

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Vliv aplikace prekurzorů auxinu na osivo na růst a vývoj máku

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jiří Petrásek

Vedoucí práce: Ing. Pavel Cihlář, Ph.D.

© 2013 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Vliv aplikace prekurzorů auxinu na osivo na růst a vývoj máku" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. dubna 2013

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Pavlu Cihlářovi, Ph.D. za věcné připomínky a rady při zpracování diplomové práce a za jeho zásadní podíl na přesných pokusech, na kterých je tato práce postavena.

Vliv aplikace prekurzorů auxinu na osivo na růst a vývoj máku

Efekt of auxins precursors application to seed on the growth and development of poppy

Souhrn

Diplomová práce byla zpracována na Fakultě agrobiologie přírodních a potravinových zdrojů ČZU v Praze, s hlavním záměrem ověřit vliv růstových stimulátorů aplikovaných formou moření osiva na výnosovou odezvu máku setého (*Papaver somniferum L.*).

Širší smysl diplomové práce je charakterizován jejím cílem, kterým je ověření morfologické i produkční odezvy máku setého na aplikaci stimulátoru na principu prekurzorů auxinu na osivo, pro posílení porostů máku od časných vývojových fází. Stimulační ošetření osiva máku se tudíž jeví jednou z možností, jak posílit porosty a tím dosáhnout vyšší schopnosti eliminovat ročníkové vlivy i negativa spojená s pesticidní ochranou.

V rámci dvouletého přesného maloparcelkového pokusu na Výzkumné stanici ČZU v Praze v Červeném Újezdu byla vyhodnocována reakce máku na stimulační moření, a to v období začátku stonkování na objem kořenového systému a tvorbu nadzemní biomasy. Dále byl hodnocen vliv na výnosotvorné prvky a přímé produkční ukazatele. Konkrétně se jednalo o výnos semen, HTS, počet tobolek na čtvereční metr a průměrnou hmotnost semen v jedné tobolce.

Na variantách s osivem ošetřeným přípravkem M-Sunagreen bylo v sezóně 2009 dosaženo výnosu semen na úrovni 120,72 % kontrolní varianty (kontrola - 1,2425 t/ha), o rok později dosáhla výnosová odezva 107,02 % výnosu stimulačně nemořené kontroly (kontrola - 1,3525 t/ha). V obou sezónách (2009 i 2010) byla zaznamenána větší rozkolísanost naměřených hodnot HTS v porovnání se stimulačně nemořenou kontrolou. Tento negativní projev byl zaznamenán hlavně v roce 2009, kdy došlo k nárůstu počtu tobolek na m² o 8,33 %. K propadu došlo v případě hodnoceného kritéria hmotnosti semen v makovici na hodnotu 95,21 % kontrolní varianty v roce 2009 a na hodnotu 91,01 % kontroly v sezóně 2010. Vzhledem k opakování propadu v obou ročnících se může jednat o problematický projev stimulačního moření osiva máku. Lze se domnívat, že se zde projevila reakce rostliny, které byl vhodným stimulačním zásahem zvednut výnosový potenciál, ale omezen přístup k živinám (2009 – sucho cca do 15. května, 2010 – extrémní květnové srážky).

Výrazně se aplikace „auxinového“ stimulátoru na osivo máku odrazila v navýšení hmotnosti kořenového systému, a to o 16,75 % (na 23,7 g) ve srovnání s kontrolní variantou a současně, v rámci stejného odběru (10.6.2010), byl naměřen nárůst hmotnosti nadzemní části rostlin o 50 %. Odběr vzorků pro uvedené zhodnocení byl uskutečněn cca 2,5 měsíce po zasetí, tedy někdy ve vývojové fázi začátku stonkování, to znamená v době intenzivní tvorby biomasy.

Zvýšení objemu kořenů se jeví jako primární odezva rostlin na ošetření osiva přípravky na bázi prekurzorů auxinu. Mohutnější kořenový aparát s vyšší výkoností je schopen lepšího příjmu živin. Dochází k posílení nadzemní části rostlin a silnější porost je schopen lépe čelit ročníkovým vlivům, což se odráží ve výrazné výnosové odezvě.

Klíčová slova: mák, stimulátory, auxin, osivo, kořen

Vliv aplikace prekurzorů auxinu na osivo na růst a vývoj máku

Efekt of auxins precursors application to seed on the growth and development of poppy

Summary

This thesis was elaborated at FAPPZ ČZU in Prague with the aim to verify the effect of growth stimulants of seeds for sowing applied by means of dipping on the yield of poppy (*Papaver somniferum L.*).

The overall sense of this thesis is specified by its aim which is verifying the morphological and production response of poppy to application of auxin precursors stimulants on the seeds for sowing in order to reinforce the growth of poppy from its early stages of development. This treatment of seeds for sowing by stimulants hence appears as one of the ways of reinforcing the growth and obtaining higher capability to eliminate the impact of weather conditions and negative effects connected with pesticide protection.

Within the framework of a two-year exact experiment in small allotments in Research Centre ČZU in Prague - Červený Újezd the response of poppy to stimulative dipping was evaluated, specifically the response in the beginning of stemming in terms of the volume of root system and production of organic mass above the ground. Furthermore, the impact on yield-bringing factors and direct production indicators was measured. Specifically the yield of seeds, WTS (the weight of one thousand seeds), the number of poppy-heads per square meter and the average weight of seeds in one poppy-head.

In the variant with seeds for sowing treated with M-Sunagreen the yield at 120,72% of the control variant was obtained in 2009 season (the yield per hectare of the control variant was 1,2425 tons). A year later the yield obtained was at 107,02% of the control variant not treated with stimulants (the yield per hectare of the control variant was 1,3525 tons).

In both seasons (2009 and 2010) a greater oscillation in the measured values of WTS was recorded compared to control variant not treated with stimulants. This negative effect manifested mainly in 2009 when the number of poppy-heads per square meter increased by 8,33%. The weight of seeds in the poppy-head fell down to 95,21% of the control variant in 2009 and to 91,01% in 2010. Considering the recurring incidence in both seasons the question is whether this might be a negative effect of the stimulative dipping of poppy seeds

for sowing. One can assume that this could be a response of a plant the yield potential of which was increased by a favourable stimulant but at the same time its access to nutrients was limited (in 2009 - drought till 15th May, in 2010 - extreme rainfalls).

The treatment of poppy-seeds for sowing with auxin stimulant manifested considerably in an increase of the weight of the root system by 16,75% (to 23,7 g) compared to the control variant, as well as in an increase of the weight of the organic mass above the ground by 50% within the same sample. Samples for the above mentioned evaluation were taken 2,5 months after sowing which is sometime in the developmental stage of the beginning of stemming, that is in the period of intensive production of organic mass.

The increase in the volume of roots appears to be the primary response of plants to the treatment of the seeds for sowing with agents based on auxin precursors. Sizeable root system with higher performance is capable of better absorption of nutrients. The parts of plants above the ground are strengthened and thus capable of facing the impact of weather conditions better which manifests in considerable increase in the yield.

Keywords: poppy, stimulators, auxin, seed, root

Obsah

1 ÚVOD	10
2 CÍL PRÁCE	11
3 LITERÁRNÍ VÝTAH	12
3.1 Mák setý (<i>Papaver somniferum</i> L.)	12
3.1.1 Historie pěstování máku a jeho členění.....	12
3.1.2 Rozšíření ploch máku setého	14
3.1.3 Systematické řazení máku	16
3.1.3.1 Čeleď: Papaveraceae - makovité.....	16
3.1.3.2 Rod: Papaver	16
3.1.4 Morfologie	17
3.1.4.1 Vegetativní orgány máku setého	17
3.1.4.2 Generativní orgány máku setého.....	18
3.1.5 Ideotyp máku setého	21
3.1.6 Růst a vývoj máku setého	21
3.1.7 Výnosotvorné prvky máku setého	24
3.1.8 Půdní a klimatické požadavky máku setého.....	25
3.1.8.1 Nároky máku na klimatické podmínky	25
3.1.8.2 Nároky máku na půdní podmínky	26
3.1.9 Osivo máku	27
3.1.9.1 Biologická charakteristika semen.....	27
3.1.9.2 Funkce fytohormonů v semenech	28
3.1.9.3 Požadavky na kvalitu osiva.....	29
3.1.9.4 Ošetření osiva – moření	30
3.2 Přirozené fytohormony	31
3.2.1 Auxiny	32
3.2.1.1 Metabolismus IAA v rostlinách	33
3.2.1.2 Syntetická analoga auxinů.....	34
3.2.1.3 Působení auxinů v rostlinách	34
3.2.2 Ostatní významné přirozené fytohormony.....	37
3.3 Stimulační přípravky určené k aplikaci na osivo	39
3.3.1 Přípravek M-Sunagreen, stimulátor auxinového typu	40
3.3.1.1 Mechanismus biologického účinku přípravku M-Sunagreen	40
3.4 Význam ošetření osiva stimulačními látkami.....	42
3.4.1 Smysl ošetření osiva přípravkem M-Sunagreen	42

3.4.1.1	Ovlivnění počátečních vývojových fází.....	42
3.4.1.2	Ovlivnění kořenové soustavy	43
3.4.1.3	Ovlivnění nadzemní části rostlin, vliv na výnosotvorné prvky	44
3.4.2	Význam ošetření osiva máku setého přípravkem M-Sunagreen.....	44
4	MATERIÁL A METODY	46
4.1	Charakteristika pokusné lokality	46
4.1.1	Půdní charakteristika	46
4.1.2	Hydrologické a geomorfologické poměry.....	47
4.1.3	Povětrnostní podmínky.....	47
4.2	Charakteristika pokusu založeného v roce 2009	48
4.2.1	Variety pokusu	48
4.2.2	Agrotechnické postupy a související pracovní operace	48
4.2.3	Průběh počasí	49
4.3	Charakteristika pokusu založeného v roce 2010	49
4.3.1	Variety pokusu	49
4.3.2	Agrotechnické postupy a související pracovní operace	50
4.3.3	Průběh počasí	50
4.4	Charakteristika odrůdy a použitých přípravků.....	51
4.4.1	Odrůda máku setého, Major.....	51
4.4.2	Aplikované přípravky	51
4.5	Statistické zpracování.....	52
5	VÝSLEDKY	53
5.1	Hodnocení morfologických a produkčních ukazatelů.....	53
5.1.1	Výnos semen.....	53
5.1.2	Hmotnost semen v jedné makovici	57
5.1.3	HTS	60
5.1.4	Počet makovic na 1 m ²	61
5.1.5	Hodnocení kořenů a nadzemní části	62
5.1.6	Polehnutí porostu	63
6	DISKUZE	64
7	ZÁVĚR	69
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	70
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	76
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	77

1 Úvod

Mák jako kulturní plodina vyniká dlouhou historií pěstování, která sahá od starověku až dodnes. V průběhu vývoje lidské civilizace se smysl jeho pěstování měnil. Zásadní bylo vždy využití alkaloidů, které mák obsahuje. Jasně o tom svědčí už sám název - slovo „opium“ má základ v řeckém „opion“ – maková šťáva nebo „opos“ – rostlinná šťáva.

Ve starověku bylo využití máku zaměřeno na léčebné účely. Latex sloužil především jako léčivo pro zmírňování bolesti a pro své spánkotvorné účinky. S koncem starověku a počátkem středověku, s rozšířením Arabské říše, dochází ke konzumaci opia mezi vojáky, jde v podstatě o „rozšíření“ narkomanie.

Pěstování máku pro léčebné účely (farmaceutické účely) a pro výrobu narkotik zůstalo dodnes, pouze se přidala třetí hlavní oblast, pro nás naprosto přirozená, potravinářství. V současné době je mák pro legální využití (semeno, makovina) pěstován v Evropě, a to především ve slovanských zemích a Turecku, dále v Asii, Tasmánii, ale také ve střední Americe. Plochy pro nelegální pěstování máku, cca 2/3 celkové světové výměry máku, se koncentrují v oblastech Afghánistanu a Myanmaru.

Česká republika zaujímala, spolu s Tureckem, celosvětově v pěstování máku na semeno dominantní postavení. V ČR jde, v podstatě výhradně, o mák modrosemenný. V posledních třech letech se ale osevní plochy máku v České republice velmi významně snížily, kdy s „dlouhodobě obvyklých“ 40 – 50 tis. ha klesla výměra v roce 2012 na necelých 20 tis. ha a pro rok 2013 také není předpoklad návratu k opuštěným pozicím. Předpokládá se zasetí cca 25 tis. ha. Hlavním důvodem je nízká farmářská cena v kombinaci s relativní rizikovostí jeho pěstování. Cena v posledních několika měsících opět roste.

Uvedené riziko spočívá v citlivosti máku k ročníkovým vlivům, což se projevuje značnými výkyvy ve výnosech semen jednotlivých let. Obecně to znamená, že cesta ke zvýšení výnosové hladiny máku, resp. k její stabilizaci, vede přes omezení jeho citlivosti vůči abiotickým vlivům (ročníkové vlivy, stresy způsobené pesticidní ochranou). Jako možnost se v této souvislosti jeví uplatnění nového intenzifikačního vstupu, kterým se ošetření osiva stimulačním přípravkem spolu s „klasickým“ mořidlem.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je ověření morfologické i produkční odezvy máku setého (*Papaver somniferum* L.) na aplikaci stimulátoru na principu prekurzoru auxinů na osivo. Jedná se o nový intenzifikační vstup, jehož smyslem je posílení porostů máku od časných vývojových fází. Stimulační ošetření osiva máku se jeví jednou z možností, jak posílit porosty a tím dosáhnout vyšší schopnosti eliminovat ročníkové vlivy i negativa spojená s pesticidní ochranou.

Ověření reakce rostlin máku v rámci dvouletého přesného pokusu a vyhodnocení výnosové odezvy na stimulační ošetření osiva je důležité, i s ohledem na ročníkové vlivy, pro širší uplatnění stimulačního moření osiva v zemědělské praxi.

3 LITERÁRNÍ VÝTAH

3.1 Mák setý (*Papaver somniferum* L.)

Mák setý, správněji snodárný či spánkodárný (*Papaver somniferum* L.). (Vašák a Vlk 2010).

3.1.1 Historie pěstování máku a jeho členění

Historie a původ máku setého

Mák je odedávna pěstovanou jednoletou rostlinou. Počátky jeho pěstování se datují hluboko do historie. Nejstarší archeologické nálezy máku pochází z neolitu s objevy zbytků tobolek přechodné formy mezi *Papaver setigerum* a *Papaver somniferum* (Novák 1990) a mladší doby kamenné (Vašák a Vlk 2010).

Typickým pěstitelem máku setého (*Papaver somniferum* L.) je Turecko, kde je mák tradiční rostlinou již od starověku (od cca 3.000 let př. n. l.) (Vašák a Vlk 2010). Starým Egypťanům, Řekům a Římanům sloužil latex jako léčivo pro zmírňování bolesti, spánkotvorné účinky máku znali i Sumerové (Novák 1992). Ve starověku se tedy máku využívalo především jako sedativa, tzn. mák byl zdrojem opia. Kritikos a Papadaki (1967) publikovali, že Hippokrates často zmiňuje použití máku v léčebných přípravcích, že mluví o hypnotických, omamných a také projímavých účincích „makové šťávy“. V této souvislosti není bez zajímavosti, že slovo „opium“ má základ v řeckém „opion“ – maková šťáva nebo „opos“ – rostlinná šťáva.

Opium a s ním spojená narkomanie se z Řecka rozšířilo na území Malé Asie, kde po rozšíření arabského Kalifátu v VII. století vojáci dostávali místo vína opium (Vašák a Vlk 2010), a dál na východ. Důsledky, mnohdy neutěšené situace spojené s konzumací opia, jsou jasně patrné dodnes. V některých zemích mák prakticky nelze pěstovat s výjimkou důsledně evidovaných a sledovaných ploch určených pro technické zpracování, tedy pro farmaceutický průmysl.

V historickém kontextu se vyvíjely i důvody pěstování máku, respektive jeho využití. Odedávna se jedná o technické (lékařské), v menší míře také potravinářské využití, svou roli hrály také okrasné účely a šamanismus. Evropa pěstuje mák, bez znalosti opia, od středověku pro semeno a jako dekorativní rostlinu (Novák 1992).

Vlastní původ máku setého není jednoznačně určen, s velkou pravděpodobností lze za jeho mateřskou rostlinu považovat *Papaver setigerum* (Novák 1990), který byl popsán De Condollem v roce 1815 (Bechyně a Novák 1987). Novák (1990) v této souvislosti uvádí za oblast původního výskytu *Papaver somniferum* L. západní část Středomoří. Naproti tomu stojí názor, který vychází z předpokladu, že *Papaver setigerum* není planou formou *Papaver somniferum* L. (Vašák a Vlk 2010) a tudíž ani západní středomoří není místem původního výskytu máku setého.

Členění máku setého

Novák (1992) rozděluje odrůdy máku do dvou základních typů:

1. Opiové, charakterizované velmi dobře vyvinutým systémem cévních svazků, v jejichž floémové části se nacházejí mléčnice s vysokým obsahem alkaloidů v latexu, s hladkými tobolkami v technické zralosti.
2. Olejnaté (semenné), jejichž systém cévních svazků je vyvinut podstatně slaběji a jejich latex je významně chudší na alkaloidy. Tobolky olejnatých odrůd jsou na povrchu hrbokovité.

V případě rozdělení máku na opiové a olejné se dá též mluvit o rozdělení podle využití na technické (průmyslové) a potravinářské (Vašák a Vlk 2010). Technické využití v sobě zahrnuje i následnou syntézu heroinu z nelegálně pěstovaných ploch.

Semena máku alkaloidy neobsahují (Bechyně a Novák 1987). Pro průmyslové zpracování (vytěžení alkaloidů), hlavně morfinu a thebainu, se používá suchá drcená makovina. Obsah alkaloidů v makovině se liší podle odrůdy. V našich podmínkách dosahuje maďarská modrosemenná odrůda Buddha až 2,5 % morfinu v suché makovině (Vašák a Vlk 2010).

Další hlediska pro členění máku setého:

- „ozimost“ - dělení na jarní a ozimý, kdy v pěstitelských technologiích v České republice jednoznačně převládá jarní forma
- barva semen - bílá, modrá, šedá, apod.
- barva květů - bílá, fialová, červená.

3.1.2 Rozšíření ploch máku setého

Celosvětový pohled

Celosvětové rozložení osevních ploch *Papaver somniferum* L. v posledních 30 letech zaznamenalo značný vývoj (Tab. 1). Mák pro legální využití (semeno, makovina) se v současnosti pěstuje v Evropě, zvláště pak ve slovanských zemích a Turecku (Vašák a Vlk 2010), dále v Asii, Tasmánii (Austrálie), ale také ve střední Americe (Vlk 2010). Evropa, i zde platí dominance slovanských zemí, je hlavním konzumentem makového semene a je také jeho hlavním producentem Vašák a Vlk (2010).

Tab. 1: porovnání ploch osetých mákem – 1985 / 2007 (Bechyně a Novák 1987, Vlk 2010)

	Plochy legálně pěstovaného máku (ha)		Plochy nelegálně pěstovaného máku (ha)	
	1985	2007	1985	2007
Česká republika	12.000	53.710	---	---
Slovensko		1.200	---	---
Turecko	22.950	24.603	---	---
Ukrajina (SSSR)	(15.000)	10.400	---	---
Tasmánie (Austrálie)	(6.050)	8.498	---	---
Španělsko	3.040	7.088	---	---
Indie	32.000	5.913	---	---
Afghanistan	---	---	0	193.000
Barma (Myanmar)	---	---	60.000	27.700
Irán	---	---	30.000	0

Velký podíl, cca 2/3 celkové světové výměry pěstovaného máku, ale zauímají nelegální plochy (Tab. 1) zaměřené na produkci latexu určeného k výrobě drog. Jedná se prakticky výhradně o Asii, kde pouze došlo k přesunům nelegálních ploch máku mezi regiony. Před 50 lety byly hlavními producenty ilegálního opia Indie, Turecko a Irán, kde se v tomto období vyvinula metoda nařezávání zelených makovic pro sběr vytékajícího latexu (Šalomon a Labun 2009). Ztuhnutím latexu vzniká opium, z něho bylo izolováno asi 50 alkaloidů (Novák a Skalický 2009). Evered (2011) v této souvislosti uvádí, že Spojené státy nutily Turecko vymýtiti

pěstování máku s cílem snížit tok heroinu do USA. V devadesátých letech dvacátého století byla „světovým opiovým centrem“ Barma (Vlk 2010) s cca 150 tis. ha, ale v posledních letech je vůdčí zemí Afghanistan s odhadovanou plochou na úrovni 190 tis. hektarů. Clark et al. (2010) vidí možnost řešení tohoto celosvětového problému v umožnění afghánským zemědělcům legálně pěstovat mák pro lékařské využití morfia pro potřeby především chudých zemí.

Pozice České republiky na evropském trhu

Mezi státy s nejvýznamnější pozicí na „legálním makovém trhu“ patří také Česká republika, což je patrné z celkové výměry máku setého i z průměrné výnosové hladiny, které je v ČR dlouhodobě dosahováno (Tab. 2).

Tab. 2: Osevní plocha a průměrný roční výnos v ČR a Turecku v letech 2007-2010 (Lohr 2013, ČSÚ 2013)

	Česká republika		Turecko	
	Průměrný výnos (t/ha)	Plocha k 31.5. (ha)	Průměrný výnos (t/ha)	Plocha (ha)
2010	0,46	51.103	0,71	51.897
2009	0,61	53.623	0,70	48.893
2008	0,71	69.793	0,54	20.043
2007	0,58	56.915	0,37	24.586

V následujících letech klesla výměra máku v České rep. na 31.495 v roce 2011, resp. 18.363 v loňském roce (ČSÚ 2013). Šimek (2013) vidí jako stěžejní důvody prudkého poklesu osevních ploch máku v nízkých farmářských cenách, ve ztrátě dobrého jména českého máku vlivem přimíchávání dovezených levných technických máků do kvalitní tuzemské produkce a jako negativní faktor považuje také „zemědělsko-energetickou“ politiku EU. Zmíněný problém s nekvalitními dovozy se daří řešit Turecku, jež se začalo specializovat na trh Indie a mění strukturu odrůd směrem bělosemenným (Šimek 2013).

3.1.3 Systematické řazení máku

Dle taxonomického členění patří mák setý (*Papaver somniferum* L.) do (Novák a Skalický 2009):

Regnum - říše: Rostliny

Divisio - oddělení: Magnoliophyta

Classis - třída: Magnoliopsida (Dicotyledonae) - dvouděložné

Ordo - řád: Papaverales - makotvaré

Familia - čeleď: Papaveraceae – makovité

Genus – rod: *Papaver*

3.1.3.1 Čeleď: Papaveraceae - makovité

Charakteristikou čeledi Papaveraceae je přítomnost článkovaných mléčnic vyplněných latexem (mléčnou emulzí), který obsahuje alkaloidy, bílkoviny, glycidy, apod. (Novák a Skalický 2009). Patří sem jednoleté i vytrvalé rostliny s velkými jednotlivými aktinomorfními květy, v případě menších květů se jedná o „chudá“ květenství, listy jednoduché, celistvé nebo dělené (Novák a Skalický 2009). Rostliny čeledi Papaveraceae jsou rozšířeny zejména v mírném pásmu severní polokoule (Novák 1992)

3.1.3.2 Rod: *Papaver*

Do rodu *Papaver* (mák) se řadí asi 120 druhů (Bechyně a Novák 1987). Další klasifikace rozděluje rod *Papaver* do 10 sekcí, které se vzájemně liší morfologickými vlastnostmi, složením alkaloidních spekter, geografickým rozšířením, karyologicky, aj. (Novák 1992). V rámci stávající klasifikace sekce *Papaver* zastřešuje pouze dva jednoleté (příp. ozimé) druhy, jsou jimi mák setý (*Papaver somniferum* L.) a mák štětinatý (*Papaver setigerum* DC.) (Bechyně 2010).

Základní chromozómové číslo sekce *Papaver* $x = 11$ je v rámci rodu jedinečné, většinou se vyskytují jedinci diploidní ($2n = 22$), velmi zřídka též tetraploidní ($2n = 44$) (Bechyně a Novák 1987). Bechyně (2010) uvádí jako pro rod charakteristickou a společensky významnou přítomnost morfinanových (morfin, kodein, thebain) a ftalidisochinolinových (narkotin) alkaloidů s tím, že kodein a morfin byly prokazatelně izolovány pouze v rostlinách obou uvedených druhů.

3.1.4 Morfologie

Mák setý (*Papaver somniferum L.*) je jednoletá bylina obvykle s větvenou lodyhou, robusní, až kolem 2 m vysoká, lysá nebo řidčeji roztroušeně štětinatá (Novák 1990). Celá rostlina je prostoupena v oblasti floemu různě hustou sítí článkovaných mléčnic s latexem – mléčná šťáva, bílá koloidní suspenze obsahující kromě alkaloidů také bílkoviny, pryskyřice, kyseliny, slizy, cukry, barviva, vosky a jiné látky (Bechyně a Novák 1987). Maximální obsah morfinu v tobolkách je dosažen asi za pět až šest týdnů po odkvětu rostlin (Bechyně 2010). Harvest et al. (2009) zjistili, že výnos latexu na rostlinu je dědičným znakem a současně uvádějí, že nebyla prokázána korelace mezi obsahem latexu a výnosem morfinu. Podle Facchini a Deluca (1995) se alkaloidy tvoří a ukládají jak v nadzemní části, tak i v kořenech.

3.1.4.1 Vegetativní orgány máku setého

Kořenový systém

Vyvinutou kořenovou soustavu máku tvoří dužnatý, kulový, vretenovitý hlavní kořen s několika postranními silnějšími kořeny a větším počtem slabších postranních kořínků rostoucích mělce pod povrchem (Bechyně a Novák 1987). Hlavní kořen dosahuje délky 50 - 80 cm, u vzrůstnějších odrůd bývá i delší (Kutina a Novák 1992). V případě bezorebných technologií je hlavní kořen výrazně zkrácen a větví se na povrchu (Bechyně 2010). Celková hmotnost sušiny kořenové soustavy se pohybuje na úrovni 20 – 25% hmotnosti sušiny celé dospělé rostliny (Kutina a Novák 1992).

Klíční rostlina má jemný kořínek délkou mnohonásobně převyšující nadzemní část rostliny, je bohatě větvený mělce pod povrchem půdy (Bechyně a Novák 1987).

Lodyha

Lodyha je vzpřímená, hranatá, ortotropicky orientovaná k povrchu půdy s vnitřkem vyplněným dřevem. V závislosti na odrůdě mák dosahuje výšky od 50 do 200 cm, tento znak je ale ovlivněn i podmínkami stanoviště, počtem rostlin na jednotku plochy, ranností setby, výživou, ročníkovými vlivy aj. (Kutina a Novák 1992). Prakticky důležitým znakem je počet větví a rozdíl jejich délky, tj. výšky nasazení květů a tobolek (Bechyně a Novák 1987). Počet větví je také odrůdovým znakem máku, je ale silně ovlivněn sponem, ve kterém jsou rostliny

máku pěstovány – při počtu 10-20 rostlin/m² nasadí jedna rostlina 6 i více větví (Bechyně 2010). Odklon větví od stonku je vzpřímený až přímo odstávající (Bechyně a Novák 1987). V závislosti na hloubce uložení svazků cévních je stupeň hranatosti větví, přičemž počet cévních svazků (hran) odpovídá počtu paprsků bliznového terče (Bechyně a Novák 1987).

Lodyha má barvu šedo zelenou až modrozelenou s voskovým povlakem, nafialovělé zbarvení antokyany se objevuje po odkvětu a jeho intenzita odpovídá zbarvení hypokotylu, bazální skvrny petalů a tobolek (Kutina a Novák 1992). Dalším specifickým znakem máku setého je určitý stupeň štětinatosti. Pod květem může být lodyha lysá, slabě štětinatá až silně štětinatá (Kutina a Novák 1992). Naproti tomu Bechyně (2010) popisuje, že lodyha máku pod makovicí bývá zcela či vůbec nepokryta štětinami - ostny.

Listy

Mák setý je rostlina s ojíněnými přisedlými listy se zubatým okrajem objímajícími stonek srdčitou bází (Novák a Skalický 2009). List je bifaciální, svrchní a spodní epidermis je jednovrstevná s voskovým povlakem, ve spodní pokožce jsou průduchy (Kutina a Novák 1992). Listy se dělí na spodní – pod rozvětvením rostliny, střední – v jejichž úžlabině se stvoří větve, a horní – přisedlé k jednotlivým větvím (Bechyně 2010). První listy jsou řapíkaté, s čepelí podlouhlou až vejčitě podlouhlou, s ojedinělými zuby na okraji (Bechyně a Novák 1987).

Rozestavení listů na stonku je třířadově střídavé (Bechyně a Novák 1987). Olistěnost hlavní lodyhy je velká a má rozhodující význam pro asimilaci rostliny, olistěnost větví je malá (listy jsou malé) až žádná (Kutina a Novák 1992).

3.1.4.2 Generativní orgány máku setého

Poupata

Zevní část poupěte tvoří dva kališní lístky, které zúženou bází přisedají ke krčku semeníku a pevně objímají stočené plátky korunní s dalšími částmi květu (Bechyně a Novák 1987). Poupata mají tvar podlouhle oválný, vejčitý i opakvejčitý, délky 3,3 až 4,3 cm, šířku 1,5 – 2,5 cm, (Kutina a Novák 1992). Poupata jsou lysá, ojediněle s několika trichomy, žlutozelená až zelená (Bechyně a Novák 1987). Květní stopka je obvykle obarvena, po odkvětu zjizvena na místech, kde přisedaly tyčinky (tzv. tyčinkový pásek) (Kutina a Novák 1992).

Květy

Velké květy, vyrůstající na dlouhých stopkách, mají bílé fialové nebo červené korunní plátky se skvrnou na bázi (Novák a Skalický 2009). Nejdříve se otevírá květ na hlavním stonku. Květ odkvétá rychle po 1 – 2 dnech, pak koruna opadáva, po odkvětu je patrný úzký prstenec v místech, na která korunní plátky přisedaly (Bechyně a Novák 1987).

Květ má dva kališní lístky a čtyři korunní plátky (Bechyně 2010). Při rozkvětu odpadávají kališní lístky (kalich pravý) a čtyři v poupěti zchumlané korunní plátky se vyrovnávají kolem svrchního cenokarpního gynaecia s pseudolaminárními placentami s hustě a nepravidelně rozmístěnými četnými vajíčky (Bechyně a Novák 1987). Tyčinek je 100 – 250, sestavených v pěti kruzích, jsou tenké válcovité. Nítky mají fialovou barvu. Prašníky jsou žluté, červenofialové či modrošedé. Semeník je svrchní, tvořený několika plodolisty (4 – 24), z nichž každý vytváří jeden lalok blizny, která k semeníku přisedá, a v tobolce neúplnou přihrádku – lamelu (Kutina a Novák 1992). Pylová zrna mají eliptický tvar, některé pylové váčky pukají ještě před rozkvětem (asi 12 hodin) a uvolňují zralá pylová zrna. Zralý pyl se na bliznu dostává v průběhu rozkvětání (Bechyně a Novák 1987).

Mák je většinou samosprašný, částečně entomofilní. Za příznivého počasí dochází k cizosprašení až u 30% z celkového počtu oplozených vajíček, za deštivého počasí je podíl cizosprašení v rozmezí 5 – 10 % a méně (Bechyně a Novák 1987).

Tobolka (makovice)

Velikost a tvar tobolek jsou především odrůdovým znakem, avšak mohou být i silně ovlivněny podmínkami prostředí a agrotechnikou (Bechyně 2010). Tobolka máku, tzv. makovice může mít tvar úzce elipsoidní, široce elipsoidní, kulovitý, válcovitý, vejčitý, opaksrdčitý, ledvinovitý a jiný (Kutina a Novák 1992). Povrch je ojíňený, hladký nebo více či méně žebernatý (v místech přehrádek), popř. vrásněný nebo hrbolatý, za plné zralosti hnědý nebo žlutohnědý a u některých kultivarů (s antokyany) nafialovělý (Bechyně a Novák 1987).

Typ tobolky je charakterizován stavem otvorů pod bliznovým terčem v době zralosti. Může být téměř zcela uzavřená (mák slepák) nebo má pod paprsky blizny otvůrky, kterými se může semeno vyspat na zem (mák hledák) (Bechyně 2010).

Bliznový terč je tvořen laloky, v jejichž středu probíhají paprsky. Paprsek je vlastní blizna (jemného sametového charakteru), jejíž chmýří zadržuje pyl. Tvar bliznového terče je

rozmanitý, je znakem kultivaru, i když nikoli vyhraněným (Bechyně a Novák 1987). Tvar bliznového terče je buď střežový, talířový (rovný) nebo miskový. Nejlepší je tvar střežový, neboť se v korunce nedrží voda a mák méně trpí chorobami a černěmi (Bechyně 2010).

Tobolka má uvnitř nedokonalé nepravé přehrádky a přisedá na asi 0,1 m dlouhou stopku zvanou gynofor (Novák a Skalický 2009). Objem tobolky činí obvykle 15 – 35 cm³, délka 3,5 – 5,5 cm, šířka 2 – 4,5 cm, hmotnost plné tobolky 2 až 7,5 g, tloušťka stěn 0,7 – 0,9 mm. Podíl makoviny na hmotnosti plné tobolky je 1/3 až 2/5 (Kutina a Novák 1992). Hmotnost sušiny makovice je po dozrání asi o 15 % menší než v období maximálního růstu (Bechyně 2010).

Semeno

Semena mají tvar ledvinovitý, lehce zploštělý se zbrázděním ve formě polygonálních polí nebo smyček. Osemení tvoří pět vrstev – epidermis, vrstva krystalická, vláknitá, příčná a pigmentová (Kutina a Novák 1992). Průměrná hmotnost 1.000 semen se pohybuje kolem 0,55 g, zralé semeno obsahuje asi 45 % (42 – 55 %) polovysychavého oleje, 18 – 26 % dusíkatých látek, 16 – 24 % glycidů, celulózu, lecitin, anorganické látky, vodu. (Bechyně a Novák 1987). Embryo v semeni neobsahuje mléčnice ani alkaloidy (Kutina a Novák 1992). Uvnitř semene je malé embryo ze všech stran obklopené endospermem obsahujícím zásobní látky pro výživu zárodku (Bechyně a Novák 1987). V tobolkách může být až dvanáct tisíc semen, obvyklý je ale počet kolem čtyř až šesti tisíc a hmotnost semen 2 – 3 g na makovici (Bechyně 2010).

Barva semene závisí na pigmentaci obalu a patří k nejvýznamnějším znakům kultivaru; je v korelaci se zbarvením korunních lístků, i do určité míry s obsahem oleje v semeni a s obsahem morfinu (popř. dalších alkaloidů) v tobolce (Bechyně a Novák 1987). Barva osemení odrůd pěstovaných na našem území je modrá, šedomodrá, bílá, popř. okrová. Může být ale také stříbrošedá, fialová, růžová, hnědá někdy až černá. Tmavá = blankytně modrá barva osemení je současně určitou garancí typické makové chuti máku, bílá a obecně světlá semena mají nevýraznou chuť a vůni (Bechyně 2010).

3.1.5 Ideotyp máku setého

Ideotyp rostliny máku velmi úzce souvisí s typem porostu, v němž je mák pěstován – pro velkovýrobní podmínky je vhodnější hustší porost s počtem až 100 rostlin/m², před sklizní 65 až 70 rostlin/m², což je asi 100 makovic/m² (Bechyně 2010).

Mezi základní znaky ideotypu z hlediska produkce patří (Bechyně 2010):

- výnos semene: ... 2,0 – 2,2 t/ha,
- výnos makoviny: ... 1,4 – 1,6 t/ha,
- výnos oleje: ... 1,2 – 1,4 t/ha,
- výnos morfinu: ... 10 – 12 kg/ha.

Vedle produkce se hodnotí další znaky, a to jak z pohledu rostlin, tak i porostu. V případě rostlin se jedná např. o počet tobolek, počet semen v 1 tobolce, barva semene, výška rostlin, délka poupěte, délka kořene, nepoléhavost apod. Ideotyp porostu je charakterizován počtem rostlin na jednotku plochy, počtem makovic na jednotku plochy apod.

3.1.6 Růst a vývoj máku setého

Mák klíčí již při teplotách 3 – 4 °C, vzcházení pak trvá asi 3 týdny. Při teplotě půdy na úrovni 8 – 10 °C dochází ke zkrácení vzcházení, mák vzejde asi za 10 dnů (Novák a Vašák 2010). Mladé (klíčící) rostliny máku pronikají na povrch půdy ohnutým hypokotylem, který se narovná a děložní lístky se vidlicovitě rozevírají (Bechyně a Novák 1987). Děložní lístky jsou úzce čárkovité, 5 - 10 mm dlouhé a 0,5 - 0,8 mm široké, zašpičatělé, s málo zřetelnou střední žilou, na spodu mírně srostlé, okraj čepele má ojedinělé zuby (Kutina a Novák 1992). Délka (6 - 15 mm) niťovitého až válcovitého hypokotyly závisí na kultivaru, hustotě rostlin, výživě, půdě atd., charakteristickým znakem hypokotyly je zbarvení – bezbarvé až černofialové, s přechody a odstíny a se silným korelačním vztahem (i když nikoli absolutním) se zbarvením bazální skvrny lístku korunního (Bechyně a Novák 1987).

Termín výsevu *Papaver somniferum* L., v závislosti na průběhu předjaří a typu výrobní oblasti, připadá na březen až první polovinu dubna. Výnosy z květnových výsevů podstatně klesají a pěstování je málo rentabilní (Bechyně 1993).

Růst rostlin máku lze rozdělit na tři hlavní období (Bechyně 2010):

1. **Období pozvolného růstu** – zahrnuje růstové fáze klíčení semen, vzcházení rostlin a vytváření prvních pravých listů. Růst vzešlých rostlinek je velmi pozvolný, ve třech až čtyřech týdnech po vzejití mají rostliny čtyři až pět párů pravých listů. Poté už rostliny narůstají rychle, v sedmém až osmém týdnu se začínají prodlužovat internodia, vytváří se kulový kořen.
2. **Období největší asimilace rostlin** – je hlavním obdobím růstu rostlin. Od počátku tvorby osy začíná rychle přibývat organická hmota, a to až do fáze vývoje zelených tobolek. Později už začínají postupně odumírat listy a asimilační plocha se zmenšuje. Do období největší asimilace spadá i kvetení máku.
3. **Období postupného odumírání rostlin a zrání** – začínají se formovat tobolky, jejich vývoj lze rozdělit do tří etap:
 - makovice roste do konečné velikosti,
 - makovice už svůj tvar ani objem nemění, vyvíjí se semena,
 - makovice postupně vysychají a dozrávají, semena, zpočátku bezbarvá, postupně tmavnou a zabarvují se do odstínu podle odrůdy.
 Období postupného odumírání končí plnou zralostí.

Na katedře botaniky a fyziologie rostlin ČZU (VŠZ) v Praze byla vypracována makrofenologická stupnice pro mák setý (*Papaver somniferum* L.)

Tab. 3: Makrofenologická stupnice pro mák setý (Bechyně a Novák 1987)

Růstová fáze	kód
Klíčení	0
Suché semeno	01
Nabobtnalé semeno	03
Prasknutí osemení	05
Vyrašení zárodečného kořínku ze semene	07
Vzcházení	10
Objevení hypokotylu se složenými dělohami (na povrch půdy) – začátek vzcházení	12
Dělohy vidlicově rozevřené	14

Vytváření prvních pravých listů	20
Fáze 1. a 2. pravého listu	22
Fáze 3. a 4. pravého listu	24
Fáze 5. pravého listu	25
Fáze 6. pravého listu	26
Fáze 7. pravého listu	27
Přízemní listová růžice	30
Fáze růžice	35
Stonkování a butonizace	40
Objevení mladého poupěte na krátkém stonku mezi listy přízemní růžice	41
Stonek s poupětem je kratší než listy přízemní růžice	43
Fáze mladého poupěte – převislé poupě na stonku nepřevyšuje horní lodyžní listy	45
Stonek s převislým poupětem převyšuje všechny listy	47
Květní stopka přímá, poupě vzpřímené	49
Kvetení	50
Začátek kvetení – do rozkvetu prvních květů u 10% rostlin	52
Plné kvetení – kvete většina rostlin	54
Odkvět – většina (90%) květů odkvetlých	56
Vývoj tobolky	60
Fáze mladé tobolky – dosažení konečného tvaru a velikosti u prvních (10%) tobolek	62
Fáze vyvinuté tobolky ve tvaru a velikosti (u většiny tobolek) – zelená zralost	64
Zrání tobolky	70
Začátek zrání (žloutnutí) tobolky	72
Vysychání a zrání tobolky – žlutá zralost	74
Dozrávání tobolky a semen – tobolka kožovité konzistence	76
Plná zralost	80
Plná zralost tobolky a semen	81
Dormance semen	90
Dormance semen	91
Ztráta dormance semen	93

3.1.7 Výnosotvorné prvky máku setého

Bechyně (1992) označuje hustotu porostu za základ pro maximální dosažení vysokého výnosu semen i tobolek. Jako důvod uvádí citlivost máku na změny v hustotě porostu a s ní spojené změněné podmínky, zejména v možnosti využití slunečního záření a vody.

Rozhodující výnosotvorné prvky (Bechyně 1992):

1. počet rostlin na jednotku plochy,
2. počet větví a tobolek na jedné rostlině,
3. počet semen v tobolce,
4. hmotnost tisíce semen.

Bechyně (1992) uvádí jako optimální hustotu 65 - 70 rostlin na 1 m² za předpokladu dostatečné výživy, nezapleveleného porostu a dodržení ostatních základních agrotechnických pravidel s tím, že v pokusech na VŠZ v Praze v dlouhodobém průměru z různých stanovišť při uvedeném výsevku rostliny vytvářely 1,77 tobolek na jedné rostlině s průměrnou hmotností jedné tobolky se semeny 5,11 g a průměrnou hmotností semene 2,35 g v jedné makovici.

Naproti tomu Cihlář (2010) pro dobrý porost požaduje asi 70 až 100 rostlin (100 - 120 makovic, v době sklizně asi 70 - 100) na 1 m², to znamená výsevek na úrovni 1,5 - 1,75 kg/ha osiva, tedy vyséváme asi 200 až 300 klíčivých semen/m².

Počet tobolek na jedné rostlině bezprostředně souvisí s počtem rostlin na jednotku plochy (v hustším porostu rostliny větví méně). Cílem je pravidelné rozmístění rostlin ve čtvercovém sponu, které minimálně větví, tzn. s 1 - 2 tobovkami (Bechyně a Novák 1987).

Počet semen v jedné tobolce se u máku pohybuje v širokém rozsahu 1 - 12 tisíc, v tobolce na hlavním stonku obvykle 4 - 7 tisíc (Bechyně a Novák 1987). Hmotnost samotného semene nemusí vždy stoupat s velikostí tobolky. Malé tobolek mají nejnižší hmotnost obsaženého semene, středně velké tobolek kulatého, široce oválného nebo kuželovitého tvaru často předčí hmotností obsaženého semene velké podlouhlé nebo zploštělé tobolek (Bechyně 1992).

Hmotnost tisíce semen (HTS) se u drobnosemenných kultivarů pohybuje v rozmezí 0,25 - 0,35 g, u velkosemenných 0,65 - 0,75 g, cílem je velké semeno s HTS kolem 0,80 g (Bechyně a Novák 1987). Průměrná hmotnost tisíce semen u dnes pěstovaných odrůd se pohybuje kolem 0,55 g (Bechyně 2010).

3.1.8 Půdní a klimatické požadavky máku setého

U nás pěstovaný mák jarní je plodinou bez ostře vyhraněných nároků na přírodní podmínky, dá se úspěšně pěstovat ve všech oblastech ČR i SR až do asi 700 m n.m. (Bechyně 2010)

3.1.8.1 Nároky máku na klimatické podmínky

Výnos máku je do značné míry je ve značné míře závislý na průběhu počasí v určitém ročníku (Kutina 1992).

Nároky na světlo

Mák je dlouhodobní rostlina, světlo a sluneční paprsky zajišťují silný růst mladých rostlin do fáze růžice listů a v ní založení postranních stonků a květů, v období stonkování a kvetení tvorbu silné lodyhy a postranních větví a velkých listů (Kutina 1992). Zvláště žádoucí je slunečné a teplé počasí v době kvetení a dozrávání tobolek (Bechyně 1993).

Nedostatek světla se na rostlinách projevuje celkovým oslabením rostlin. Přitom se prodlužuje jejich výška, snižuje se konkurenční schopnost vůči plevelům i výnos semene a alkaloidů v makovicích (Bechyně 2010). Nedostatek světla v období pomalého růstu rostlin může vážně ohrozit vitalitu vzešlých rostlinek, které jsou v těchto případech malé, děložní lístky velmi úzké, s malou asimilační plochou (Bechyně 1993).

Nároky na teplo

Teplota je rozhodujícím činitelem pro energii klíčení semen máku, při teplotě 10 °C klíčí mák během 5 - 6 dnů a při teplotě 18 - 20 °C během 3 - 4 dnů. Další zvýšení teploty klíčení již podstatně nezrychluje, avšak snižuje klíčivost (Bechyně 1993).

Mladé vzešlé rostliny snášejí mráz -3 až -4 °C a hynou při poklesu teploty na -7 až -8 °C. Pak se jejich odolnost zvyšuje až do fáze listové růžice, kdy snášejí ještě nižší teplotu. Na začátku stonkování se však odolnost proti mrazu velmi rychle sníží a rostliny ničí poklesy teplot již na -2 až -3 °C (Kutina 1992).

Zejména generativní orgány květu jsou nízkými teplotami značně ohroženy (Bechyně 2010). Ve fázi kvetení až plné zralosti tobolek je teplé a mírně vlhké až sušší počasí podmínkou dobrého odkvetení, tvorby tobolky a v ní semen, tvorby alkaloidů a zrání (Kutina 1992).

Nároky na vodu

Mák je náročný na vláhu od vzejití až do rozkvetu, teprve potom se jeho nároky snižují (Bechyně a Novák 1987). Celková potřeba vody se během vegetace odhaduje na 250 - 350 l na 1 m² při jarním výsevu, při podzimním výsevu se o 50 l ještě zvětšuje (Bechyně 1993). Je skutečností, že mák má vysoký transpirační koeficient – asi 800 (Bechyně 2010).

Při klíčení přijímá semeno tolik vody (91%), kolik samo váží (Kutina 1992). Od fáze plné růžice – asi od poloviny května – má mák již asi 10-15 cm dlouhý kulový kořen a je poměrně suchovzdorný (Bechyně 2010). Ve fázi kvetení až do ukončení technické zralosti tobolek se spotřeba vody rostlinami stále více snižuje a ve fázi dozrávání a plné zralosti tobolek je již minimální (Kutina 1992).

Ze závěrů, podle Mahdavi-Damghani et al. (2010), z pokusů na máku setém (*Papaver somniferum* L.) se zmenšováním objemu závlahy vyplývá, že stresem vyvolaným deficitem závlahy, byla snížena vodivost pletiv o 16 % a po opětovném zavlažování již nedošlo k návratu do původního stavu. Současně nebylo prokázáno, že by prostřednictvím kořenů došlo k příjmu vody z větší hloubky než 1,5 m.

3.1.8.2 Nároky máku na půdní podmínky

Požadavky na půdu jsou u máku velmi vyhraněné, chce strukturní půdy s dobrým vodním režimem (Bechyně 2010).

Podle Bechyně (2010) na pěstitelské oblasti nezáleží. Mák se dá pěstovat ve všech oblastech ČR i SR, nejvíce mu ale vyhovují středně těžké, hlinité až písčitohlinité nebo

hlinitopísčité půdy, strukturní, dostatečně provzdušněné, s dostatkem vláhy. Naopak jako nevhodné popisuje půdy výsušné a mělké a také půdy těžké, jílovité.

Mladým rostlinkám, zvláště při vzcházení, velmi škodí půdní škraloup, a proto by se mák neměl pěstovat na půdách se sklonem ke kornatění (Bechyně 1993).

Půdní reakce by měla být neutrální a půda by měla být dobře zásobena živinami, zvláště draslíkem a fosforem (Bechyně a Novák 1987).

3.1.9 Osivo máku

Základem vyrovnaného a produktivního porostu je kvalitní osivo s vysokými biologickými a semenářskými hodnotami, vysoká kvalita osiva a jeho úpravy mají zásadní vliv na efektivnost pěstování máku (Kosek a Pšenička 2010).

3.1.9.1 Biologická charakteristika semen

Semeno je mnohobuněčný rozmnožovací útvar, který vznikl (vyvíjí se) na mateřské rostlině z oplozeného vajíčka (Novák a Skalický 2009).

Složky dobře vyvinutého semene:

- Zárodek (embryo, klíček) – umístěno centrálně nebo bočně, vzniká z oplozené vaječné buňky (Novák a Skalický 2009). Dobře vyvinuté embryo tvoří (Hosnedl 2002):
 - embryonální osa + děloha
 - plumula (embryonální vegetační vrchol výhonu) s případnými základy listů,
 - radikula (embryonální vegetační vrchol kořene).
- Osemení (testa) – vytvořeno z obalů vajíčka (integumentů) nebo jen z jejich částí (Novák a Skalický 2009). Fyziologický význam testy spočívá v ovlivňování propustnosti pro vodu a plyny (Hosnedl 2002).
- Živé pletivo pod osemením (perisperm) – vzniká přeměnou pletivného jádra vajíčka (nucellu) (Novák a Skalický 2009). Představuje zásobní pletivo pro výživu embrya (Hosnedl 2002).

- Živné pletivo vnitřní (endosperm, vnitřní bílek) – vyvíjí se z centrálního jádra zárodečného vaku (sacculus embryonalis) (Novák a Skalický 2009). Podle stavu endospermu ve fázi zralosti se semena rozdělují na (Hosnedl 2002):
 - Semena s endospermem – endosperm je dobře vyvinutý (mák - Papaver, lipnicovité – Poaceae),
 - semena bez endospermu – u zralých semen endosperm buď zcela chybí nebo byl značně vyčerpán v průběhu vývinu (např. sója).

3.1.9.2 Funkce fytohormonů v semenech

Fytohormony u semen ovlivňují především (Hosnedl 2002):

1. růst a vývin semen a plodů, řídí ukončení růstu semene před jeho zralostí,
2. ukládání zásobních látek v období zrání – regulují převod asimilátů do semen,
3. podílí se na dormanci semen a na řízení klíčení a prvních fází růstu rostlin.

Fytohormony ve vazbě na fázi klíčení

Klíčení semen znamená obnovení růstu zárodku při současném vývoji mladé rostliny, jeho podmínkou je dostatečná hydratace a dostupnost kyslíku (Novák a Skalický 2009).

První fáze klíčení spočívá v bobtnání semene, což je vratný fyzikální děj často doprovázený prasknutím osemení. Druhá, růstová fáze klíčení, začíná dlouhým růstem v embryu, prudkým zvýšením rychlosti respirace (která byla až dosud nepatrná) a mobilizací zásobních látek, které se účastní gibereliny. Ty indukují syntézu enzymů, jež hydrolizují a tím mobilizují zásobní látky v endospermu nebo v dělohách (Luštinec a Žárský 2005). Hejnák a kol. (2005) označuje gibereliny za významné endogenními regulátory klíčení, které ruší klidové období semen – dormanci. Tvorbě giberelinů mohou bránit různé inhibitory, ty však nemění citlivost aleuronového pletiva na gibereliny.

Při klíčení trav se aktivuje i auxin, který přechází z endospermu do vrcholu koleoptile. Tento vrchol roste velmi málo, ale je centrem, z něhož se auxin přesouvá bazipetálně a podněcuje růst prodlužovací zóny koleoptile. Naproti tomu u většiny dvouděložných rostlin je auxin aktivován na místě své potřeby, tj. přímo v rostoucí části. Úloha auxinu (IAA) při mobilizaci rezerv endospermu není zcela objasněna. (Šebánek a Psota 1997).

Fyziologický účinek cytokininů v období před klíčením sledávají Hejnák a kol. (2005) v možném porušování dormance semen. Šebánek a Psota (1997) uvádějí, že i cytokininy se mohou biosyntetizovat na počátku klíčení semen.

Klíčení semen či hlíz může začít až v okamžiku, kdy obsah kyseliny abscisové (ABA) klesne pod určitou hraniční hodnotu. Délka dormance přitom není určována pouze kys. abscisovou, ale vzájemným koncentračním poměrem ABA /gibereliny. Ten rozhoduje o tom, kdy semena (hlízy) vyklíčí (Hejnák a kol. 2005). Šebánek a Psota (1997) charakterizují jako nejčastější příčinu dormance vysoký obsah rostlinných hormonů inhibiční povahy (ABA, kyselina jasmínová, deriváty kyseliny benzoové, skořicové a kumarinu). Ty přerušují genovou expresi (blokují transkripci a translaci), ale mohou vyvolávat i nescifické inhibice enzymů.

3.1.9.3 Požadavky na kvalitu osiva

Vzájemné vztahy kvality osiv (vitalita a zdravotní stav) a podmínek prostředí mají pro pěstitele (i množitele) zásadní význam (Hosnedl 2002). Termín „vitalita osiva“ Hosnedl (2002) definuje jako přirozenou vnitřní sílu semen zabezpečující rychlé klíčení a jeho dokončení i za rozmanitých přírodních podmínek (stupeň tolerance osiva k nepříznivým podmínkám při klíčení a vzcházení). Prokinová (2002) v souvislosti se zdravotním stavem upozorňuje na nutnost rozlišování mezi poškozením semene (abiotického původu) a chorobou (patogenního původu).

Požadavky na kvalitu osiva máku setého

Požadavky na semenářskou kvalitu osiva máku (Tab. 4) (kategorie SE, E, C1) jsou uvedeny ve vyhlášce č. 384/2006 Sb., sledování zdravotního stavu není u máku nařízeno. (Kosek a Pšenička 2010).

Tab. 4: Základní požadavky na kvalitu osiva (Kosek a Pšenička 2010)

Kategorie	Druhá čistota (%)	Vlhkost (%)	Klíčivost (%)	Max. počet semen jiných druhů (ks/10 g)	Max. počet semen blínu, ovsu hluch. (ks/10 g)	Čistota (%)	Max. hmotnost partie (t)
E	99	10	80	25	0	98	10
C1	98	10	80	25	0	98	10

Vedle požadavků daných legislativou je zmiňována také hmotnost tisíce semen a jejich velikost. Pšenička a kol. (2009) na základě tříletého výzkumu činí závěr, že separace osiva je levným a jednoduchým způsobem úpravy osiva máku vedoucím k získání rozmnožovacího materiálu o vysokých semenářských parametrech a vysokém produkčním potenciálu, který za optimálních i méně vhodných pěstebních podmínek vede k jistému navýšení výnosu semen máku a zaručuje tak určitou stabilitu produkce. Rostliny vzešlé z velkých semen mají větší děložní lístky, bohatší olistění, mohutnější vzrůst a větší počet tobolek na rostlině (Schreier 1992).

3.1.9.4 Ošetření osiva – moření

Moření je nejrozšířenější, úsporný a ekologicky přijatelný způsob chemického ošetření osiva, slouží k potlačení především houbových patogenů přenosných osivem či vyskytujících se v půdě a škůdců vzcházejících rostlin (Kosek a Pšenička 2010).

Chadová (2007) spatřuje výhody kvalitního moření osiva v ochraně rostlin nejen proti patogenům přenosným osivem a částečně i vyskytujících se v půdě, ale také ve stimulaci kořenového systému s následným projevem ve zvýšené růstové dynamice a vyšší odolnosti proti stresům během vegetace.

V posledních třech letech se v pěstitelské praxi uplatňuje osivo ošetřené pomocnými přípravky (stimulačními látkami, hnojiva) spolu s klasickým mořidlem. Šamalík (2012) v souvislosti s ošetřením osiva stimulačním přípravkem M-Sunagreen spolu se standardním fungicidním mořidlem mluví o vyšší polní vzcháživosti, zvýšení objemu kořenové soustavy a celkovém posílení rostlin.

Ošetření osiva máku

Z chorob přenosných osivem jsou nejvýznamnější helmintosporiáza máku a plíseň maková (peronospora), ze škůdců krytonosec kořenový. V současnosti jsou pro mák registrována dvě účinná a spolehlivá tekutá mořidla – přípravek Chinook 200 FS (aplikace se sorbentem Talkum Blue) s insekticidním účinkem (účinná látka imidacloprid 100 g/l a beta-cyfluthrin 100 g/l) a přípravek Cruiser OSR (aplikace se sorbentem Sepiret) s insekticidní i fungicidní složkou (účinná látka thiamethoxam 280 g/l, fludioxonil 8 g/l a metalaxil-M 32,3 g/l) (Kosek a Pšenička 2010).

3.2 Přirozené fytohormony

Látky, které regulují růstové a vývojové procesy rostlin se nazývají růstové regulátory. Přirozené (nativní) růstové regulátory, tj. které si rostlina sama tvoří k regulaci svého růstu, lze rozdělit do dvou skupin: rostlinné hormony (fytohormony) a další látky s regulační aktivitou (Hejnák a kol. 2005). Růstové regulátory povzbuzující ve fyziologických koncentracích růst rostlin nebo jednotlivých orgánů označujeme jako stimulanty, ty, které ve fyziologických koncentracích růst brzdí, nazýváme inhibitory (Stazsková 2006).

Kromě přirozených fytohormonů je známa celá řada látek synteticky připravených (syntetické regulátory), které při vnější (exogenní) aplikaci prokazují silnou růstovou aktivitu, ať již ve smyslu povzbuzení růstu nebo ve smyslu jeho útlumu (Hejnák a kol. 2005).

Fytohormony (Hejnák a kol. 2005):

- jsou definovány jako chemické signály (organické sloučeniny), které jsou účinné ve velmi nízkých koncentracích,
- vyvolávají biochemické, fyziologické a morfologické reakce buď v místě svého vzniku nebo v místech, kam jsou transportovány vodivými pletivy či difuzí,
- nejsou (na rozdíl od živočišných hormonů) přísně specifické a většinou regulují i více fyziologických procesů,
- pro výsledné působení není rozhodující jen jejich množství nebo aktivita, ale především jejich vzájemný poměr jednotlivých fytohormonů.

Produkce fytohormonů není vázána na nějaký zvláštní orgán, může probíhat v různých pletivech různých orgánů, ovšem různě rychle (Luštinec a Žárský 2005).

Regulace hladiny fytohormonů – fytohormony podléhají rychlé metabolické inaktivaci prostřednictvím konjugace (např. glykosilace) nebo oxidace např. působením cytokininoxidasy). Jejich účinná koncentrace může být regulována prostřednictvím jejich biosyntézy, inaktivace, degradace a transportu (Luštinec a Žárský 2005).

V rostlinách jsou fytohormony transportovány různými cestami – vodivými drahami nebo z buňky do buňky. Jejich transport je přísně regulován (Luštinec a Žárský 2005).

Hejnák (2005) rozděluje významné fytohormony podle stimulačního a inhibičního vlivu:

1. Auxiny – stimulační vliv při nízké koncentraci, inhibice s vyššími koncentracemi,
2. Gibereliny – stimulační růstový vliv,
3. Cytokininy – stimulační růstový vliv,
4. Kyselina abscisová – inhibiční vliv,
5. Etylén – inhibiční vliv.

3.2.1 Auxiny

Auxin je nejdéle známým rostlinným fytohormonem, jeho existence byla prokázána ve dvacátých letech minulého století. Objev auxinu vyšel ze studia fytotropizmu a gravitropizmu Charlesem Darwinem (1809 - 1882), který v roce 1880 zjistil, že se koleoptile trávy, buď po zakrytí vrcholu staniolovou čepičkou nebo po odříznutí vrcholu, neohýbá za zdrojem světla (Hejnák a kol. 2005).

Pokus, který jednoznačně prokázal existenci transportovatelného a extrahovatelného hormonálního faktoru, provedl holandský botanik Went v r. 1926 (Luštinec a Žďárský 2005). Luštinec a Žďárský (2005) také uvádějí, že „hlavní auxin“ a první známý fytohormon kyselinu indol-3-oxidovou (IAA) identifikoval jako růstový stimulátor holandský chemik Kögl (nositel Nobelovy ceny) se spolupracovníky v r. 1934 poté, co ji izolovali v lidské moči.

Woodward a Bartel (2005) konstatují, že ač mnohé přírodní a syntetické látky vykazují podobnou biologickou aktivitu auxinům, je IAA hlavním auxinem ve většině rostlin. Hejnák a kol. (2005) uvádějí, že kromě hlavního auxinu kyseliny β -indolyloctové (IAA) byly v rostlinách nalezeny kyselina β -indolylmásečná a 4-chlor-IAA, dříve považované za látky syntetické. Z neindolických auxinů je v rostlinách přítomna kyselina fenylloctová (PAA). Macháčková (1997) specifikuje jako další indolové sloučeniny v rostlinách celou řadu indolových derivátů, z nichž část jsou prekurzory, degradační produkty či konjugáty IAA, přičemž mnohé z těchto derivátů vykazují auxinovou aktivitu; jsou v rostlinách pravděpodobně převedeny na IAA.

3.2.1.1 Metabolismus IAA v rostlinách

Indolové fytohormony vznikají při metabolismu aminokyselin nejčastěji z tryptofanu. Biosyntéza β -indolyloctové kyseliny (IAA) probíhá u vyšších rostlin, ale i u některých mikroorganismů (např. *Agrobacterium tumefaciens*), dvěma cestami. Buď přes kyselinu β -indolylpyrohroznovou nebo přes tryptamin (Staszková 2006).

Woodward a Bartel (2005) uvádějí, že IAA je syntetizována jak z tryptofanu, tryptofan je zde přímým prekurzorem, tak drahami na tryptofanu nezávislymi. Současně ale uvádějí, že žádná z těchto drah není zcela objasněna. Déle popisují, že rostliny mohou získat IAA také beta-oxidací kyseliny indol-3-máselné (IBA), která je dalším endogenním auxinem, nebo hydrolyzou IAA konjugáty.

Podle Macháčkové (1997) biosyntéza IAA vychází z aminokyseliny L-tryptofanu a může probíhat několika drahami: indolylpyruvátovou, tryptaminovou či indolylacetaldoximovou (glukobrassicinovou). Nejčastěji se u vyšších rostlin setkáváme s drahou indolylpyruvátovou, ve které je tryptofan převáděn transaminační reakcí na kyselinu indolylpyrohroznovou. Kyselina indolylpyrohroznová dekarboxyluje za vzniku indolylacetaldehydu, který je oxidován na IAA. Macháčková (1997) dále označuje tryptaminovou dráhu jako typickou pro čeleď *Poaceae* a indolylacetaldoximovou jako probíhající pouze v rostlinách čeledi *Brassicaceae*, *Tovariaceae* a *Resedaceae*.

Ve snaze zjistit místa syntézy IAA Jensen and Bandurski (1994) dokázali pokusy na agarových médiích, bez obsahu tryptofanu nebo jiného aromatického prekurzoru IAA, že endosperm je místem biosyntézy IAA, a že všechny enzymy biosyntézy IAA se v endospermu vyskytují.

L-tryptofan jako přímý prekurzor IAA

Nonhebel et al. (1993) potvrzují, ze závěrů svého ověřování syntézy IAA pro pochopení kontroly hladiny IAA, platnost starších důkazů o L-tryptofanu jako přímém prekurzoru kyseliny indol-3-octové. Naproti tomu výsledky Baldi et al. (1991) naznačují, že L-tryptofan je přímým prekurzorem IAA, ale že dostupnost tryptofanu „in vivo“ není limitujícím faktorem biosyntézy IAA, což ukazuje na další regulační mechanismy, nebo také, že L-tryptofan nemusí být primárním prekurzorem IAA v rostlinách.

Na základě předchozích výzkumů přirozeně se vyskytujících indolových sloučenin v ječmeni a rajčatech Gibson et al. (1972) publikují závěry, že biosyntéza kyseliny indol-3-yl-octové (IAA) z tryptofanu může pokračovat přes kyselinu indol-3-yl-pyrohroznovou nebo tryptamin (u obou druhů, zatímco v případě tvorba IAA z kyseliny indol-3-yl-mléčné se pravděpodobně jedná o nepřímou syntézu, prostřednictvím tryptofanu).

3.2.1.2 Syntetická analoga auxinů

Macháčková (1997) rozděluje syntetické auxiny do pěti skupin:

1. indolové kyseliny: indolyl-3-propionová (IPA),
2. naftalenové kyseliny: α -naftyloctová (NAA), β -naftoxyoctová (NOA),
3. chlorfenoxi kyseliny: 2,4-dichlorfenoxycetová (2,4-D), 2,4,5-trichlorfenoxycetová (2,4,5-T), 2-metyl-4-chlorfenoxycetová (MCPA),
4. benzoové kyseliny: 2,3,6- a 2,4,5-trichlorbenzoová, dicamba,
5. deriváty kyseliny pikolinové: picloram.

3.2.1.3 Působení auxinů v rostlinách

Biosyntéza auxinu hraje zásadní roli v procesech počínaje gametogenezí, embryogenezí a také ve vývoji klíčnicích rostlin, tvorbě květů apod. Na buněčné úrovni auxin řídí jejich prodlužování a dělení, stejně jako polaritu rostlinné buňky (Pieruzzi 2011).

Hlavní fyziologické účinky auxinů podle Hejnáka a kol. (2005):

- stimulace dlouhivého (objemového) růstu,
- vazba na apikální dominanci,
- stimulace tvorby kořenů,
- regulace tropizmů (gravitropismus, fototropismus) – nerovnoměrná distribuce IAA,
- regulace opadu listů ve vztahu na transport auxinů,
- zvyšují schopnost plodu koncentrovat asimiláty.

Auxiny od embryogeneze po klíčení

Výsledkem zkoumání výskytu a dynamiky výskytu volné a vázané IAA v jednotlivých částech semen *Phaseolus Coccineus* L. v různých vývojových fázích Picciarelim et al. (2001) je zjištění, že nejvyšší koncentraci celkové IAA obsahují rané fáze embrya. Pokud jde o procento volné IAA ve vztahu k celkové IAA, bylo zjištěno, že v embryích představuje volná IAA 26 - 28 % . Rademacher et al. (2012) uvádějí, že na začátku embryogeneze se u rostlin vytvářejí primární orgány, které zakládají další postembryonální vývoj. V této souvislosti specifikují zásadní roli auxinu při zakládání meristémů kořenů v průběhu embryogeneze, kdy výsledky jejich zkoumání naznačují existenci specifické reakce auxinu na embryonální buňky.

Klíčení je složitý proces, který je ovlivněn fytohormony. V dělohách klíčících rostlin se aktivuje auxinový fytohormon IAA, který se dále šíří do rostoucí části. Současně se z bílkovin uvolňuje i aminokyselina tryptofan, která je nezbytná právě pro syntézu IAA (Koprna 2013).

Auxiny v kořenech

Hejnák a kol. (2005) popisují, že se auxiny v kořenech pohybují ve svazcích cévních a živými buňkami středního válce kořenů až do kořenové špičky, kde jsou enzymaticky odbourávány. V této souvislosti Macháčková (1997) charakterizuje kořenový transport IAA jako převážně akropetální s rychlostí pohybu 1 - 2 mm/h.

Šebánek (1997) uvádí, že kořen projevuje větší citlivost na auxin než stonk, neboť koncentrace IAA ještě stimulační růst stonku působí již na kořen inhibičně. To potvrzují i Luštinec a Žárský (2005), když poukazují na různou citlivost jednotlivých rostlinných orgánů vůči auxinu, kdy růst kořenů stimuluje auxin při koncentraci 10.000 krát nižší než růst stonků. Ma a Ren (2012) s odkazem na výzkum na kořenech lnu (*Linum usitatissimum*) dokládají, že mladé kořeny jsou více citlivé na auxin než kořeny starší (od stáří 22 - 30 hod.).

Korelace mezi kořenem a nadzemní částí vzniká již od samého počátku vývoje rostliny. Při klíčení roste radikula rychleji než plumula. Růst kořene v tomto období zpomaluje růst plumuly. Později se ale mění inhibiční působení kořene na vliv stimulační. Z fytohormonálního hlediska je to vysvětlováno zvýšenou schopností kořene syntetizovat gibereliny, cytokininy a další metabolicky velmi důležité látky (Hejnák a kol. 2005).

Tvorba postranních kořenů je hormonálně a ekologicky regulovaný proces vyšších rostlin. Fyziologické a genetické studie na *Arabidopsis Thaliana* a jiných rostlinných druzích ukázaly dominantní roli auxinu v tomto procesu (Fukaki a Tasaka, 2009).

Auxiny v nadzemní části rostlin

Auxiny se tvoří především ve vzrostlém vrcholu stonku a v mladých listech, tvoří se také v oplozeném vajíčku, kde podporují přeměnu semeníku na plod (Hejnák a kol. 2005). Hejnák a kol. (2005) dále uvádí, že bazipetální transport (směrem dolů) je důležitý pro udržení apikální dominance, kdy rostlina nevětví. Macháčková (1997) soudí, že IAA je syntetizována na vrcholu koleoptile a transportována bazipetálně, přičemž u jednoděložných rostlin klesá hladina IAA od vrcholu rostlin k bázi, u dvouděložných nachází podobnou závislost s tím rozdílem, že nejvyšší hladina se vyskytuje v subapikální zóně, která tak nejrychleji roste.

Obsah IAA koreluje s růstovou intenzitou, a to nejen u stonků a koleoptilí, ale např. i u listů. Obsah IAA závisí také na stáří orgánů, bývá vysoký u mladých, intenzivně rostoucích orgánech a se stářím klesá. Je ovlivňován i vnějšími faktory, zejména světlem, a to jeho kvalitou, intenzitou i dobou působení, fotoperiodou. Hladina IAA kolísá nejen v závislosti na fotoperiodickém režimu, ale vykazuje i oscilace endogenní (Macháčková 1997). Macháčková (1997) také uvádí, že stimulace růstu je vyvolána auxinem obvykle v rozmezí koncentrace 10^{-7} až 10^{-5} mol/l, při vyšší koncentraci naopak auxiny růst inhibují, a to často v důsledku zvýšené tvorby etylenu, který inhibuje bazipetální transport IAA, což zvyšuje její hladinu ve vrcholu rostliny.

Z pokusů Shy and Chu (1991) na podzemnici olejné (*Arachis hypogaeae*), kde sledovali změny v koncentraci ABA a IAA s ohledem na nasazení lůsků v průběhu reprodukčního vývoje, vyplynulo, že lusky v bazální oblasti rostly rychleji než lusky v apikální oblasti. Koncentrace volné IAA dosáhla maxima v průběhu nárůstu čerstvé hmoty semen. Vyšší koncentrace IAA v semenech naznačuje, že IAA může být spojena s tvorbou semen a regulací růstu buněk nebo s dopravou sacharózy. Z výsledků vyplývá, že uvedené změny na fytohormonální úrovni by mohly být důležité pro fyziologickou regulaci růstu semen.

Staszková (2006) poukazuje na schopnost auxinů ve vyšších koncentracích působit inhibičně až herbicidně, přičemž na auxin jsou podstatně citlivější rostliny dvouděložné než jednoděložné, což bylo využíváno k hubení dvouděložných plevelů v kulturách jednoděložných rostlin.

Hejnák a kol. (2005) uvádějí, že auxiny vytvořené ve vzrostném vrcholu jsou transportovány lodyhou symplastickou cestou rychlostí asi 0,01 m/h, kdežto akropetální i

bazipetální pohyb auxinů, vytvořených v mladých listech, lýkem lodyhy je mnohem rychlejší (asi 0,1-0,25 m/h). Také popisují, že auxiny dále přechází až do kořenů.

3.2.2 Ostatní významné přirozené fytohormony

Gibereliny

Gibereliny jsou cyklické diterpenty, jejichž molekula má tzv. gibanovou strukturu. Byly objeveny ve třicátých letech v Japonsku jako produkt houby *Gibberella fujikuroi*, která na rýžovištích ovlivňuje vybíhání a poléhání rostlin rýže. Dnes známe více než 100 giberelinů, označují se GA s indexem 1 až n (Luštinec a Žárský 2005).

Gibereliny vznikají pravděpodobně ve všech rostlinných orgánech. Nejvyšší hladiny giberelinů nacházíme v místech aktivního růstu a nově se tvořících orgánů. V řadě případů byl popsán akropetální gradient hladiny různých giberelinů. Transportovány jsou ve floému, ale byly detekovány i v xylému, což svědčí o jejich syntéze v kořenech (Macháčková I. 1997).

Hlavní fyziologické účinky giberelinů Hejnák a kol. (2005):

- stimulují prodlužovací růst,
- ovlivňují pohlaví květů,
- jsou endogenními regulátory klíčení, ruší dormanci,
- aplikací giberelinů lze dosáhnout eliminace jarovizačního požadavku.

Cytokininy

Kamínek (1997) definuje cytokininy jako látky, které v přítomnosti auxinu stimulují v některých rostlinných tkáňových kulturách buněčné dělení. První nativní (endogenní) cytokinin izolovali Miller a Letham v roce 1964 z endospermu v nezralých obilkách kukuřice (*Zea mays*). Látka byla nazvána Zeatin (Hejnák a kol. 2005). Ha et al. (2012) charakterizují cytokininy jako fytohormony regulující řadu biologických procesů, vč. odezvy na vlivy prostředí jakou je např. adaptace rostliny po stresu. Obecně stimulují metabolismus rostlin, zvláště syntézu DNA, RNA a bílkovin. Na rozdíl od auxinů a giberelinů podporují růst i bočních pupenů bez ohledu na apikální dominanci. Cytokininy působí kladně i na rovnoměrný vývoj klasu (Staszková 2006).

Cytokininy jsou syntetizovány v intenzivně rostoucích částech rostlin, zvláště v meristémech rostoucích kořenů. Cytokininy jsou transportovány xylémem i floémem (Luštinec a Žárský 2005).

Hlavní fyziologické účinky cytokininů Hejnák a kol. (2005):

- stimulují buněčné dělení,
- zpomalují stárnutí zpomalením rozkladu DNA, RNA a proteinů stárnoucích pletiv,
- brání odbourávání chlorofylu,
- způsobují apikální dominanci kořenů,
- porušují apikální dominanci stonku (podněcují větvení lodyh),
- mohou porušovat dormanci semen.

Kyselina abscisová (ABA)

Kyselina abscisová je seskviterpen. Izolována a identifikována byla v první polovině šedesátých let třemi vědeckými týmy téměř současně. Izolována byla ze senescentních a dormantních orgánů (Luštinec a Žárský 2005).

Za místa syntézy ABA považují Procházka a Borkovec (1997) především dospělé listy, ale také semena, kořeny, praporcový list. Transportována je xylémem a floémem (Luštinec a Žárský 2005).

Boneh et al. (2012) uvádějí, že kyselina abscisová je klíčovým endogenním kontrolním mechanismem pro řízení odbourávání abiotických stresů.

Hlavní fyziologické účinky ABA Hejnák a kol. (2005):

- reguluje vodní režim rostliny,
- urychluje proces stárnutí,
- stimuluje opad květů, listů a plodů,
- urychluje vstup rostliny do dormance, zesiluje dormanci pupenů, semen a hlíz,
- brzdí prodlužovací růst.

Etylen

V roce 1901 popsal ruský fyziolog D. N. Neljubov některé účinky etylenu na růst rostlin. Ve třicátých letech bylo prokázáno, že etylen syntetizovaný v rostlinách je zodpovědný za zrychlené dozrávání plodů (Luštinec a Žárský 2005).

Etylen v rostlinách vzniká z aminokyseliny methioninu. Jeho bezprostřední prekurzorem je kyselina 1-aminocyklopropan-1-karboxylová. V buňce je jeho koncentrace nepatrná, daná jeho velmi nízkou rozpustností v cytoplazmě. Z cytoplazmy etylen difunduje do intercelulár a odtud do atmosféry (Luštinec a Žárský 2005).

Hlavní fyziologické účinky etylenu Hejnák a kol. (2005):

- stimuluje zrání, stárnutí a opad listů, květů a plodů,
- zeslabuje prodlužovací růst stonku při zesílení jeho růstu do tloušťky.

3.3 Stimulační přípravky určené k aplikaci na osivo

V současné době jsou na trhu nebo se zkoušejí přípravky použitelné k aplikaci na osivo z následujících skupin:

a) růstové stimulanty auxinového typu nebo s přídavkem auxinu

- přípravky založené na principu prekurzoru auxinů

M-Sunagreen, směs prekurzoru auxinu a fenolické sloučeniny stabilizující IAA (<http://www.biosfor.eu/pusobeni.html>).

- přípravky s obsahem syntetických auxinů

Lexin, syntetický analog auxinu s nosičem v podobě solí huminových a fulvových kyselin (<http://lexiconsro.cz/produkty.php>).

- roztoky huminových kyselin, fulvokyselin a jejich solí, oligopeptidů, aminokyselin, extraktů z řas, prekurzorů auxinů, event. syntetických auxinů; směsná hnojiva „obohacená“ o růstově stimulační látky bez uvedení jejich obsahu

Energen Germin, Fe, Zn, Mn, N, P, K, Mg, Cu, Mo, B + kombinaci auxinů, prekurzorů auxinů a extrakt z řas (<http://www.energen.info/cs/vyroby/>).

Galleko Speciál, huminové látky, směs oligopeptidů a aminokyselin + N, P, K, Mg, S, Mo, B (<http://www.trisol.cz/pripravky/special/>).

RootMost, přírodní kořenový stimulant na bázi mořských řas bohatý na bioaktivní látky + N, P, K (<http://www.agrobiosfer.cz/rootmost/228>).

b) přípravky na bázi huminových kyselin a fulvokyselin

Lignohumat B, přípravek s obsahem solí huminových a fulvových kyselin – 12 % v ideálním poměru 1 : 1 (<http://www.amagro.com/lignohumat-b.html>).

c) přípravky na bázi brassinosteroidů - pouze pokusné aplikace (Procházka a kol. 2012)

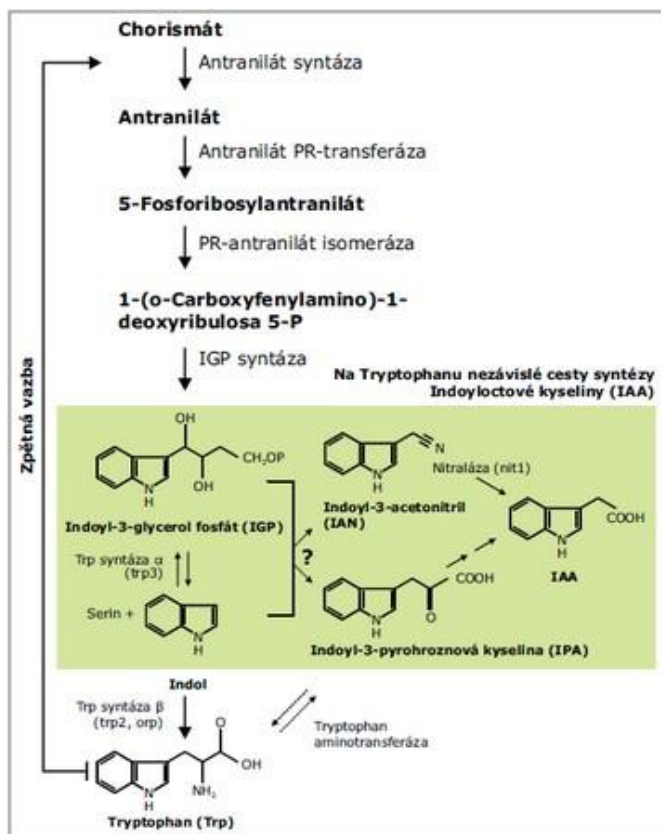
3.3.1 Přípravek M-Sunagreen, stimulant auxinového typu

Tento přípravek na bázi prekurzoru auxinu byl uveden na trh v roce 2010 jako čtvrtý auxinový stimulant vyvinutý Ing. Jaromírem Sochou, CSc. Je ale prvním z této řady určeným k aplikaci na osivo. V současné době je registrován k ošetření osiva ozimých obilovin, jarního ječmene, máku, kukuřice a řepky, a to jako součást mořící kapaliny spolu s fungicidním, event. insekticidním mořidlem nebo samostatně bez mořidla (<http://www.chemapagro.cz/firemni-profil-a-cile.html>).

3.3.1.1 Mechanismus biologického účinku přípravku M-Sunagreen

Účinnými látkami stimulantu M-Sunagreen jsou kyselina 2-aminobenzoová (kys. antranilová) a kyselina 2-hydroxybenzoová (kys. salicylová) jako fenolická sloučenina zamezující předčasnému rozpadu IAA v buňkách v důsledku účinku auxinoxidázy (i dalších peroxidáz) (<http://www.biosfor.eu/pusobeni.html>). Macháčková (1997) v souvislosti rozpadem IAA uvádí, že dekarbonizační odbourávání IAA je ovlivněno především fenolickými látkami. Monofenoly a *m*-difenoly oxidací IAA stimulují, *o*- a *p*- difenoly ji inhibují. Změny v obsahu fenolických látek často korelují se změnami intenzity odbourávání IAA a růstu.

Při studiu fenolických sloučenin v rostlinách byla v minulosti nalezena řada látek jako 2-hydroxybenzoová, ale také i alicyklické sloučeniny - kyselina šikimová a chorismová. Následně poté byla popsána tzv. šikimátová cesta biosyntézy aromatických amino- a hydroxy- kyselin.



(<http://www.biosfor.eu/pusobeni.html>)

Při této biosyntéze, která probíhá v rostlinách a vyšších mikroorganismech, má významné místo kyselina 2-aminobenzoová, která je dále metabolizována převážně na L-tryptophan. L-Tryptophan je přímým prekurzorem biosyntézy IAA (kapitola 3.2.1.1). Macháčková (1997) mluví o kyselině 2-aminobenzoové (antranilové), v souvislosti s možností ovlivnění syntézy IAA i fenolickými látkami, jako o prekurzoru tryptofanu, neboť biosyntetické dráhy IAA a fenolů jsou zčásti společné, větví se v místě vzniku kyseliny antranilové. Kyselina 2-aminobenzoová vzniká též i katabolickými reakcemi z L-tryptofanu. Vznikající L-tryptophan může být též imobilizován ve formě glykosidu nebo je využíván k biosyntéze IAA, případně i bílkovin. V rostlinách je přebytek glykosidu IAA (GAA) ukládán do endospermu semen a po aktivaci výrazně ovlivňuje jejich klíčivost (<http://www.biosfor.eu/pusobeni.html>). To dokládají také Pieruzzi et al. (2011), kdy zkoumali hladinu polyamidů, IAA a ABA v průběhu klíčení semen dvou dřevin (*Araukaria angustifolia* a *Ocotea odorifera*). V případě IAA prokázali zvýšenou hladinu tohoto auxinového fytohormonu.

3.4 Význam ošetření osiva stimulačními látkami

Pokusy s ovlivněním klíčení semen jejich zbobtnáním v roztocích auxinových i jiných fytohormonů byly konány již v letech čtyřicátých a padesátých. Užívalo se většinou kyselin indolyl-3-máselné (IBA) nebo α -naftyloctové (NAA), velmi často v kombinaci s kyselinou nikotinovou. Úspěchy byly zaznamenány u kořenové zeleniny – mrkve (*Daucus carota*) a miříku celeru (*Apium graveolens*) – v jiných případech se stimulační účinek týkal zpravidla jen počátečních etap růstu klíčících rostlin. V pozdějším růstu rostlin již tento účinek nebyl zřejmý nebo byl dokonce vystřídán účinkem inhibičním. Pokud exogenní auxin aplikovaný před setbou na semena kořenové zeleniny působí pozitivně na růst kořenů, jde zřejmě o zásah do embryonálních korelací (preference růstu radikuly v neprospěch plumly) (Šebánek a Psota 1997). Také aplikace kyseliny giberelové (GA), 6-benzyladeninu (BA) či kyseliny 2-chloretylfosfonové (CEPA) na semena může působit pozitivně na klíčení, což velmi často souvisí s účinkem těchto fytohormonů na rušení endogenní dormance semen. Pozitivně může působit i dodání růstových regulátorů s fungicidy do obalů u obalovaných osiv (Šebánek a Psota 1997).

Tiwari et al. (2004) realizovali výzkum na semenech teky obrovské (*Teclona grandis*). Sledovali vliv ošetření semen fungicidním přípravkem a růstovými hormony (kys. 1-naftyloctová, kys. indolyl-3-octová, kys. giberelová a kinetin). Aplikace uvedených růstových hormonů prokazatelně zlepšila klíčivost semen.

3.4.1 Smysl ošetření osiva přípravkem M-Sunagreen

3.4.1.1 Ovlivnění počátečních vývojových fází

Adamčík a Pulkrábek (2013) sledovali v laboratorních podmínkách klíčivost semen čiroku cukrového v závislosti na rozdílných teplotách, a to dle metodiky ISTA. Na povrch semen byl aplikován biologicky aktivní přípravek M-Sunagreen. Z dvouletých výsledků vyplynulo, že neošetřená kontrola vykazovala v průměru všech testovaných teplot nejvyšší klíčivost 91,3 %. Stimulace osiva pomocí přípravku M-Sunagreen nevyšla u parametrů energie klíčení a celkové klíčivosti statisticky průkazně, ale měla statisticky průkazně pozitivní vliv na střední dobu klíčení.

Pomocí moření M-Sunagreenem se na odrůdě Prestige podařilo v roce 2007 poměrně zřetelně snížit mortalitu jarního ječmene v prvním měsíci po vzejití. Mortalita byla na kontrole mořené přípravkem Vitavax 2000 vysoká, u kontrolní varianty bez M-Sunagreenu uhynulo na vyšším výsevku 500 zrn/m² více než 30 % vzešlých rostlin. M-Sunagreen přidaný k Vitavaxu mortalitu omezil z 33 % na 18 %. Nezanedbatelné bylo snížení mortality i na nižším výsevku 350 zrn/m², kde úhyn rostlin po vzejití poklesl z 18 % u kontroly na 10 % u M-Sunagreenu (Křováček a Černý 2011).

3.4.1.2 Ovlivnění kořenové soustavy

Pro M-Sunagreen je typický vliv na rozvoj kořenového systému, což se u pozdních výsevů řepky v sezóně 2010 - 11 jednoznačně projevilo velmi pozitivně. Nadzemní část rostlin, zejména počet listů, není mořením ovlivněn přímo, ale přes větší kořenový systém a lepší příjem živin se následně posiluje celá rostlina. Rozdíly v zakořenění jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5). Podle hmotnosti kořenů na kontrolách je dobře vidět časový posun setí a opožděný vývoj kořenů i celých rostlin v sezóně 2010 - 11 (Šamalík 2011)

Tab. 5: Řepka ozimá – hmotnost kořenů; lokality ČZU v Praze a UP ve Wroclawi; 2009 - 11 (Šamalík 2011)

varianta	OZIMÁ ŘEPKA					
	hmotnost kořenů (10 rostlin)					
	2009 / 2010 (ČZU)		2010 / 2011 (ČZU)		2010 / 2011 (UP)	
Kontrola	28,9 g	100,00	14,0 g	100,00	11,2 g	100,00
M-SUNAGREEN 15 l/t	50,5 g	174,74	21,1 g	150,71	13,5 g	120,50

Černý (2013), s ohledem na výsledky maloparcelkových pokusů realizovaných v jarním ječmeni a ozimé pšenici, vidí přínos moření osiva M-Sunagreenem v dávce 1,5 l/t přidáním ke „standardnímu“ mořidlu obou uvedených plodinách, a to především vytvářením mohutnějšího kořenového systému. Deklaruje zvýšení výnosu touto aplikací, v případě jarního ječmene, v průměru o 0,57 t/ha, u ozimé pšenice v průměru o 0,32 t/ha. Nižší

přírůstek výnosu ozimé pšenice vysvětluje působením dalších faktorů v průběhu dlouhé vegetační doby.

Základní účinek a benefit z použití přípravku M-Sunagreen při moření osiva ozimých obilovin spočívá ve významně rychlejším vývoji kořenové soustavy rostlin. Zatímco nadzemní část vykazuje zpočátku jen nepatrné rozdíly, kořenová soustava je již před nástupem zimy větší zhruba o čtvrtinu (Šamalík 2012). Šamalík dokládá uvedené tvrzení výsledky maloparcelkových pokusů v pšenici ozimé v průběhu čtyř let (2008 - 2011) na třech pokusných stanovištích (ČZU, Červený Újezd; ZS Kluky; Ditana, Velká Bystřice) a na třech různých odrůdách (Cubus; Barryton; Manager), kdy došlo k nárůstu objemu kořenové soustavy oproti kontrole nemořené M-Sunagreenem v rozmezí 20,05 - 33,22 % (33,60 %; 35,22 %; 20,05 %; 23,08 %). Hodnocení bylo provedeno vždy před začátkem zimy.

3.4.1.3 Ovlivnění nadzemní části rostlin, vliv na výnosotvorné prvky

Koprna (2013) prezentuje výsledky jednoletého polního pokusu s několika deriváty cytokininů a přípravkem M-Sunagreen (prekurzor tryptofanu) aplikovaným na osivo jarního ječmene odrůdy Amulet. V případě polní varianty mořené M-Sunagreenem poukazuje na efekt na počet produktivních odnoží, kdy došlo ke snížení středně a málo vyvinutých ve prospěch silných.

Vliv na výnosotvorné prvky a další parametry jarního ječmene ověřovala ve dvou diametrálně odlišných ročnících 2010 a 2011 také Bezdíčková (2012). Ze získaných dvouletých výsledků vyplývá, že moření osiva ječmene M-Sunagreenem se příznivě projevilo na hustotě porostu – počtu rostlin/m², počtu odnoží/rostlina i počtu klasů/m². Dalšími prvky, které se promítly do zvýšení výnosu, byla vyšší objemová hmotnost i vyšší HTZ (hmotnost tisíce zrn) u variant mořených M-Sunagreenem. Dosažené zvýšení výnosu se v obou letech pohybovalo kolem 4 % oproti M-Sunagreenem nemořené kontrole, což představovalo v průměru dvou let 3,6 q/ha.

3.4.2 Význam ošetření osiva máku setého přípravkem M-Sunagreen

Pšenička a kol. (2009) zkoumali vliv morforegulátorů aplikovaných na povrch semen máku na vlastnosti založeného porostu a případně i jeho produktivitu. Výsledkem

jednoletého pokusu, s upozorněním na riziko retardačních účinků na klíčící semena a vzcházející rostliny vzhledem k použití experimentálně zvolenému množství přípravku na tunu osiva, bylo, v případě M-Sunagreenu, navýšení výnosu semene máku na 2,21 t/ha oproti stimulačně nemořené kontrole s výnosem 1,95 t/ha. K navýšení došlo i u makoviny, a to o 0,07 t/ha z 0,48 na kontrole na 0,55 u varianty mořené M-Sunagreenem. Tento trend potvrzují také Cihlář a kol. (2013), kdy uvádějí, že rostliny máku lze v počátečních růstových fázích podpořit aplikací rostlinných stimulátorů přímo na osivo s jednoznačně pozitivním efektem na výnos semen máku. Výhodu stimulačního moření spatřují i v nízké ceně ošetření osiva a také v tom, že nevyžaduje žádnou další manipulaci s osivem.

V případě máku setého má moření auxinovým stimulem poměrně zásadní vliv na vitalitu a tudíž i produktivitu porostu. Bylo zaznamenáno urychlení vzcházení o 2 - 7 dnů a současně i lepší zakořenění. Přínosy ošetřeného osiva se potvrdily i v roce 2010 na lokalitě Osevy Pro, VÚOI v Opavě, kde došlo k navýšení výnosu mořené varianty o 6,5 %, při výnosu na úrovni 0,98 t/ha, ve srovnání s 0,92 t/ha na kontrolní variantě

<http://www.chemapagro.cz/clanky-sumarizace-pokusu-m-sunagreen.html>).

Velmi podobná je také situace u máku, charakterizuje Šamalík (2011) stav kořenové soustavy máku v roce 2011, kdy srovnává vývoj kořenového systému máku setého s reakcí ozimé řepky v sezóně 2010-11 na ošetření osiva přípravkem M-Sunagreen (Tab. 5). Dále předkládá výnosové a kvalitativní výsledky uvedeného ročníku se stimulačně mořeným osivem a následnou listovou aplikací dalšími přípravky. Z těchto výsledků vyplývá zvýšení, oproti neošetřené kontrole, počtu makovic ze 48 na 62 ks, zvýšení HTS z 0,468 na 0,641 g, výnos makoviny z 1,68 na 20,6 t/ha a výnos semen z 1,07 na 1,32 t/ha. Je třeba podotknout, že uvedené výsledky jsou ovlivněny také foliární aplikací.

4 MATERIÁL A METODY

K vypracování této diplomové práce jsem měl možnost využít část z přesných maloparcelových pokusů v máku setém realizovaných na Výzkumné stanici Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze v Červeném Újezdě založených v letech 2009 a 2010. Pro účely těchto pokusů byla zvolena, v České republice velmi rozšířená, modrosemenná odrůda máku setého, Major. V průběhu celé vegetace byly průběžně sledovány a následně vyhodnocovány produkční a morfologické ukazatele zaměřené na ověření vlivu aplikace stimulátorů na principu prekurzoru auxinů na morfologické a výnosové ukazatele.

V obou pokusech byly použity stimulátory M-Sunagreen pro ošetření osiva a Hergit a Rexan (pouze v roce 2010) pro listovou aplikaci v růstových fázích od 6. pravých listů do začátku kvetení. Na části variant byla na mák také listově aplikována výživa Zn. Hodnocení bylo prováděno průběžně, s ohledem na zadanou metodiku.

Cílem dvouletého pokusu s mořením osiva máku setého přípravkem na bázi prekurzoru auxinů bylo ověření vlivu tohoto nového ošetření na produkční a morfologické ukazatele. Jde o aplikaci, která do roku 2010 nebyla v zemědělské praxi používána.

4.1 Charakteristika pokusné lokality

Výzkumná stanice Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze v Červeném Újezdě je využívána jako experimentální pracoviště, ale také pro prezentaci výsledků odborné veřejnosti. Nadmořská výška pokusných pozemků je 398 m n.m.

4.1.1 Půdní charakteristika

Pozemky, na kterých jsou pokusy založeny, mají rovinatý charakter terénu s mělkými mikrodepresemi, což podmiňuje dobré vsakování srážkových vod a tím i uplatnění ilimerizačního procesu. Jeho vlivem se na území obvodu vytvořily půdy hnědozemního typu, u kterých dochází k vyluhování svrchních půdních horizontů a posunu koloidních částic do spodiny.

Půdotvorným substrátem (80 - 120 cm) je spraš a sprašový pokryv s velmi dobrou vododržností, dobrou vnitřní drenáží. Na opukách, v důsledku větší štěrkovitosti a tím rychlého vsakování, se projevuje vyšší vysýchavost v půdním profilu.

Zájmové území je tvořeno opukami křídového stáří, překryto sprašemi a sprašovitými pokryvy pleistocenními. Opuky jsou vápnité se štěrkovitým rozpadem. Spraše a nevápnité sprašové pokryvy jsou převažujícím půdním substrátem tvořícím hnědozem, méně hnědozem luvickou, černozem hnědozemní (při slabší ilimerizaci) popř. černozem luvickou (při silnější ilimerizaci) a hnědozemě pseudoglejové.

Ornice je šedohnědá, hlinitá, s drobtovitou strukturou. Její hloubka je od 28 do 35 cm a má střední až silné prokořenění a biologickou činnost. Podorniční horizont (50 - 70 cm) je hnědý až rezavý, hlinitý s příměsí opuky. Prokořenění a biologická aktivita je střední.

Na pokusných plochách převažuje BPEJ 4.10.00.

Po stránce zrnitostního složení se jedná o půdy středně těžké. Objemová hmotnost činí přibližně 1,4 t/m³, 7 % skeletu.

Půda má střední až vysokou sorpční kapacitu, sorpční komplex je plně nasycen. Půdní reakce je neutrální, obsah humusu střední. Obsah P a K je střední až dobrý. Průměrné obsahy N_{min} v předjaří činí 15,7 - 29,1 ppm.

4.1.2 Hydrologické a geomorfologické poměry

Daná lokalita se nachází v povodí dolní Vltavy. Hydrologická síť je tvořena pouze potokem Rymaňským, který pramení západně od obce. Protéká od východu a tvoří nivu. Voda není odváděna žádným jiným vodním tokem. Potok má velmi malý spád a minimální průtok. Pouze poblíž lokality kláštera Hájek je umělá bezodtoková vodní nádrž. Nejbližší rybník je vzdálen cca 6 km.

Území je rovinnaté s minimálním odtokem vody. Substráty mají dobrou vododržnost, dobrou vnitřní drenáž. Rovinný terén umožňuje velmi dobré vsakování srážkových vod.

4.1.3 Povětrnostní podmínky

Klimaticky pokusné stanoviště spadá do oblasti mírně teplé, klimatického okrsku mírně suchého, převážně s mírnou zimou. Průměrná roční teplota vzduchu činí 6,9 °C (za roky

1901-1950 po zohlednění interpolace stanice Lány a Karlov - 7,7 °C). Průměrný roční úhrn srážek činí 549 mm (za roky 1901-1950 činí 493 mm). Průměrná teplota ve vegetačním období (1.4. - 30.9.) je 12,9 °C (resp. 13,8 °C), průměrný vegetační úhrn srážek činí 361 mm (resp. 333 mm). Průměrná teplota ve vegetačním klidu (1.12. - 28.2.) činí -2,2 °C a úhrn srážek za toto období 53,0 mm. Sluneční svit v období 1926-1950 (Praha-Karlov) je 1902 hodin. Délka vegetačního období činí 150 - 160 dní. První mrazivý den se dostavuje v průměru 11. října. Na jaře se vyskytují mrazíky ojediněle koncem dubna.

4.2 Charakteristika pokusu založeného v roce 2009

4.2.1 Varianty pokusu

Pokus byl založen na odrůdě Major s výsevem 1,5 kg/ha. Předplodinou byla pšenice ozimá. Metodika celého pokusu zahrnuje 13 variant ve čtyřech znáhodněných opakováních, z nichž pro potřeby této práce byly využity pouze dvě varianty, č.:

1. přípravek M-Sunagreen - osivo ošetřeno M-Sunagreenem v dávce 30 l/t a přípravkem Cruiser OSR v dávce 25 l/t,
2. kontrolní varianta – osivo ošetřeno přípravkem Cruiser OSR v dávce 25 l/t.

Ostatní pesticidní ošetření a výživa v průběhu vegetace byly v obou variantách naprosto shodné. Velikost jednotlivých parcel každého opakování je 15 m² brutto, což je 11,25 m² netto.

4.2.2 Agrotechnické postupy a související pracovní operace

Tab. 6: Agrotechnika na variantách pokusu s mákem setým 2009

termín úkonu	specifikace úkonu / aplikace	aplikační dávka
18. 9. 2008	podmítka talířovým podmítačem	---
27. 10. 2008	orba – pluh s pěchem (hrubé urovnění povrchu)	---
1. 4. 2009	příprava půdy (1 přejezd smyk + brány)	---
3. 4. 2009	setí máku odrůdy Major, výsevek 1,5 kg/ha, + hnojení LAD	2 q
4. 4. 2009	aplikace Calisto 480 SC	25 l/ha

24. 4. 2009	aplikace Nurelle D (vývojová fáze - 3 listy)	0,6 l/ha
5. 5. 2009	aplikace Targa Super 5 EC	1,5 l/ha
11. 5. 2009	hnojení LAD	2 q
20. 5. 2009	aplikace Starane 250 EC (vývojová fáze - 6 listy)	0,25 l/ha
10. 6. 2009	aplikace Discus	0,2 kg/ha
19. - 20. 8. 2009	sklizeň	- - -

4.2.3 Průběh počasí

Jaro se otevřelo koncem března. Přechod ze zimy k létu byl velmi rychlý. Po oteplení nastalo suché a teplé jaro, teploty kolem nuly přešly k teplotám kolem 20 °C. Polní práce začaly v České republice okolo 29.3.2009. 31.3.2009 se již selo po celém území. Setí máku v maloparcelkovém pokusu proběhlo 3.4.2009. Až do 11.5.2009 probíhá teplé a suché počasí 11.5. přichází celodenní déšť s úhrnem srážek od 10 do 20 mm. Následuje ochlazení a deště od poloviny května do 3. dekády června. Ve třetí dekádě června do 5.7.2009 silné srážky s možností lokálních záplav. V důsledku vlhkého průběhu počasí dochází k opoždění žní. V hlavní části vegetace (květen, červen) porosty těžily z dostatku vláhy, chladných nocí pod 15 °C a denních teplot jen kolem 18 °C.

Meteorologické údaje naměřené na Výzkumné stanici Červený Újezd za období „vegetace 2008 – 09“ jsou součástí příloh této diplomové práce.

4.3 Charakteristika pokusu založeného v roce 2010

4.3.1 Varianty pokusu

Pokus byl založen na odrůdě Major s výsevkem 1,5 kg/ha. Předplodinou byla pšenice ozimá. Metodika celého pokusu zahrnuje 12 variant ve čtyřech znáhodněných opakováních, z nichž pro potřeby této práce byly využity pouze dvě varianty, č.:

1. kontrolní varianta – osivo ošetřeno přípravkem Cruiser OSR v dávce 25 l/t,
2. přípravek M-Sunagreen - osivo ošetřeno M-Sunagreenem v dávce 30 l/t a přípravkem Cruiser OSR v dávce 25 l/t.

Ostatní pesticidní ošetření a výživa v průběhu vegetace byly v obou variantách naprosto shodné. Velikost jednotlivých parcel každého opakování je 15 m² brutto, což je 11,25 m² netto.

4.3.2 Agrotechnické postupy a související pracovní operace

Tab. 7: Agrotechnika na variantách pokusu s mákem setým 2010

termín úkonu	specifikace úkonu / aplikace	aplikační dávka
2. 11. 2009	orba – pluh s pěchem (hrubé urovnání povrchu)	---
24. 3. 2010	příprava půdy (1 přejezd smyk + brány)	---
26. 3. 2010	setí máku odrůdy Major, výsevek 1,5 kg/ha, + hnojení LAD	2 q
29. 3. 2010	aplikace Calisto 480 SC	25 l/ha
26. 4. 2010	aplikace Targa Super 5 EC + aplikace Karate Zeon	2,5 l/ha 0,1 l/ha
17. 5. 2010	hnojení LAD	2 q
28. 5. 2010	aplikace Starane 250 EC (vývojová fáze - 6 listů)	0,25 l/ha
8. 6. 2010	aplikace Lentipu 500 FW	1,5 l/ha
16. 6. 2010	aplikace Bumper Super	1,0 l/ha
31. 7. 2010	desikace	
20. 8. 2010	sklizeň	---

4.3.3 Průběh počasí

Rok 2010 byl charakteristický přízemními mrazy poškozujícími vegetaci v dubnu (v 16. týdnu dosahovaly přízemní mrazy lokálně až hodnoty -7 °C), extrémně silnými srážkami během celého května, a posunem žní a opožděním výsevu ozimých plodin vlivem „mokrého“ srpna. Od 3.5. do 4.6. spadlo na některých lokálně i přes 300% normálu s mimořádnou intenzitou, v Čechách cca 100 – 200 % normálu. Od konce června nastalo cca 3 týdny velmi horkého a suchého období. Zhruba od druhého srpnového týdne přišla opět vlna dešťů, úhrn srážek až v hodnotách 200 % normálu – setí řepky končilo až v první dekádě září.

Meteorologické údaje naměřené na Výzkumné stanici Červený Újezd za období „vegetace 2009 – 10“ jsou součástí příloh této diplomové práce.

4.4 Charakteristika odrůdy a použitých přípravků

4.4.1 Odrůda máku setého, Major

Na Slovensku vyšlechtěná (křížením materiálů Svalöfs Soma x Bibbi) modrosemenná odrůda registrovaná v roce 2002. Odrůda je středně raná (vegetační doba 126 dní), středně vysoká (1,11 m), robustnějšího habitusu pro dobrou odolnost proti vyvracení a polehání. Odolnost proti nežádoucímu otvírání tobolek po dozrání je velmi dobrá (0,5 %). Hmotnost tisíce semen je 0,55 g. Jedná se o odrůdu univerzálního typu, určenou pro potravinářské využití semene a farmaceutické zpracování makoviny. Obsah morfinu se pohybuje na úrovni 0,45 – 0,50 %. Obsah oleje v semeni je 48,3 %. Zdravotní stav je dobrý, vyznačuje se střední odolností proti plísni makové a helmintosporióze.

Major je přizpůsobivou odrůdou půdním a klimatickým podmínkám. Nejvíce jí vyhovují humidnější oblasti řepařské ale i bramborové výrobní oblasti. (<http://www.labris.cz/>)

4.4.2 Aplikované přípravky

Přípravky aplikované na osivo

Cruiser OSR – širokospektrální insekticidní a fungicidní mořidlo; účinné látky: thiamethoxam, fludioxonil, metalaxyl-M.

M-Sunagreen - rostlinný stimulant s formulací vyhovující použití jako součást kapaliny určené pro ošetření osiva; účinné látky: kys. 2-aminobenzoová, kys. 2-hydroxybenzoová.

Přípravky aplikované postřikem

Bumber Super - širokospektrální fungicidní přípravek ve formě emulgovatelného koncentráту; účinné látky: prochloraz, propiconazole.

Callisto 480 SC - herbicidní přípravek ve formě suspenzního koncentrátu pro preemergentní i postemergentní hubení jednoletých dvouděložných plevelů a ježatky kuří nohy; účinné látky: mesotrion.

Discus – fungicidní přípravek ve formě ve vodě dispergovatelného granulátu; účinné látky: kresoxim-metyl.

Karate Zeon – insekticidní přípravek na bázi syntetického pyrethroidu ve formě stabilní suspenze kapsulí v kapalině k hubení savého a žravého hmyzu; účinné látky: lambda-cyhalotrin.

Lentipur 500 FW – herbicidní přípravek určený k hubení chundelky metlice, psárky polní, heřmánkovitých a dalších dvouděložných plevelů v ozimé pšenici, ozimém ječmeni, triticales bez podsevu a máku; účinné látky: chlorotoluron.

Nerelle D – insekticidní přípravek ve formě emulgovatelného koncentrátu určený pro postřik savých a žravých škůdců; účinné látky: chlorpyrifos, cypermethrin.

Starane 250 EC - herbicidní přípravek ve formě emulgovatelného koncentrátu k postemergentnímu hubení odolných dvouděložných plevelů; účinné látky: fluroxypyr.

Targa Super 5 EC - postemergentní systémový graminicid ve formě emulgovatelného koncentrátu určený k hubení pýru plazivého, jednoletých trav a výdrolu obilovin; účinné látky: quizalofop-P-ethyl.

4.5 Statistické zpracování

Data byla vyhodnocena metodou Analýzy rozptylu, hladina významnosti 95%, podle „metody LSD“. Pro grafické znázornění byla použita „standardní chyba“, která vyjadřuje variabilitu největšího podílu hodnot v rámci jedné skupiny. Tzn., že v grafu vyneseny bod je průměrem a úsečka vyjadřuje průměrnou vzdálenost hodnot od průměru (průměrná střední chyba odhadu).

Pod grafem je uvedena tabulka, v případě hodnocených ukazatelů jako jsou hmotnost kořenů, počet makovic na plochu, hmotnost nadzemní části a tloušťka krčku je uvedena pouze tabulka, se slovní identifikací varianty, hodnota průměru a procentuální odchylka od průměru kontrolní varianty. V případě ukazatele poléhání je uvedeno pouze slovní hodnocení.

Statistické výpočty byly prováděny programem Statgraphics for Windows, v. 5.1 PLUS.

5 VÝSLEDKY

Na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě byl v průběhu let 2009 a 2010 realizován přesný pokus zaměřený na stimulaci a listovou výživu máku setého (v roce 2009 bylo založeno 13 variant ve čtyřech opakováních, v roce 2010 měl pokus 12 variant, opět ve čtyřech znáhodněných opakováních). Jedním z cílů tohoto pokusu bylo ověření vlivu aplikace auxinového stimulantu na osivo máku.

5.1 Hodnocení morfologických a produkčních ukazatelů

Součástí uvedeného dvouletého komplexního pokusu byly i dvě varianty (ošetřená a kontrolní) pro sledování účinků stimulačního moření. V případě varianty s osivem máku mořeným auxinovým stimulantem spolu s „klasickým“ mořidlem bylo hodnocení zaměřeno:

- a) na produkční ukazatele - na výnos semen, počet semen v makovici, počet makovic na jednotku plochy, HTS, počet semen v makovici,
- b) na morfologické ukazatele hodnocené v průběhu vývoje rostlin – hmotnost kořenů, hmotnost nadzemní části rostlin, polehnutí.

Odběry probíhaly průběžně podle hodnocených růstových fází z každého opakování, vyhodnocený výsledek je průměrem odběrů ze všech čtyř opakování příslušné varianty.

5.1.1 Výnos semen

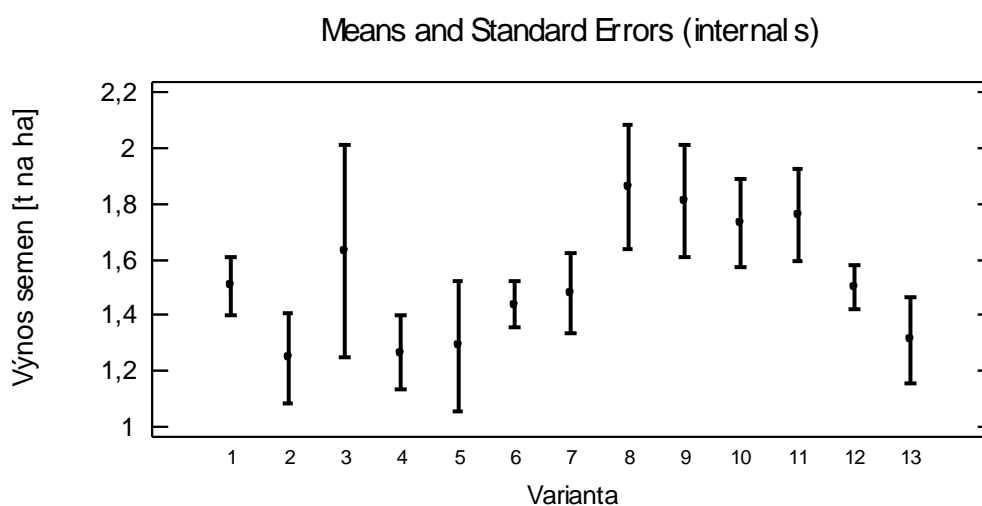
Výnosová odezva je základním hodnoceným parametrem. Z výsledků je zřejmé, že i přes vysokou výnosovou hladinu v obou letech (na kontrolní variantě 1,2425, resp. 1,3525 t/ha v roce 2010) došlo k významnému navýšení úrody semene máku (Tab. 10). Výnosová odezva tohoto vstupu v sezóně 2009 byla velmi silná, více jak 20 % nad kontrolu, v případě hodnocení „bez extrémní hodnoty“ ještě o 8 % víc (Tab. 13). V tomto roce byl výnos „bez extrémní hodnoty“ navýšen statisticky průkazně (Tab. 11). Z grafů (Graf 1 a Graf 2 u variant s hodnocením všech opakování a Graf 3 a Graf 4 s vyloučením extrému) také, kromě průměrného výnosu variant, v obou případech vyplývá vyrovnanost jednotlivých parcel

ošetřených variant oproti kontrole, což nasvědčuje pozitivnímu ovlivnění celkové vitality porostu.

Cesty k navýšení výnosu se v obou letech, pravděpodobně jako reakce na vliv ročníku, byly do značné míry odlišné. V roce 2009 byl hlavním výnosotvorným činitelem nárůst počtu tobolek na m², kdežto v následující sezóně tvořilo výnos součet více faktorů – navýšení HTS (2,26 %) a mírné zvýšení počtu makovic na m². Právě rok 2010 byl ovlivněn mrazovým poškozením po relativně časném zasetí, ale především zamokřením a utužením půdy v důsledku silných dešťů na jaře a v létě. To se stalo příčinou velkého stresu, kterým mák prošel, kdy během května, v silně podmáčené půdě, došlo k omezení funkce kořenového systému, k vyplavení dusíku i ostatních živin, kombinací obou faktorů i k deficitům ve výživě. Kořeny měly současně pouze omezený přístup ke kyslíku. Kombinace těchto nepříznivých faktorů způsobila, že po vypuštění „extrému“ se výnos semen na ošetřené variantě propadl na úroveň kontroly, resp. 1,13 % pod hodnotu výnosu kontrolní varianty (Tab. 13). Výnos semen jednotlivých opakování mořené varianty při vypuštění extrému vykazuje minimální rozdíly, kdežto v případě kontroly je výnos jednotlivých parcel podstatně méně vyrovnaný.

a) Výnos semen - průměr čtyř opakování každé varianty

Graf 1: Výnos semen máku na variantě se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2009



Varianty: č. 1 – mořeno Cruiser OSR + M-Sunagreen

č. 2 – mořeno Cruiser OSR

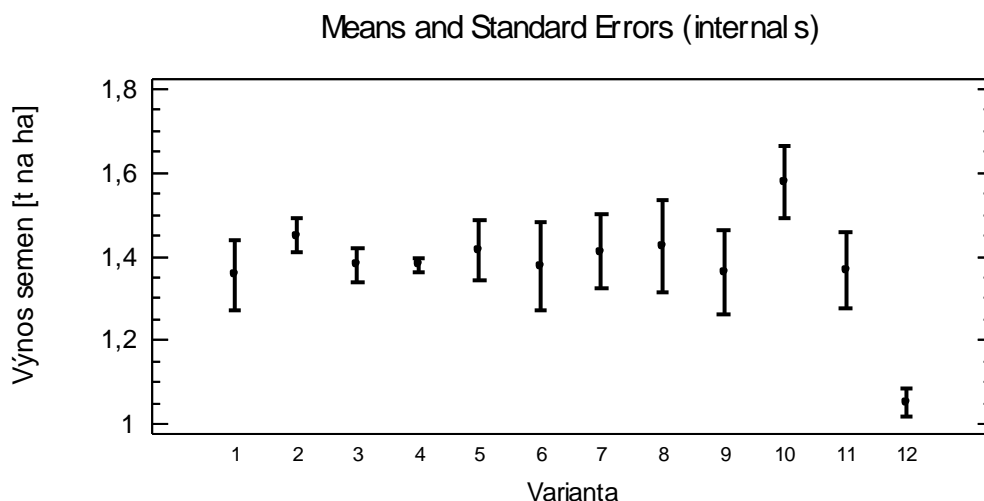
Odběr: sklizeň 19. – 20. srpna 2009

Tab. 8: Výnos semen máku na variantě se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2009

Method: 95,0 percent LSD

varianta	počet opakování	střední hodnota	homogenní skupiny
2	4	1,2425	X
1	4	1,5	XXX

Graf 2: Výnos semen máku na variantě se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2010



Varianty: č. 1 – mořeno Cruiser OSR

č. 2 – mořeno Cruiser OSR + M-Sunagreen

Odběr: sklizeň 20. srpna 2010

Tab. 9: Výnos semen máku na variantě se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2010

Method: 95,0 percent LSD

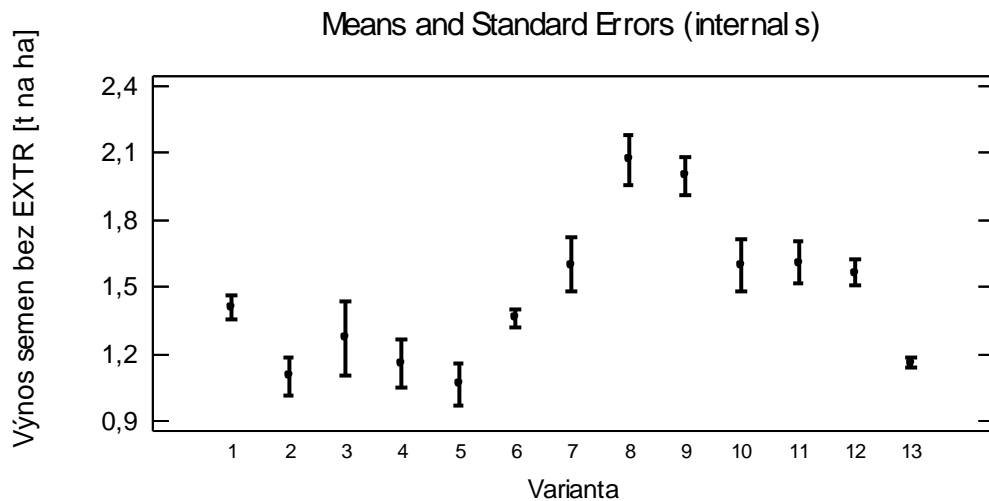
varianta	počet opakování	střední hodnota	homogenní skupiny
1	4	1,3525	X
2	4	1,4475	X

Tab. 10: Výnos semen máku se stimulačně mořeným osivem v sezónách 2009 a 2010

varianta	2009		2010	
	t/ha	%	t/ha	%
Kontrola: Cruiser OSR	1,2425	100	1,3525	100
M-Sunagreen + Cruiser OSR	1,500	120,72	1,4475	107,02

b) Výnos semen bez extrémní hodnoty - průměr tří opakování každé varianty, kdy bylo vypuštěno jedno opakování s „nejvzdálenější hodnotou výnosu“ od celkového průměru všech čtyř opakování v rámci varianty.

Graf 3: Výnos semen máku bez extrémní hodnoty na variantě se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2009



Varianty: č. 1 – mořeno Cruiser OSR + M-Sunagreen

č. 2 – mořeno Cruiser OSR

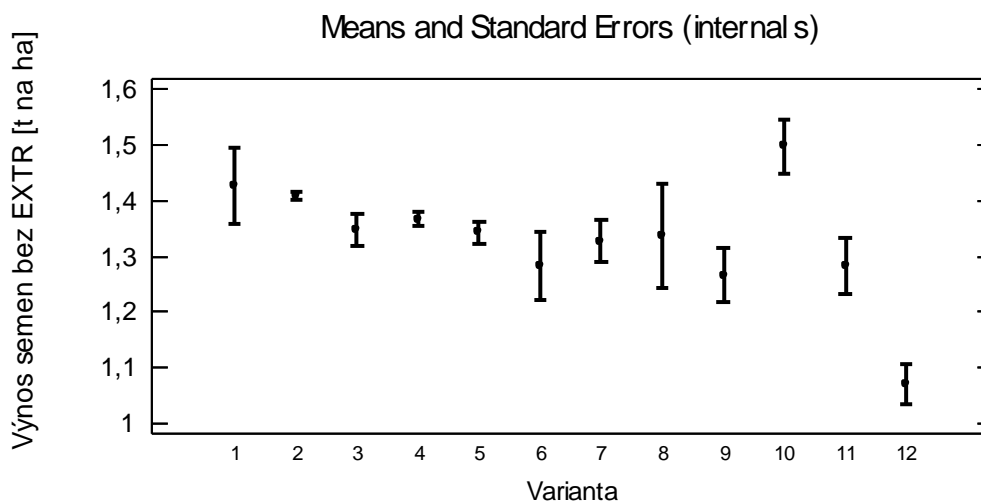
Odběr: sklizeň 19. – 20. srpna 2009

Tab. 11: Výnos semen máku bez extrémní hodnoty na variantě se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2009

Method: 95,0 percent LSD

varianta	počet opakování	střední hodnota	homogenní skupiny
2	3	1,0967	XX
1	3	1,4067	XX

Graf 4: Výnos semen máku bez extrémní hodnoty na variantě se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2010



Varianty: č. 1 – mořeno Cruiser OSR

č. 2 – mořeno Cruiser OSR + M-Sunagreen

Odběr: sklizeň 20. srpna 2010

Tab. 12: Výnos semen máku bez extrémní hodnoty na variantě se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2010

Method: 95,0 percent LSD

varianta	počet opakování	střední hodnota	homogenní skupiny
2	3	1,40667	XXX
1	3	1,42333	XX

Tab. 13: Výnos semen máku se stimulačně mořeným osivem bez extrémní hodnoty v sezónách 2009 a 2010

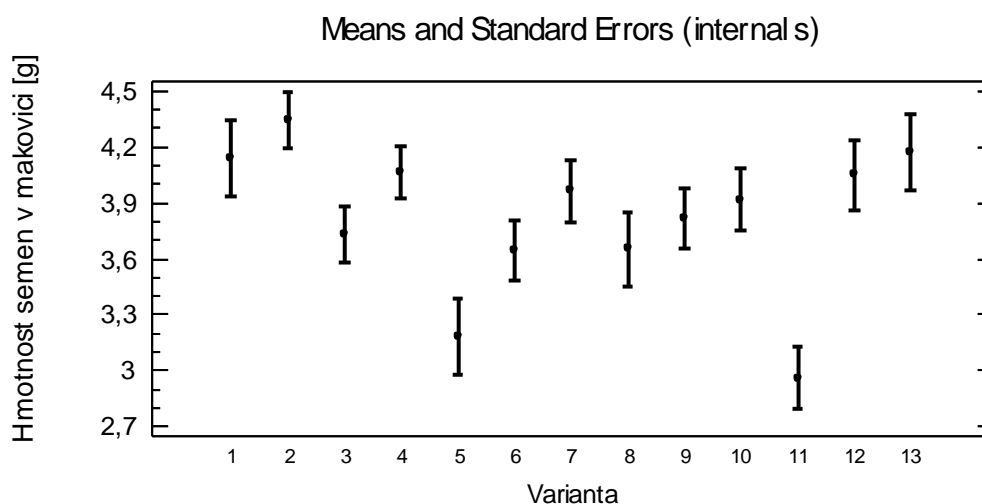
varianta	2009		2010	
	t/ha	%	t/ha	%
Kontrola: Cruiser OSR	1,0967	100	1,42333	100
M-Sunagreen + Cruiser OSR	1,4067	128,27	1,40667	98,83

5.1.2 Hmotnost semen v jedné makovici

I přes celkové navýšení výnosu v obou sledovaných ročnících došlo k propadu hmotnosti semen v jedné tobolce (Tab. 16). Z grafů (Graf 5 a Graf 6) je patrná menší vyrovnanost

makovic ošetřených variant obou let oproti neošetřené kontrole. To by mohlo znamenat, že mák zareagoval na zvýšený objem kořenů, ale vzhledem k vysoké míře stresů, kterým byl v daných letech vystaven, došlo ke snížení hmotnosti semen na jednu makovici vůči stimulačně nemořené kontrole. Až další pokusy mohou naznačit, zda se jedná o reakci rostliny, které byl vhodným stimulačním zásahem zvednut výnosový potenciál, ale přístup k živinám (2009 – sucho cca do 15. Května, 2010 – extrémní květnové srážky) a celkově vysoká míra stresu ji nedovolil dostatečně ho rozvinout.

Graf 5: Hmotnost semen v jedné makovici na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2009



Varianty: č. 1 – mořeno Cruiser OSR + M-Sunagreen

č. 2 – mořeno Cruiser OSR

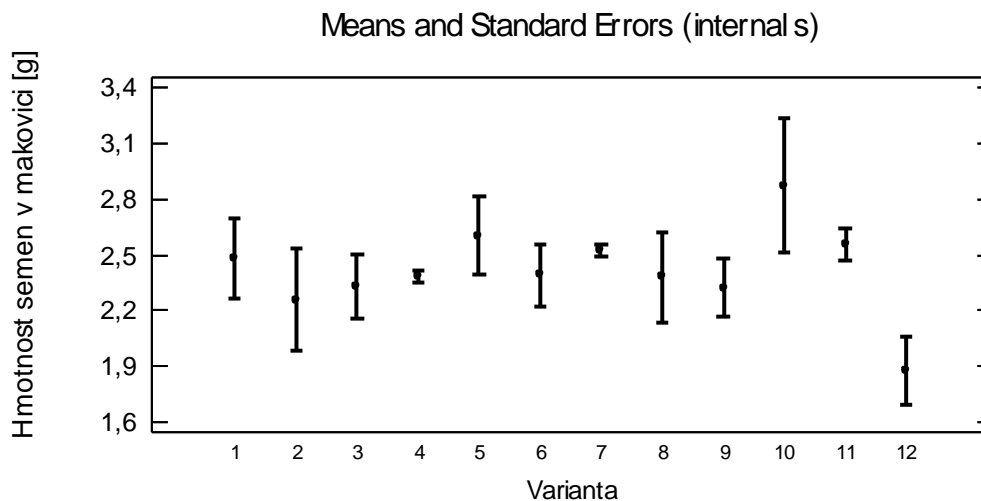
Odběr: makovice byly odebrány 18. srpna 2009

Tab. 14: Hmotnost semen v jedné makovici na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2009

Method: 95,0 percent LSD

varianta	počet opakování	střední hodnota	homogenní skupiny
1	40	4,1275	XXX
2	40	4,335	X

Graf 6: Hmotnost semen v jedné makovici na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2010



Varianty: č. 1 – mořeno Cruiser OSR

č. 2 – mořeno Cruiser OSR + M-Sunagreen

Odběr: makovice byly odebrány 19. srpna 2010

Tab. 15: Hmotnost semen v jedné makovici na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2010

Method: 95,0 percent LSD

varianta	počet opakování	střední hodnota	homogenní skupiny
2	4	2,2525	XX
1	4	2,475	XX

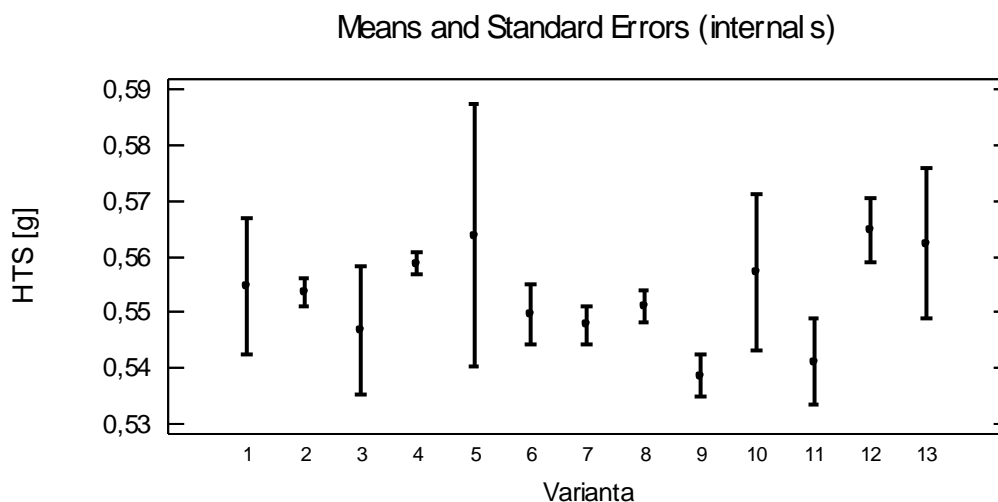
Tab. 16: Hmotnost semen v jedné makovici na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezónách 2009 a 2010

varianta	2009		2010	
	g	%	g	%
Kontrola: Cruiser OSR	4,335	100	2,475	100
M-Sunagreen + Cruiser OSR	4,1275	95,21	2,2525	91,01

5.1.3 HTS

Z pohledu průměrné hodnoty HTS všech opakování příslušné varianty nedošlo k propadu tohoto kvalitativního ukazatele (Tab. 18). V sezóně 2010 bylo dosaženo mírně pozitivního vlivu stimulačního moření vůči neošetřené kontrole. Je ale třeba zmínit, že především v sezóně 2009 byla zaznamenána velká rozkolísanost mezi jednotlivými opakováními v rámci varianty (Graf 7 a Graf 8), to ale také do značné míry platí o roce 2010. Toto hledisko může být v korelaci s počtem makovic na jednotku plochy. Z výsledků pokusu je zřejmé, že s nárůstem počtu makovic na m² v roce 2009 (Tab. 19) se HTS vůči kontrolní variantě nezvýšila, kdežto v sezóně 2010 k nárůstu počtu makovic na m² nedošlo (pouze + 1,14 %), ale HTS se mírně zvedla.

Graf 7: HTS na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2009



Varianty: č. 1 – mořeno Cruiser OSR + M-Sunagreen

č. 2 – mořeno Cruiser OSR

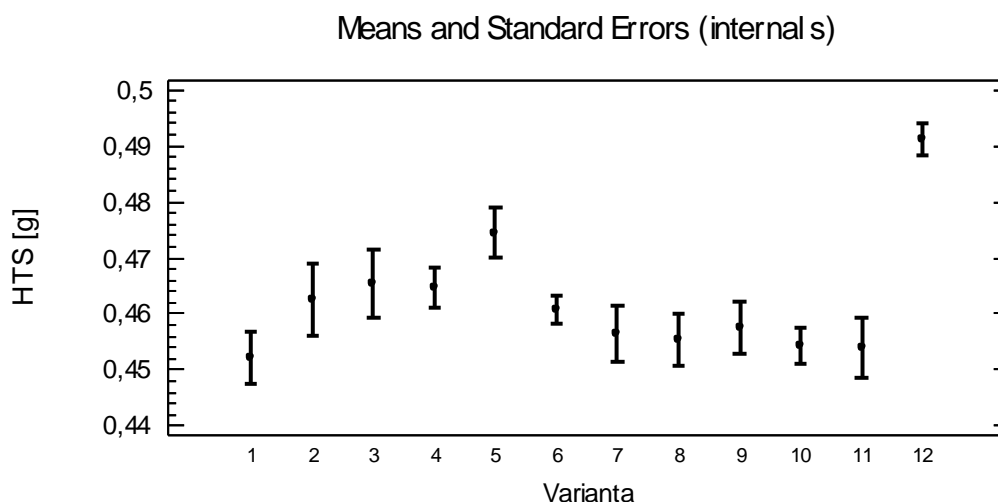
Odběr: makovice byly odebrány 18. srpna 2009

Tab. 17: HTS na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2009

Metoda: 95,0 procent LSD

varianta	počet opakování	střední hodnota	homogenní skupiny
2	4	0,5535	X
1	4	0,5545	X

Graf 8: HTS na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2010



Varianty: č. 1 – mořeno Cruiser OSR

č. 2 – mořeno Cruiser OSR + M-Sunagreen

Odběr: makovice byly odebrány 19. srpna 2010

Tab. 17: HTS na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2010

Metoda: 95,0 procent LSD

varianta	počet opakování	střední hodnota	homogenní skupiny
1	4	0,452	X
2	4	0,46225	XX

Tab. 18: HTS na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezónách 2009 a 2010

varianta	2009		2010	
	g	%	g	%
Kontrola: Cruiser OSR	0,5535	100	0,452	100
M-Sunagreen + Cruiser OSR	0,5545	100,18	0,46223	102,26

5.1.4 Počet makovic na 1 m²

Významným parametrem z hlediska tvorby výnosu je počet makovic na m², což se jednoznačně projevilo na navýšení výnosu v prvním pokusném roce (Tab. 19). V porovnání obou let je patrný vliv ročníku bez ohledu na to, zda došlo v roce 2009 k navýšení počtu tobolek na m² vlivem zvýšeného počtu rostlin oproti kontrole nebo tím důvodem byla vyšší

míra navětvění rostlin máku. Jako pravděpodobnější, vzhledem k již zmíněnému faktoru silné nevyrovnanosti v HTS (Graf 7) v rámci jednotlivých opakování mořené varianty, se jeví druhá možnost, tedy více větví na rostlině.

Tab. 19: počet makovic na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezónách 2009 a 2010

varianta	2009		2010	
	ks	%	ks	%
Kontrola: Cruiser OSR	84	100	44	100
M-Sunagreen + Cruiser OSR	91	108,33	44,5	101,14

Odpočet: proveden byl 18. srpna 2009, resp. 19. srpna 2010.

5.1.5 Hodnocení kořenů a nadzemní části

Tyto morfologické ukazatele byly odebrány a hodnoceny pouze ve druhém roce trvání pokusu, nemají tedy v celkovém hodnocení váhu dvouletých výsledků. V kontextu dvouletých lze ale uvedené hodnoty hmotnosti kořenů a nadzemní části rostlin a tloušťky kořenového krčku vnímat jako ukazatele možného vlivu ošetření osiva stimulačními látkami. Navýšení objemu kořenů, a tím i zvýšení výkonosti kořenového aparátu, se tudíž jeví jako primární odezva rostliny na stimulační moření. Pozitivní ovlivnění vývoje kořenů od počátečních vývojových fází se odrazilo v „síle“ celé rostliny – objem biomasy (Tab. 20). V konečném důsledku se zvýšená vitalita projeví výnosovou odezvou (Grag 2). Naměřená hodnota zvýšené hmotnosti kořenové soustavy má významnou vypovídací schopnost i z důvodu průběhu jara, kdy s ohledem „celokvětňové“ srážky a tím silnému podmáčení půdy došlo k zamezení přístupu rostlin k živinám, mohlo také dojít k uhnívání kořenů. Hodnota 16 % navýšení tohoto ukazatele (Tab. 20) charakterizuje nárůst kořenů před stresovým obdobím. Lepší startovní pozice, po odeznění stresových vlivů, variant se stimulačně mořeným osivem se projevila v urychlení regenerace máku. Silně stresující průběh jara (poškození mrazem, podmáčení) měl, i přes rychlejší regeneraci, odezvu v nižší úrovni navýšení výnosu vůči kontrolní variantě (Tab. 10) na úrovni 7,02 % oproti 20,72 % v sezóně 2009.

Tab. 20: Kořeny a nadzemní hmota na variantách se stimulačně mořeným osivem v sezóně 2010

varianta	hmotnost kořenů		hmotnost nadzemní části		tloušťka krčku	
	g	%	g	%	mm	%
Kontrola: Cruiser OSR	20,3	100	220	100	0,8	100
M-Sunagreen + Cruiser OSR	23,7	116,75	330	150	0,9	112,50

Odpočet: proveden byl 10. června 2010.

5.1.6 Polehnutí porostu

Negativní projev stimulačního ošetření osiva na polehnutí porostu nebyl zaznamenán ani v jednom z pokusných let. V sezóně 2009 bylo polehnutí mořených variant naopak hodnoceno na úrovni 10 % oproti neošetřené kontrole s mírně vyšším polehnutím okolo 15 %.

6 DISKUZE

Mák, jako velmi citlivá plodina, vyniká značnými ročníkovými výkyvy ve výnosech. Cesta ke zvýšení výnosové hladiny máku, resp. k její stabilizaci, vede přes omezení citlivosti vůči vnějším vlivům (ročníkové vlivy, pesticidní ochrana). Jednou z možností je posílit rostliny máku v jednotlivých růstových fázích a tím dosáhnout vyšší schopnosti eliminovat ročníkové vlivy, event. negativa spojená s pesticidní ochranou (především postemergentními herbicidy). Z přesných pokusů v máku setém, i popsanych vlivů v obilovinách nebo olejninách, se ošetření osiva stimulačním přípravkem jeví jako možnost posílení rostlin od raných vývojových fází.

Vysoký nárůst kořenového aparátu máku v uvedeném pokusu na úrovni 16,75 % vůči neošetřené kontrole se v kontextu s již publikovanými výsledky na jiných plodinách dá označit za primární efekt osiva mořeného přípravkem M-Sunagreen. Šamalík (2011) popisuje rozvoj kořenového systému jako „typický vliv“ pro M-Sunagreen, toto tvrzení dokládá výsledky hmotnosti kořenů řepky ozimé s hodnocením před zámrazem - ČZU v Praze (+ 74,74 % v sezóně 2009-10 a + 50,71 %, 2010-11) a UP ve Wroclawi (+ 20,50 %, 2010-11). V obilovinách je situace velmi podobná. Černý (2013), ve shodě s našimi výsledky, vidí, s ohledem na výsledky maloparcelkových pokusů realizovaných v jarním ječmeni a ozimé pšenici přínos moření osiva M-Sunagreenem především ve vytváření mohutnějšího kořenového systému. To také dokládá Šamalík (2012) na výsledcích přesných pokusů s pšenicí ozimou na třech lokalitách v letech 2008 - 2011 s nárůstem kořenů v rozmezí 20,05 – 33,22 %. Ač jednoletý výsledek s hodnocením nárůstu hmotnosti kořenů v máku z roku 2010, dá se považovat za potvrzení smyslu stimulačního moření, na který jsou navázány ostatní morfologické i produkční projevy až po výnos.

Na rozdíl od shody hodnocení zvýšení hmotnosti kořenů s ostatními autory, v případě ovlivnění hmotnosti nadzemní hmoty mořením auxinovým stimulem, s odběrem v termínu odběru kořenů, se jednoletý výsledek v máku liší od Šebánka a Psoty (1997), kteří zmiňují historické pokusy (padesátá léta) s ovlivněním klíčení zbobtnání semen v auxinových roztocích. Uvádějí jejich úspěšnost na kořenové zelenině, avšak v jiných případech byl stimulační účinek zaznamenán pouze u klíčení, v pozdějších růstových fázích došlo až k inhibici. To je v ostrém kontrastu s reakcí máku, kdy byl naměřen nárůst nadzemní biomasy vůči stimulačně neošetřené kontrole o 50 %, z 220 g na kontrolních opakováních na 330 g na

variantě ošetřené M-Sunagreenem. Přesnou odpověď můžeme najít až dalšími pokusy. Pro podporu našich výsledků lze vzít Hejnáka a kol. (2005), kteří charakterizují vztah mezi kořenem a nadzemní částí rostlin – korelace mezi kořenem a nadzemní částí vzniká od samého počátku vývoje rostlin. Při klíčení roste radikula rychleji než plumla, později se ale mění inhibiční působení kořene na vliv stimulační. To, s ohledem na výsledky biologických pokusů, také potvrzuje Šamalík (2011), když popisuje účinek stimulačního moření (ozimá řepka) na nadzemní část rostlin jako nepřímé ovlivnění. Důvod posílení celé rostliny vidí v lepším příjmu živin přes větší kořenový systém. Šamalík (2011) v podstatě mluví o zmíněném primárním účinku moření na zvýšení objemu a tedy i výkonnosti kořenové soustavy.

Hejnák a kol. (2005) v této souvislosti mluví o bazipetálním pohybu auxinů, kdy IAA přechází až do kořenů a Fukaki a Tasaka (2009) zmiňují dominantní roli auxinů v procesu tvorby postranních kořenů. To zjednodušeně znamená, že posílením kořenové soustavy od počátečních fází vývoje dochází k posílení i nadzemních orgánů, a to nejen zlepšenou výkonností kořenového aparátu, ale také po hormonální stránce. To nepřímo potvrzují i výsledky pokusu (2010) v máku setém, kdy se, jak bylo již zmíněno, navýšila ve srovnání s kontrolní variantou, hmotnost kořenů o 16,75 % a v rámci stejného odběru (10.6.2010) bylo zjištěno navýšení hmotnosti nadzemní části rostliny o 50 %. Odběr vzorků pro zhodnocení byl uskutečněn cca 2,5 měsíce po zasetí, ve vývojové fázi začátku stonkování / butonizace, to znamená v období intenzivní tvorby biomasy. S ohledem na uvedené poznatky se dá předpokládat, že v případě dřívějšího odběru vzorků máku z pokusných parcel, ve fázích tvorby prvních pravých listů, bude poměr navýšení biomasy kořenů a nadzemní hmoty jednoznačně na straně kořenů a s vývojem rostliny se bude měnit ve prospěch nadzemní části tak, jak to lze vyčíst z výsledků pokusu.

Uvedená tvorba kořenů od raných vývojových fází přímo navazuje na kvalitu a intenzitu klíčení semen. Ošetření osiva přípravkem M-Sunagreen podle Adamčíka a Pulkrábka (2013) statisticky průkazně ovlivnilo střední dobu klíčení, parametry energie klíčení a celková klíčivost vyšly statisticky neprůkazně. Klíčivost ověřovali laboratorně na semenech čiroku cukrového. Prokazatelné zlepšení klíčivosti semen po aplikaci fytohormonů (také IAA) spolu s fungicidem potvrzují ze svých výzkumů na semenech teky obrovské i Tiwari et al. (2004). V rámci pokusu realizovaného na máku jsme klíčení, v případě polního pokusu vzcházení, neověřovali. S ohledem na výsledky hodnocení vegetativních orgánů tohoto pokusu a zjištění

Adamčíka a Pulkrábka (2013), Křováčka a Černého (2011) lze vyvozovat, že moření auxinovým přípravkem neprovázejí žádné fytotoxické ani inhibiční projevy. Křováček a Černý (2011) na jarním ječmeni zjistili, že pomocí moření M-Sunagreenem se v sezóně 2007 na odrůdě Prestige podařilo poměrně zřetelně snížit mortalitu v prvním měsíci po vzejití. Na kontrolní variantě mořené přípravkem Vitavax 2000, bez ošetření osiva M-Sunagreenem, s výsevkem 500 zrn/m² byla mortalita více než 30 % vzešlých rostlin. M-Sunagreen přidaný k Vitavaxu 2000 mortalitu, na variantě s totožným výsevkem jako u kontroly, omezil na 18 %.

Trend ovlivnění vývoje rostlin od počátečních růstových fází v návaznosti na stimulační ošetření osiva, s významným projevem na výnosotvorných prvcích, ověřila Bezdíčková (2012) na jarním ječmeni. Na základě svých dvouletých výsledků (2010 a 2011) uvádí, že moření osiva ječmene M-Sunagreenem se příznivě projevilo na hustotě porostu (v počtu rostlin na m²), což lze dát do přímé souvislosti s již zmíněnými poznatky Křováčka a Černého (2011) s mortalitou ječmene. Jako další pozitivní projevy stimulačního moření na výnosotvorné prvky ječmene Bezdíčková (2012) popisuje ovlivnění počtu odnoží a počtu klasů na jednu rostlinu. To také potvrzuje Koprna (2013), který na odrůdě ječmene jarního Amulet vyhodnotil přínos M-Sunagreenu na počet produktivních odnoží a zjistil, že na variantách s osivem mořeným M-Sunagreenem došlo ke snížení počtu středně a málo vyvinutých odnoží ve prospěch silných. V případě máku jsou významnými parametry z hlediska tvorby výnosu semen i počet makovic na jednotku plochy a hmotnost semen v makovici. Z přesného pokusu v máku vyplývá, že zvýšení počtu makovic na m² nastalo v obou sledovaných letech. V prvním roce na úrovni 8,33 %, v roce 2010 ale podstatně méně, pouze o 1,14 %. Je pravděpodobné, že důvod tohoto rozdílu je třeba hledat v rozdílném průběhu jara, kdy v roce 2010 došlo, v důsledku extrémního úhrnu květnových srážek rozložených prakticky do celého měsíce, k naprosto netypickému stavu silně stresovaných rostlin, problematického výživného stavu (vyplavení živin, omezení funkce kořenového systému v důsledku silného zamokření půdy) a vyššího tlaku chorob (Cihlář, 2013, osobní sdělení).

Pravděpodobně také především v důsledku ročníkových vlivů došlo k propadu hmotnosti semen v makovici na hodnotu 95,21 % kontrolní varianty v roce 2009 na hodnotu 91,01 % kontroly v sezóně 2010. Vzhledem k opakování propadu tohoto kritéria v obou ročnících se ale může jednat o rizikové místo, které nepůjde kompenzovat pouze v rámci změny ročníkových vlivů. Lze se domnívat, že se zde projevila reakce rostliny, které byl vhodným stimulačním zásahem zvednut výnosový potenciál, ale omezen přístup živinám (2009 – sucho

cca do 15. května, 2010 – extrémní květnové srážky). Stresové podmínky tudíž rostlinám nedovolily dostatečně tento zvýšený potenciál rozvinout. Intenzita uvedených ročníkových vlivů by mohla odpovídat intenzitě propadu hmotnosti semen na jednu makovici. Bude tedy třeba dalšího ověření. Je také možné, že pro odstranění tohoto negativa bude nutné kompenzovat nedostatek živin formou listové výživy.

Výnosová úroveň a kvalita produkce by měly být hlavním smyslem uplatnění nového intenzifikačního vstupu. Kvalitativní parametry (HTS, olejnatost, apod.) nejsou v současné době na trhu s mákem, resp. v olejninách obecně, cenotvorné. V rámci pokusu s mákem bylo ale HTS jedním z hodnocených kritérií. Podobná situace je i v případě pokusů realizovaných na jiných plodinách, i když v obilovinách lze mluvit o tržní sledovanosti některých kvalitativních ukazatelů, příkladem může být obsah dusíkatých látek v zrně sladovnického ječmene. Některé z těchto faktorů se promítají přímo do výnosu. Bezdíčková (2012) v rámci prezentovaných výsledků z pokusů s mořením osiva M-Sunagreenem v jarním ječmeni poukazuje na dosažení zvýšení výnosu zrna v obou pokusných letech (2010 a 2011) kolem 4 % oproti M-Sunagreenem nemořené kontrole, což představovalo v průměru 3,6 q/ha ročně. Současně uvádí, že na tomto zvýšení výnosu se podílí i vyšší objemová hmotnost a vyšší HTZ.

Výsledky pokusu v máku v obou letech s těmito závěry plně nekorespondují. Z vyhodnocení odběrů bylo zjištěno, že HTS ze stimulačně ošetřených variant dosahuje v průměru opakovaní v rámci jednotlivých variant pouze mírného navýšení vůči neošetřené kontrole (rok 2009 na úrovni kontroly, 2010 + 2,26 % nad kontrolu), přitom výnosová úroveň v roce 2009 dosáhla, v průměru všech čtyř opakovaní, 120,72 % výnosu semen varianty bez moření M-Sunagreenem (kontrola - 1,2425 t/ha) a v roce 2010 dosáhla 107,02 % výnosu kontrolní varianty (kontrola - 1,3525 t/ha). Při vyhodnocení výnosu semen „bez extrémních hodnot“ se v roce 2009 rozdíl oproti kontrole zvýšil až na 28,27 % (statisticky průkazné), kdežto v roce 2010 k navýšení výnosu nedošlo, výsledkem bylo 1,13 % pod kontrolní variantou. Tento mírný propad (bez extrému) se, vzhledem minimálním rozdílům ve výnosech jednotlivých parcel mořené varianty, dá přikládat rozkolísanosti mezi parcelami stimulačně nemořené kontroly (Graf 4). V obou sezónách (2009 i 2010) byla zaznamenána větší rozkolísanost naměřených hodnot HTS mezi jednotlivými opakovaními v rámci ošetřených variant v porovnání se stimulačně nemořenou kontrolou. Tento negativní projev byl zaznamenán hlavně v roce 2009, kdy došlo k většímu nárůstu počtu tobolek na m², a to o 8,33 % (z 84 ks na 91 ks/m²) což může mít přímou souvislost.

K obdobnému navýšení výnosu máku setého mořeného auxinovým přípravkem M-Sunagreen docházejí i Pšenička a kol. (2009). V rámci jednoletého přesného pokusy dosáhli navýšení výnosu semene máku na 2,21 t/ha vůči stimulačně nemořené kontrole s výnosem 1,95 t/ha, tedy + 13,33 %. Potvrzují tedy závěry dvouletého přesného pokusu, realizovaného na pokusné stanici ČZU v letech 2009 – 10, kde bylo dosaženo významného navýšení výnosu semene máku i při vysoké výnosové úrovni okolo 1,3 t/ha, resp. 1,95 t/ha Pšenička a kol. (2009) v porovnání s průměrně dosahovanými výnosy na provozních plochách (cca 0,5 – 0,8 t/ha). Pšenička a kol. (2009) dosáhli navýšení výnosu makoviny na 0,55 t/ha u varianty mořené M-Sunagreenem oproti 0,48 t/ha na neošetřené kontrole.

Myšlenku účelnosti stimulačního moření sdílejí také Cihlář a kol. (2013), když uvádějí jako možnost podpory počátečních růstových fází máku aplikací rostlinných stimulátorů přímo na osivo s jednoznačně pozitivním efektem na výnos semen máku setého (*Papaver somniferum*).

Náklady na tento intenzifikační vstup jsou poměrně zanedbatelné, na ošetření osiva máku setého se, s ohledem na výši výsevku, pohybují do 20,- Kč/ha.

7 ZÁVĚR

Ověření reakce rostlin máku setého, vč. výnosové odezvy, na ošetření osiva přípravkem na bázi prekurzoru auxinů, které bylo cílem této diplomové práce, se ve velké míře podařilo naplnit a s ohledem na výsledky prezentované v této práci, také zformulovat, závěry. Tím zásadním je informace, že aplikace přípravku M-Sunagreen má pozitivní výnosovou odezvu semen. V rámci dvouletého přesného pokusy bylo dosaženo v prvním roce navýšení o 20,72 %, ve druhém o 7,02 %. Dále bylo zjištěno, že:

- dochází k výraznému zvýšení hmotnosti kořenové soustavy, jako primární odezvy rostliny od časných vývojových fází,
- dochází k posílení nadzemní části rostlin, jako přímé reakce na zlepšenou výkonost kořenového aparátu,
- nedochází k ovlivnění HTS,
- nedochází k ovlivnění tendence porostu k poléhání,
- jako nejednoznačný se v této chvíli jeví nárůst počtu makovic a hmotnost semen v makovici.

S ohledem na závěry této diplomové práce lze ošetření osiva máku setého jednoznačně doporučit pro použití v zemědělské praxi. Silnější porost je schopen lépe čelit ročníkovým vlivům i případným fyto toxickým projevům pesticidní ochrany.

Ve prospěch stimulačního moření osiva také mluví cena aplikace, která se pohybuje, s ohledem na výsevek, do 20,- Kč/ha a její bezrizikovitost ve srovnání s listovou aplikací stimulace na začátku vegetace.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Adamčík, J., Pazderů, K., Pulkrábek, J. 2013. Stimulace osiva čiroku pro zvýšení jeho vitality. *Úroda*. 61 (2). 18-22.
2. Baldi, B. G., Maher, B. R., Slovin, J. P., Cohen, J. D. 1991. Stable Isotope Labeling, in Vivo, of D- and L-Tryptophan Pools in *Lemna gibba* and the Low Incorporation of Label into Indole-3-Acetic Acid. *Plant Physiology*. 95 (4). 1203-1208.
3. Bechyně, M., 1992. Tvorba výnosu máku setého. In: Fábry, A. (ed.). *Olejniny*. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. s. 282-284. ISBN: 8070840439.
4. Bechyně, M., 1993. *Základy pěstování máku*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR. Praha. 36 s. ISBN: 8071050377.
5. Bechyně, M., Novák, J. 1987. *Biologie máku a systém jeho produkce*. VŠZ. Praha. 94 s.
6. Bechyně, M., Novák, J., Vašák, J., Zukalová, H., 2010. *Biologie máku, požadavky na prostředí, ideotyp, alkaloidy*. In: Vašák J. (ed.). *Mák*. Powerprint. s. 33-64. ISBN: 9788090401181.
7. Bezdíčková, A. 2012. Sunagreen jako stabilizující a intenzifikační prvek v pěstitelské technologii sladovnického ječmene. *Sborník z konference „Sladovnický ječmen – pokrok v technologii a možnosti trhu“*. ČZU v Praze. Praha. s. 55-56. ISBN: 9788021322578.
8. Boneh, U. Biton, I., Zheng, C. L., Schwartz, A., Ben-Ari, G. 2012. Characterization of Potential ABA Receptors in *Vitis vinifera*. *Plant Cell Reports*. 31 (2). 311-321.
9. Clark P. A., Sillup G. P., Capo J. A. 2010. Afghanistan, Poppies, and the Global Pain Crisis. *Medical Science Monitor*. 16 (3). RA49-RA57
10. Černý, L., 2013. *Intenzifikační prvky při pěstování sladovnického ječmene*. *Sborník ze seminářů „Intenzifikace rostlinné výroby a trendy pěstitelských technologií“*. ČZU v Praze. Praha. s. 23-26. ISBN: 9788021323513.
11. Cihlář, P. 9nd December 2013. pers. comm.
12. Cihlář, P., Michalíček, J., Vlk, R., *Zakládání porostů máku*. In: Vašák, J. (ed.). *Mák*. Powerprint. Praha. s. 117-124. ISBN: 9788090401181.
13. Cihlář, P., Vašák, J., Bečka, D., Voršilka, T., Vlažný, P. 2013. *Nové možnosti zvýšení efektivity pěstování máku*. *Úroda*. 61 (1). 39-42.

14. Evered, K. T. 2011. Traditional Ecologies of the Opium Poppy and Oral History in Rural Turkey. *Geographical Review*. 101 (2). 164-182.
15. Facchini P. J., Deluca, V. 1995. Phloem-Specific Expression of Tyrosine Dopa Decarboxylase Genes and the Biosynthesis of Isoquinoline Alkaloids in Opium Poppy. *Plant Cell*. 7 (11). 1811-1821.
16. Fukaki, H., Tasaka, M., 2009. Hormone Interactions during Lateral Root Formation. *Plant Molecular Biology*. 69 (4). 437-449.
17. Gibson, R. A., Wightman, F., Schneide, E. A. 1972. Biosynthesis and Metabolism of Indol-3yl-Acetic Acid .2. in-vivo Experiments with C-14-Labeled Precursors of IAA in Tomato and Barley Shoots. *Journal of Experimental Botany*. 23 (2). 381-399.
18. Ha, S., Vankova, R., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., Tran, L. S. P. 2012. Cytokinins: Metabolism and Function in Plant Adaptation to Environmental Stresses. *Trends in Plant Science*. 17 (3). 172-179.
19. Harvest, T., Brown, P. H., Fist, A., Gracie, A., Gregory, D., Koutoulis, A. 2009. The Latex Capacity of Opium Poppy Capsules is Fixed Early in Capsule Development and is not a Major Determinant in Morphine Yield. *Annals of Applied Biology*. 154 (2). 251-258.
20. Hejnák, V. a kol. 2005. *Fyziologie rostlin*. ČZU v Praze. Praha. 159 s. ISBN: 8021313412.
21. Hosnedl, V. 2002. Biologické vlastnosti semen a sadby. In: Hosnedl, V., Houba, M. *Osivo a sadba*. Ing. Martin Sedláček. Praha. s. 18-53. ISBN: 8090241360.
22. Houba, M. 2002. Množení osiv a sadby. In: Hosnedl, V., Houba, M. *Osivo a sadba*. Ing. Martin Sedláček. Praha. s. 54-117. ISBN: 8090241360.
23. Chadová. J. 2007. Kvalita moření. Sborník referátů VIII. odborného a vědeckého semináře „Osivo a sadba“. ČZU v Praze. Praha. s. 37-41. ISBN: 9788021316102.
24. Jensen, P. J., Bandurski, R. S. 1994. Metabolism and Synthesis of Indole-3-Acetic-Acid (IAA) in Zea-Mays. *Plant Physiology*. 106 (1). 343-351.
25. Kamínek, L. 1997. Cytokininy. In: Procházka, S. (ed.). *Regulátory rostlinného růstu*. Academia. Praha. s. 63-79. ISBN: 8020005978.
26. Koprna R., Dundálková, L., Spíchal, L., Petrásek, J. 2013. Moření jarního ječmene látkami upravujícími hladinu fytohormonů. *Úroda*. 61 (3). 58-61.
27. Kosek, Z., Pšenička, P. 2010. Osivo máku. In Vašák, J. (ed.). *Mák*. Powerprint. Praha. s. 103-116. ISBN: 9788090401181.

28. Kritikos, P. G., Papadaki, S. P. 1967. History of Poppy and of Opium and their Expansion in Antiquity in Eastern Mediterranean. *Bulletin on Narcotics*. 19 (3). 17-38.
29. Křováček, J., Černý, L. 2011. Stimulace jarního ječmene během moření. Sborník z konference „Řízení a diagnostika klíčových momentů v technologii jarního ječmene“. ČZU v Praze. Praha. s. 55-56.
30. Kutina, J. 1992. Požadavky rostliny máku setého na ekologické podmínky. In Fábry A. (ed.). *Olejniny*. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. s. 278-281. ISBN: 8070840439.
31. Kutina, J., Novák, J. 1992. Morfologie a anatomie máku setého a růst a vývoj rostliny. In: Fábry A. (ed.). *Olejniny*. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. s. 269-278. ISBN: 8070840439.
32. Lohr, V. 2013. Produkce máku v Turecku. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2013“. Český mák a ČZU v Praze. Praha. s. 11-14. ISBN: 9878021323544.
33. Luštinec, J., Žárský, V. 2005. Úvod do fyziologie vyšších rostlin. Univerzita Karlova v Praze. Praha. 262 s. ISBN: 8024605635.
34. Ma, Z., Ren, Y. Y., R. 2012. Ethylene Interacts with Auxin in Regulating Developmental Attenuation of Gravitropism in Flax Root. *Journal of Plant Growth Regulation*. 31 (4). 509-512.
35. Mahdavi-Damghani, A., Kamkar, B., Al-Ahmadi, M. J., Testi, L., Munoz-Ledesma, F. J., Villalobos, F. J. 2010. Water Stress Effects on Growth, Development and Yield of Opium Poppy (*Papaver somniferum* L.). *Agricultural Water Management*. 97 (10). 1582-1590.
36. Macháčková, I. 1997. Auxiny, Gibereliny, Etylen. In: Procházka, S. (ed.). *Regulátory rostlinného růstu*. Academia. Praha. s. 31-62. 92-102. ISBN: 8020005978.
37. Nonhebel, H. M., Cooney, T. P., Simpson, R. 1993. The Route, Control and Compartmentation of Auxin Synthesis. *Australian Journal of Plant Physiology* 20 (4-5). 527-539.
38. Novák, J. 1990. Genetické zdroje *Papaver somniferum* L. a příbuzných druhů. VŠZ. Praha. 74 s. ISBN: 8021300620.
39. Novák, J. 1992. Systematika, původ a dějiny pěstování. In: Fábry, A. (ed.). *Olejniny*. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. s. 265-268. ISBN: 8070840439.
40. Novák, J., Skalický, M. 2009. Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. Powerprint. Praha. 336 s. ISBN: 9788090401150.

41. Picciarelle, P., Ceccarelli, P., Paolicchi, F., Calistri, G. 2001. Endogenous Auxins and Embriogenesis in Phaseolus Coccineus. Australian Journal of Plant Physiology. 28 (1). 73-78.
42. Pieruzzi, F. P., Dias, L. L. C., Balbuena, T. S., Santa-Catarina, C., dos Santos, A. L. W., Floh, E. I. S. 2011. Polyamines, IAA and ABA during Germination in Two Recalcitrant Seeds: Araucaria Angustifolia (Gymnosperm) and Ocotea Odorifera (Angiosperm). Annals of Botany. 108 (2). 337-345.
43. Procházka, P., Štranc, P., Pazderů, K., Štranc, J. 2012. Možnosti využití biologicky aktivních látek při moření osiva sóji. Sborník ze seminářů s mezinárodní účastí „Sója 2012“. ČZU v Praze, Kurent. Praha. s. 6-13. ISBN: 9878087111321.
44. Procházka, S., Borkovec, V. 1997. Kyselina abscisová. In: Procházka, S. (ed.). Regulátory rostlinného růstu. Academia. Praha. s. 80-91. ISBN: 8020005978.
45. Prokinová, E. 2002. Mikroflóra a zdravotní stav semen. In: Hosnedl, V., Houba, M., Osivo a sadba. Ing. Martin Sedláček. Praha. s. 44-48. ISBN: 8090241360.
46. Pšenička P., Cihlář, P., Doležalová, J., Hosnedl, V. 2009. Vliv měrné hmotnosti a velikosti semen na semenářské a produkční vlastnosti osiva jarního máku. Sborník referátů IX. odborného a vědeckého semináře „Osivo a sadba“. ČZU v Praze. Praha. s. 158-160. ISBN: 9788021318915.
47. Pšenička P., Cihlář, P., Doležalová, J., Vašák, J. 2009. Vybrané poznatky se systémem množení a úpravy osiva máku odrůdy Major v roce 2008. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2009“. Český mák, ČZU v Praze a Český mák, s.r.o. Praha. s. 36-37. ISBN: 9788021318847.
48. Rademacher, E. H., Lokerse, A. S., Schlereth, A., Llavata-Peris, C. I., Bayer, M., Kientz, M., Rios, A. F., Borst, J. W., Lukowitz, W., Juergens, G., Weijers, D. 2012. Different Auxin Response Machinerics Control Distinct Cell Fates in the Early Plant Embryo. Developmental Cell. 22 (1). 211-222.
49. Shy, Y., Chu, C. 1991. Indolile-3-Acetic-Acid (IAA) and Abscisic-Acid (ABA)in Relation to Seed Filling in Peanuts. Journal of the Agricultural Association of China. 154. 32-45.
50. Schreier, J. 1992. Osivo máku setého. In: Fábry, A. (ed.). Olejiny. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. s. 307-308. ISBN: 8070840439.
51. Staszko, L. 2006, Rostlinné hormony. In: Horak, V., Staszko, L. Biochemie. ČZU v Praze. Praha. s. 166-176. ISBN: 8021309806.

52. Šalamon, I., Labun, P. 2009. Makové ópim a jeho aktuálna produkcia vo svete. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2009“. Český mák, ČZU v Praze a Český mák s.r.o.. Praha. s. 107-110. ISBN: 9788021318847.
53. Šamalík, J. 2011. Možnosti stimulace růstu olejnin v závislosti na konkrétním průběhu ročníku. Sborník konference s mezinárodní účastí „Prosperující olejnin 2011“. ČZU v Praze. Praha. 192-193. ISBN 9788021322189.
54. Šamalík, J. 2012. Použití přípravku M-Sunagreen v ozimých obilovinách. Agromanuál. 6 (7). s. 65.
55. Šebánek, J. 1997. Rostlinné hormony a růstově korelační vlivy kořenů, stonků, děloh, listů a pupenových šupin. In: Procházka, S. (ed.). Regulátory rostlinného růstu. Academia. Praha. s. 205-217. ISBN: 8020005978.
56. Šebánek, J., Psota, V. 1997. Rostlinné hormony a klíčení semen, Růstové regulátory ve vztahu k dormanci, abscisi a senescenci. In: Procházka, S. (ed.). Regulátory rostlinného růstu. Academia. Praha. s. 295-330. ISBN: 8020005978.
57. Šimek, P., 2013. Nejasná zpráva o budoucnosti potravinářského máku v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2013“. Český mák a ČZU v Praze. Praha. s. 11-14. ISBN: 9878021323544.
58. Tiwari, C.K., Sharma, S., Verma, R.K. 2004. Effect of Fungicide and Plant Growth Hormones on Germination of Teak (*Tectona grandis*). Journal of Tropical Forest Science. 16 (1). 25-34.
59. Vašák, J., Vlk, R. 2010. Základní informace. In: Vašák, J. (ed.). Mák. Powerprint. s. 14-22. ISBN: 9788090401181.
60. Vlk, R., Kosek, Z., Šimek, P. 2010. Pěstování máku v EU a ve světě. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2010“. Český mák, ČZU v Praze a Český mák s.r.o. Praha. s. 12-13. ISBN: 9788020413.
61. Woodward A. W., Bartel, B. 2005. Auxin: Regulation, Action, and Interaction. Annals of Botany. 95 (5). 707-735.

Elektronické zdroje:

1. Agrobiosfer, s.r.o. 2013 [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z [<http://www.agrobiosfer.cz/rootmost/228>](http://www.agrobiosfer.cz/rootmost/228)
2. Amagro s.r.o. 2013 [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z [<http://www.amagro.com/lignohumat-b.html>](http://www.amagro.com/lignohumat-b.html)
3. Biosfor s.r.o. 2013 [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z [<http://www.biosfor.eu/pusobeni.html>](http://www.biosfor.eu/pusobeni.html)
4. ČSÚ. 2013. Plocha osevů 2007-2012. Sklizeň zemědělských plodin 2007-2012. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z [<http://vdb.czso.cz/vdbvo/maklist.jsp?kapitola_id=11&vo=tabulka&expand=1>](http://vdb.czso.cz/vdbvo/maklist.jsp?kapitola_id=11&vo=tabulka&expand=1)
5. EGT systém spol. s r.o. 2013 [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z [<http://www.energen.info/cs/vyrobky/>](http://www.energen.info/cs/vyrobky/)
6. Chemap Agro s.r.o. 2013 [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z [<http://www.chemapagro.cz/aktualne.html>](http://www.chemapagro.cz/aktualne.html)
7. Lexikon s.r.o. 2013 [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z [<http://lexiconsro.cz/produkty.php>](http://lexiconsro.cz/produkty.php)
8. Trisol, s.r.o. 2013 [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z [<http://www.trisol.cz/pripravky/special/>](http://www.trisol.cz/pripravky/special/)

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ABA	Kyselina abscisová
BA	6-benzyladenin
BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
CEPA	Kyselina 2-chloretylfosfonová
ČSÚ	Český statistický úřad
ČZU	Česká zemědělská univerzita
DNA	Kyselina deoxyribonukleová
GA	Kyselina giberelová
HTS	Hmotnost tisíce semen
IAA	Kyselina indol-3-octová
IBA	Kyselina indol-3-máselná
IPA	Kyselina indol-3-propionová
NAA	Kyselina α -naftyloctová
NOA	Kyselina β -naftoxyoctová
PAA	Kyselina fenylloctová
RNA	Kyselina ribonukleová
UP	Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
VŠZ	Vysoká škola zemědělská

Pozn.: ostatní použité zkratky jsou vysvětleny přímo v textu.

10 SEZNAM PŘÍLOH

1. Meteorologické údaje na VS Červený Újezd vegetace 08-09

Měsíc		IV 08	V 08	VI 08	VII 08	VIII 08	IX 08	X 08	XI 08	XII 08	I 09	II 09	III 09	IV 09	V 09	VI 09	VII 09	VIII 09	IX 09
1. dekáda 1. – 10.	Teplota*	6,12	12,00	18,53	18,42	19,69	18,36	10,15	7,49	1,59	-7,7	0,16	3,87	12,12	12,88	13,37	18,93	19,61	16,23
	Srážky**	20,9	16,9	40,2	18,8	11,9	5,6	3,4	6,1	2,4	3,9	3,7	18,2	0	3,8	5	20,9	40,4	9,2
2. dekáda 11. – 20.	Teplota*	7,53	12,65	14,78	17,3	18,18	9,78	10,46	4,29	1,85	-4,48	-3,55	3,98	11,97	12,50	15,75	18,39	19,79	15,57
	Srážky**	17,1	55,1	7,4	18,9	40,6	5,6	9,6	10,2	25	2,9	9,2	15,4	16,6	27,4	19,6	52,5	6,6	3,1
3. dekáda 21. – 31.	Teplota*	10,05	15,75	19,94	19,2	16,55	10,07	5,96	0,18	-1,3	-0,66	0,14	3,63	12,42	14,99	16,25	19,05	18,55	14,69
	Srážky**	23,4	2,1	18,3	21,1	15,2	8,1	28,4	6,4	4,5	9,0	16,3	7,7	8,4	64,5	39,5	8,4	2,2	7,1
Měsíc celkem	Teplota*	7,90	13,81	17,75	18,33	18,09	12,74	8,76	3,99	0,64	-4,16	-0,85	3,82	12,17	13,79	15,12	18,80	19,29	15,49
	Srážky**	61,4	74,1	65,9	58,8	67,7	19,3	41,4	22,7	31,9	15,8	29,2	41,3	25,0	95,7	64,1	81,8	49,2	19,4
	Počet dešt. dnů 1-5 mm	8	6	5	8	4	5	2	4	5	7	9	9	2	4	9	3	5	3
	Počet dešt. dnů 5-10 mm	5	3	0	3	3	0	2	1	1	0	1	3	1	3	2	2	0	1
	Počet dešt. dnů < 10 mm	1	3	3	1	3	0	1	0	1	0	0	0	1	3 22. kroupy	1	3	1	0
Normál	Teplota*	7,4	12,6	15,6	16,6	17,4	13,1	7,7	2,5	-0,9	-2,1	-1,0	3,0	7,4	12,6	15,6	16,6	17,4	13,1
	Srážky**	41	54	63	64	69	42	35	29	26	22	22	26	41	54	63	64	69	42

* °C

** mm

2. Meteorologické údaje na VS Červený Újezd vegetace 09-10

Měsíc		IX 09	X 09	XI 09	XII 09	I 10	II 10	III 10	IV 10	V 10	VI 10	VII 10	VIII 10	IX 10	X10	XI 10	XII 10
1. dekáda 1. – 10.	Teplota*	16,23	12,46	3,34	2,61	-4,85	-4,35	-2,57	6,02	11,28	16,31	20,34	18,27	12,27	10,0	7,70	-5,37
	Srážky**	9,2	8,2	28	29,1	23,3	8,5	4,1	11,2	42,5	38,6	28	77	8,8	0,4	19,5	34,6
2. dekáda 11. – 20.	Teplota*	15,57	3,91	7,21	-5,53	-3,59	-3,6	2,92	8,08	10,11	15,75	22,34	18,07	12,2	5,5	6,54	-5,99
	Srážky**	3,1	25,2	3,8	6,9	13,9	3,1	4,5	24,7	14,9	21,3	34,9	34,8	7,9	7,1	15,7	12,1
3. dekáda 21. – 31.	Teplota*	14,69	6,49	6,96	-1,11	-7,58	3,06	9,75	10,89	14,4	17,27	18,28	18,80	10,9	4,2	-1,01	-5,63
	Srážky**	7,1	5,5	2,7	23,4	9,1	2,7	10,1	1,5	26,4	0,1	82,4	33,0	66,9	0,4	28,6	10,7
Měsíc celkem	Teplota*	15,49	7,30	5,84	-1,34	-5,71	-1,96	3,57	8,55	12,01	16,44	20,22	17,72	11,79	6,52	4,41	-5,66
	Srážky**	19,4	38,9	34,5	59,4	45,3	14,3	18,7	37,4	83,8	60	145,3	145,7	83,6	7,9	63,8	57,4
	Počet dešt. dnů 1-5 mm	3	9	4	7	5	4	7	2	10	4	4	9	1	2	9	11
	Počet dešt. dnů 5-10 mm	1	2	1	6	3	0	0	1	3	0	2	4	2	0	2	1
	Počet dešt. dnů < 10 mm	0	0	1	0	1	0	0	2	2	2	4	4	3	0	2	2
Normál	Teplota*	13,1	7,7	2,5	-0,9	-2,1	-1,0	3,0	7,4	12,6	15,6	16,6	17,4	13,1	7,7	2,5	-0,9
	Srážky**	42	35	29	26	22	22	26	41	54	63	64	69	42	35	29	26

* °C

** mm