztěžuje obdělávání půd, dopravu a manipulaci s materiálem. Velmi rezistentní vůči herbicidům.

Jednoleté jednodomé byliny. Lodyhy (2-)10-200cm vysoké, přímé, jednoduché nebo větvené, poněkud rozbrázděné, hustě a krátce vlnatě pýřité, zelené až červenavé. Listy dlouze řapíkaté, čepele kosníkovitě vejčité až podlouhlé, 2,5-15,0 cm dl., tupé až zašpičatělé, na bázi klínovité, ploché, na okraji někdy mírně zvlňené, olýsalé, na rubu pýřité chlupaté, šedavě zelené až načervenalé, řapíky huňaté. Květenství zpravidla husté, složené z krátkých, tlustých hustokvětých lichoklasů, koncový jen o málo delší než postranní, bledě nebo šedavě zelené až červenavé; listénce 3-6 mm dl., tuhé a pichlavé, o málo až 2 x delší než okvětní lístky. Okvětních lístků 5, u samčích květů čárkovitě klínovité, na vrcholu uťaté nebo vykrojené, s krátkým hrotem, bělavě suchomázdřité, se zelenou střední žilkou končící obvykle pod vrcholem okvětních lístků; tyčinek 5; blizny 3. Plod elipsoidní, poněkud svrasklá tobolka, otvírající se obřízně víčkem, kratší než okvětní lístky. Semena v obrysu téměř okrouhlá, 1,0-1,2 mm v průměru, černá lesklá.

Kříženec - *Amaranthus turicensis*

Od *A. cruentus* se odlišuje tmavozelenými na rubu pýřitě chlupatými listy, delšími, více ostnatými listenci se zelenou střední žilkou a kopistovitými okvětními lístky; od *A. retroflexus* červenavými listy, později purpurově červenými listy, lodyhami a květenstvím a užšími lichoklasy.

Charakteristika druhů je uvedena podle Dostála (1989).

3.2. Skleníkové pokusy

Schopnost snadného křížení mezi odrůdami druhu *A. cruentus* a *A. retroflexus* a významný dopad pro pěstování odrůd v České republice mě vedl k bližšímu studiu tohoto křížence. Bylo sledováno, že u křížence se projevuje jev v heteróze, co se týče jeho výšky (Lanta 2001). Pomocí skleníkových srovnávacích pokusů (Diamond 1986) ve standardních podmínkách jsem se pokusil sledovat ekologické chování křížence a jeho rodičovských druhů. Jednak jsem se snažil zjistit, jestli má vliv narušení rostliny (což simulovalo narušení technikou na poli, či jiný vnější zásah člověka) ve spojení s různou hladinou živin v substrátu na produkci srovnávaných druhů a jednak vliv konkurenčního prostředí na produkci srovnávaných druhů.

Sledované reakce druhů na stresové faktory (úroveň minerální výživy, posečení porostu - disturbance) a biotické vazby mezi jednotlivými druhy (konkurenční schopnosti) byly zkoumány ve dvou skleníkových pokusech .

Pokus 1

V letní sezóně 2004 byl založen skleníkový pokus, který se zaměřil na odpověď hybrida *A. x turicensis* na disturbance a na odlišné složení substrátu.

Odpovědi hybrida byly srovnávány s odpověďmi obou jeho rodičů *A. cruentus* a *A. retroflexus* a kontrolním druhem *A. hypochondriacus*. Pokus byl proveden ve skleníku Biologické fakulty JU v Českých Budějovicích. Jako transparentní druhy jsem tedy zvolil: *A. cruentus*, *A. retroflexus*, *A. hypochondriacus* a *A. x turicensis*. Semena těchto druhů jsem získal od firmy Bohemia Amaranth (kulturní plodiny) a vlastním sběrem na polích střední Moravy (*A. retroflexus*) a od V. Lanty, který se zabýval podrobně křížencem *A. x turicensis* a disponoval jeho čistou linií *A. cruentus*, odrůda K-238, x plevelný druh *A. retroflexus*.

Pokus byl složen z celkem 160 květináčů (tj. 160 rostlin), ty byly rozděleny do čtyř bloků přičemž vždy polovina jedinců byla zasazena v rašelině a polovina v písku, polovina

těchto jedinců v jednom bloku byla poškozována, a to tak aby byly poškozeny jedinci rostoucí jak v rašelině tak jedinci rostoucí v písku. Disturbance byla aplikována jako 90 % odstřížení veškeré biomasy listů. Pokus měly tedy uspořádání v úplně znáhodněných blocích, kde byly sledovány rozdíly v těchto vlivech: disturbance (2 hladiny), druhy (4 hladiny) a substrát (2 hladiny).

Jedince jsem sledoval do doby voskové zralosti, kdy jsem hodnotil tyto ukazatele; jejich celkovou výšku, větvení, počet květenství a délku terminálního květenství a počet listů. Jedince jsem sklídl, usušil a zvažil a separoval rostliny na biomasu kořenů, listů, lodyh a květenství.

Pokus 2

V roce 2005 byl založen další srovnávací pokus, pomocí něhož se detekovalo, jak je schopen hybrid *A. x turicensis* reagovat v konkurenčním prostředí s vysázenou trávou *Poa trivialis*. Pokus kombinoval vliv kompetice a identitu druhu. Jako transparentní druhy byly opět použity: *A. cruentus*, *A. retroflexus*, *A. hypochondriacus* a *A. x turicensis*.

Kompetice měla dvě hladiny: žádná a vsazení čtyři jedinci konkurenta *Poa trivialis* na květináč. Pokus byl opět uspořádán v blocích. 15 x opakovaná kombinace faktorů dává dohromady 180 květináčů. Pokus byl zakončen 2 měsíce od založení, kdy byly měřeny a hodnoceny tyto ukazatele: celková délka, počet květenství, počet listů, délka květenství. Po skončení pokusu byly rostliny ještě odlistěny, listy usušeny a následně zvaženy.

3.3. Semená banka

Provedl jsem i dlouhodobější sledování klíčení semenáčků plevelného druhu *A. retroflexus* a potenciálně možné vzcházení semenáčků odrůdy a křížence. To jsem provedl na pěti polích v Českých Budějovicích (380 m n. m, půda písčitohlinitá, kambizem pseudoglejová, pH 6,4; bramborářský výrobní typ; průměrná denní teplota 8,2; průměrná roční suma srážek 528,8), kde byl amarant také zkoušen v pěti po sobě následujících letech. V tomto pokusu jsem se hlavně snažil zjistit, zda je výskyt a početnost semenáčků *A. retroflexus* korelovaný s jednotlivými roky pěstování kulturního amarantu a zda existuje vztah mezi vzcházením semenáčků a živinovými vlastnostmi půdy.

V roce 2003 a 2004 jsem se snažil zjistit, zda se je schopen znovuobjevit jakýkoliv kulturní druh amarantu, plevelné druhy a popřípadě jejich kříženec na plochách, kde již byl v minulosti pěstován v letech 1997, 1998, 1999, 2000 a 2001 (České Budějovice, pět na školním pozemku ZF JU). To jsem hodnotil na základě odběrů půdní semenné banky. Semennou banku jsem vždy odebíral v pěti náhodných směsných opakováních na každé z pěti lokalit, přičemž každé opakování sestávalo z deseti náhodných 10 cm hlubokých a 5 cm širokých vpichů pomocí půdní sondy. Odběr jsem opakoval čtyřikrát (na jaře 2003 (květen), na podzim 2003 (říjen) a pak znovu na jaře 2004 a na podzim 2004).

Na klíčích miskách (o kruhovém průměru 25 cm, 5 cm hlubokých) jsem zaznamenával abundanci všech plevelů po dobu pěti týdnů.

Pro zjištění vlivu odlišných chemických vlastností půdy na složení plevelů byl ještě proveden rozbor půd jednotlivých pěti lokalit, kdy jsem ve vegetační sezóně 2005 provedl odběr 25 vzorků půdy na rozbor iontů dusíku (NO_3 , NH_4) a fosforu (PO_4). Vždy bylo odebráno pět směsných vzorků z lokality. Veškeré chemické analýzy na obsah iontů byly provedeny v laboratoři AGRO-LA spol. s r. o. se sídlem v Jindřichově Hradci.

Výsledky chemických rozborů půdy

Lokalita	NH_4	NO_3	PO_4
1997	4,58	10,5	163
1998	3,64	20	172
1999	4,4	11,6	170
2000	3,54	11,7	169
2001	4,04	16,2	175

Rozbory PO_4 provedeny metodou Mehlich II

3.4. Analýza dat

Data z prvního skleníkového pokusu, kde byly celková výška rostliny, větvení, počet květenství a délka terminálního květenství a počet listů a dále biomasa kořenů, listů, lodyh a květenství považovány za vysvětlovanou proměnnou a identita druhu, typ substrátu a disturbance byly vysvětlující prediktory jsem použil čtyřcestnou ANOVu, kde byly bloky proměnnou s náhodným vlivem.

Data z druhého pokusu byly hodnoceny také ANOVou pro znáhodněné uspořádání do bloků.

Složení společenstev opakovaně odebíraných půdních vzorků pro počítání semenáčků plevelů jsem hodnotil mnohazměrnou analýzou v programu CANOCO. Protože odpověď druhů se předpokládá lineární, použil jsem metodu RDA („redundancy analysis“), kde byly počty semenáčků (pro analýzu $\log(x+1)$ transformovány) druhová data a vysvětlující prediktorem byly typ lokality a pořizovaný opakovaný záznam. Data měla split-plot uspořádání, což se musí respektovat při definici RDA modelu. Pro zjištění F statistiky byla data 299 krát permutována užitím Monte Carlo testu. Závislost mezi průměrným obsahem živin NH_4 , NO_3 a PO_4 v půdě (průměr na lokalitu) a průměrným počtem vzešlých semenáčků *A. retroflexus* byla hodnocena užitím jednoduchých regresí.

4. VÝSLEDKY

4.1. První skleníkový pokus

Výška rostlin

Výsledky měření výšky rostlin v prvním pokusu, varianta v rašelině (obr. 5), ukázaly největší nárůst do výšky u druhu *A. cruentus* okolo 70ti centimetrů, který byl následován druhem *A. hypochondriacus* dále pak *A. retroflexus* a poslední, tedy nejmenší byl hybrid *A. x turicensis*. Při záměrném poškození rostlin byl na rašelině opět nejvyšší *A. cruentus*, následoval ho *A. retroflexus*, který dosahoval také jen nepatrně menších hodnot oproti předchozí varietě. Naproti tomu druh *A. hypochondriacus* byl při poškození znatelně nižší. Nejnižším byl opět hybrid, ale jeho výška se neodlišovala od varianty bez poškození.

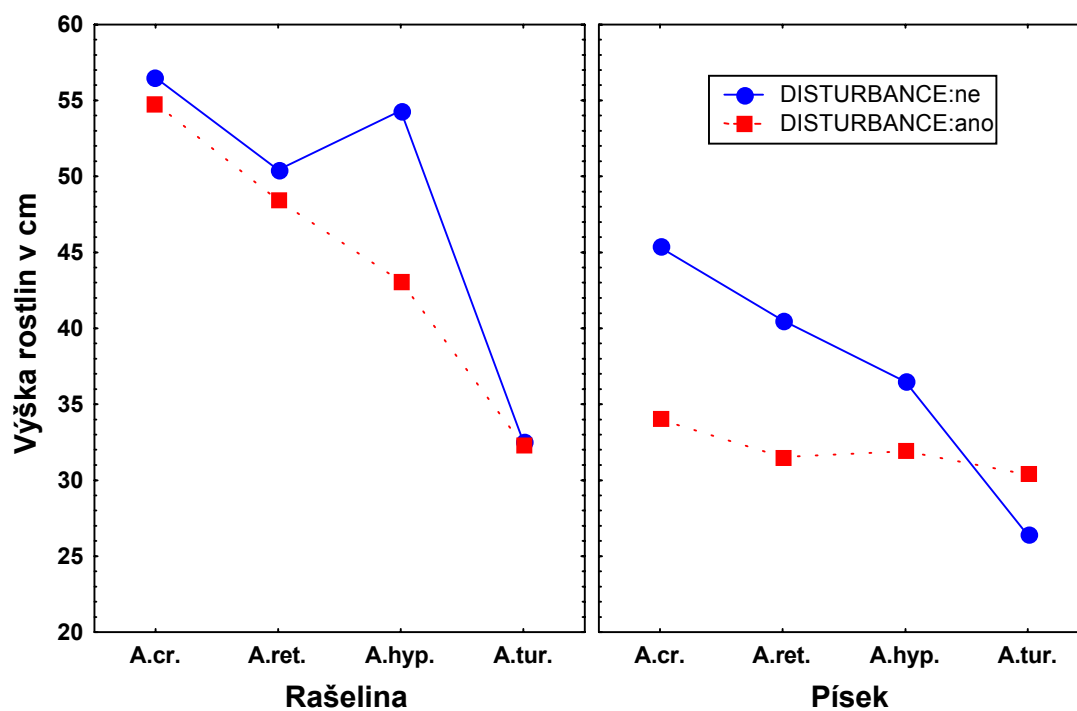
Ve variantě s pískem bez poškození rostlin bylo pořadí druhů podle jejich výšky stejné jako na rašelině při uplatnění disturbance, avšak dosažené hodnoty výšky rostlin byly u všech druhů menší. Při užití disturbance reagovaly všechny druhy snížením výšky na téměř stejnou úroveň a to asi kolem 30 cm, bez výraznějších rozdílů mezi jednotlivými druhy. Výška jednotlivých rostlin laskavce byla statisticky průkazně závislá na použitém substrátu a

druhu laskavce (tab. 4). Přes patrné rozdíly v průměrné výšce rostlin při jejich záměrném poškození nebyl vliv disturbance na tento parametr statisticky průkazný.

Tabulka 4. Statistická analýza vlivu druhu, substrátu a disturbance na výšku rostlin laskavce

Faktor	df Effect	df Error	F	p-level
Druh	3	144	5.38	0.002
Substrát	1	144	14.6	0.000
Disturbance	1	144	2.08	0.16
Druh x Substrát	3	144	0.74	0.53
Druh x Disturbance	3	144	0.48	0.69
Substrát x Disturbance	1	144	0.053	0.82
Druh x Substrát x Disturbance	3	144	0.41	0.74

Obr. 5. Průměrná výška jednotlivých druhů laskavce v závislosti na poškození a substrátu



A.cru.=*Amaranthus cruentus* , A.ret.=*Amaranthus retroflexus*,

A.hyp.=*Amaranthus hypochondriacus*, A.tur.=*Amaranthus turicensis*

Délka květenství

Výsledky analýzy délky květenství jsou znázorněna na obr. 6. Vliv disturbance na tento parametr je společně s druhem a použitým substrátem už statisticky průkazný (tab. 5).

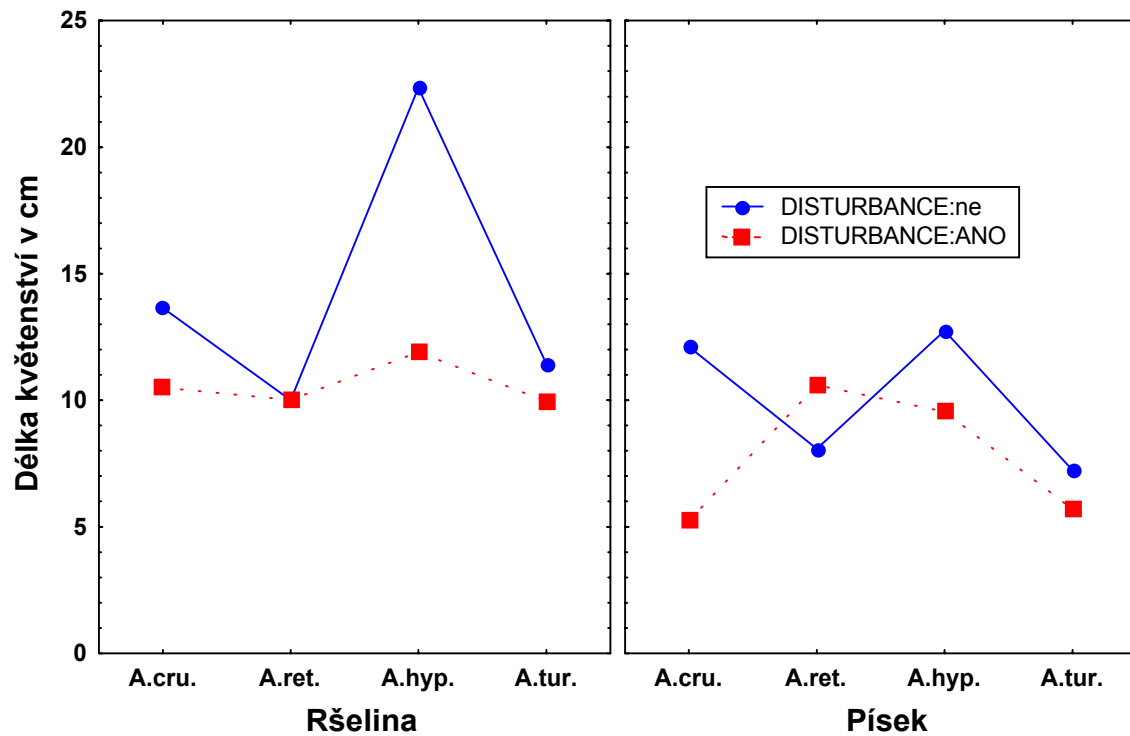
Efekt disturbance je nejvíce patrný na variantě s rašelinou u druhu *A. hypochondriacus* a *A. cruentus*.

Ve variantě s rašelinou bez poškození měl nejdelší květenství druh *A. hypochondriacus* a to okolo 20cm, který byl následován druhem *A. cruentus* s květenství dlouhým průměrně 15 cm. *A. retroflexus* a hybrid měly květenství přibližně stejně dlouhá, hodnota u hybridu byla nepatrně větší. Při poškození rostlin na rašelině byly hodnoty délky květenství všech druhů kolem 10 cm, přičemž pořadí druhů odpovídalo variantě bez poškození rostlin.

Ve variantě s pískem bez poškození rostlin bylo nejdelší květenství u druhu *A. hypochondriacus*, i když *A. cruentus* mu byl svými hodnotami velmi blížil. Oproti nim velmi nízkých hodnot dosáhl *A. retroflexus* následován křížencem, který měl v této variantě květenství nejkratší.

Při poškození rostlin v písku měl nejdelší květenství plevelný *A. retroflexus*, který jak vyplývá s obrázku 6 nebyl tak výrazně ovlivněn jako ostatní druhy. Délka květenství tohoto druhu byla kolem 10 cm. O něco kratší květenství měl potom *A. hypochondriacus* a nejnižší hodnoty vykázal hybrid spolu s druhem *A. cruentus*.

Obr. 6. Průměrná délka květenství jednotlivých druhů laskavce v závislosti na poškození a substrátu



A.cru.=*Amaranthus cruentus*, A.ret.=*Amaranthus retroflexus*,
A.hyp.=*Amaranthus hypochondriacus*, A.tur.=*Amaranthus turicensis*

Tabulka 5. Statistická analýza vlivu druhu, substrátu a disturbance na délku květenství laskavce

Faktor	df Effect	df Error	F	p-level
Druh	3	144	3.94	0.001
Substrát	1	144	8.61	0.004
Disturbance	1	144	6.17	0.014
Druh x Substrát	3	144	0.83	0.481
Druh x Disturbance	3	144	2.21	0.090
Substrát x Disturbance	1	144	0.38	0.540
Druh x Substrát x Disturbance	3	144	0.90	0.443

Počet listů

Výsledky stanovení počtu listů na rostlině jsou zahrnuty v tabulce 6 a obr..3. V tomto měření byl opět prokázán pouze vliv druhu ($P = 0,001$) a substrátu ($P = 0,005$), což ukazuje na podobný trend u všech testovaných variant.

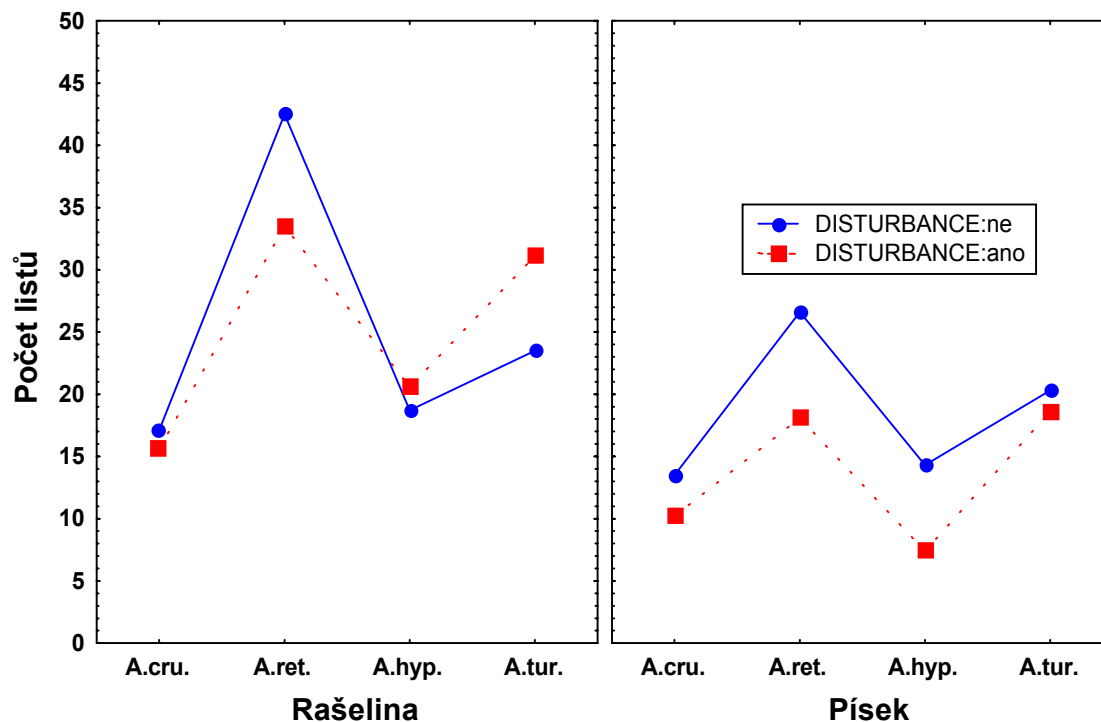
Ve variantě na rašelině bez poškození vykazoval největší počet listů v průměru druh *A. retroflexus* a to průměrně 40 na rostlinu. Druhý nejvyšší počet listů vytvářel hybrid. Nižší počet listů (17) byl u druhu *A. hypochondriacus* a nejnižší množství jich měl *A. cruentus*. Při poškození rostlin byl u *A. retroflexus* zaznamenán nižší počet listů (30). Hybrid se tentokrát v množství listů hodně přiblížil *A. retroflexus*. Počty listů u dalších dvou druhů se od předchozí varianty bez poškození významně nelišily.

Ve variantě s pískem bez poškození byl počet listů nejvyšší u druhu *A. retroflexus* (v průměru přes 25 na rostlinu), následován křížencem (20 listů na rostlinu). Oba dva další druhy měly téměř stejný počet okolo 15 listů na rostlinu. Ve variantě s pískem a při disturbanci dosahovaly počty listů u křížence a druhu *A. retroflexus* 20, u hybridu byl jejich nepatrně vyšší (22). Druh *A. cruentus* vytvářel pouze kolem 10 listů na rostlinu. Nejméně listů vytvořil v této variantě druh *A. hypochondriacus*

Tabulka 6. Statistická analýza vlivu druhu, substrátu a disturbance na počet listů na rostlině laskavce

Faktor	df Effect	df Error	F	p-level
Druh	3	144	5.59	0.001
Substrát	1	144	8.32	0.005
Disturbance	1	144	0.70	0.403
Druh x Substrát	3	144	0.54	0.657
Druh x Disturbance	3	144	0.56	0.641
Substrát x Disturbance	1	144	0.58	0.450
Druh x Substrát x Disturbance	3	144	0.15	0.930

Obr. 7. Průměrný počet listů u jednotlivých druhů laskavce v závislosti na poškození a substrátu



A.cru.=*Amaranthus cruentus*, A.ret.=*Amaranthus retroflexus*,

A.hyp.=*Amaranthus hypochondriacus*, A.tur.=*Amaranthus turicensis*

Celková biomasa

Výsledky stanovení celkové biomasy jsou uvedeny v tabulce 7. Statisticky průkazný vliv na množství vytvořené celkové biomasy rostlin byl zjištěn pouze u substrátu ($P=0,02$) a při aplikaci disturbance ($P=0,01$).

Rozbory celkové biomasy (obr. 8.) ukazují, že nejvíce biomasy produkoval *A. retroflexus* ve variantě s rašelinou. Avšak na odlišné substráty a především na poškození, reagoval značným snížením produkce. Průměrné hodnoty získané u tohoto druhu ukazují na značnou mohutnost lodyhy a květenství, v ostatních hodnotách je plevel na srovnatelné nebo nižší úrovni s ostatními druhy. Odlišná byla reakce *A. cruentus*, který měl vyšší produkci biomasy při růstu na rašelině při aplikaci disturbance (obr. 9). Hybrid reagoval na změnu

substrátu snížením celkové biomasy, v písku velmi razantně. V některých(lodyha, květenství, kořeny) hodnotách se kříženec velmi podobá plevelnému druhu. Celkově je tedy hybrid co se týče celkové biomasy nejbližší plevelnému *A. retroflexus*.

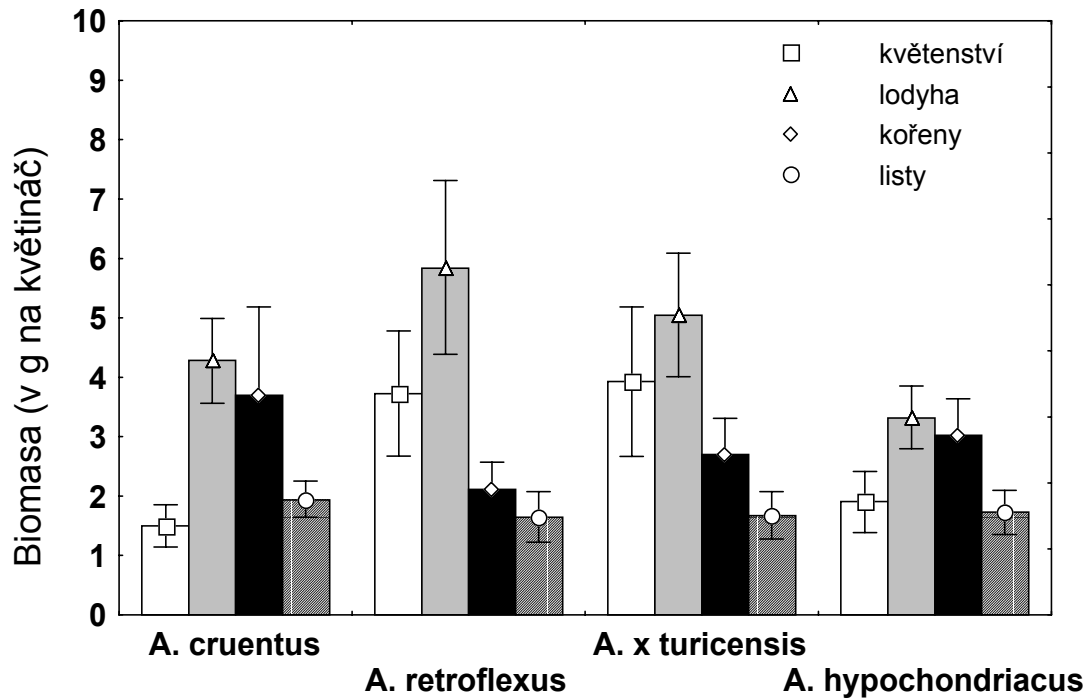
A. hypochondriacus rostoucí na rašelině odpovídal na poškození také celkovým snížením produkce biomasy. Celkové množství vytvořené biomasy bylo na stejné úrovni jako u zbývajících dvou druhů (kromě již zmiňovaného *A. cruentus*).

Tabulka 7. Statistická analýza vlivu druhu, substrátu a disturbance na celkovou biomasu laskavce

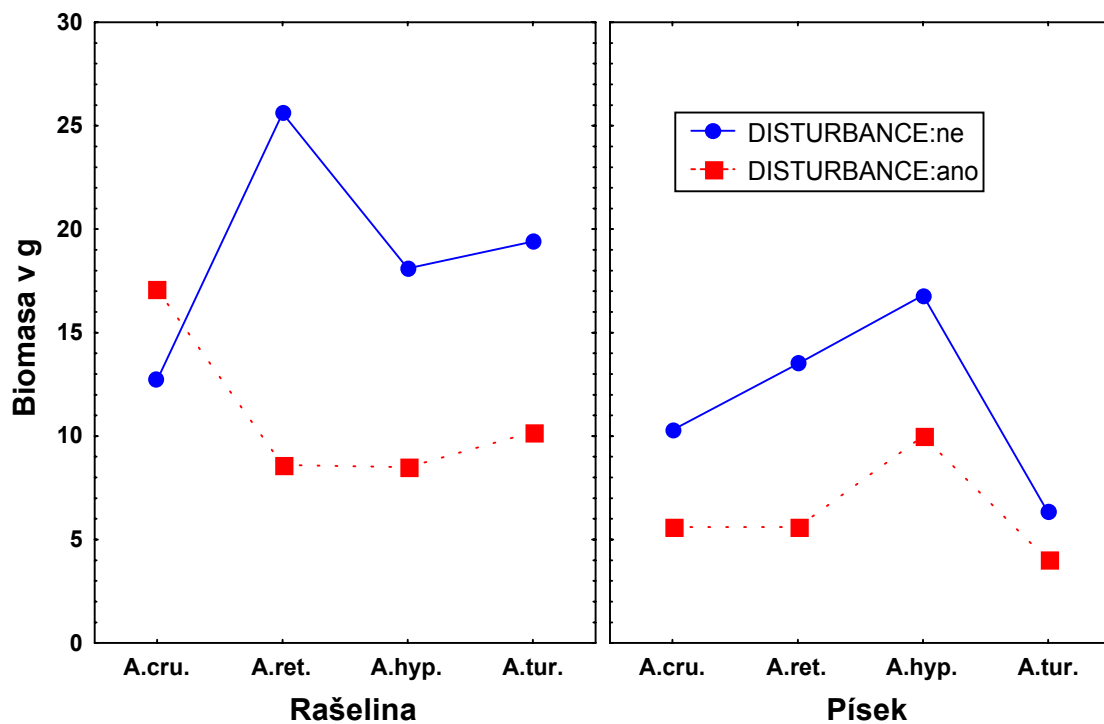
	df Effect	df Error	F	p-level
Druh	3	144	0.41	n.s.
Substrát	1	144	5.51	0.020
Disturbance	1	144	6.71	0.010
Druh x Substrát	3	144	0.68	n.s.
Druh x Disturbance	3	144	1.00	n.s.
Substrát x Disturbance	1	144	0.22	n.s.
Druh x Substrát x Disturbance	3	144	0.63	n.s.

n.s. = statisticky neprůkazný vliv

Obr. 8. Možství vytvořené biomasy (sušiny) jednotlivých částí rostliny (květenství, lodyh, kořenů a listů) různých druhů rodu *Amaranthus*; průměr (sloupec) ± střední chyby průměrů



Obr. 9. Průměrné množství vytvořené biomasy sušiny u jednotlivých druhů laskavce v závislosti na poškození a substrátu



A. cru.=*Amaranthus cruentus*, *A. ret.*=*Amaranthus retroflexus*,

A. hyp.=*Amaranthus hypochondriacus*, *A. tur.*=*Amaranthus turicensis*

4.2. Druhý skleníkový pokus

Mezi sledovanými druhy laskavce byl vysoce statisticky průkazný rozdíl ($P=0.001$ nebo $P<0.001$) v celkové délce rostlin, v délce květenství a v počtu listů. Pouze v případě biomasy listů (tabulka 8.; obr. 10) byla průkazná také interakce kompetice a druh.

Na kompetici reagoval pozitivně, tedy větší tvorbou biomasy, kříženec a *A. cruentus*. Zbylé dva druhy, *A. hypochondriacus* a plevelný *A. retroflexus* v kompetici vytvářely biomasy méně. Odpovědi druhů na kompetici ve všech sledovaných měřeních byly podobné. Pouze hybrid se v biomase listů a délce květenství neshodoval s odpovědí ostatních druhů, a také *amaranthus hypochondriacus* měl odlišné reakce v biomase listů kde dosáhl nejvyšších hodnot.

Výsledky sledování celkové výšky rostlin jsou uvedeny v tabulce 9 a obr. 11. Větší výšky dosáhl v kompetičním prostředí hybrid a *A. cruentus*. Naopak málo byly ovlivněny *A. hypochondriacus* a *A. retroflexus*.

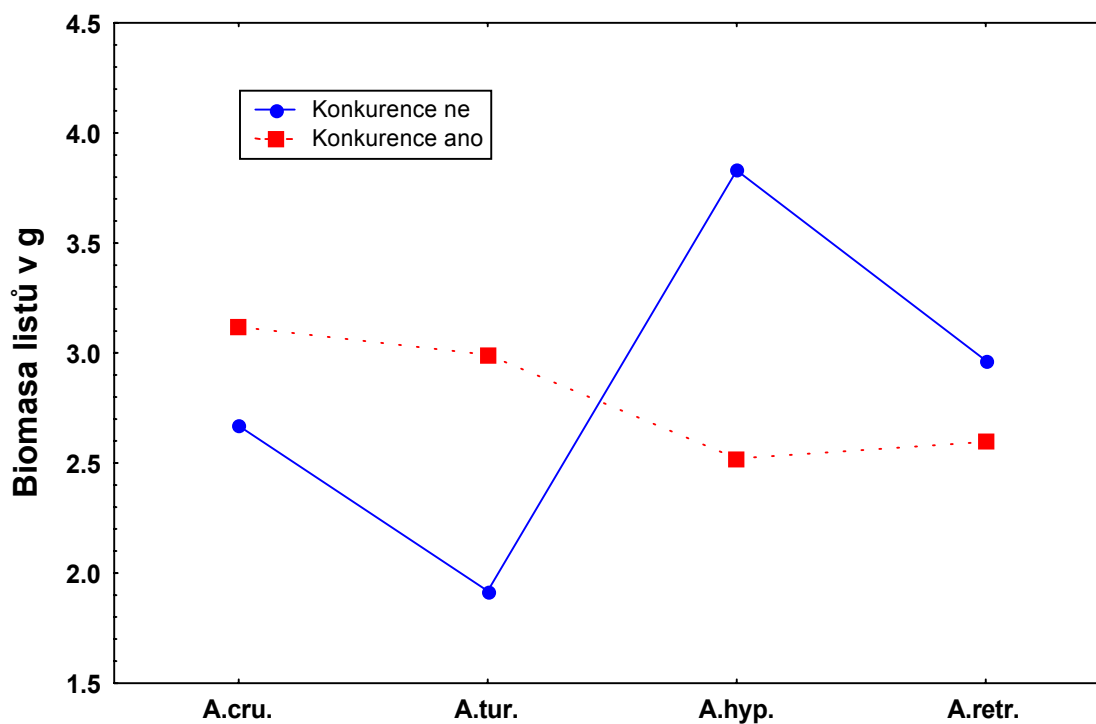
Výsledky pro délku květenství zahrnuje tabulka 10 a obr.12. Ze sledovaných druhů je pouze u hybridu a plevelného druhu je patrné prodloužení květenství vlivem kompetice. Jedinci ostatních druhů se v obou variantách neodlišovali.

Výsledky pro počet listů jsou uvedeny v tabulce 11 a obr. 8. Toto měření neprokázalo téměř žádnou reakci v olistění druhů *A. hypochondriacus* a *A. retroflexus* na podmínky kompetice a jen nepatrnou reakci u zbylých dvou. Největší počet listů vytvářel *A. retroflexus*.

Tabulka 8. Statistická analýza vlivu druhu a kompetice na vytvořené množství sušiny biomasy listů laskavce

Faktor	df Effect	df Error	F	p-level
Kompetice	1	72	0.05	0.830
Druh	3	72	2.67	0.054
Kompetice x Druh	3	72	8.02	0.000

Obr. 10. Průměrná biomasa listů u sledovaných druhů laskavce v kompetičním prostředí

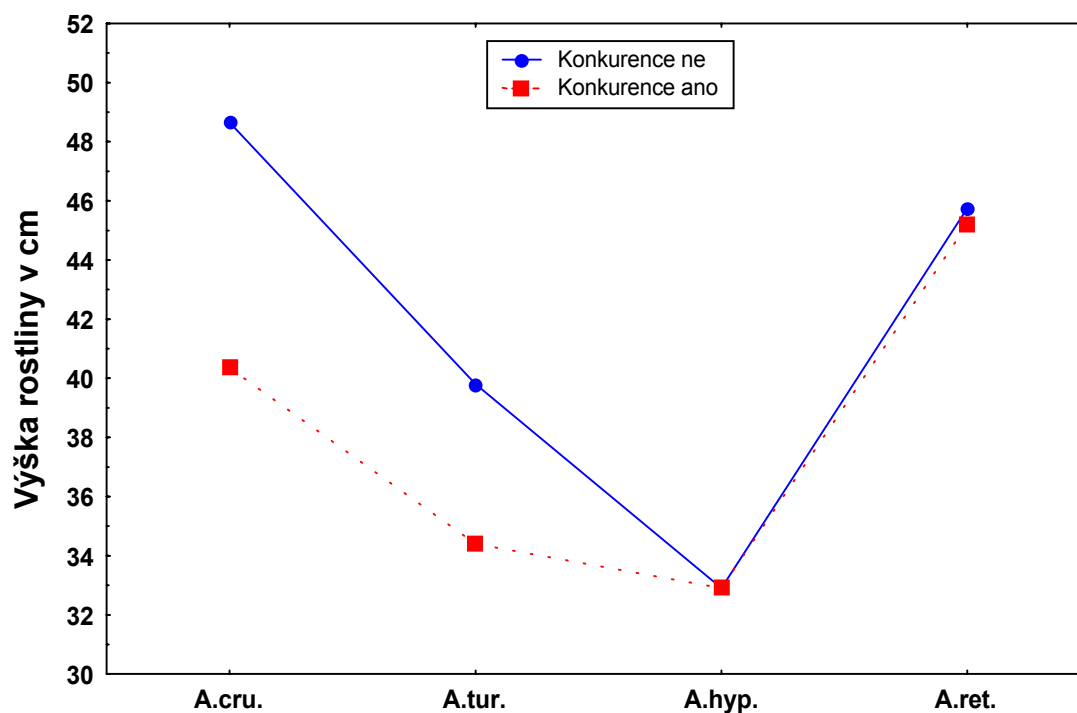


A.cru.=*Amaranthus cruentus*, A.ret.=*Amaranthus retroflexus*,
 A.hyp.=*Amaranthus hypochondriacus*, A.tur.=*Amaranthus turicensis*

Tabulka 9. Statistická analýza vlivu druhu a kompetice na výšku rostlin laskavce

	df Effect	df Error	F	p-level
Kompetice	1	72	2.64	0.108
Druh	3	72	7.57	0.000
Kompetice x Druh	3	72	0.83	0.484

Obr. 11. Průměrná výška rostlin u sledovaných druhů laskavce v kompetičním prostředí

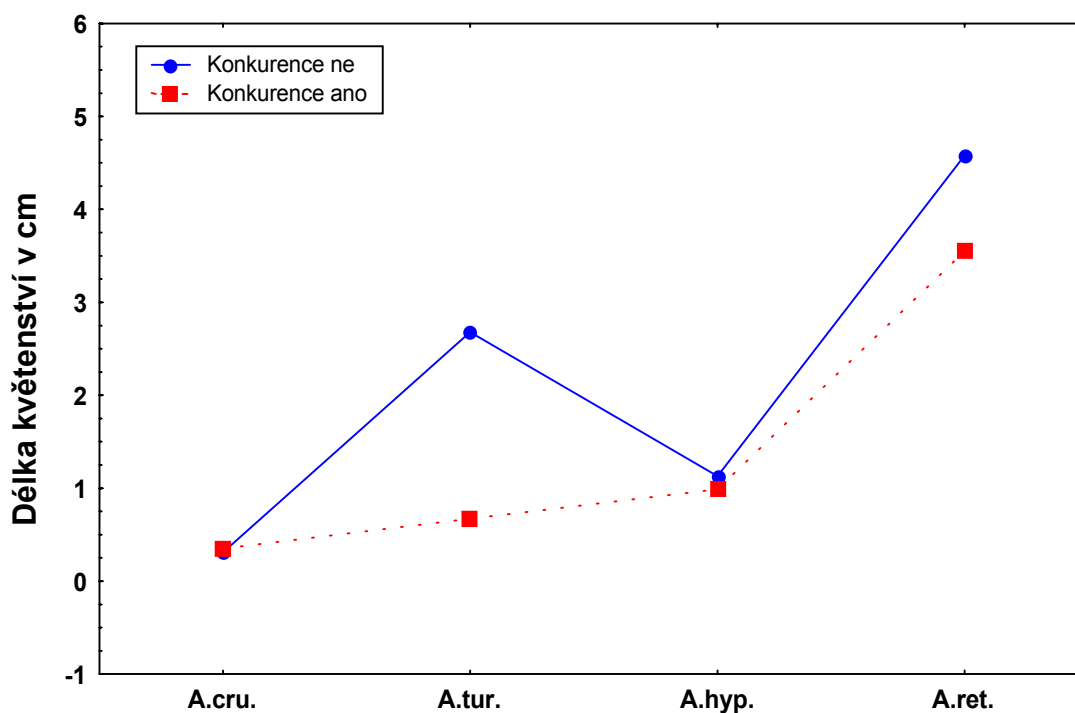


A.cru.=*Amaranthus cruentus*, A.ret.=*Amaranthus retroflexus*,
A.hyp.=*Amaranthus hypochondriacus*, A.tur.=*Amaranthus turicensis*

Tabulka 9. Statistická analýza vlivu druhu a kompetice na délku květenství laskavce

Faktor	df Effect	df Error	F	p-level
Kompetice	1	72	3.20	0.078
Druh	3	72	13.59	0.001
Kompetice x druh	3	72	1.15	0.335

Obr. 12. Průměrná délka květenství u sledovaných druhů laskavce v kompetičním prostředí

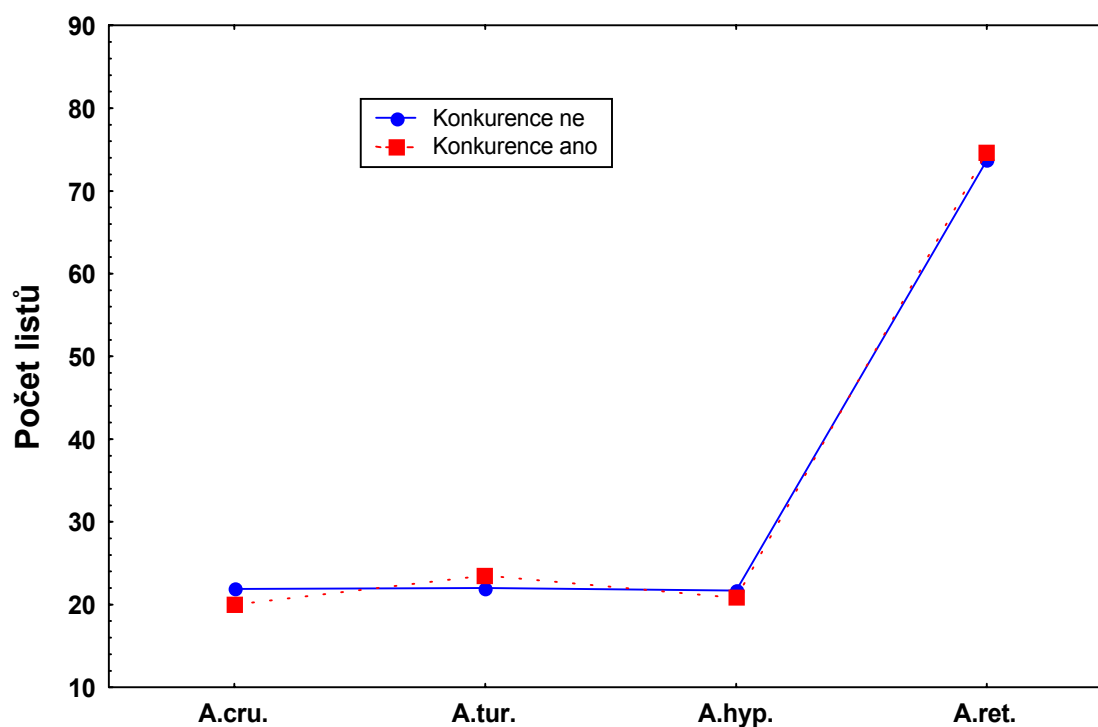


A.cru.=*Amaranthus cruentus*, A.ret.=*Amaranthus retroflexus*,
A.hyp.=*Amaranthus hypochondriacus*, A.tur.=*Amaranthus turicensis*

Tabulka 10. Statistická analýza vlivu druhu a kompetice na počet listů laskavce

Faktor	df Effect	df Error	F	p-level
Kompetice	1	72	0.00	0.986
Druh	3	72	43.76	0.001
Kompetice x Druh	3	72	0.04	0.989

Obr. 13. Průměrný počet listů u sledovaných druhů laskavce v kompetičním prostředí



A.cru.=*Amaranthus cruentus*, A.ret.=*Amaranthus retroflexus*,

A.hyp.=*Amaranthus hypochondriacus*, A.tur.=*Amaranthus turicensis*

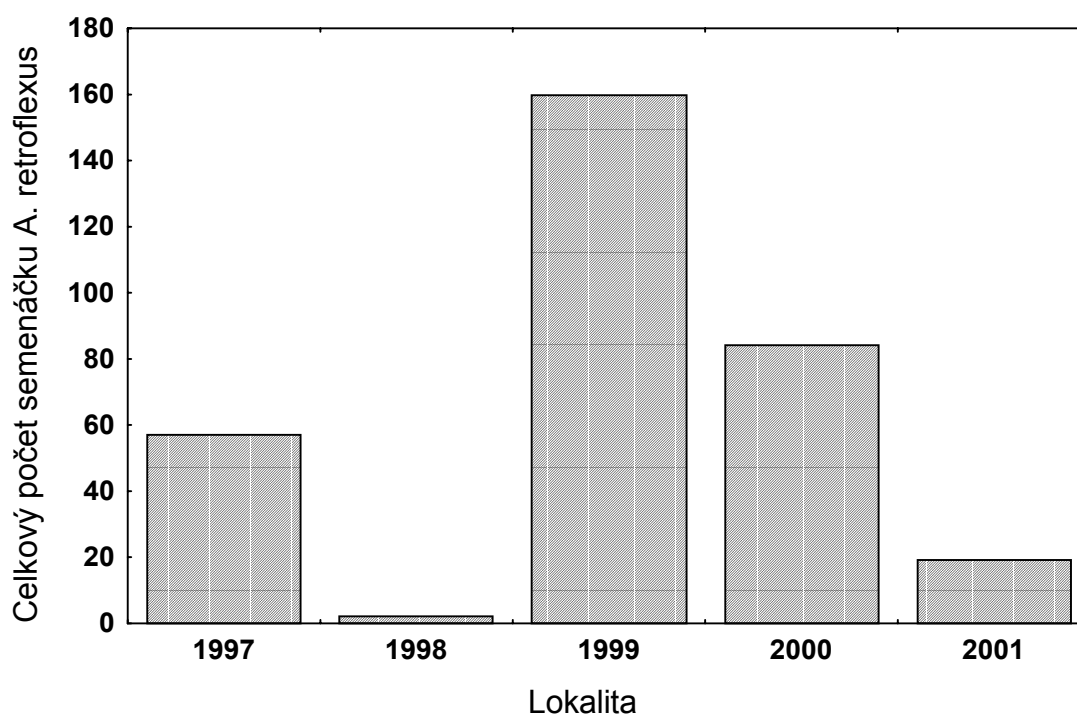
4.3. Semenná banka

Klíčení žádného z pěstovaných kulturních amarantů nebylo vůbec zaznamenáno. Bylo zaznamenáno pouze klíčení semenáčků plevelného druhu *A. retroflexus*. Během dvou let monitoringu bylo v semenné bance napočítáno celkem 322 semenáčků plevelů různých druhů. Nejvíce plevelů klíčilo na lokalitě, kde byl kulturní amarant pěstován v roce 1999 (obr. 14). Složení plevelů se na jednotlivých lokalitách významně liší (obr. 17). Je také patrné, že *A. retroflexus* má největší abundanci na lokalitě, kde byl kulturní amarant pěstován v roce 1997. Výsledky testu RDA pro stanovení rozdílu mezi lokalitami v závislosti na roku odběru tedy prezentují, že nejvíce semenáčků (*Amaranthus retroflexus*) bylo zaznamenáno na lokalitě 1999, ale průměrně nejvíce jich bylo na pozemku, kde se amarant pěstoval v roce 1997. Model RDA vysvětluje 60,5% variability ($F=3,37$; $P=0,003$).

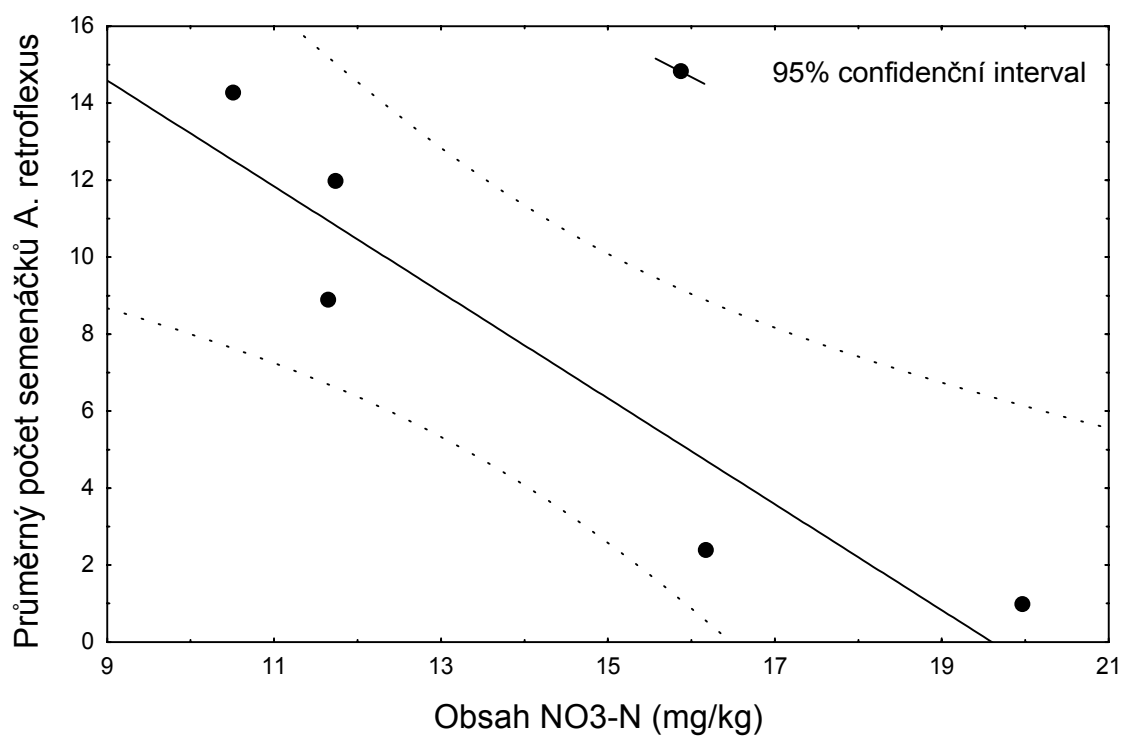
Dále byly testovány rozdíly mezi lokalitami v závislosti na sezóně odběru (jaro, podzim). Výsledky testu prokázaly závislost na době odběru během roku (RDA; $F=4,80$, $P=0,003$, vysvětleno 32% variability).

Regresní analýza závislosti výsledků na obsahu živin v půdě prokázala negativní závislost na obsahu NO_3 (obr. 15 ; $r=-0,94$, $P=0.018$) a PO_4 (obr.16; $r=-0.88$, $P=0.047$). Zatímco vztah obsahu NH_4 ($r=0.42$, $P=0.478$) s výskytem semenáčků nesouvisí. To poukazuje na záporný vztah plevelného druhu k hnojení.

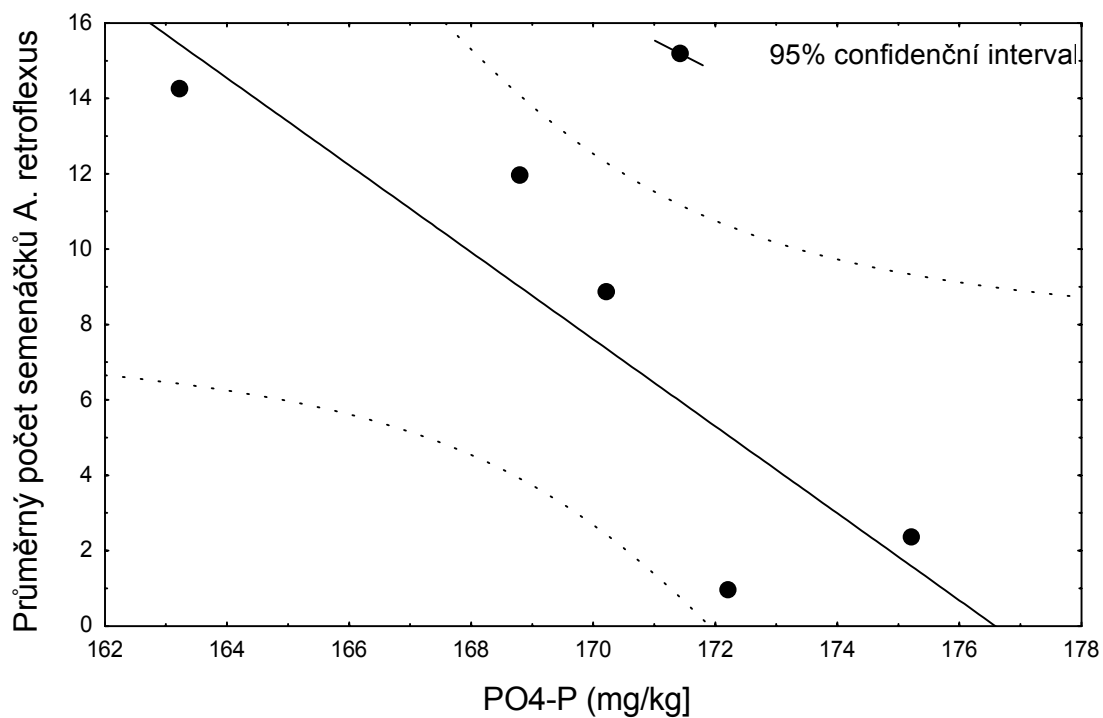
Obr. 14. Výskyt *A. retroflexus* v různých letech na lokalitách kde byl pěstován kulturní laskavec



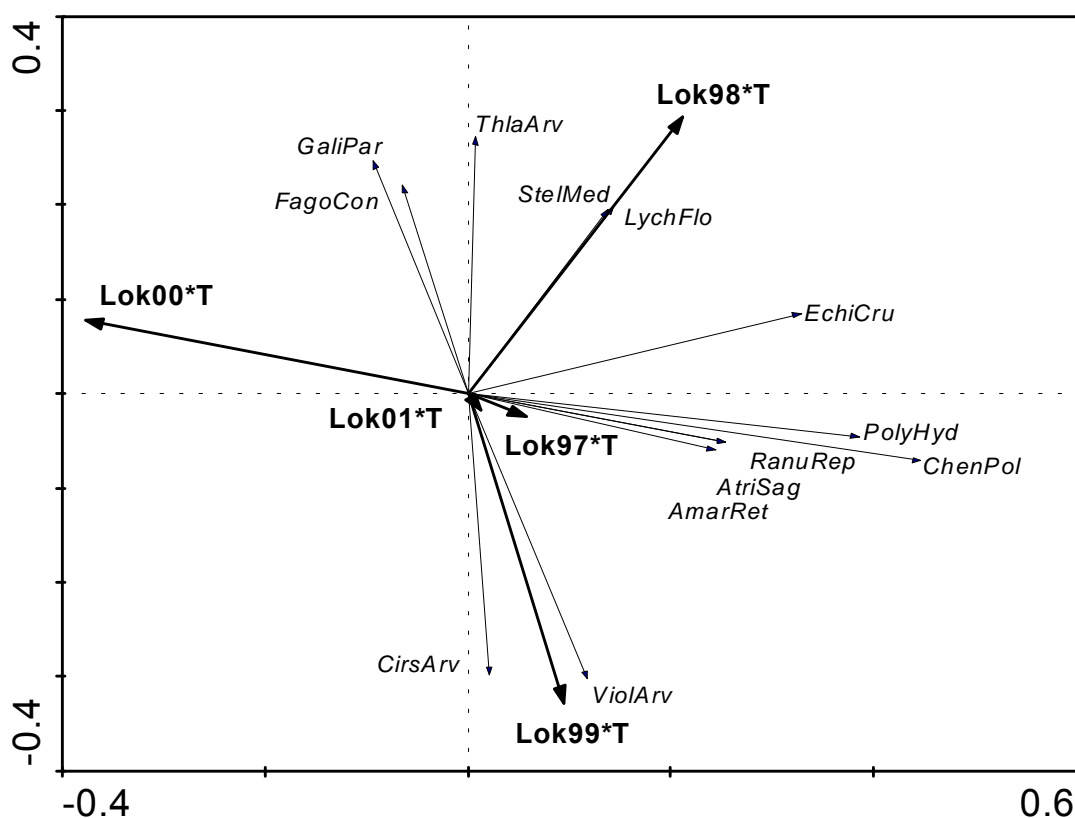
Obr. 15. Regresní závislost počtu rostlin *A. retroflexus* na obsahu NO_3 v půdě



Obr. 16. Regresní závislost počtu rostlin *A. retroflexus* na obsahu PO_4 v půdě



Obr. 17. Graf RDA mnohorozměrné analýzy pro složení semenné banky. Analýza: data o abundancích jednotlivých druhů byla logaritmičsky transformována, pokus byl uspořádán ve smyslu split-plot. Vysvětlující proměnná byly lokality (pět lokalit, kde byl kulturní amarant pěstován buď v roce 1997, 1998, 1999, 2000, či 2001). Kovariátami byly identifikátory ploch a čas (4 odběry semenné banky: jaro 2003, podzim 2003, jaro 2004 a podzim 2004). Monte Carlo permutační test: 299 permutací. Byla testována signifikance všech kanonických os .



Lok97 = lokalita 1997, Lok98 = lokalita 1998, Lok99 = lokalita 1999, Lok00 = lokalita 2000, Lok01 = lokalita 2001

GaliPar = *Galinsoga parviflora*, FagoCon = *Fagopyrum convolvulus*, ThlaArv = *Thlaspi arvensis*, StelMed = *Stellaria media*, LychFlo = *Lychnis flos-cuculi*, EchiCru = *Echinochloa crus-gali*, PolyHyd = *Polygonum hydropiper*, ChenPol = *Chenopodium polyspermum*, RanuRep = *Ranunculus repens*, AtriSag = *Atriplex sagitata*, AmarRet = *Amaranthus retroflexus*, CirsArv = *Cirsium arvense*, ViolArv = *Viola arvensis*.

Obrázek znázorňuje pouze druhy, které vysvětlují nejvyšší podíl variability.

5. DISKUZE

Amarant - jako významný znovuobjevený rod – byl již mnohokrát zkoumán. Většinou se však jednalo hlavně o výzkum jeho nutričních vlastností a výzkum z hlediska možného genetického potenciálu pro pěstování (viz např. Guo a Al-Khatib 2003, Steckel et al. 2004, Oryokot a Thomas a Swanton 1997). Dosud se však málo ví o jeho ekologii a souvislostech mezidruhového křížení, a tím o ekologii nově vzniklých kříženců. Svou prací jsem se zaměřil právě na ekologii jednoho křížence *A. x turicensis* (= *A. cruentus* x *A. retroflexus*), který se vzácně vyskytuje v našich středoevropských podmínkách. Užil jsem k tomu srovnávací pokusy, kde jsem manipuloval experimentální zásahy, jimiž jsem se snažil srovnáváním blíže pochopit ekologii rodičovských druhů a křížence. Navíc jsem sbíral data o možném klíčení kulturního amarantu na polích, kde byl již dříve pěstován. V této souvislosti je důležité říci, že srovnávací studie mohou poskytnout zajímavé informace o reakcích druhů, avšak nemusí plně odrážet jejich pravděpodobné odpovědi v polních podmínkách. Tato experimentální praxe ve standardních a kontrolovatelných podmínkách (skleník) může však nastínit, jak se druhy amarantu mohou potenciálně chovat v podmínkách přírodě blízkých (Ball a Shaffer 1993; Brainard a Bellinder 2004a; McDonald a Riha 1999). Jsem si vědom, že pro formulaci obecnějších závěrů je třeba mít empirické zkušenosti z terénu (kde je samozřejmě dané různé kompetiční prostředí; Bussan a Boerboom 2001). Moje práce, založená na pozorováních růstu rostlin ve skleníku a odečítání semenáčků v terénu také podávají dostatečnou a novou informaci vybraných druhů amarantu, která může být použitelná v zemědělské praxi.

První skleníkový pokus

Tento pokus ukázal reakci vybraných druhů na užití odlišných substrátů a na užitou disturbanci, která simulovala narušení rostlin v terénu. Srovnání výsledků založených na rozborech biomasy na kořeny, listy, lodyhy a květenství demonstrují, že se v některých průměrných hodnotách podobá hybrid *A. x turicensis* plevelnému druhu *A. retroflexus*, a že na disturbanci hybrid odpovídá stejným snížením průměrné celkové biomasy jako plevel *A. retroflexus*. Zatímco změna v biomase není detekovatelná, pokud je hybrid pěstován na odlišných substrátech. Reakce plodiny – rodičovského druhu hybrida - *A. cruentus* na

aplikovanou disturbancí byla odlišná pravděpodobně proto, že se dokázala po zásahu rychle obnovit z bujné kořenové biomasy, kterou druh vytvořil hlavně do doby než byl zásah aplikován. Jelikož u všech ostatních druhů je odpověď na organicky chudší substrát (písek) převážně nižší, jsou tedy hodnoty měření v souladu s tvrzením, že soutěžní model plodina-plevel závisí na odhadu více parametrů u rostliny. Jednak na fenologii, uhlíkovém poměru, výšce rostliny a vývoji listové plochy (Kropff a van Laar 1993). Toto bylo potvrzeno také na mnou měřených parametrech – výška rostliny, biomasa, délka květenství a počet listů. Jasně si nedovedu vysvětlit, proč hybrid příliš nereagoval v několika parametrech na změnu v půdním substrátu. Pravděpodobně to bylo způsobeno velkou variabilitou rostlin, která může být dána dědičnými vlastnostmi souvisejícími s křížením plevelného a kulturního rodiče (Priszter 1958).

Také reakce plevelného *A. retroflexus* v délce květenství, která se mezi zásahy neliší, představuje nepředpokládanou odpověď, neboť jsem očekával, že rostliny tohoto druhu budou více prosperovat na úživnější rašelině. Možným vysvětlením může být vysoký stupeň fenotypické plastičnosti plevelného druhu v odpovědi na různě trofická stanoviště, jak bylo popsáno v pracích Ballare (1999); Morgan a Smith (1976).

Druhý skleníkový pokus

Působení kompetičního faktoru (konkurence trávy *Poa trivialis*) se u hybrida projevilo v produkci listové biomasy. Hybrid překvapivě vytvářel více biomasy v konkurenčním prostředí podobně jako kulturní rodič *A. cruentus*. Naproti tomu více biomasy dosáhl druhý rodič, plevel *A. retroflexus*, v prostředí bez konkurence. To znamená, že znaky související s listy (v mém případě biomasa listů, či morfologie listů - Lanta 2001) mohou být spíše zděděné vlastnosti po kulturním rodiči. Moje pozorování jak ze skleníku tak z terénu (rostliny náhodně sebrané na Českobudějovicku) ukazují, že hybrid vytváří podobně jako kulturní rodič *A. cruentus* stejně velké listy (biomasa, rozměr). Srovnáme-li biomasu listů rodičů a hybrida, zjistíme, že hybrid v průměru vytvářel nejméně biomasy. Avšak, co se týče počtu listů, vytváří stejné množství jako kulturní rodič. To také potvrzuje předpoklad, že znaky související s listy lze odvozovat od kulturního rodiče, který vytváří méně listů, avšak o to větší.

Získané výsledky kompetičních pokusů mohou být částečně ovlivněny faktem, že rozdělování biomasy může být nepřímým následkem redukováného ozáření rostliny (listy přijímají více světla než zastíněné lodyhy; viz Samson a Werk 1986, Weiner a Thomas 1992), což je ovlivněno také těsným sousedstvím mezi konkurujícími si rostlinami zájmového jedince a okolních rostlin konkurenta.

Výsledky týkající se výšky jsou v souladu s tvrzením, že mechanické modely plodina-plevel často implicitně předpokládají, že výška je nezávislá na konkurenčním prostředí nebo na redukované kompetici (Kropff a van Laar 1993). I když někteří autoři předpokládají tuto hypotézu za spornou a podle nich může vést k významným chybám (Brainard Bellinder a DiTommaso 2005). Ačkoliv vliv kompetice nebyl dokázán u žádné prováděné charakteristiky, má tento faktor nepochybně vliv na růst a vývoj rostlin amarantu.

Je zajímavé, že hybrid dosahoval vždy nejnižších hodnot (ve srovnání s rodiči) v parametru délka květenství a výška rostliny. Je to možná způsobeno tím, že se jedná o znaky, které ještě u hybridu nebyly ustáleny a pravděpodobně vykazují vysokou variabilitu v hodnotách těchto znaků. Ukázalo se pouze, že hodnoty jsou vyšší v bezkonkurenčním prostředí (jako u všech ostatních druhů).

Rostliny pěstované v konkurenci často snižovaly svou listovou plochu (pouze pozorováno). To je pravděpodobně způsobeno volbou slabšího konkurenta (*Poa trivialis*), který se choval méně agresivně v rychlosti růstu a asi i příjmu živin z půdy. Volba konkurenta v podobných experimentech může být klíčovou záležitostí (McLachlan et al. 1993a). Jako konkurenta jsem v pokusu byla použita tráva s C₃ metabolismem. Pro Amarant je ale charakteristický efektivnější typ metabolismu C₄, který je „vázan“ na prostředí s vyššími teplotami, jež jsou v umělých skleníkových podmínkách nepochybně vyšší než na poli.

Semenná banka

Rozbory semenné banky nepotvrdily přítomnost žádného zástupce rodu *Amaranthus* mimo zastoupení mnoha jedinců *A. retroflexus*. Absence klíčenců jiných šlechtěných odrůd je tedy v souladu s tvrzením o neschopnosti kulturních odrůd přežít v semenné bance z důvodů jejich vymrzání (Jarošová 1997). Dále nezaznamenaný výskyt mezidruhových kříženců rovněž ukazuje na větší vztah ke stanovištním podmínkám viz tabulka 11. Obecně z hlediska klimatických podmínek se kulturní amarant doporučuje na suchá či mírně vlhká stanoviště v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti. Ghorbani et al. (1999) shledává, že

minimální teplota klíčení pro *A. retroflexus* je větší než 5°C, zatímco maximální klíčení nastává mezi 35 a 40 °C. Většina semen z druhů rodu *Amaranthus* je k teplotám relativně necitlivá, avšak rychlost klíčení má přesné teplotní optimum (Weaver a Thomas 1986). To také částečně mohlo mít vliv při porovnání sezóny odběru (signifikantní rozdíl podzim-jaro), kdy na jaře klíčilo evidentně více semenáčků než na podzim. Na druhou stranu *A. retroflexus* je jednoletá rostlina a snaží se co nejrychleji investovat energii do reprodukce. Na přelomu září a říjen dozrávají semena, která už nejsou schopna na podzim vyklíčit a ke klíčení zřejmě potřebují i stratifikaci (Lanta 2001). Pokud vyklíčí na podzim je to jen výjimka. Souvislosti mezi vzcházivostí kulturních amarantů a teplotou prostředí nebyly dosud detailně zkoumány a určitě to vyžaduje hlubší studium.

Složení plevelových společenstev a abundance plevelného *A. retroflexus* bylo ovlivněno řadou biotických a abiotických faktorů. Hlavními faktory mohl být obsah živin v půdě a historie pěstování plodin na lokalitách. Chemické rozbory půdy poukázaly na negativní vztah plevele k větším obsahům NO₃ a PO₄. Obsah fosforu v půdním profilu s hodnotami od 163mg .kg⁻¹ do 175mg .kg⁻¹ ukazuje na velmi vysoký obsah v půdě což možná výskyt plevelných amarantů ovlivňuje více než obsah dusíku jehož koncentrace v půdě není tak vysoká. Pro optimální obsah se uvažuje s dobrou až střední zásobou, což je v relacích 66-80 P mg.kg⁻¹ na slabě kyselých půdách (pH 6,4) mezi které stanoviště patří. Obsah dusíku v půdní vrstvě podle metodiky výživy rostlin udává kategorii násobenosti půdy III (11-20 mg N .kg⁻¹) což je dobrá zásobenost s menší korekční dávkou. Je třeba neopomenout, že přeměny dusíku v půdě (amonizace, nitrifikace, denitrifikace, biologická sorpce) v půdě jsou velmi rychlé, a jeho pohyblivost především v nitrátové formě, je v profilu půdy velmi snadná (Neuberg, Klabanová 1989). Plevelný druh je tedy schopen růst i na stanovištích s malou zásobou dusíku, na rozdíl od kulturních druhů a tato živina pro něj není v takové míře limitujícím prvkem, což jen dále potvrzuje jeho značnou přizpůsobivost.

6. ZÁVĚR

Výsledky vyplývající z ekologického sledování při srovnávacích pokusech ukázaly, že chování druhů vůči stresovým faktorům mezi něž patřila disturbance a různý substrát bylo předvídatelné, byl tedy potvrzen vliv těchto faktorů.. Reakce hybrida na užití odlišného substrátu by měla být předmětem dalšího zajmu. Disturbační činitel má menší vliv na chování *A. retroflexus*, který se jeví jako velmi odolný k poškození. Kulturní druhy odpovídají na poškození jasnější odezvou, ve většině případů redukcí svých parametrů.

Dále tyto druhy výrazněji reagují na rozdílné podmínky substrátu než druh plevelný.

Odezva hybrida na odlišné substrátové podmínky a další zkoumané vlivy (disturbance, kompetice) se pohybovala uprostřed spektra reakcí kulturního rodiče a plevele, jeho netečnost k substrátu by měla být lépe objasněna v dalších studiích.

Vlivy kompetice jsou nejvíce patrné u kulturních druhů ve výšce a biomase listů. Plevelný druh je ke kompetici ve většině případů málo citlivý a jeho charakteristiky (biomasa celková, květenství, výška, počet listů se velmi málo liší. Účinek kompetice na hybrida upozornil na jeho nestejnorodé reakce, což poukazuje na jeho značnou variabilitu..

Nepřítomnost jakýchkoli kulturních druhů amarantu včetně jejich vnitrodruhových kříženců poukazuje jasně na vazbu těchto rostlin ke klimatu, který je pravděpodobně hlavním faktorem ovlivňující jejich výskyt. Zdomácnění druhů bude nejspíše vázáno na teplejší oblasti, což vysvětluje doporučení pěstovat kulturní amarant v řepařských a kukuřičných výrobních oblastech.

Počty semenáčku vyskytujících se pouze na plochách s menším obsahem PO_4 a NO_3 ukazují negativní vztah plevele k lokalitám s větším obsahem těchto živin. Obsah fosforu je podle rozborů velmi vysoký, obsah dusíku naplňuje v těchto podmínkách optimum. Negativní reakce k NO_3 nemusí souhlasit s chováním kulturních druhů u kterých se naopak předpokládá kladný vztah k dusíku.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Aufhammer, W., 2000: Pseudogetreidearten- Buchweizen, Reismelde und Amarant. Stuttgart, Ulmer. 262.

Baskin, J. M. and C. C. Baskin. 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. Pages 53–65 in M. Leck, V. Parker, and R. Simpson, eds. Ecology of Soil Seed Banks. San Diego, CA: Academic.

Becker, R., E.L. Wheeler, K. Lorenz, A.E. Stafford, O. K. Grosjean, A.A. Betschart, and R.M. Saunders. 1981. A composition study of amaranth grain. J. Food Sci. 46:1175-1180

Ball, D. A. and M. J. Shaffer. 1993. Simulating resource competition in multispecies agricultural plant communities. Weed Res. 33:299–310.

Ballare, C. L. 1999. Keeping up with the neighbours: phytochrome sensing and other signaling mechanisms. Trends Plant Sci. 4:97–102.

Barkley, T. M., ed. 1986. Flora of the Great Plains. Lawrence, KS: Great Plains Flora Association, University of Kansas. pp. 179–184.

Brainard, D. C., R. R. Bellinder, and A. DiTommaso, 2005 Effects of canopy shade on the morphology, phenology, and seed characteristics of Powell amaranth (*Amaranthus powellii*). Weed Science, 53:175–186.

Brenner, D. and H. Hauptli. 1990. Seed shattering control with indehiscent utricles in grain amaranth. Legacy 3:2-3 Amer. Amaranth Ind., Brice Lynn, MN

Bussan, A. J. and C. M. Boerboom. 2001. Modeling the integrated management of velvetleaf in a corn-soybean rotation. Weed Sci. 49:31–41.

Cervantes J. M. S. 1990. Amaranth (*amarant spp*) as a forage. In: Amaranth perspectives on production processing and marketing. Minnesota:47-54.

Dostál J. 1989. Čeled' Amaranthaceae – laskavcovité. – In: Dostál J., Nová květena ČSSR–, Academia, Praha, 1. p. 214–220.

Diamond, J. 1986. Overview: Laboratory experiments, field experiments, and natural experiments. - In: Diamond, J. & Case, T.J. (eds.), Community Ecology: 3-22. Harper & Row, New York.

Espitia-Rangel E. 1994 Breeding of Grain Amaranth. – In: Peredes-Lopéz O. [ed.], Amaranth Biology, Chemistry and Technology. p. 23 – 38. - CRC Press.

Fernández E., Plchová R. 1997.; Málo známé plodiny And.(*Amaranthus caudatus* L.). Farmář 7-8, p.12

Frey 1974 . Rodzaj *Amaranthus* Z. v Polsce Fragm. Flor. Geobot. 20 : 143-201

Gallagher, R. S. and J. Cardina. 1998. Phytochrome-mediated *Amaranthus* germination I: effect of seed burial and germination temperature. Weed Sci. 46:48–52.

Ghorbani, R., W. Seel, and C. Leifert. 1999. Effects of environmental factors on germination and emergence of *Amaranthus retroflexus*. Weed Sci. 47:505–510.

Gregorová H. 1993. Pestovanie amarantu na zelené kŕmenie po ozimých mezipločinách. Zborník Biologizácia rastlinej výroby IV., VŠP Nitra

Greizerstein, J., E., et Poggio.1992. Estudios citogeticos de seis hibridos interspecificos de *Amaranthus* (amaranthaceae).-Darwiniona, Buenos aires, 31(1-4) :159-165

Gupta V.K., Gudu S. 1991. Interspecific hybrids and possible phylogenetic relations in grain amaranths. Euphytica, 52: 33-38.

Horváth, J. 1991. *Amaranthus* species (Family Amaranthaceae) as hosts of Plant Viruses: A Review. – *Acta Phytopatologica et Entomologica Hungaria*, Keszthely, 26(3-4) : 385-422.

Jarošová J. 1997. Charakteristika odrůd amarantu vhodných pro pěstování v ČR. – *Rostlinná výroba*, Praha, 11: 26–27.

Jarošová J. et al. 1998. Pěstování a využití amarantu. – *Metodiky pro zemědělskou praxi*. – MZE ČR.

Jehlík V. 1990. 54. *Amaranthaceae* Juss. – Laskavcovité. – In: Hejný S. et Slavík B. [eds.], *Květena ČR 2*: 291–220. – Praha.

Kalač P, Moudrý J. 2000. Chemické složení a nutriční hodnota semen amarantu. *Czech J. Food Sci.*, Vol. 18, No. 5, : 201-206

Knezevic, S. Z., M. J. Horak, and R. L. Vanderlip. 1997. Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) emergence is critical in pigweed-sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) competition. *WeedSci.* 45:502–508.

Kigel, J. 1994. Development and ecophysiology of amaranths. Pages 39–73 in O. Parede-Lopez, ed. *Amaranth Biology, Chemistry, and Technology*.

Kropff, M. J. and H. H. van Laar, eds. 1993. *Modelling Crop-Weed Interactions*. Wallingford, UK: CABI. Pp. 25–30, 157.

Kulakow A. P., Hauptli H. 1994. Genetic Charakterisation of Grain Amaranth. – In: Perede-López O. [ed.], *Amaranth Biology, Chemistry and Technology*. p. 9 –22.- CRC Press.

Lanta V. 2001. Genetické důsledky introdukce nové alternativní plodiny amarantu pro plevelné druhy rodu *Amaranthus*. 56 pp. [dipl. pr. depon. in Katedra botaniky PrF Univerzity Palackého v Olomouci].

Lanta V. et al. 2003. Morphometric analysis and seed germination of *Amaranthus cruentus*, *A. retroflexus* and their hybrid (*A. x turicensis*). Plant, Soil and Environment, 49: 367-369.

Lehman, J.. 1991. Lipid of grain and feral amaranths. Legacy 4:2-6 Amer. Amaranth Ind., Briceyn, MN.

Lyon, C.K. and R. R. Becker. 1987. Extraktion and Regininy of oil from amaranth seed. Am. Oil Chem. Soc. 64:233-236

McDonald, A. J. and S. J. Riha. 1999. Model of crop:weed competition applied to maize: Abutilon theophrasti interactions. I. Model description and evaluation. Weed Res. 39:355–369.

McLachlan, S. M., C. J. Swanton, S. F. Weise, and M. Tollenaar. 1993a. Effect of corn-induced shading and temperature on rate of leaf appearance in redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). Weed Sci. 41:590–593.

Menges, R. M. 1987. Allelopathic effects of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and other plant residues in soil. Weed Sci. 35:339–347.

Menges, R. M. 1988. Allelopathic effects of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) on seedling growth. Weed Sci. 36:325–328.

Morgan, D. C. and H. Smith. 1976. Linear relationship between phytochrome equilibrium and growth in plants under simulated natural radiation. Nature 262:210–212.

Moudrý J., Vavreínová S. 1998. Chemical composition of amaranth seeds. In :Proc. Int. Cont. Cereals for Human Health and Preventive Nutrition, Brno

Muravjeva A., Tchernov j., Iljasov A., Yenkeev K 1992. The role of *Amaranthus cruentus* L. stem in water storage. Abstr. Pap. Int. Symp. Olomouc, p. 16

Murphy, S. D., Y. Yankuba, S. F. Weise, and C. J. Stanton. 1996. Effect on planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. *Weed Sci.* 44:856–870.

Neuberg et al 1989. Komplexní metodika výživy rostlin, Ústav vědecko technických informací pro zemědělství, p.77 242

Oryokot, J.O.E., S. D. Murphy, A. G. Thomas, and C. J. Swanton. 1997. Temperature- and moisture-dependent models of seed germination and shoot elongation in green and redroot pigweed (*Amaranthus powellii*, *A. retroflexus*). *Weed Sci.* 45:488–496.

Peredes-Lopéz O.1994. Amaranth Biology, Chemistry and Technology. Irapuato, Mexico, p. 223

Petr, 1997. Amaranth- plodina 21. století. Úroda, Praha, 1:22-23.

Popenoe H. et al. 1989. Lost crops of the Incas. – Nat. Acad. Press. Washington DC. 161 p.

Priszter S. 1958. Über die bisher bekannten Bastarde der Gattung *Amaranthus*. *Bauhinia*, 1:126 – 135.

Samson, D. A. and K. S. Werk. 1986. Size dependent effects in the analysis of reproductive effort in plants. *Am. Nat.* 127:667–680. species of annual plants. *Ecology* 73:648–656.

Sauer J. D. 1967. The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. – *Ann. Missouri Bot. Gard.*, St. Louis, 54: 103–137.

Schmitt, J. 1997. Is photomorphogenic shade avoidance adaptive? Perspectives from population biology. *Plant Cell Environ.* 20:826–830.

Schulte, E.E., J.B. Peters, and K.A. Kelling. 1991. The effect of soil pH and liming on the yield and duality of crops. Ann. Rpt. to the wisconsin Dept. Agr. Trade and Consumer protection. Project 1813 , Dept. Soil Sci., Univ. Wisconsin, Madison.

Sultan, S. E. 2000. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. Trends Plant Sci. 5:537–542.

Stallknecht, G.F. and J.R. Schulz-Schaeffer.1993. Amaranth rediscovered. p. 211-218.In: Janick and Simon (eds.), New crops.Wiley, New York.

Steckel, L. E., C. L. Sprague, F. W. Simmons, G. Bollero, A. Hager, E. W. Stoller, and L. M. Wax. 2001. Tillage and cropping effects on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) emergence and seed bank distribution over four years. Weed Sci. Soc. Am. Abstr. 41:321.

Taylorson, R. B. and S. B. Hendricks. 1969. Action of phytochrome during prechilling of *Amaranthus retroflexus* L. seeds. Plant Physiol. 44:821–825.

Weaver, S. E. and E. L. McWilliams. 1980. The biology of Canadian weeds. *Amaranthus retroflexus* L., *A. powellii* S. Wats. and *A. hybridus* L. Can. J. Plant Sci. 60:1215–1234.

Weaver, S. E. and A. G. Thomas. 1986. Germination responses to temperature and atrazine-resistant and susceptible biotypes of two pigweed (*Amaranthus*) species. Weed Sci. 34:865–870.

Weiner, J. and S. C. Thomas. 1992. Competition and allometry in three species of annual plants. Ecology 73:648–656.

Wright, S. R., H. D. Coble, C. D. Raper, Jr., and T. W. Rufty, Jr. 1999. Comparative responses of soybean (*Glycine max*), sicklepod (*Senna obtusifolia*) and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to root zone and aerial temperatures. Weed Sci. 47:167–174.

