

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Tvorba výnosu a sušiny u genetických zdrojů máku setého  
(*Papaver somniferum* L.)**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Lukáš Slowiaczek**

**Vedoucí práce: doc. Ing. František Hnilička, Ph.D.**

© 2016 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Tvorba výnosu a sušiny u genetických zdrojů máku setého (*Papaver somniferum* L.)" 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 8. dubna 2016

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Františku Hniličkovi Ph.D. za odborné vedení, ochotu a cenné informace při zpracování diplomové práce. Také bych rád poděkoval Ing. Pavlu Cihlářovi Ph.D. za zdroj kvalitního rostlinného materiálu pro výzkum a poskytnutí cenných informací.

# Tvorba výnosu a sušiny u genetických zdrojů máku setého (*Papaver somniferum* L.)

## Souhrn

Diplomová práce na téma: Tvorba výnosu a sušiny u genetických zdrojů máku setého (*Papaver somniferum* L.), byla zpracována na Katedře botaniky a fyziologie rostlin, Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze. Cílem této práce bylo stanovit genotypové a ontogenetické rozdíly ve výši výnosu, tvorbě sušiny a hodnotách růstově-analytických charakteristik u vybraných odrůd máku setého. Diplomová práce vznikla na základě skutečnosti, že většina studií spojených s plodinou mák setý (*Papaver somniferum* L.) se zaměřují na obsah alkaloidů a jiných látek v makovině. Vzhledem k těmto skutečnostem je nutné popsat jednotlivé genotypy máků a jejich genetické zdroje po fyziologické stránce.

Do pokusu byly vybrány následující odrůdy máku setého: Akvarel, Albín, Buddha, Florian, Korneuburger Weisser, Lazur, Major, Marianne, Opál, Postomi, Sokol, Tatranský. Odrůdy byly vybrány na základě obsahu alkaloidů, především morfinu – s velmi nízkým obsahem morfinu, s nízkým obsahem morfinu, se středním obsahem morfinu a s vysokým obsahem morfinu. Veškeré testované genotypy jsou testovány v rámci genetických zdrojů. Osivo bylo dodáno z GB Oseva Pro s r.o., o.z. VÚO Opava a z firmy Český mák.

Polní pokusy byly založeny na výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze, v Červeném Újezdu. Daná lokalita se nachází v okrese Praha-západ, ve Středočeském kraji. Lokalita se nachází v nadmořské výšce 401 m. n. m. Velikost pokusné parcely byl 2 m<sup>2</sup> a pokus byl založen ve 4 opakováních metodou Latinského čtverce. Předplodinou byla ozimá pšenice. Mák setý byl pěstován v souladu s agrotechnickými zásadami pěstování.

Ve vybraných vývojových fázích máku (35, 45, 49, 52, 54, 62, 81 BBCH) byl sledován obsah sušiny v jednotlivých rostlinných orgánech. Dále byla hodnocena velikost listové plochy na základě obrazové analýzy WinDias a výnos semen. Ze získaných hodnot hmotnosti sušiny a velikosti listové plochy byly vypočteny vybrané růstově analytické charakteristiky.

Ze získaných výsledků bylo potvrzeno, že velikost rostlin je ovlivněna nejenom ontogenetickým vývojem, ale také odrůdou. Z výsledků dále vyplývá, že výška rostlin není ovlivněna obsahem morfinu. Obdobně nebyla nalezena souvztažnost mezi barvou semene a výškou rostliny. Byl potvrzen nárůst hmotnosti nadzemní biomasy v závislosti na vývojové fázi a vliv odrůdy na tento parametr. Existují rozdíly v tvorbě sušiny u odrůd máku s rozdílným obsahem morfinu, neboť průměrná hmotnost sušiny odrůd s velmi nízkým obsahem morfinu byla 112,36 g, u odrůd s nízkým obsahem morfinu 110,41 g, u odrůd se středním obsahem morfinu 121,67 a u odrůd s vysokým obsahem morfinu 123,16 g. Byl potvrzen vliv ontogenetickým vývojem rostlin na velikost pokryvnosti listoví (LAI), kdy dochází k postupnému nárůstu této charakteristiky do období kvetení a poté k jeho snižování vlivem senescence a opadu starých listů. Byly zjištěny rozdíly ve velikosti pokryvnosti listoví mezi sledovanými skupinami odrůd máku v závislosti na obsahu morfinu. Bylo zjištěno, že rychlost tvorby sušiny (CGR), relativní rychlost růstu sušiny ( $R_w$ ) a relativní rychlost růstu asimilační plochy ( $R_A$ ) jsou ovlivněny ontogenetickým vývojem rostlin. Bylo zjištěno, že odrůdy s vysokým obsahem morfinu v makovině (Buddha, Postomi, Lazur) a odrůdy bělosemenné Sokol a Albín mají nižší výnos semen než odrůdy se středním obsahem morfinu.

**Klíčová slova:** mák setý; *Papaver somniferum*; výnos; růstové charakteristiky; sušina

# **Formation of yield and dry matter with genetic resources of opium poppy (*Papaver somniferum* L.)**

## **Summary**

Diploma thesis with the topic: Formation of yield and dry matter with genetic resources of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) was worked out at the Department of botanics and plant physiology, Faculty of agrobiological, food and natural resources ČZU in Prague. The purpose of this thesis was to determine genotype and ontogenetic differences in amount of yield, production of dry mass, and value of growth-analytic characteristics in certain species of opium poppy. Diploma thesis was based on the fact that most of the studies about opium poppy (*Papaver somniferum* L.) are focused on the content of alkaloids and other substances present in poppy seeds. Due to this facts, it is necessary to describe the genotypes of poppy plants and their genetic resources from the physiological point of view.

Following species of opium poppy were chosen for the experiment: Akvarel, Albín, Buddha, Florian, Korneuburger Weisser, Lazur, Major, Marianne, Opál, Postomi, Sokol, Tatranský. These species were chosen according to their content of alkaloids, especially morfine – very low content, low content, medium content and high content of morfine. All of the tested genotypes are tested as object of study of genetic poppy resources. Seeds were supplied by GB Oseva Pro s.r.o., o.z. VÚO Opava and company Český mák.

Field experiments were established at the research laboratory FAPPZ ČZU in Prague, in Červený Újezd. This location is in Prague-West division, in area of Middle Bohemia. The altitude of this location is 401 metres above the sea level. The size of the field for testing was 2 m<sup>2</sup>. The experiment was based in 4 repetitions by the method of Latin square. Winter wheat was used as the preceding crop. Opium poppy was planted according to agrotechnical principles of planting.

Content of dry mass in individual plant organs was measured in certain ontogenetic stages of opium poppy (35, 45, 49, 52, 54, 62, 81 BBCH). Size of leaf area was assessed by the image analysis WinDias. Yield of seeds was assessed as well. Growth-analytic characteristics were calculated from the values of weight of dry mass and size of leaf area.

The results confirmed that the size of plants is influenced by its ontogeny and also by its species. The results also confirm, that the height of plants is not influenced by the content of morphine. Connection between the colour of seeds and height of plant was not confirmed either. Increase in weight of above-ground biomass depending on ontogenetic stage and influence of plant species was confirmed. There are differences in production of yield in species of poppy with different contents of morphine because the average weight of yield in species with very low content of morphine was 112,36 g, in species with low content of morphine 110,41 g, in species with middle content of morphine 121,67 g and in species with high content of morphine 123,16 g. It was approved that ontogeny of plants influences the leaf area index (LAI) as it increases until blooming and then it decreases as a result of senescence and falling off the old leaves. Differences in leaf area index were detected among the species of opium poppy, depending on the content of morphine. It was detected that crop growth rate (CGR), relative crop growth rate ( $R_w$ ) and relative growth rate of assimilation area ( $R_A$ ) are influenced by the ontogeny of plants. It was detected that species with high content of morphine in poppy seeds (Buddha, Postomi, Lazur) and species with white seeds Sokol and Albín have lower yield than species with middle content of morphine.

**Keywords:** Opium poppy; *Papaver somniferum*; yield; growth characteristics; dry matter

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíle a hypotézy</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Literární přehled</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Botanická charakteristika máku setého</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Historie a současnost pěstování máku setého</b> .....	<b>7</b>
3.2.1	Nelegální produkce máku .....	9
3.2.2	Legální produkce máku .....	11
<b>3.3</b>	<b>Růst a vývoj máku setého</b> .....	<b>15</b>
3.3.1	Požadavky na vnější prostředí .....	18
<b>3.4</b>	<b>Odrůdová skladba máku setého</b> .....	<b>20</b>
<b>3.5</b>	<b>Legislativa v pěstování máku setého</b> .....	<b>25</b>
<b>3.6</b>	<b>Ekonomika pěstování máku setého</b> .....	<b>27</b>
3.6.1	Zahraniční obchod České republiky s makovým semenem.....	29
<b>4</b>	<b>Metodika</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Rostlinný materiál</b> .....	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Půdně-klimatické charakteristiky lokality</b> .....	<b>35</b>
<b>4.3</b>	<b>Průběh počasí během vegetačního období</b> .....	<b>37</b>
<b>4.4</b>	<b>Založení pokusu</b> .....	<b>38</b>
<b>4.5</b>	<b>Měření fyziologických charakteristik</b> .....	<b>38</b>
4.5.1	Sušina .....	38
4.5.2	Růstově-analytické charakteristiky .....	39
4.5.3	Tvorba výnosu.....	40
<b>4.6</b>	<b>Vyhodnocení pokusu – statistika</b> .....	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>Sušina</b> .....	<b>41</b>
<b>5.2</b>	<b>Růstově-analytické charakteristiky</b> .....	<b>49</b>
<b>5.3</b>	<b>Výnos</b> .....	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse</b> .....	<b>58</b>
<b>6.1</b>	<b>Velikost rostlin</b> .....	<b>58</b>
<b>6.2</b>	<b>Hmotnost sušiny nadzemní biomasy</b> .....	<b>59</b>
<b>6.3</b>	<b>Růstově-analytické charakteristiky</b> .....	<b>60</b>
<b>6.4</b>	<b>Výnos</b> .....	<b>62</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>Přehled použité literatury</b> .....	<b>65</b>



# 1 Úvod

Kulturní mák je prastarou, historií opředenou, lidem velmi prospěšnou plodinou. Mák je pěstován v polních kulturách pro olejnatá semena, která se pro svou nezaměnitelnou chuť používají k potravinářským účelům. Pletiva, především tobolky (makovice), produkují farmaceuticky cenné alkaloidy (morfin, kodein, thebain, papaverin, narkotin aj.), které se po tisíciletí užívají pro tlášení nejkrutějších bolestí. V semenech tyto alkaloidy nejsou obsaženy. V asijských zemích se mák setý pěstuje pro získávání opia, které vzniká ztuhnutím latexu vytékajícího z nařezávaných tobolek máku v technické (opiové) zralosti. Opium obsahuje přes 40 alkaloidů, přičemž několik z nich je velmi významných. Opium, je zhoubné narkotikum zneužívané (např. kouřením, žvýkáním) jako omamný prostředek. Z významné části světové produkce opia (resp. morfinu) se nelegálně vyrábí krajně škodlivý a nebezpečný heroin (diacetylmorfin). Podle použití se rozlišuje máky (resp. Jejich kultivary) na olejné, se slabě vyvinutým systémem mléčnic a na máky opiové, které mají dobře vyvinutý systém cévních svazků. Existují i kultivary máku určené pro výsev jako okrasná letnička.

V současné době je celosvětový význam pěstování máku pro použití ve farmaceutickém průmyslu k výrobě opiátů. Ve většině případů slouží jako surovina maková sláma, resp. rozdrčené tobolky. Ze zhruba 25 zemí, kde mák slouží pro farmaceutický průmysl, se pouze v Indii extrahuje opium (latex) z naříznutých nedozrálých makovic. Surové opium se dále suší („owen-dry“) a poté dále zpracovává. Nelegální pěstování máku pro získávání opia se dnes nalézá na územích označovaných jako „Zlatý trojúhelník“, což je Thajsko, Laos a Barma (Myanmar) a „Zlatý půlměsíc“, který je tvořen státy Afghánistán, Irán a Pákistán dále Indie, Libanon a Mexiko. Na území těchto států se farmářům pěstování máku a produkce opia vyplatí více než pěstování legálních kulturních plodin. Proto i přes veškerou snahu se dodnes nepodařilo zničit nelegální produkci opia.

Plocha, na které se mák pěstuje, dosahuje 120 tis. ha. Podle International Narcotic Control Board (INCB), je ale skutečná výměra i s nelegální produkcí máku pro získávání opia asi o polovinu vyšší, tedy až 300 tis. ha. Česká republika s 27 tis. ha pěstební plochy v roce 2014 patřila k nejvýznamnějším pěstitelům máku v celosvětovém měřítku. V České republice je hlavním zájmem pěstitelů produkce kvalitního modrého semene pro kulinářské použití. Turecko s plochou okolo 26 tis. ha v roce 2014, kde se mák pěstuje jak pro semeno, tak i pro obsah alkaloidů v makovině, v závislosti na odrůdách, je po České republice druhým největším legálním pěstitelem máku ve světě.

Tato diplomová práce vznikla na základě skutečnosti, že většina studií spojených s plodinou mák setý (*Papaver somniferum* L.) se zaměřují na obsah alkaloidů a jiných látek v makovině. Vzhledem k těmto skutečnostem je nutné popsat jednotlivé genotypy máků a genetické zdroje máku po fyziologické stránce.

## 2 Cíle a hypotézy

Mák setý patří mezi významné zemědělské komodity a jeho plochy v ČR patří k jedněm z největších na světě. V rámci jednotlivých odrůd máku se vyskytují odrůdy s rozdílným obsahem morfinu v makovině a tedy s rozdílnou možností využití. Vzhledem k těmto skutečnostem je nutné popsat jednotlivé genotypy máků a genetické zdroje máku po fyziologické stránce.

Z uvedeného vyplývají cíle práce:

- a) Existují rozdíly ve výši výnosy u vybraných odrůd máku setého?
- b) Existují genotypové rozdíly v tvorbě sušiny a v hodnotách růstově-analytických charakteristik?
- c) Existuje vztah mezi výši výnosu a obsahem morfinu?
- d) Existuje vztah mezi růstově analytickými charakteristikami a výši výnosu?

Z navržených cílů vychází hypotézy:

- 1) Stanovit a vyhodnotit vliv genotypu na výši výnosu a tvorbu sušiny v jednotlivých rostlinných orgánech.
- 2) Stanovit vliv mezi obsahem morfinu a výši výnosu semen máku.

## 3 Literární přehled

### 3.1 Botanická charakteristika máku setého

Čeleď *Papaveraceae* – mákovité jsou jednoleté až vytrvalé byliny, alespoň v mládí mléčící. Listy střídavé, bez palistů. Květy jednotlivé, zřídka v chudokvětých okolících, oboupohlavné, bisymetrické až téměř pravidelné, různobalné. Kališní lístky většinou 2 volné nebo srostlé, korunní obvykle 4 ve dvou kruzích, volné; tyčinek mnoho, pylová zrna trikolpatní nebo od tohoto typu odvozená; semeník svrchní, synkarpní, ze 2 – 19 plodolistů, s velkým množstvím obrácených nebo ohnutých dvouobalných vajíček. Plod tobolka. Semena se silně vyvinutým endospermem, bohatým na olej a bílkoviny; embryo malé, zakřivené. Asi 26 rodů (420 druhů), převážně v mimotropických pásech severní polokoule (Slavík a kol., 1988).

*Papaver somniferum* – mák setý je jednoletá bylina, ze všech částí mléčící. Lodyha je 30 – 180 cm vysoká, přímá, jednoduchá až bohatě větvená, lysá nebo řídce štětinatě chlupatá, modře ojíňená. Listy celistvé, zubaté, dolní podlouhlé, v řapík zúžené, horní poloobjímavé. Korunní lístky bílé, růžové, červené, fialové až tmavofialové, někdy na bázi s tmavší skvrnou. Tobolka různého tvaru, nejčastěji válcovitá, elipsoidní až téměř kulovitá. Semena 1,0 – 1,5 mm velká, modrošedá, vzácněji bílá, žlutá, růžová, hnědá až téměř černá viz obr. 1 (Slavík a kol., 1988).



Obr. 1: Mák setý (zdroj wikipedie, 2016).

Mák je často pěstován v polních kulturách pro olejnatá semena, používaná v domácnostech a k získávání oleje, nebo jako okrasná letnička. Nařezáváním nezralých makovic se získává opium; obsahuje asi 50 alkaloidů, největší význam mají alkaloidy morfinového typu (morfin, kodein, thebain aj.) (Slavík a kol., 1988).

U nás se alkaloidy získávají jen zpracováním suchých makovic (tobolek), které jsou důležitou surovinou pro farmaceutický průmysl (Slavík a kol., 1988).

### **Vegetativní orgány rostliny máku**

**Kořenová soustava máku** je tvořena hlubokým kulovým kořenem (kolem 750 mm) s několika silnými postranními kořeny a velkým množstvím vláscitých kořínků, které se tvoří mělce pod povrchem půdy. Při bezorebném zpracování půdy je hlavní kořen výrazně zkrácen a větší na povrchu (Vašák a kol., 2010).

**Lodyha** je vzpřímená, ortotropicky orientována k povrchu půdy. Vnitřek je vyplněn dřevem. Je hranatá, přičemž stupeň její hranatosti a větví (počet hran) závisí na počtu cévních svazků, jež odpovídá počtu paprsků bliznového terče. Výška lodyhy je odrůdovým znakem. Je ovlivněna i počtem rostlin na jednotce plochy, raností setby, výživou, poměry klimatickými, ročníkem aj. Pohybuje se od 60 do 200 cm. Lodyha má barvu šedozelenou až modrozelenou s voskovým povlakem. Nafialovělé zbarvení antokyany se objevuje po odkvětu a jeho intenzita odpovídá zbarvení hypokotylu, bazální skvrny petalů a tobolky (Fábry a kol., 1992).

Podle uvedených autorů tvoří lodyha v úžlabí středních listů větve. Větvení je cymózní. Větve 1. řádu převyšují hlavní lodyhu. Odklon větví od lodyhy je vzpřímený až přímo odstávající. Tloušťka lodyhy na bázi nad zemí je průměrně 18 – 20 mm, pod rozvětvením 8 – 15 mm. Přirozený počet větví je 3 – 7. Při hustotě porostu v současně prováděné velkovýrobní technologii je 0 – 2. Pod květem může být lodyha lysá slabě štětinatá až silně štětinatá. Tento znak se výrazně dědí.

**List** máku je bifaciální. Svrchní a spodní epidermis je jednovrstevná s voskovým povlakem, ve spodní pokožce jsou průduchy. Palisádový parenchym tvoří dvě vrstvy protáhlých a navzájem těsně přiléhajících buněk s velmi hojnými chloroplasty, interceluláry téměř chybějí. V houbovém parenchymu jsou laločnaté buňky nepravidelného tvaru s poměrně malým počtem chloroplastů, mezi buňkami se nacházejí rozsáhlé interceluláry. V listovém parenchymu procházejí svazky cévní. Listy jsou řapíkaté, poloobjímavé či přisedlé,

s čepelemi různého tvaru (Fábry a kol., 1992). Fábry a kol. (1992) dále konstatují, že okraj čepele spodních a středních listů je vykrajovaný – listy jsou peřenolaločnaté až peřenodílné, okraj horních listů je pilovitý až zubatý, místy dvakrát zubatý až dvakrát pilovitý. Listy jsou lysé nebo s ojedinělými až roztroušenými trichomy na žilnatině u odrůd s více nebo méně štětinatými stonky. Listy jsou rozestaveny na lodyze v levotočivé genetické spirále třířadově střídavě. Olistěnost hlavní lodyhy je velká a má rozhodující význam pro asimilaci rostliny, olistěnost větví je malá (listy jsou malé) až žádná. Počet listů na jedné rostlině bývá 15 – 28. Celková listová plocha rostliny máku na začátku kvetení dosahuje asi 130 000 mm<sup>2</sup>.

### **Generativní orgány rostliny máku**

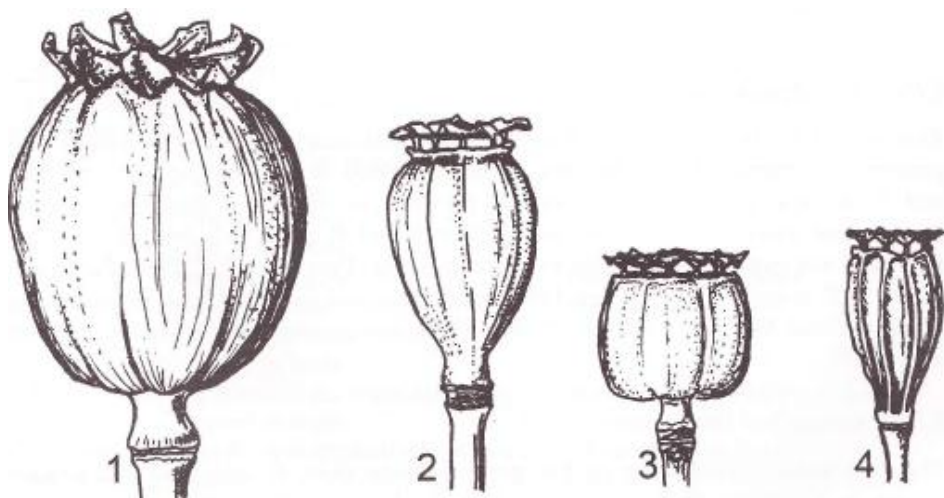
**Poupata** mají tvar podlouhle oválný, oválný, vejčitý i opakvejčitý, délky 3,3 až 4,3 cm, šířku 1,5 až 2,5 cm. Jsou lysá. Květní stopka je obvykle obarvená, po odkvětu zjizvená na místech, kde přisedaly tyčinky (tzv. tyčinkový pásek) (Fábry a kol., 1992).

**Květ máku** má dva lístky kališní a čtyři korunní plátky. Korunní plátky mohou být různě zbarvené. Některé odrůdy mají květy celé bílé, ale ve většině případů se na bázi korunních plátků objevuje velká skvrna. Je buď světlejší, nebo ještě častěji tmavší než je zbývající část korunního plátku. Květy mohou být růžové, světle nebo tmavě červené, fialové. Korunní plátky jsou buď celokrajné nebo zubaté, nebo i silně roztřepené. Tyčinek je mnoho, od 150 do 250. Také pylu se tvoří velké množství. Pylová zrna jsou životná asi týden. Mák je samosprašný, ale protože vytváří velké množství pylu je vyhledáván včelami i blýskáčkem řepkovým. Uvádí se, že včely pracující na máku jsou více agresivní, útočné (Vašák a kol., 2010).

**Tobolka**, tzv. makovice, jak znázorňuje obrázek 2, má různé tvary úzce elipsoidní, široce elipsoidní, kulovitý, válcovitý, vejčitý, opak srdčitý, ledvinovitý a jiný. Je velmi variabilní i u jedné odrůdy. Typ je buď otevřený (hledák), polootevřený, nebo uzavřený (slepák). Povrch tobolky může být hladký nebo hrboletý či žebernatý. Barva v technické zralosti je žlutozelená až anthokyanově zbarvená, v plné zralosti šedě hnědá až kávově hnědá. Na rostlině bývá 2 – 3 – 7 tobolek, při silném větvení 15 i více. Podíl makoviny na hmotnost plné tobolky 2/3 až 3/5. Počet semen v tobolce je 1 000 až 12 000 (Fábry a kol., 1992).

**Semeno máku** je podle Vašáka a kol. (2010) ledvinovité, dlouhé asi 1,0 – 1,5 mm. Jeho povrch je rozbrázděný v šestiúhelníkové plošce ohraničené mírně vystouplými žebry. Povrch je proto drsný a to zvyšuje přilnavost práškovitých ochranných prostředků i vody.

Naše odrůdy mají modré, šedomodré či bílé, případně okrové osemení. Barva osemení však může být také stříbrošedá, fialová, růžová, hnědá někdy až černá. Průměrná hmotnost tisíce semen u dnes pěstovaných odrůd máku se pohybuje kolem 0,55 g. Tmavá = blankytně modrá barva osemení je současně určitou garancí typické makové chuti máku. Bílá a obecně světlá semena mají nevýraznou chuť a vůni. Bílá barva je typická pro velmi tenká osemení, tedy pro nízký obsah vlákniny a ligninu, včetně chuťově významných doprovodných látek. Tím, že je osemení tenké má méně „balastu“, je ale ve světlém semeni více tuku. Zralé semeno obsahuje 42 až 55 % polovysychavého oleje.



Obr. 2: Tvary makových tobolek (Petri a Mihalik, 1998).

### 3.2 Historie a současnost pěstování máku setého

Podle Slavíka a kol. (1988) vznikl mák setý (*Papaver somniferum* L.) z diploidního typu *Papaver somniferum* subsp. *setigerum* – mák štětinkatý, nebo s ním má alespoň společného předka. Pro lidstvo je významnou rostlinou již od neolitu, přitom se planá forma máku setého v přírodě nevyskytuje (Novák, 1990). Fábry a kol. (1992) potvrzují, že kulturní mák setý (*Papaver somniferum* L.) se jako planá rostlina v přírodě nevyskytuje. Z počátku se pravděpodobně pěstoval pro semena, jako potravina, teprve později byl zjištěn narkotický účinek jiných částí rostlin (Zimova, 1971). V současné době je pěstován jako olejnina, farmaceutická a dekorativní rostlina (Novák, 1990).

O původu máku setého (*Papaver somniferum* L.), neexistuje jednotný názor (Gajdaš a kol., 2002). Vašák a kol. (2010) předpokládá jeho původ ve východoasijském a předoasijském genovém centru. K nejstarším historickým nálezům máku patří zbytky semen a tobolek z období neolitu, objevené ve švýcarských kolových stavbách v jižní Francii (Novák, 1990). Ve Středomoří se mák zřejmě pěstoval již v 6. stol. př. n. l. První zmínka o máku setém byla zapsaná 3000 let př. n. l. klínovým písmem na hliněných destičkách nalezených v Nippuru, duchovním centru Sumerů (Paul a Schiff, 2002). Typickým pěstitelem máku setého (*Papaver somniferum* L.) je Turecko, kde je mák tradiční rostlinou od cca 3 000 let př. n. l. (Vašák a kol., 2010). Starým Egypťanům, Řekům a Římanům sloužil latex ke zmírnění bolesti a jako léčivo. Spánkotvorné účinky máku znali i Sumerové (Novák, 1992). Nazývali jej Hul Gil nebo-li, květina radosti (Nožina, 2001). Opiová tinktura tzv. „laudánium“ se užívala k léčbě průjmu, kašle, k tišení bolesti nebo se zneužívala jako droga. Dnes se laudánium využívá velmi vzácně. Hippokrates často zmiňoval použití opia v léčebných přípravcích. Mluvil o hypnotických, omamných a také projímavých účincích „makové šťávy“ (Kritikos a Papadaki, 1967).

V Evropě se mák pěstoval od středověku, kde byl zpočátku zahradní a okrasnou rostlinou (Vašák, 2010). Podle Fábryho a kol. (1975) se mák jako polní plodina objevil v Evropě teprve na konci 17. století. Na větších plochách jako olejnina se mák pěstoval až začátkem 19. století. Vývoj osevních ploch a výnosů na území České republiky lze nepřetržitě sledovat od roku 1895, i když existují četné údaje i z předcházejícího období. Mák si u nás udržoval poměrně stálou plochu od první světové války (Bechyně a Novák, 1987).

V současné době je celosvětový význam pěstování máku pro použití ve farmaceutickém průmyslu k výrobě opiátů. Ve většině případů slouží jako surovina maková sláma, resp. rozdrcené tobolky. Ze zhruba 25 zemí, kde mák slouží pro farmaceutický průmysl, pouze v Indii se extrahuje opiem (latex) z naříznutých nedozrálých makovic. Surové opium se dále suší („owen-dry“) a poté dále zpracovává. Ve všech zemích, kde se mák pěstuje ilegálně, využívají pěstitelé metody extrakce (Lohr, 2014). Plocha, na které se mák pěstuje, dosahuje 120 tis. ha. Podle International Narcotic Control Board (INCB), je ale skutečná výměra i s nelegální produkcí máku pro získávání opia asi o polovinu vyšší, tedy až 300 tis. ha (INCB, 2016).



### 3.2.1 Nelegální produkce máku

V našich krajích jsme zvyklí na mák jako na pochutinu, která zpestřuje naši kuchyni. V mnoha dalších zemích světa však na mák nahlíží s podstatně méně sympatiemi, mák je považován – a dlužno přiznat, že do značné míry oprávněně – za ztělesnění zla, jako rostlina pěstována pro ilegální výrobu psychotropních látek (Lohr, 2014).

Nelegální produkce opia se řeší od roku 1909, kdy byla stanovena mezinárodní komise pro opium. V roce 1914 se pokusilo 34 států snížit nelegální produkci máku na minimum a zabránit dovozu nelegálních produktů. Nelegální pěstování máku pro získávání opia se dnes nalézá na územích označovaných jako „Zlatý trojúhelník“, což je Thajsko, Laos a Barma (Myanmar) a „Zlatý půlměsíc“, který je tvořen státy Afghánistán, Irán a Pákistán dále Indie, Libanon a Mexiko. Na území těchto států se farmářům pěstování máku a produkce opia vyplatí více než pěstování legálních kulturních plodin. Proto i přes veškerou snahu se dodnes nepodařilo zničit nelegální produkci opia a opiových derivátů jako je např. heroin (Baranyk, 2010).

Tabulka 1 znázorňuje pět největších ilegálních pěstitelů opiového máku. Největším pěstitelem ilegálního opiového máku je Afghánistán s plochou 154 tis. ha v roce 2012 a produkci surového opia 3 700 tun. Druhým největším ilegálním pěstitelem je Barma s 51 tis. ha ilegálního opiového máku a produkci 690 tun opia. Na třetím místě je Mexiko s 12 tis. ha a produkci 250 tun ilegálního surového opia v roce 2012.

**Tab. 1: Plochy máku a výroba surového opia – ilegální produkce v roce 2012 (Lohr, 2014).**

Země	Plocha (v ha)	Produkce opia (tun)
Afghánistán	154 000	3 700
Barma	51 000	690
Mexiko	12 000	250
Laos	6 800	41
Pákistán	382	9

## Afghánistán

Afghánistán spadá do pásma, kde se mák pro výrobu opiátu pěstuje tradičně již po celá staletí. Od roku 1979, tj. už 37 let, je v této zemi občanská válka, během níž proti sobě stálo mnoho stran, včetně zahraničních armád. Pěstební plochy máku v Afghánistánu značně kolísají v závislosti na politickém, vojenském a ekonomickém stavu země. Stojí za povšimnutí, jak dokládá tabulka 2, že nejméně ploch bylo oseto v roce 2001 za vlády hnutí Tálibán, který – oproti obecně vžitému mínění – pěstování máku nejen, že nepodporoval, ale důsledně potíral. K největšímu nárůstu pak došlo po intervenci spojenců po roce 2002 – prakticky na dvojnásobek hodnot z devadesátých let 20. století, což znázorňuje tabulka 2 (Lohr, 2014).

**Tab. 2: Pěstební plochy máku v Afghánistánu (Lohr, 2014).**

<b>Rok</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
<b>Plocha (tis. ha)</b>	71	54	57	58	64	91	82
<b>Rok</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Plocha (tis. ha)</b>	8	74	80	131	104	165	193
<b>Rok</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Plocha (tis. ha)</b>	157	123	123	131	154	209	X

Z Afghánistánu pochází mezi 80 – 90 % opia, dodávaného na světový trh psychotropních látek. Otázkou jak řešit situaci v Afghánistánu se zabývají mezinárodní organizace a vlády mnoha zemí i odborníci na zemědělství. Jako alternativu k nelegálnímu pěstování máku navrhuje rozšíření produkce jiných, nezávadných plodin, které by našly odbyt na světových trzích – různé druhy koření, léčivých rostlin, sezamu a podobně. V současné době to však vypadá tak, že řešení, i přes veškeré snahy, je v nedohlednu (Lohr, 2014).

### 3.2.2 Legální produkce máku

Semena potravinářského máku jsou běžně dostupná v Evropě a severní Americe, dále v Turecku, Pákistánu, Afghánistánu, Iráku, Austrálii, Novém Zélandu, Burkině Fasso, Togu, JAR, Indii, Malajsii a okrajově i jinde. Centrum pěstování a konzumace makových semen je ve slovanských zemích a Turecku (Vašák a kol., 2010).

Existuje několik skupin zemí, pěstujících mák, přičemž každá skupina k této plodině přistupuje rozdílně. Slovensko je zemí, jejíž šlechtitelé se snaží vyprodukovat odrůdy máku, které by poskytovaly „jedlé“ semínko a zároveň by jejich makovina byla použitelná pro výrobu alkaloidů. Podobně i Turecko, kde se mák pěstuje jak pro semeno, tak i pro obsah alkaloidů v makovině, v závislosti na odrůdách. Španělsko, Francie, Tasmánie a Maďarsko pěstují mák kvůli makovině, kvalita a chuťové vlastnosti máku je příliš nezajímají a prodej makového semene považují za bonus navíc. Indie představuje tu skupinu zemí, které vylučují produkci makového semene a mák pěstují pouze kvůli extrakci opia. Další země zakazují mák vůbec, některým se daří potlačovat jeho pěstování (např. Laos), jiným nikoliv. Je logické, že mezi těmito skupinami zemí musí dojít k rozporům. Nejde ani tak o to, že různé skupiny pěstitelských zemí zajímá na máku něco jiného, ale spíš o to, že země, kde považují mák za zdroj škodlivé grogy a tudíž za čisté zlo, nechápou, jak je možné, že jinde se mák produkuje takřka bez omezení (Lohr a kol., 2012).

Tabulka 3 znázorňuje plochy pěstování a celkovou produkci makového semene v zemích Evropské unie, Turecku a ve světě. Největším producentem makového semene je Česká republika. V roce 2012 bylo v České republice vyprodukováno 12 814 tun makového semene a do roku 2014 se produkce zvýšila na 24 665 tun z pěstební plochy 27 020 ha. Druhým největším producentem makového semene je Turecko, které dokonce v roce 2013 předčilo svou celkovou produkcí semene i Českou republiku. Jak dokládá tabulka 3, celková produkce makového semene v roce 2013 byla v Turecku 19 244 tun.

**Tab. 3: Sklizňové plochy máku setého ve vybraných zemích (zdroj FAO, 2016).**

Země	Plocha pěstování (ha)			Produkce semen celkem (t)		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Rakousko	1 548	1 510	1 560	1 098	1 078	1 293
Chorvatsko	2 263	3 198	3 000	1 509	3 198	2 900
Česká republika	18 363	20 250	27 020	12 814	13 911	24 665
Francie	10 000	18 000	15 000	6 000	11 000	8 000
Německo	5 500	5 500	5 400	3 200	3 200	3 000
Maďarsko	5 280	4 890	9 050	4 700	4 850	9 350
Nizozemsko	370	380	390	400	400	410
Rumunsko	4 000	4 000	3 900	2 350	2 400	2 300
Slovensko	761	842	1 704	296	853	1 827
Španělsko	10 000	11 000	10 500	11 000	12 000	11 000
<b>EU celkem</b>	58 895	70 385	78 324	43 867	53 415	65 254
Turecko	13 511	32 277	26 621	3 844	19 244	16 223
<b>Svět celkem</b>	73 686	103 855	106 183	51 402	76 372	85 093

### Pěstování máku v České republice

Ve světovém a evropském žebříčku producentů potravinářského máku se Česká republika stále drží na čele pelotonu (Lohr, 2015). Podle FAO (2016) byla v České republice v roce 2014 sklizňová plocha 27 020 ha, což dělá z České republiky největšího pěstitele máku. Pěstování máku setého je v České republice povoleno na základě zákona č. 167/1998 Sb., o látkách vzbuzujících závislost. Pod tento zákon spadá například i pěstování konopí. Produkce těchto komodit je podrobena různým pravidlům a přísnější kontrole. Součástí tohoto zákona jsou ustanovení, jako je ohlašovací povinnost osob pěstujících mák na ploše větší než 100 m<sup>2</sup> a ohlašovací povinnost při vývozu nebo dovozu makoviny (Mottl, 2006). V České republice je výhradním zájmem pěstitelů pěstovat pouze mák potravinářský, olejný čili semenný pro využití makového semene v kulinářství, který se liší od máku opiových tím, že téměř nevytváří mléčnice potřebné k získávání opia. Jeho produkce je ze 70 – 80 % exportována (Lohr a kol., 2012).

Makové alkaloidy, zejména morfin, se z máků pěstovaných v České republice získávají extrakcí ze suché makoviny. V sortimentu odrůd pěstovaných v České republice jsou z největší části zastoupeny modrosemenné odrůdy s nižším až středním obsahem morfinu, což je od 0,2 do 0,6 % morfinu v makovině. Nízký obsah alkaloidů v makovině komplikuje práci farmaceutickým firmám z části také pěstitelům, kteří makovinu prodávají, na druhou stranu to velmi usnadňuje ochranu této plodiny před drogovým zneužíváním (Vlk a kol., 2010).

Z tabulky 4 je patrné, že sklizňová plocha máku setého se v České republice v několika letech intervalech střídavě zvyšuje a snižuje. Od roku 2005 do roku 2008 se plocha zvýšila o 25 100 ha, od roku 2008 do roku 2012 se snížila o 51 300 ha a do roku 2014 se zase zvýšila o 8 700 ha. Průměrný výnos semene je od roku 2005 0,7 tuny z hektaru a z tabulky je patrné, že výnosově výrazně nadprůměrné byly roky 2005, 2011 a 2014. Naopak výnosově podprůměrné byly roky 2006 a 2010. Díky relativně příznivým podmínkám v roce 2014 se průměrný výnos dostal na úroveň nejúspěšnějších sklizní, dosahoval 0,92 tuny z hektaru (Lohr, 2015).

**Tab. 4: Sklizňová plocha, průměrný výnos semene a celková produkce máku v ČR (zdroj ČSÚ, 2016).**

Rok	Sklizňová plocha (tis. ha)	Výnos semene (t.ha <sup>-1</sup> )	Produkce semen (tis. tun)
2005	44,6	0,82	36,4
2006	57	0,55	31,6
2007	57	0,59	33,8
2008	69,7	0,75	52,1
2009	52,5	0,63	33,7
2010	51,1	0,5	25,5
2011	31,5	0,85	26,9
2012	18,4	0,7	12,8
2013	20,3	0,69	13,9
2014	27,1	0,92	24,7

### **Pěstování máku v Indii**

Indie je jedním z hlavních legálních pěstitelů máku pro produkci opia na světě. Pěstování opiového máku má v Indii dlouholetou tradici. Část surového opia je použita pro výrobu alkaloidů. Značná část je ovšem vyvážena v surovém stavu do celého světa (USA, Japonsko, Maďarsko, Velká Británie, Francie, Thajsko) (Lohr a kol., 2012).

Uvedení autoři dále konstatují, že produkce máku je v této zemi v zásadě zakázána podle článku 8 zákona o omamných a psychotropních látkách z roku 1985, s výjimkou pěstování na základě licencí udělovaných podle téhož zákona. Ročně je uděleno asi 130 tis. licencí. Produkce je pod přísnou kontrolou státních orgánů, Centrálního úřadu pro kontrolu narkotik (CBN - Central Bureau of Narcotics), který licence k pěstování máku vydává.

Pokud farmář dostane licenci pro pěstování opiového máku, může ho pěstovat na ploše o výměře od 0,1 do 0,5 ha (BAJPAI, 2000). Další podmínkou je dosažení minimálního stanoveného výnosu opia z hektaru, který se pohybuje mezi 30 až 56 kg opia na hektar a je stanovován pro každý sklizňový rok. Po celou dobu, od zasetí do úplné likvidace makových kultur, musí být pole střeženo pěstitelem nebo jeho zástupcem, a to 24 hodin denně. Nedodržení těchto podmínek má za následek trvalé odebrání licence (Lohr a kol., 2012).

### **Pěstování máku v Turecku**

Produkce opia v Turecku sahá pravděpodobně až do dob před psanou historií. Turecko tak patří mezi země, kde se kultura, tradice, společenský život a ekonomika prolínají s historií této plodiny a jejím unikátním produktem – opiem. Opium bylo v Turecku používáno v každodenním životě jako nejdůležitější domácí lék a jako sociální droga. Maková semena pak jako populární potravinová ingredience a zdroj stolního oleje (Szendrey, 2005).

Pro kontrolu pěstování a organizaci zpracování máku byla v roce 1938 založena Turkish Grain Board (TMO), která má na starosti i prodej narkotických látek na domácím a zahraničním trhu. Turkish Grain Board (TMO) je státním podnikem spadajícím pod ministerstvo zemědělství s 31 krajskými a okresními úřady po celé oblasti pěstování. Speciálně vyškolený personál má na starosti udělování licencí, inspekci v terénu, dohled a kontrolu nad pěstováním a také technické poradenství pro zemědělce.

Mák je v Turecku pěstován na rodinných farmách. Většina pracovních operací jako např. příprava půdy, setí, hubení plevelů, boj proti škůdcům jsou prováděny ručně, bez mechanizace. Přibližně asi 65 % pěstebních ploch je pod závlahou (Szendrey, 2005).

### 3.3 Růst a vývoj máku setého

Vegetační doba máku je 120 – 140 dnů. Růst lze rozdělit do čtyř životních fází máku: fáze klíčení a vzcházení, fáze listových růžic, fáze hlavního růstu a tvorby pupat a fáze kvetení, růstu semen a plodů (Bechyně a kol., 2001).

Vývoj máku setého (*Papaver somniferum* L.) znázorňuje tabulka 5. Vývojové fáze lze rozdělit na fáze klíčení, fáze vzcházení a fáze vytváření prvních listů, kdy semeno vytváří v místě pupku kořínek, pak dělohy a primární pravé listy. Ve fázi přízemní růstové růžice, má rostlina výšku 4-5 cm a stonek 0,5-0,8 cm dlouhý. Na konci této fáze je vzrostlý – vegetační vrchol organizován tak, že vedle základů vegetativních orgánů jsou zde patrné základy všech květů a jejich částí. Ve fázích stonkování, větvení a tvorby pupat – butonizace, rostliny přirůstají 2 – 3 cm za 24 hodiny, přičemž nejvíce mezi 4. – 10. uzlem – nodem. Při fázi kvetení a fázi tvorby semen a vývinu tobolky květy rozkvétají ráno a během 1 – 2 dnů odkvétají. Po odkvětu květu na hlavním stonku se rychle rozvíjejí pupata a odkvétají květy na vedlejších stoncích, a to v intervalu 1 – 4 dnů. Za 14 dnů po odkvětu se vytvoří tobolka v konečné formě a rozměrech a probíhá vývoj semene (technická – opiová zralost). Fáze zrání tobolky a fáze plné zralosti tobolky probíhají od technické zralosti tobolek až do plné (biologické) zralosti semen, to je do doby, kdy semena v tobolkách chrastí. Tobolky zhnědnou, vyschnou a vybarvená semena v nich volně leží. Rostliny zežloutnou, zhnědnou a vyschnou (Fábry a kol., 1992).

#### Fáze klíčení a vzcházení

Vašák a kol. (2010) uvádí, že osivo začíná v půdě klíčit v okamžiku, kdy dostane určitou sumu teplot, vláh a má k dispozici dostatek kyslíku. Na rozdíl od jiných rostlinných částí obsahují semena málo vody. Proto je voda prvním impulsem, který semena potřebují k zahájení bobtnání. V této fázi začínají semena i zesíleně dýchat. Proto nutně potřebují mít optimální poměr vzduchu a vody v půdě. Pro vyklíčení je mimo dostatečné vlhkosti nutná i určitá minimální teplota. Kvalitní seťové lůžko s optimálním poměrem vody a vzduchu začíná být pro klíčící semena důležité od 3. dne klíčení, kdy se startují oxidační procesy.

### **Fáze listových růžic**

Ve fázi listových růžic, rostlina kořeny podporuje větvení a zesilující růst nadzemní části. Když se rostliny dostávají do fáze, kdy se prodlužuje den a zvyšuje suma teplot, začíná přechod do generativní fáze. Listy vytvořené v průběhu růstu listových růžic máku, začínají produkovat tak velkou sumu auxinů, že v rostlině přestávají dominantně podporovat tvorbu kořenů a začínají směřovat růst rostliny vzhůru zvýšením apikální dominance. Tomuto růstu mohou dávat dynamiku jen silné kořeny (Mach, 2014).

### **Fáze hlavního růstu a tvorby pupat**

V tomto období již rostlina produkuje svojí nadzemní hmotou vysoké sumy auxinů, které zvyšují její apikální dominanci a prodlužují růst. Ve fázi nárůstu hmoty musíme mít porosty dobře zásobené výživou. Pokud se v dlouhodobějších přísuších začíná kořenová soustava redukovat, musíme začít doplňovat výživu (zvláště mikroprvky) listovými aplikacemi. Na konci fáze hlavního růstu je velikost pupat taková, že jejich produkce auxinů k nim začíná směřovat významnou část živin (Mach 2014).

### **Fáze kvetení, růstu semen a plodů**

Po odkvětu probíhá období nejvýraznějšího růstu semen a plodů. Semena produkují vysokou hladinu auxinů, které putují do kořenů. Do semen pak přednostně putují živiny, kterými si rostlina zajišťuje výživu další generace (Desgagné-Penix a kol., 2012). Rostliny by měly mít až do konce tvorby výnosu silné funkční kořeny. To rostlinám musíme zajistit v předchozí vegetaci (Vašák a kol., 2010).



**Tab. 5: Vývojové fáze BBCH máku setého (Fábry a kol., 1992)**

Název vývojové fáze	BBCH stupnice	Popis vývojové fáze
fáze klíčení	BBCH 01 - 07	Tyto fáze trvají celkem 15 – 20 dní i více. Semeno vytváří v místě pupku kořínek, pak dělohy a primární pravé listy.
fáze vzcházení	BBCH 10 - 14	
fáze vytváření prvních listů	BBCH 20 - 27	
fáze přízemní růstové růžice	BBCH 35	Tato fáze trvá 45 – 60 dní. Rostlina má v tomto období výšku 4 – 5 cm a stonek 0,5 – 0,8 cm dlouhý. Na konci této fáze je vzrostlý – vegetační vrchol organizován tak, že vedle základů vegetativních orgánů jsou zde patrné základy všech květů a jejich částí.
fáze stonkování, větvení a tvorby poupát – butonizace	BBCH 40 - 49	Tato fáze trvá 15 – 20 dní. Rostliny přirůstají 2 – 3 cm za 24 hodiny, přičemž nejvíce mezi 4. – 10. uzlem – nodem.
fáze kvetení	BBCH 50 - 56	Tyto fáze trvají 20 – 25 dní. Po ukončení vývoje se poupata napřímí (plná butonizace). Květy rozkvétají ráno a během 1 – 2 dnů odkvétají. Po odkvětu květu na hlavním stonku se rychle rozvíjejí poupata a odkvétají květy na vedlejších stoncích, a to v intervalu 1 – 4 dnů. Za 14 dnů po odkvětu se vytvoří tobolka v konečné formě a rozměrech a probíhá vývoj semene (technická – opiová zralost).
fáze tvorby semene a vývinu tobolky	BBCH 60-64	
fáze zrání tobolky	BBCH 70 - 76	Tyto fáze trvají 15 – 20 dní. Probíhají od technické zralosti tobolek až do plné (biologické) zralosti semen, to je do doby, kdy semena v tobolkách chrastí. Tobolky zhnědnou, vyschnou a vybarvená semena v nich volně leží. Rostliny zežloutnou, zhnědnou a vyschnou.
fáze plné zralosti tobolky	BBCH 80 - 81	

### **3.3.1 Požadavky na vnější prostředí**

Mák nemá zvláštní požadavky na vnější prostředí a u nás se dá s úspěchem pěstovat zejména v řepařském a bramborářském výrobním typu. Přesto však velmi citlivě reaguje na nevyrovnanost a odchylky v půdě, výživě a na povětrnostní podmínky (Bechyně, 1993). Změny klimatu se i v našich oblastech projevují stále zřetelněji. Tyto změny s sebou přináší výrazné výkyvy počasí v jednotlivých měsících, velmi nepravidelné a často přívalové srážky následované dlouhými obdobími sucha nebo naopak dlouhá deštivá období, kdy plodiny trpí nedostatkem vzduchu v půdě. Mák se v důsledku extrémního průběhu počasí musí vyrovnávat s řadou stresů, které negativně ovlivňují jeho konečnou produkci (Bubeník a Peza, 2010).

#### **Světlo**

Nedostatek světla v období pomalého růstu rostlin může vážně ohrozit vitalitu vzešlých rostlinek, které jsou malé, děložní lístky velmi úzké, s malou asimilační plochou (Bechyně, 1993). Světlo a sluneční svit zajišťují vytvoření silných mladých růžicovitých rostlin se základy postranních stonků a květů. Slunečné a teplé počasí v době kvetení a zrání urychluje jejich průběh. Nedostatek světla způsobený jakýmkoliv vlivem zastínění stromy, plevely atd. vede k velmi silnému oslabení rostlin a tím i výnosu semene a alkaloidů (Fábry a kol., 1975).

Jak potvrzuje Bechyně (1993) naše odrůdy máku patří mezi rostliny dlouhodobní, náročné na světlo. Nedostatek světla se na rostlinách projevuje celkovým oslabením, snížením výnosů semene i menším obsahem alkaloidů v tobolkách. Zastíněné květy a vyvíjející se tobolky vytvářejí drobná semena a při silném zastínění nemusí vytvořit semena vůbec. Dostatečné sluneční ozáření je na druhé straně nutné pro vývin silných rostlin ve stádiu listové růžice a zejména v období rychlého růstu rostlin. Zvláště žádoucí je slunečné a teplé počasí v době kvetení a dozrávání tobolek. Urychluje průběh těchto procesů.

#### **Teplota**

Mák je plodinou, která v raných fázích růstu až do začátku stonkování je velmi otužilá a snáší i velmi nízké teploty. Semeno obvykle klíčí při teplotě prostředí 3 – 4 °C za předpokladu dostatku vláhy. Optimální teplota pro klíčení je 18 – 20 °C, maximální 32 °C. Při teplotě půdy 4 – 8 °C vzchází porost za 14 – 21 dní, při teplotě 10 – 15 °C za 7 – 12 dní a při

teplotě 18 – 22 °C za 3 – 6 dní, a to podle zásoby vláhy v půdě. Mladé vzcházející rostlinky snášejí dobře mráz -3 až -4 °C a hynou teprve při teplotě pod -7 až -8 °C (Fábry a kol., 1975). Jakmile však začne dlouhivý růst lodyhy, což bývá po 45 – 60 dnech od vzejití, tato odolnost se velmi snižuje a rostliny hynou při -2 až -3 °C. Fáze stonkování a butonizace, které trvají asi 20 dní, jsou středně náročné na teplo. Ve fázi kvetení, která začíná rozkvětem poupěte na hlavním stonku, teplo a sucho tuto periodu zkracuje, kdežto vlhko a chladno ji prodlužuje. Ve fázi technické (opiové) zralosti je mák nejvíce citlivý na teplotu (Fábry a kol., 1975).

Teplé a suché počasí je podmínkou intenzivní tvorby alkaloidů v mléčné šťávě a u opiových forem vysoké sklizně opia. Ve fázi plné – fyziologické (biologické) zralosti vyžaduje mák teplo a sucho, ale příliš vysoká teplota průběh této fáze urychluje a má za následek více špatně vyvinutých semen a větší rozvoj škůdců. Pro úspěšný vývin a výnos potřebuje rostlina máku sumu teplot asi 2 000 – 2 200 °C. Při podzimním výsevu je tepelná suma asi 2 700 °C (Fábry a kol., 1975).

## **Vláha**

Mák je náročný na vláhu od vzejití až do rozkvětu, později se jeho nároky snižují. Celková potřeba vody se během vegetace odhaduje na 250 – 350 l na 1 m<sup>2</sup> při jarním výsevu, při podzimním výsevu se o 50 l ještě zvyšuje (Bechyně, 1987).

Podle Fábryho a kol. (1975) přijímá semeno při klíčení téměř tolik vláhy (91 %), kolik samo váží. Ve fázi vývinu listové růžice mají zpočátku rostliny ještě slabý kořenový systém, který se postupně rozvíjí, a proto je v této době důležitá dobrá zásoba vláhy v půdě. Jakmile kořínky dosáhnou hloubky 15 až 20 cm a více, mohou již rostliny zásobovat z těchto spodních vrstev půdy vláhou. Ve fázi stonkování rostliny nejlépe rostou při zásobě vláhy dosahující asi 85 % polní vodní kapacity půdy.

Ve fázi butonizace, kdy mají rostliny již vyvinutou obrovskou listovou plochu, potřebují velké množství vody. Ve fázi kvetení je potřeba vláhy menší, a rovněž tak i ve fázi technické (opiové) i plné (fyziologické) zralosti. Teplotní a vláhové poměry jednotlivých oblastí pěstování máku jsou rozhodující pro jejich vhodnost pro kultury opiového máku (oblasti sušší a teplejší) a olejného máku (oblasti vlhčí a chladnější). Transpirační koeficient u máku je asi 800 g, sací síla kořenů -0,8 až -1,2 MPa (Fábry a kol., 1975).

### 3.4 Odrůdová skladba máku setého

V odrůdové skladbě máku setého je evidováno poměrně velké množství odrůd. V tabulce 6 je uvedeno všech 56 odrůd zapsaných ve společném katalogu odrůd EU (ÚKZÚZ, 2016). V některých zemích EU jako je Španělsko, Francie nebo Anglie se pěstují i další odrůdy. Tyto odrůdy jsou ve vlastnictví farmaceutických firem a jsou využívány především pro jejich účely (Vlk a kol., 2010).

**Tab. 6: Odrůdy máku setého ze společného katalogu odrůd EU (ÚKZÚZ, 2016).**

1.	Agat	20.	Griffon	39.	Nigra
2.	Akvarel	21.	Josef	40.	Opal
3.	Albin	22.	KP Albakomp	41.	Opex
4.	Alfa	23.	Korona	42.	Orbis
5.	Ametiszt	24.	Kozmosz	43.	Orel
6.	Aplaus	25.	Kék Duna	44.	Orfeus
7.	Aristo	26.	Kék Gemona	45.	Osprey
8.	Bergam	27.	Lazur	46.	Postomi
9.	Borowski Biały	28.	Leila	47.	Racek
10.	Botond	29.	Lina	48.	Redy
11.	Buddha	30.	Major	49.	Rosemarie
12.	Csiki kék	31.	Maraton	50.	Rubin
13.	Edel-Rot	32.	Marianne	51.	Tebona
14.	Edel-Weiß	33.	Mieszko	52.	Zeno Morphex
15.	Eleonora	34.	Minoán	53.	Zeno Plus
16.	Evelin	35.	Morfeusz	54.	Zeno V56
17.	Florian	36.	Morthea	55.	Zeno2002
18.	Fortemo	37.	Morvital	56.	Zeta
19.	Gerlach	38.	Morwin		

Kolekci odrůdové skladby máku setého je možné rozdělit do několika podskupin:

### **Podle formy na ozimé a jarní**

Do ozimé formy patří zahraniční odrůdy zapsané v Evropském katalogu. Ozimé máky jsou registrovány v Rakousku (např. Zeno 2002, Josef) nebo Maďarsku (např. Kosmosz) (Kosek a Vlček, 2011).

### **Podle barvy semene**

Modrosemenné – nejpěstovanější forma máku, mají blankytně modrou barvu semene (např. odrůda Gerlach, Opal, Lazur, Major, Maraton),

Šedosemenné – šedomodrá až stříbrošedá barva indikuje vyšší obsah alkaloidů v makovině než u modrosemenných forem (např. odrůda Malsar),

Bělosemenné – forma máku s nejolejnatějšími semeny, chutí připomínají oříšky (např. odrůda Albín, Sokol, Orel, Racek)

Okrovosemenné – okrová barva semene, chutí připomínají oříšky (např. odrůda Akvarel, Red) (Skalický a kol., 2014).

### **Podle obsahu morfinu**

S nízkým obsahem morfinu – obsah morfinu v makovině do 0,2 % (např. odrůda Przemko, Mieszko, Edel-Weiss, Florian, Zeta, Rubin),

Se středním obsahem morfinu – obsah morfinu v makovině 0,2 – 0,6 % (např. odrůda Gerlach, Opál),

S vysokým obsahem morfinu – obsah morfinu v makovině nad 0,6 % (např. odrůda Buddha, Lazur) (Novák a kol., 2000).

### **Odrůdy máku pro potravinářské využití**

Jedná se nejčastěji o odrůdy máku s barvou semene bílou, žlutou, okrovou, růžovou, červenou, hnědou, stříbrošedou až šedou, nejčastěji modrou jak znázorňuje obrázek 3, která nejvíce zaručuje typickou makovou vůni a chuť. Obsah morfinu v makovině se pohybuje nejčastěji do 1 % (Vašák a kol. 2010). Nemají silně vyvinutý systém cévních svazků a jejich latex je výrazně chudší na alkaloidy než u máku pro průmyslové využití. Povrch tobolek je zřetelně hrbolkovitý (Weid a kol., 2004). Odrůdy máku pro potravinářské využití se nejvíce pěstují v Evropě. Česká republika je v současné době největším pěstitelem právě těchto odrůd. Produkce je soustředěná na získání kvalitního semene pro potravinářské využití. Mezi tyto odrůdy patří například Major, Maraton nebo Opál (Vašák a kol. 2010).



**Obr. 3: Modrá semena máku pro kulinářské využití (zdroj google obrázky).**

### **Odrůdy máku pro průmyslové využití**

Do této kategorie se dle Matyášové a kol. (2010) řadí odrůdy máku s barvou semene modrou, šedou až černou. Povrch tobolky je zřetelně hrboalkovitý. Obsah morfinu v makovině je více než 1 %. Nejčasněji okolo 1,5 - 2,5 % morfinu, typickou odrůdou je odrůda Buddha. Za makovinu pro farmaceutické účely je považována suchá, rozdrčená tobolka bez semen s krátkým stonkem (cca 15 cm dlouhým) jak je znázorněno na obrázku 4 (Vlk a kol 2010). Do skupiny průmyslových máku jsou zařazeny i máky s vysokým obsahem thebainu. Thebainovou odrůdou je například odrůda Norman. Průmyslové odrůdy máku setého jsou pěstovány pro využití farmaceutickými firmami ke komerční produkci alkaloidů, jako je například morfin a thebain (Matyášová a kol., 2011).



**Obr. 4: Makovina oddělena od semen máku (zdroj google obrázky).**

### **Odrůdy máku opiového**

Do této skupiny patří dle Weid a kol. (2004) odrůdy máku s dobře vyvinutým systémem cévních svazků. Ve floémové části cévních svazků se nacházejí mléčnice s vysokým obsahem alkaloidů v latexu. Tobolky jsou na povrchu hladké, ve fázi technické (opiové) zralosti ojíňené. Typickou oblastí pro pěstování opiových odrůd máku je Asie, především Afganistán (Vašák a kol., 2010). Opium se získává nařezáváním tobolek máku v technické (opiové) zralosti jak znázorňuje obrázek 5. Řez nesmí být příliš hluboký, aby se latex nedostal do tobolky (makovice) a nekontaminoval semena (Weid a kol., 2004). Určit vhodný termín

nařezávání makovic je pro získání opia velmi důležité. Pokud se makovice nařezávají příliš brzy, latex vykapává do půdy. Při pozdním nařezávání makovic je výrazně nižší výnos morfinu (Šakamon a Labun, 2009).



**Obr. 5: Sběr latexu z nařezaných makovic opiového máku (zdroj google obrázky).**

Opium obsahuje přes 40 alkaloidů, přičemž několik z nich je velmi významných. Tabulka 7 uvádí obsah nejvýznamnějších alkaloidů v opiu a v makovině. Opium obsahuje až 21 % morfinu, 10 % narkotinu, 0,4 % kodeinu, 1 % papaverinu a 0,6 % thebainu. (Stránská a kol., 2013).

**Tab. 7: Obsah hlavních alkaloidů (Stránská a kol., 2013).**

<b>Alkaloid</b>	<b>Přibližný obsah v makovině (%)</b>	<b>Přibližný obsah v opiu (%)</b>
Morfin	0,10 - 2,8	2,7 - 21,0
Narkotin	0,00 - 0,3 (1,6)	6,0 - 10,0
Kodein	0,01 - 0,4	0,3 - 0,4
Papaverin	0,00 - 0,2	0,8 - 1,0
Thebain	0,00 - 0,4 (0,7)	0,1 - 0,6



### 3.5 Legislativa v pěstování máku setého

Pěstování máku podléhá řadě legislativních opatření a to nejenom na národní úrovni, ale také v rámci EU. Nejvýznamnějším právním předpisem je zákon 167/1998 Sb., o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů.

**Podle § 24** výše uvedeného zákona se zakazuje pěstovat odrůdy máku setého (*Papaver somniferum* L.), které mohou v sušině z tobolek obsahovat více než 0,8 % morfinu; zákaz se nevztahuje na pěstování odrůd máku setého (*Papaver somniferum* L.) pro výzkumné a pokusné účely, pro šlechtění nových odrůd rostlin a pro zachování genetické rozmanitosti rostlin vědeckými a výzkumnými pracovišti.

Dále se v uvedeném paragrafu zákona uvádí, že osoba pěstující mák setý (*Papaver somniferum* L.) nebo osoba, která makovinu zpracovává nebo skladuje, je dále povinna neprodleně oznámit místně příslušnému oddělení Policie České republiky veškeré podezřelé okolnosti, zejména vstup cizích osob do porostu, nařezání makovic, odcizení makovic nebo neobvyklé objednávky, jež naznačují, že makovina může být zneužita k nelegální výrobě návykových látek. A makovina vyprodukovaná na území České republiky musí být vyvezena nebo zneškodněna anebo zpracována tak, aby obsažené návykové látky nebylo možné použít nebo získat jakýmkoliv technologickými prostředky.

**Podle § 25 zákona** se k vývozu nebo dovozu makoviny vyžaduje povolení k vývozu makoviny nebo povolení k dovozu makoviny. Žádost o vydání vývozního povolení nebo dovozního povolení se podává na formuláři vydaném Ministerstvem zdravotnictví. Povolení k vývozu makoviny a povolení k dovozu makoviny vydává Ministerstvo zdravotnictví, které je rovněž oprávněno vydané povolení odejmout, pokud je důvodné podezření, že došlo k porušení povinností vyplývajících z tohoto zákona či z rozhodnutí vydaného na jeho základě nebo že se jedná o nedovolený obchod podle mezinárodních smluv, kterými je Česká republika vázána. Povolení k vývozu makoviny lze vydat na dobu v něm určenou pro více vývozů. Povolení k dovozu makoviny lze vydat na dobu v něm určenou pro více dovozů. Jinak se při vydávání a odnětí povolení k vývozu makoviny a povolení k dovozu makoviny použijí ustanovení hlavy čtvrté.

**Podle § 29 zákona 167/1998 Sb.** jsou osoby pěstující mák setý nebo konopí na celkové ploše větší než 100 m<sup>2</sup> povinny předat hlášení místně příslušnému celnímu úřadu podle

místa pěstování, písemně nebo v elektronické podobě podepsané uznávaným elektronickým podpisem podle zvláštního právního předpisu

a to:

1. do konce května:

- a) výměru pozemků osetých mákem setým nebo konopím pro sklizeň v příslušném kalendářním roce, včetně názvu použité odrůdy, čísla parcely, názvu a čísla katastrálního území, nebo identifikačního čísla půdního bloku, případně dílu půdního bloku evidence půdy,
- b) odhad výměry pozemků, na nichž bude pěstován mák setý nebo konopí v příštím kalendářním roce,

2. v průběhu vegetace a sklizně nebo při zneškodňování sklizené makoviny :

- a) údaje o výměře pozemků a způsobu zneškodnění máku setého, makoviny ponechané na pozemku nebo sklizené nebo konopí, včetně názvu použité registrované odrůdy, čísla parcely, názvu a čísla katastrálního území nebo identifikačního čísla půdního bloku, popřípadě dílu půdního bloku, evidence půdy, a to nejpozději do 5 dnů před provedením jejich zneškodnění; pokud osoba pěstující mák setý zpětně neodebere makovinu pocházející z vyčištěných semen, přechází povinnost předat hlášení při zneškodňování makoviny na osobu, která provedla čištění makových semen,

3. do konce prosince příslušného kalendářního roku:

- a) výměru pozemků, které byly oseté mákem setým nebo konopím, výměru pozemků, ze kterých byl sklizen mák setý nebo konopí, včetně názvu použité registrované odrůdy, čísla parcely, názvu a čísla katastrálního území, nebo identifikačního čísla půdního bloku, případně dílu půdního bloku evidence půdy,
- b) množství sklizené makoviny, konopí, semene máku setého a semene konopí,
- c) hmotnost, sklizňový rok makoviny nebo konopí prodaného nebo jinak převedeného a identifikační údaje nového nabyvatele.

**Podle § 30** výše uvedeného zákona má ohlašovací povinnost každý, kdo uskutečnil vývoz nebo dovoz makoviny. Je povinen předat Ministerstvu zdravotnictví do patnáctého dne prvního měsíce kalendářního čtvrtletí čtvrtletní hlášení o vývozu nebo dovozu makoviny v uplynulém čtvrtletí. Čtvrtletní hlášení se podává na formuláři vydaném Ministerstvem zdravotnictví písemně nebo v elektronické podobě podepsané uznávaným elektronickým podpisem podle zvláštního právního předpisu.

### 3.6 Ekonomika pěstování máku setého

Česká republika je nejvýznamnějším pěstitelem a hlavním obchodníkem s makovým semenem v Evropě. Spoluurčuje ceny makového semene na evropském a tím také na vnitřním trhu. V České republice je mák pěstován ve všech výrobních oblastech a i přes výrazné výkyvy výkupní ceny je pro zemědělce ekonomicky významnou plodinou (Vašák a kol., 2010). Český mák má velmi dobrou pověst na celosvětovém trhu a to především kvůli vynikající kvalitě modrého semene. Pěstování máku v České republice nepodléhá zvláštním omezením na rozdíl od většiny zemí v Evropě. Z toho důvodu je pěstování pro zemědělce jednou ze ziskových komodit. Významným odbytištěm pro český mák jsou hlavně slovanské země, jako je Rusko a Polsko, dále středoevropské státy ovlivněné slovanskou kuchyní (Maďarsko, Rakousko a Německo), nebo Holandsko. Na celosvětový trh se český mák dostává až v září, což jeho cenu snižuje oproti například australskému máku, který je na trhu už v únoru, nebo tureckému, jehož produkce se na trh dostává v červnu (Lohr, 2015).

Kavka (2000) konstatuje, že pro ekonomiku pěstování českého máku jsou určujícími faktory vývoj realizační ceny, která se rok od roku mění a odvíjí se od cen máku časnější produkce na evropském či světovém trhu, eventuálně od zbytku zásob ze sklizně předchozího roku. Jelikož je Česká republika nejvýznamnějším evropským pěstitelem a exportérem, cenu máku ovlivňuje značnou měrou i množství vyprodukovaného máku u nás. Je vyzorováno, že při nadprodukcí makového semene tj. rámcově výroba nad 15 tis. tun ročně, cena výrazně klesá. Je také vyzorováno, že s ohledem na trend sezonních nákupů, jako jsou Vánoce nebo Velikonoce, dochází k sezonnímu zvýšení cen (Vašák a Kosek, 2001).

Výrazný vliv na úspěšnou produkci semen máku mají hektarové výnosy. Ty však jsou meziročně a podnikově značně rozdílné. V praxi kolísají mezi 0,2 až 1,8 t.ha<sup>-1</sup> a tím zásadně ovlivňují náklady na produkci. V současné době je mák pěstován ve všech výrobních oblastech ČR. To značně ovlivňuje náklady na jeho pěstování, zejména vlivem rozdílných hektarových výnosů v těchto oblastech, jak je patrné z tabulky 8. Dalším významným faktorem je intenzita výroby, která výrazně ovlivňuje nákladovost výroby. Intenzivnější výroba však vyžaduje i zvýšené náklady na vstupy zejména v oblasti intenzifikačních vkladů (hnojiva, prostředky ochrany rostlin, osiva). Jejich vynaložení je převážně efektivní, protože

náklady na 1 t semene se s vyšší intenzitou snižují. Mezi další faktory, které ovlivňují úspěšnost produkce, patří úroveň hospodaření podniků. Vedle vynaložených nákladů ovlivňuje ekonomiku pěstování máku také výše dosahovaných tržeb za jeho realizaci, případně poskytování různých příplatků, dotací, plateb apod. (Vašák a kol. 2010)

Z tabulky 8 je patrné, že hektarové výnosy jsou nejvyšší v bramborářské výrobní oblasti, a proto i při nižších nákladech na hektar jsou náklady na produkci 1 t semene máku v této oblasti srovnatelné s kukuřičnou a řepařskou výrobní oblastí. Celková hodnota produkce je nejvyšší v bramborářské výrobní oblasti, kvůli nejvyššímu výnosu (normativy, 2016).

**Tab. 8: Ekonomické zhodnocení produkce máku podle výrobních oblastí (normativy, 2016).**

Ukazatel	Jednotka	Normativ / výrobní oblast		
		K+Ř	B	BO+H
<b>NÁKLADY CELKEM</b>	Kč.ha-1	<b>22 947</b>	<b>20 843</b>	<b>20 076</b>
	Kč.t-1	<b>16 063</b>	<b>16 674</b>	<b>13 049</b>
Variabilní náklady	Kč.ha-1	18 947	16 843	16 076
Fixní náklady	Kč.ha-1	4 000	4 000	4 000
<b>HODNOTA PRODUKCE CELKEM</b>	Kč.ha-1	<b>41 286</b>	<b>46 686</b>	<b>38 586</b>
Hlavní produkt - výnos	t.ha-1	0,7	0,8	0,65
jednotková cena	Kč.t-1	44 000	44 000	44 000
Vedlejší produkt - výnos	t.ha-1	0,5	0,6	0,45
jednotková cena	Kč.t-1	10 000	10 000	10 000
Celková hodnota hlavního produktu	Kč.ha-1	30 800	35 200	28 600
Celková hodnota vedlejšího produktu	Kč.ha-1	5 000	6 000	4 500
<b>DOTACE</b>	Kč.ha-1	<b>5 486</b>	<b>5 486</b>	<b>5 486</b>

### 3.6.1 Zahraniční obchod České republiky s makovým semenem

#### Export

Od roku 2008/09, kdy nejen produkce máku ale i jeho vývoz dosáhly svého historického rekordu, se český export postupně snižoval. Docházelo sice k sezónním výkyvům s vrcholy v předvánočním a pak v předvelikonočním období, obecně však vývoz projevoval tendenci k poklesu (Lohr, 2015). Podle tabulky 9 vývozy ve sklizňových letech 2012/13 a 2013/14 nedosáhly ani 20 tisíc tun. Ke zlomu došlo až v období v roce 2014/15, kdy se vyvezlo 21 211 tun máku v hodnotě 1 210 milionu korun.

Tab. 9: Vývozy máku podle sklizní Česká republika (zdroj ČSÚ, 2016)

Sklizeň (září-srpen)	Množství (tis. kg)	Hodnota (mil. CZK)	Průměrná cena (CZK/kg)
2014/15	21 211	1 210	57,08
2013/14	19 978	1 247	62,4
2012/13	19 924	831	41,69
2011/12	30 754	827	26,89
2010/11	22 971	774	33,69
2009/10	30 676	682	33,69
2008/09	33 822	1 159	34,28
2007/08	28 940	2 010	69,44

Největším odběratelem českého máku v období září 2013 – srpen 2014 byla Ruská federace (4 962 tun), následována Rakouskem (4 127 tun) a Polskem (3 349 tun). Za tuto trojici se umístila Ukrajina s 2 130 tunami. Jeden tisíc tun překročily ještě Slovensko (1 496 tun) a Německo (1 039 tun). Největší pokles v posledních letech byl zaznamenán u Nizozemska, kam naši vývozci dodávali ještě ve sklizňových letech 2007 a 2008 kolem 3,5 tisíce tun máku, zatímco v posledních dvou sklizních do této země směřovalo pouze kolem 500 tun – konkrétně 507 a 426 tun máku. Největších cen ve vývozu bylo dosahováno u spíše menších odběratelů, jako je např. Švýcarsko, Švédsko, Belgie, Francie, Velká Británie či Itálie, ale i Chorvatsko a Moldávie. Země, kam bylo vyvezeno nejvíce, naopak patří do skupiny odběratelů, kteří platí průměrné až nižší ceny (s výjimkou Slovenska) (Lohr, 2015).

## Import

**Tab. 10: Dovozy máku podle sklizní Česká republika (ČSÚ, 2016)**

<b>Sklizeň (září-srpen)</b>	<b>Množství (tis. kg)</b>	<b>Hodnota (mil. CZK)</b>	<b>Průměrná cena (CZK/kg)</b>
2014/15	5 290	288	54,59
2013/14	6 067	330	54,46
2012/13	5 080	170	33,39
2011/12	5 808	120	20,65
2010/11	4 574	123	26,83
2009/10	2 664	69	26,06
2008/09	1 439	56	38,81
2007/08	2 074	160	77,04

Jak je z uvedené tabulky 10 zřejmé, dovozy v posledních letech o čtvrtinu až polovinu překračují vyšší tuzemské spotřeby máku, která činí kolem 4000 tun ročně. Jedná se především o dovozy ze Španělska, odkud se k nám od září 2009 do srpna 2014 dovezlo celkem 6 500 tun máku, následuje Maďarsko (téměř 5 200 tun), Austrálie, Polsko, Francie, Čína. Ve většině případu se dovozní ceny pohybují výrazně pod úrovní vývozních cen, zvláště u dovozů ze zemí, které produkují mák primárně pro farmaceutický průmysl. Ve směsi s českým mákem (a deklarované jako český mák) jsou tyto máky reexportovány do třetích zemí, což vysvětluje nízkou cenovou úroveň vývozu na tyto trhy. Část dovozu představují i potravinářské máky, jejichž ceny se blíží cenám českého vývozu – u těchto máku lze předpokládat, že jsou určeny i pro český trh v obdobích, kdy vlastní zboží na trhu chybí. To ovšem neznamená, že se tzv. farmaceutické (či morfinové, technické nebo průmyslové) máky rovněž nedostávají do české maloobchodní sítě, jak o tom svědčí provedené laboratorní rozbory a koneckonců i reakce českých spotřebitelů na klesající kvalitu máku na českém trhu (Lohr, 2015).

## 4 Metodika

Na pokusné stanici Červený Újezd byl založen polní pokus s 12 genotypy máku setého s rozdílným obsahem morfinu v makovině. U rostlin máku byl sledován ve vybraných růstových fázích (35, 45, 49, 52, 54, 62, 81 BBCH) obsah sušiny v jednotlivých rostlinných orgánech, velikost listové plochy na základě obrazové analýzy WinDias a výnos semen. Na základě hmotnosti sušiny a velikosti listové plochy byly vypočteny vybrané růstově analytické charakteristiky.

### 4.1 Rostlinný materiál

Do pokusu byly vybrány následující odrůdy máku setého: Akvarel, Albín, Buddha, Florian, Korneuburger Weisser, Lazur, Major, Marianne, Opál, Postomi, Sokol, Tatranský. Odrůdy byly vybrány na základě obsahu alkaloidů, především morfinu – s nízkým obsahem morfinu, se středním obsahem morfinu a s vysokým obsahem morfinu. Veškeré testované genotypy jsou testovány v rámci genetických zdrojů. Osivo bylo dodáno z GB Oseva Pro s r.o., o.z. VÚO Opava a z firmy Český mák.

#### Odrůda Akvarel

Typ okrovosemenný s nízkým až středně vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely. Středně raná odrůda, rostliny jsou středně vysoké, odolné proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků nízký. Obsah oleje v semeni je vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,4 %.

Přednosti: Odolnost proti poléhání, okrové semeno je jiných chuťových vlastností (oříšková chuť).

Pěstitelská rizika: Nízký výnos, méně odolná proti helmintosporióze na listech.

Registrace: 2014, Česká republika

(Zehnálek a Kraus, 2016)

### **Odrůda Albín**

Typ bělosemenný se středně vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Raná odrůda, rostliny jsou středně vysoké, méně odolné proti poléhání. Odrůda typu slepák, sklon k výskytu hledáků vyšší. Obsah oleje v semeni je nízký až středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,32 %.

Přednosti: Semeno je jiných chuťových vlastností (oříšková chuť).

Pěstitelská rizika: Výnos je nižší, větší citlivost na poškození herbicidy.

Registrace: 1991, Slovensko

(Zehnálek a Kraus, 2016)

### **Odrůda Buddha**

Typ modrosemenného máku s velmi vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Středně raná odrůda, rostliny jsou vysoké méně odolné proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků velmi nízký. Obsah oleje v semeni je středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 2 %.

Přednosti: Dobrá odolnost k herbicidům používaným do máku, dobré výnosy kvalitních semen.

Pěstitelská rizika: Vysoký sklon k poléhání.

Registrace: 2002, Maďarsko

(Vašák a kol., 2010)

### **Odrůda Florian**

Typ bělosemenného máku s nízkým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semen pro potravinářské účely. Středně raná odrůda, rostliny jsou středního vzrůstu se střední odolností proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků nízký. Obsah oleje v semeni je středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,17 %.

Přednosti: Výrazné nemá.

Pěstitelská rizika: Výrazná nemá.

Registrace: Rakousko

(Zehnálek a Kraus, 2016).



### **Odrůda Korneuburger Weisser**

Typ bělosemenného máku s nízkým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semen pro potravinářské účely. Středně raná odrůda, rostliny jsou středního vzrůstu se střední odolností proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků nízký. Obsah oleje v semeni je středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,1 %.

Přednosti: Výrazné nemá.

Pěstitelská rizika: Výnos je nižší, větší citlivost na poškození herbicidy.

Registrace: Rakousko

(Zehnálek a Kraus, 2016).

### **Odrůda Lazur**

Typ modrosemenného máku s vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Středně raná odrůda, rostliny jsou vyššího vzrůstu s nižší odolností proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků nízký. Obsah oleje v semeni je středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,95 %.

Přednosti: Výrazné nemá.

Pěstitelská rizika: Středně odolná vůči helmintosporióze, méně až středně odolná vůči plísni makové.

Registrace: 2000, Polsko

(Zehnálek a Kraus, 2016).

### **Odrůda Major**

Typ modrosemenného máku s nízkým až středně vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Středně raná odrůda, rostliny jsou středně vysoké s dobrou odolností proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků velmi nízký. Obsah oleje v semeni je středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,68 %.

Přednosti: Velmi dobrá odolnost proti nežádoucímu otvírání tobolek, vysoká úroda makoviny.

Pěstitelská rizika: Výrazná nemá.

Registrace: 2002, Slovensko

(Zehnálek a Kraus, 2016).

### **Odrůda Marianne**

Typ modrosemenný se středně vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Středně raná odrůda, rostliny jsou středně vysoké, středně odolné proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků nízký. Obsah oleje v semeni je středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,4 %.

Přednosti: Výrazné nemá.

Pěstitelská rizika: Výrazná nemá.

Registrace: Nizozemsko

(Zehnálek a Kraus, 2016).

### **Odrůda Opál**

Typ modrosemenného máku se středně vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Středně raná odrůda, rostliny jsou nízké, středně odolné až odolné proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků nízký. Obsah oleje v semeni středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,74 %.

Přednosti: Vysoký vynos semene.

Pěstitelská rizika: Výrazná nemá.

Registrace: 1995, Slovensko

(Zehnálek a Kraus, 2016).

### **Odrůda Postomi**

Typ modrosemenného máku s vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Středně raná odrůda, rostliny jsou středně vysoké, středně odolné proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků nízký. Obsah oleje v semeni je středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 1,65 %.

Přednosti: Výrazné nemá.

Pěstitelská rizika: Výrazná nemá.

Registrace: Maďarsko

(Zehnálek a Kraus, 2016).

### **Odrůda Sokol**

Typ bělosemenného máku se středně vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Středně raná odrůda, rostliny jsou středně vysoké až vysoké, středně odolné proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků je nízký. Obsah oleje v semeni je vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,5 %.

Přednosti: Okrové semeno jiných chuťových vlastností (oříšková chuť).

Pěstitelská rizika: Méně odolná proti helmintosporióze.

Registrace: 2004, Česká republika

(Zehnálek a Kraus, 2016).

### **Odrůda Tatranský**

Typ modrosemenného máku s nízkým až středně vysokým obsahem morfinu. Odrůda určená k produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Středně raná odrůda, rostliny jsou středně vysoké s dobrou odolností proti poléhání. Odrůda typu slepák, výskyt hledáků nízký. Obsah oleje v semeni je středně vysoký.

Průměrný obsah morfinu v makovině: 0,3 %.

Přednosti: Výrazné nemá.

Pěstitelská rizika: Výrazná nemá.

Registrace: Slovensko

(Zehnálek a Kraus, 2016).

## **4.2 Půdně-klimatické charakteristiky lokality**

Pokusy byly založeny na výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze, v Červeném Újezdu. Daná lokalita se nachází v okrese Praha-západ, ve Středočeském kraji. Lokalita se nachází v nadmořské výšce 401 m. n. m.

Rovinatý charakter terénu s mělkými mikrodepresemi podmiňuje dobrý zásak srážkových vod a tím i uplatnění illimerizačního 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 zásaku se projevuje vyšší vysychavost 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 illimerizaci) popř. černozem luvickou (při silnější illimerizaci) 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  $1,4 \text{ t.m}^{-3}$ , 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 Nmin v předjaří činí 15,7-29,1 ppm.

#### **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 rovinaté s minimálním odtokem vody. Substráty mají dobrou vododržnost, dobrou vnitřní drenáž. Rovinný terén umožňuje velmi dobré vsakování srážkových vod.

#### **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.

### 4.3 Průběh počasí během vegetačního období

Vegetační rok 2014/15 se vyznačoval nadprůměrně teplou zimou, neobvykle časným začátkem jarních prací a suchým létem. Rok 2015 měl dokonce extrémně suché a horké léto. Tento rok se také vyznačoval nízkým výskytem škůdců.

Měsíce září, říjen a listopad 2014 je možné označit za teplé. Září bylo charakteristické také deštivým počasím, v porovnání s měsíci říjen a listopad byl až 29. 11. 2014. První ochlazení bylo zaznamenáno 2. 12. 2014, kdy se zároveň vyskytovala ledovka. Poté se oteplilo a další ochlazení bylo ke konci roku 2014 (26. 12.) V tomto období byla ve středních polohách Slabá sněhová pokrývka 5 – 10 cm.

Leden 2015 byl skoro bez mrazů, ve středních polohách bylo sněhu kolem 5 cm. Půda byla promrzlá pouze krátce, nejvýše 16 dnů (27. 12. až 10. 1. 2015 a 7. 2. – 9. 2.) Jarní práce na Slánsku začaly 26. 2. 2015. Brzy se i selo a hnojilo prvním dusíkem (někdy i před 15. 2. 2015), nejčastěji od přelomu února a března a poloviny března. Zima byla bez sněhu, či ho bylo jen 5-15 cm.

Od 16. 3. 2015 nastalo ochlazení (noc -3 °C, den +12 až +15 °C). Na konci března a počátkem dubna byla 20 cm vrstva sněhu. Od druhé dekády dubna se vyskytovaly časté noční mrazíky a začínalo sucho. Ve druhé polovině třetí dekády dubna se oteplilo a napadlo 25 mm srážek. Od počátku května byly zaznamenány nadprůměrné teploty (den i nad 20 °C, noc pod 10 °C) a podprůměrné srážky. Červen již byl teplý nad 25 °C, mimo 3. dekádu bez významnějších dešťů. Celý červenec, srpen a září 2015 se dají charakterizovat jako extrémně suché, mezi 27. 7. až 16. 8. i jako mimořádně horké (+32 až +39 °C). Mezi 16. 8. až 25. 8. 2015 byly dost vydatné deště (v sumě i 70 mm), ale nedostatek půdní vody stále pokračoval.

## **4.4 Založení pokusu**

Přesné polní maloparcelkové pokusy byly založeny na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze v Červeném Újezdě, o. Praha západ. Stanice se nalézají na rozhraní okresů Kladno a Praha-západ, cca 25 km od Prahy. Zeměpisné údaje: 50°04' zeměpisné šířky a 14°10' zeměpisné délky.

Na pokusné stanici Červený Újezd byl založen polní pokus se 12 genotypy máku setého s rozdílným obsahem morfinu v makovině: nízký, střední a vysoký obsah morfinu. Velikost pokusné parcely byl 2 m<sup>2</sup> a pokus byl založen ve 4 opakováních metodou Latinského čtverce. U rostlin máku byl sledován ve vybraných růstových fázích (35, 45, 49, 52, 54, 62, 81 BBCH) obsah sušiny v jednotlivých rostlinných orgánech, velikost listové plochy na základě obrazové analýzy WinDias, výnos semen. Na základě hmotnosti sušiny a velikosti listové plochy byly vypočteny vybrané růstově analytické charakteristiky.

Předplodinou byla ozimá pšenice. Následovala orba 12. 11. 2013. Jarní příprava půdy byla provedena 18. 3. 2014 (1 přejezd smyk + brány). Bylo hnojeno 50 kg N (DASA) před setím. Setí máku 19. 3. 2014, osivo bylo mořeno M Sunagreen + Envisseed. Dne 29. 3. 2014 byly použity herbicidní přípravky Callisto 480 SC 0,25 l/ha + Command 36 SC 0,15 l/ha. Dne 15. 5. 2014 bylo hnojeno 55 kg N (LAD) a 16. 5. 2014 bylo provedeno herbicidní a fungicidní ošetření porostu přípravky Targa Super 5 EC 2,5 l/ha + Cyperkill 0,1 l/ha. Následovalo herbicidní ošetření přípravky Laudis OD 1,8 l/ha + Starane 250 EC 0,3 l/ha TM dne 12. 6. 2014. Sklizeň proběhla dne 14. 8. 2014, parcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger Classic. Následovaly posklizňové rozbory na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě.

## **4.5 Měření fyziologických charakteristik**

### **4.5.1 Sušina**

U rostlin máku byla zjišťována ve vybraných růstových fázích (35, 45, 49, 52, 54, 62, 81 BBCH) hmotnost sušiny v jednotlivých rostlinných orgánech (stonek, květ a tobolka). Hmotnost sušiny byla zjišťována standardním způsobem. Rostlinný materiál byl sušen do konstantní hmotnosti při 80 °C. Počet odebraných rostlin byl 25.

### **Obrazová analýza - WinDIAS 3**

Obrazová analýza WinDIAS 3 poskytuje detailní analýzu listové plochy. Její využití nalezneme zejména v oblasti rostlinné patologie. Je vhodná pro aplikace, které vyžadují vysoké rozlišení barev. Poskytuje kompletní sadu měřících statistik a dokáže zpracovat až 800 listů za hodinu při použití posuvného pásu. Komponenty zahrnují barevnou kameru s vysokým rozlišením obrazu, USB lightbox, čtyři lampy zajišťující kvalitní osvětlení a kontrast a v neposlední řadě A4 skener s vynikající hloubkou ostrosti.

Program pracuje na základě nedefinovaných ploch listů, kdy definujeme zdravou barvu a následně barvu, která přísluší určité chorobě (můžeme nedefinovat max. dvě choroby) Následně program spočítá z celkové plochy listu jeho zdravou a poškozenou plochu vyjádřenou v mm<sup>2</sup> a také v %.

#### **4.5.2 Růstově-analytické charakteristiky**

U rostlin máku byl sledován ve vybraných růstových fázích (35, 45, 49, 52, 54, 62, 81 BBCH) obsah sušiny v jednotlivých rostlinných orgánech, velikost listové plochy na základě obrazové analýzy WinDias. Na základě hmotnosti sušiny a velikosti listové plochy byly vypočteny následující růstově analytické charakteristiky:

##### **Pokryvnost listoví (LAI)**

Pokryvnost listoví ukazuje rozměr listové plochy nebo asimilační plochy rostliny, někdy také porostu vztahený na jednotku pěstební plochy (pozemku, kultivační nádoby) a vypočítá se podle vztahu dle Watson (1958):

$$LAI = A : P$$

kde A je asimilační plocha v m<sup>2</sup> a P je plocha pozemku nebo nádoby v m<sup>2</sup>.

Výsledkem je bezrozměrné číslo, které dává důležitou informaci o hustotě porostu. Zejména v průběhu vegetativní fáze ontogeneze se pokryvnost listoví zpravidla zvětšuje a je možné ji podstatně ovlivnit vnějšími vztahy. Za optimálních hodnot LAI dosahují rostliny maxima čisté fotosyntetické produkce. Pro většinu našich zemědělských plodin se optimální hodnota pokryvnosti listoví pohybuje na úrovni 3 až 5.

### Rychlost tvorby sušiny (CRG)

Rychlost tvorby sušiny vyjadřuje průměrný denní přírůstek hmotnosti sušiny. Přepočítává se na jednu rostlinu ( $\Delta W/\Delta t$ ) nebo na určitou plochu pozemku (CRG), na kterém odebíraný soubor rostlin pěstujeme (Watson, 1958).

$$\Delta W/\Delta t = (W_2 - W_1) : (t_2 - t_1) \quad [\text{g} \cdot \text{d}^{-1}]$$
$$\text{CRG} = [(W_2 - W_1) : (t_2 - t_1)] \cdot 1/P \quad [\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}]$$

$W_1$  = hmotnost sušiny při prvním odběru

$W_2$  = hmotnost sušiny při druhém odběru

$t_2 - t_1$  = doba (interval) mezi jednotlivými odběry

### Relativní rychlost růstu (RGR)

Relativní rychlost růstu sušiny ( $R_W$ ) se nejčastěji počítá pro celé rostliny, ale můžeme ji počítat také pro jednotlivé rostlinné orgány. Vypočítá se jako přírůstek hmotnosti sušiny na hmotnost sušiny za určitý časový interval (Watson a Baptiste, 1938).

$$R_W = (\ln W_2 - \ln W_1) : (t_2 - t_1) \quad [\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}]$$

Je však možné ji vyjadřovat jako procentický přírůstek v určitém časovém intervalu.

$$R_W = [(\ln W_2 - \ln W_1) : (t_2 - t_1)] \times 100 \quad [\% \cdot \text{d}^{-1}]$$

Můžeme vypočítat i relativní rychlost růstu listové plochy ( $R_A$ ) a to podle velikosti asimilační plochy na začátku a na konci časového intervalu (Watson a Baptiste, 1938).

$$R_A = (\ln A_2 - \ln A_1) : (t_2 - t_1) \quad [\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}]$$

$$R_A = [(\ln A_2 - \ln A_1) : (t_2 - t_1)] \cdot 100 \quad [\% \cdot \text{d}^{-1}]$$

Rozdíly v hodnotách vypočítané růstové charakteristiky je nutné porovnávat na mladých rostlinách. U starších rostlin mohou být rozdíly malé, nevýrazné vlivem postupného stárnutí rostlin a velkého podílu fotosynteticky neaktivních pletiv.

#### 4.5.3 Tvorba výnosu

U rostlin máku byl sledován výnos semen.

### 4.6 Vyhodnocení pokusu – statistika

Data byly vyhodnoceny pomocí statistického programu STATISTICA 12. Pro statistické zpracování dat byla použita Analýza rozptylu (ANOVA, metoda nejmenších čtverců). Testování dat proběhlo při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Počet opakování byl 4.



## 5 Výsledky

### 5.1 Sušina

Z tabulky 11 je patrné, že velikost rostlin je ovlivněna nejenom ontogenetickým vývojem, ale také odrůdou. Nejnižší velikost rostlin byla zaznamenána ve vývojové fázi BBCH 35, kdy nejnižší rostliny byly u odrůdy Tatranský (15,96 cm) a naopak nejvyšší u odrůdy Buddha (23,92 cm). Do fáze BBCH 45 dosahovala nejvyššího vzrůstu odrůda Buddha, která měla v této vývojové fázi velikost 65,92 cm. Výška rostlin odrůdy Buddha byla ve vývojové fázi BBCH 49 o 17,12 cm vyšší než je průměrná výška sledovaných odrůd v této vývojové fázi. Od vývojové fáze BBCH 49 do fáze BBCH 81 se výška rostlin odrůdy Buddha zvýšila jen neprůkazně a ve fázi BBCH 81 dosahovala výšky 104,2 cm, což ji řadí až na sedmé místo v rámci sledovaných odrůd a je jen o 3,1 cm vyšší než je průměrná výška ve vývojové fázi BBCH 81. Odrůda Korneuburger Weisser dosáhla ve vývojové fázi BBCH 81 nejvyššího vzrůstu (110,94 cm) ze všech sledovaných odrůd. Výška rostlin odrůdy Korneuburger Weisser byla o 9,74 cm vyšší než je průměr sledovaných odrůd (101,28 cm). Odrůda Tatranský dosahovala oproti ostatním odrůdám nejnižšího vzrůstu po celou dobu vegetace. Ve vývojové fázi BBCH 81 byla průměrná výška rostlin 88,6 cm, což je o 12,6 cm nižší vzrůst než je průměr sledovaných odrůd (101,28 cm). Ve fázi kvetení - BBCH 49 - byly nejnižší rostliny u odrůdy Tatranský (79,66 cm) a naopak nejvyšší u odrůdy Opál (98,48 cm). Z výsledků dále vyplývá, že výška rostlin není ovlivněna obsahem morfinu. Obdobně nebyla nalezena souvztažnost mezi barvou semene a výškou rostliny.

**Tab. 11: Výška průměrné rostliny máku v závislosti na odrůdě a vývojové fázi BBCH**

Odrůda	Výška rostlin (cm)						
	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH
	35	45	49	52	54	62	81
Marianne	16,3 ±3,75	48,48 ±3,62	83,08 ±5,66	99,66 ±10,16	103,26 ±11,22	114,66 ±16,98	103,6 ±8,46
Buddha	23,92 ±5,57	65,92 ±3,15	95,74 ±7,36	95,86 ±1,05	100,4 ±8,89	97,46 ±4,6	104,2 ±3,58
Postomi	18,76 ±1,45	47,56 ±3,29	89,92 ±7,89	101,8 ±6,17	107,38 ±5,8	108,82 ±7,8	106,74 ±7,25
Lazur	17,92 ±1,49	43,06 ±3,31	84,72 ±3,59	99,24 ±3,69	100,2 ±2,14	104,5 ±5,39	104,78 ±3,89
Florian	19,48 ±1,86	47,84 ±5,88	81,74 ±1,13	97,02 ±7,03	97,78 ±7,26	99,5 ±5,69	93,82 ±6,78
Tatranský	15,96 ±4,1	42 ±2,02	79,66 ±4,85	92,2 ±8,17	89,26 ±7,52	91,66 ±4,1	88,6 ±4,32
Sokol	17,1 ±3,73	41,96 ±3,39	89,5 ±3,01	110,8 ±5,81	115,18 ±12,53	104 ±7,04	94,866 ±4,73
Albín	17,42 ±1,62	56,5 ±3,45	91,94 ±10,58	122,16 ±6,28	126,08 ±7,4	110,17 ±8,49	104,94 ±7,05
Korneuburger Weisser	16,04 ±2,05	45,44 ±4,41	81,92 ±9,12	106,9 ±9,49	113,86 ±9,26	110,36 ±4,4	110,94 ±4,66
Opál	17,48 ±2,41	48,92 ±4,16	98,48 ±5,15	100,1 ±7,54	103,44 ±3,97	111,14 ±17,35	96,48 ±4,92
Major	18,06 ±2,64	49 ±5,15	78,64 ±4,16	95 ±5,09	101,96 ±11,36	106,24 ±9,4	105,84 ±11,26
Akvarel	18,88 ±2,14	48,46 ±4,76	83,9 ±8,81	95,1 ±4,95	100,1 ±8,98	96,4 ±6,06	100,5 ±9,13

**Tab. 12: Sušina nadzemní biomasy průměrné rostliny máku v závislosti na odrůdě a vývojové fázi BBCH.**

Odrůda	Sušina nadzemní biomasy (g)						
	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH
	35	45	49	52	54	62	81
Marianne	1,01 ±0,52	4,99 ±1,64	10,26 ±6,02	12,04 ±7,95	14,34 ±9,66	13,12 ±7,03	15,81 ±7,53
Buddha	1,97 ±0,98	4,25 ±1,17	10,95 ±5,72	9,37 ±2,1	11,07 ±3,34	9,04 ±2,49	17,48 ±7,10
Postomi	1,37 ±0,48	11,71 ±5,82	19,27 ±4,33	22,78 ±6,36	20,26 ±7,45	24,97 ±14,78	26,61 ±14,61
Lazur	1,71 ±0,22	6,75 ±2,38	16,32 ±5,31	16,68 ±9,41	11,26 ±1,42	12,4 ±2,32	21,69 ±13,75
Florian	1,63 ±0,55	8,07 ±5,04	14,27 ±4,91	21,61 ±8,87	20,04 ±7,88	18,82 ±13,02	23,42 ±9,94
Tatranský	1,02 ±1,26	5,57 ±2,39	14,71 ±3,4	13,71 ±5,81	16,09 ±7,09	9,06 ±2,76	13,74 ±5,46
Sokol	1,03 ±0,72	6,48 ±3,78	15,17 ±3,64	26,23 ±5,45	21,52 ±10,28	22,27 ±11,52	37,68 ±11,76
Albín	1,09 ±0,43	6,23 ±1,43	17,49 ±5,42	22,32 ±7,79	24,59 ±11,75	20,34 ±10,03	36,29 ±10,01
Korneuburger Weisser	1,09 ±0,4	5,81 ±2,05	15,56 ±5,14	23,66 ±9,6	24,21 ±8,54	25,36 ±8,38	40,01 ±14,76
Opál	1,06 ±0,26	5,34 ±1,88	22,69 ±6,35	15,91 ±2,48	14,84 ±4,32	17,61 ±11,27	22,64 ±9,18
Major	1,24 ±0,32	7,58 ±3,53	30,71 ±12,4	27,15 ±15,63	24,64 ±10,89	23,73 ±11,86	34,99 ±20,02
Akvarel	1,48 ±0,95	4,45 ±1,91	17,50 ±7,25	20,74 ±5,76	16,05 ±8,81	13,55 ±5,08	9,34 ±2,82

Z tabulky 12 je patrný nárůst hmotnosti nadzemní biomasy v závislosti na vývojové fázi. Dále byl potvrzen vliv odrůdy na hmotnost sušiny nadzemní biomasy. Z uvedené tabulky je patrné, že nejnižší hmotnost sušiny nadzemní biomasy vegetativních orgánů byla zjištěna ve fázi BBCH 35 a nejvyšší ve fázi BBCH 81.

Hmotnost sušiny vegetativních orgánů máku se ve vývojové fázi BBCH 35 pohybovala v rozpětí hodnot od 1,01 g (odrůda Marianne) do 1,97 g (odrůda Buddha). Ve fázi kvetení, BBCH 49, byla nejnižší hmotnost sušiny zaznamenána také u odrůdy Marianne (10,26 g) a naopak nejvyšší u odrůdy Major (30,71 g). V období před sklizní byla hmotnost sušiny v intervalu 9,34 g (odrůda Akvarel) až 40,01 g (odrůda Korneuburger Weisser), jak dokládá tabulka 12.

Pokud je hodnocen vliv genotypu na tvorbu sušiny nadzemní biomasy, tak je možné konstatovat, že nebyl nalezen vztah mezi obsahem morfinu a tvorbou sušiny, průměrná hodnota sušiny u odrůd s velmi nízkým obsahem morfinu byla 93,82 g, u odrůd s nízkým obsahem 99,41 g, se středním obsahem 99,06 g a vysokým obsahem 105,24 g. Na základě získaných výsledků, je možné konstatovat, že vyšší hmotnost sušiny nadzemních vegetativních orgánů vykazují odrůdy s vysokým obsahem morfinu v porovnání s odrůdami s nízkým a středním obsahem morfinu, viz tab. 12.

Při srovnání odrůd na základě barvy semene je patrné, že bělosemenné odrůdy Albín, Sokol a Korneuburger Weisser mají výrazně vyšší hmotnost sušiny stonku (103, 58 g) než ostatní pozorované odrůdy. V případě modrotemenných odrůd byla průměrná hmotnost sušiny stonků a listů 101,46 g a u semen okrových 100,5 g. V případě bělosemenných odrůd má nejvyšší hmotnost sušiny odrůda Korneuburger Weisser (40,01 g) a nejnižší odrůda Florian s hmotností sušiny stonku 23,42 g. U odrůd s modrými semeny měla nejnižší hmotnost sušiny odrůda Tatranský (13, 74 g) a naopak nejvyšší odrůda Major (34,99 g). U okrových odrůd, které jsou v testovaném souboru zastoupeny pouze odrůdou Akvarel, byla hmotnost sušiny 9,34 g, jak je patrné z tab. 12.

Z uvedené tabulky dále vyplývá, že nejvýraznější nárůst hmotnosti sušiny byl zaznamenán u odrůdy Korneuburger Weisser, kdy na počátku sledovaného období byla hmotnost sušiny ve výši 1,09 g a na konci vegetace činila 40,01 g. Jedná se tedy o nárůst 38,92 g (97,3 %). Naopak u odrůdy Akvarel byl zaznamenán nejnižší přírůstek hmotnosti sušiny v průběhu ontogenetického vývoje, kdy ve vývojové fázi BBCH 35 byla hmotnost

sušiny 1,48 g a ve fázi BBCH 81 již 9,34 g. V tomto případě se jedná o zvýšení hmotnosti sušiny o 7,86 g, což v procentickém vyjádření činí 84 %.

**Tab. 13: Sušina květů u průměrné rostliny v závislosti na odrůdě a vývojové fázi BBCH.**

Odrůda	Sušina květ (g)						
	BBCH 35	BBCH 45	BBCH 49	BBCH 52	BBCH 54	BBCH 62	BBCH 81
Marianne	0	0	0,74 ±0,16	0,08 ±0,15	0,13 ±0,2	0	0
Buddha	0	0	1,23 ±0,43	0,24 ±0,25	0,49 ±0,31	0	0
Postomi	0	0	1,31 ±0,34	0	0,57 ±0,24	0	0
Lazur	0	0	1,12 ±0,69	0,25 ±0,3	0,48 ±0,39	0	0
Florian	0	0	0,71 ±0,41	0,18 ±0,25	0,51 ±0,61	0	0
Tatranský	0	0	1,28 ±0,29	0,07 ±0,15	0,09 ±0,12	0	0
Sokol	0	0	1,27 ±0,12	0	0,46 ±0,56	0	0
Albín	0	0	1,41 ±0,07	0	0,39 ±0,44	0	0
Korneuburger Weisser	0	0	1,05 ±0,28	0,51 ±21	0,14 ±0,32	0	0
Opál	0	0	1,58 ±0,34	0,35 ±0,29	0,13 ±0,17	0	0
Major	0	0	1,73 ±0,63	0,18 ±0,4	0,16 ±0,23	0	0
Akvarel	0	0	1,23 ±0,74	0,6 ±0,59	0,3 ±0,3	0	0

Z tabulky 13 je patrný kolísavý nárůst hmotnosti sušiny květu v závislosti na vývojové fázi. Dále byl potvrzen vliv odrůdy na hmotnost sušiny květu. Z uvedené tabulky je patrné, že nejnižší hmotnost sušiny květu byla zjištěna ve fázi BBCH 52 a nejvyšší ve fázi BBCH 49. Tento trend souvisí s tvorbou květů, která je nejvyšší v období plného kvetení a poté vlivem postupného opylení a tvorby reprodukčních orgánů – plodů a semen se jejich hmotnost postupně snižuje.

Hmotnost sušiny květu máku se ve vývojové fázi BBCH 49 pohybovala v rozpětí hodnot od 0,71 g (odrůda Florian) do 1,73 g (odrůda Major).

Pokud je hodnocen vliv genotypu na tvorbu sušiny květu, tak je možné konstatovat, že nebyl nalezen vztah mezi obsahem morfinu a tvorbou sušiny, průměrná hodnota sušiny u odrůd s velmi nízkým obsahem morfinu byla 0,88 g, u odrůd s nízkým obsahem 1,17 g, středním obsahem 1,5 g a vysokým obsahem 1,22 g. I přestože nebyla mezi těmito odrůdami zaznamenána průkazná diference, je možné konstatovat, že vyšší hmotnost sušiny nadzemních vegetativních orgánů vykazují odrůdy se středním obsahem morfinu v porovnání s odrůdami s nízkým a vysokým obsahem morfinu, viz tab. 13.

Při srovnání odrůd podle barvy semene je patrné, že modrosemenné odrůdy mají výrazně vyšší hmotnost sušiny květu (1,41 g) než ostatní pozorované odrůdy. V případě bělosemenných odrůd Albín, Sokol a Korneuburger Weisser byla průměrná hmotnost sušiny květu 1,28 g a u semen okrových 1,23 g. V případě bělosemenných odrůd má nejvyšší hmotnost sušiny odrůda Albín (1,24 g) a nejnižší odrůda Korneuburger Weisser (1,05 g). U odrůd s modrými semeny měla nejnižší hmotnost sušiny odrůda Marianne (0,74 g) a naopak nejvyšší odrůda Major (1,73 g). U okrových odrůd byla hmotnost sušiny 1,23 g (odrůda Akvarel), jak je patrné z tab. 13.

**Tab. 14: Průměrná hmotnost sušiny tobolek v závislosti na odrůdě a vývojové fázi BBCH.**

Odrůda	Sušina tobolka (g)						
	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH
	35	45	49	52	54	62	81
Marianne	0	0	0	1,54 ±1,09	2,47 ±1,15	6,36 ±3,48	6,95 ±1,67
Buddha	0	0	3,16 ±1,6	3,93 ±0,92	5,34 ±2,64	6,22 ±1,65	12,85 ±6,76
Postomi	0	0	1,11 ±0,67	3,04 ±1,34	5,12 ±2,11	15,31 ±9,40	20,56 ±6,72
Lazur	0	0	0,69 ±1,07	1,14 ±0,76	2,66 ±0,55	8,25 ±1,75	16,68 ±8,44
Florian	0	0	0	2,96 ±1,5	4,97 ±2,59	12,08 ±8,14	15,8 ±5,93
Tatranský	0	0	0	2,65 ±2,23	5,34 ±3,31	7,64 ±1,9	9,06 ±3,89
Sokol	0	0	0	5,97 ±1,59	7,73 ±3,22	13,85 ±6,53	17,66 ±7,79
Albín	0	0	0	5,72 ±1,46	9,06 ±2,81	12,02 ±2,97	14,88 ±4,43
Korneuburger Weisser	0	0	0	0	9,53 ±2,51	14,26 ±2,93	19,51 ±4,54
Opál	0	0	0	1,85 ±1,18	3,9 ±1,26	8,55 ±4,68	16,57 ±4,73
Major	0	0	0	4,14 ±1,76	9,21 ±4,94	17,4 ±8,12	29,08 ±15,24
Akvarel	0	0	0	1,81 ±0,69	4,41 ±1,99	10,22 ±3,43	8,42 ±2,11

V tabulce 14 je zaznamenán nárůst hmotnosti tobolek v závislosti na vývojové fázi. Dále byl potvrzen vliv odrůdy na hmotnost sušiny tobolky. Z uvedené tabulky je patrné, že nejnižší hmotnost sušiny tobolek byla zjištěna ve fázi BBCH 49 (1,65 g) a ve fázi BBCH 52 (3,16 g) a nejvyšší ve fázi BBCH 81 (15,67 g).

Hmotnost sušiny tobolky máku se ve vývojové fázi BBCH 52 pohybovala v rozpětí hodnot od 1,14 g (odrůda Lazur) do 5,97 g (odrůda Sokol). V období před sklizní byla hmotnost sušiny tobolek v intervalu 6,95 g (odrůda Marianne) až 29,08 g (odrůda Major), jak dokládá tabulka 14.

Pokud je hodnocen vliv genotypu na tvorbu sušiny tobolek, tak je možné konstatovat, že byl nalezen vztah mezi obsahem morfinu a tvorbou sušiny, průměrná hodnota sušiny u odrůd s velmi nízkým obsahem morfinu byla 17,66 g, u odrůd s nízkým obsahem 9,83 g. Procentický rozdíl mezi odrůdami s velmi nízkým obsahem morfinu a nízkým obsahem morfinu je až 45 %. Průměrná hodnota sušiny u odrůd se středním obsahem je 21,11 g a s vysokým obsahem 16,7 g, což je rozdíl 20 %. Je zároveň možné konstatovat, že daleko vyšší hmotnost sušiny tobolek vykazují odrůdy se středním obsahem morfinu v porovnání s odrůdami s nízkým obsahem morfinu a to až o 53 %, viz tabulka 14.

Při srovnání odrůd podle barvy semene je patrné, že bělosemenné odrůdy Albín, Sokol a Korneuburger Weisser mají výrazně vyšší hmotnost sušiny tobolek (17,35 g) než ostatní pozorované odrůdy. V případě modrotmenných odrůd byla průměrná hmotnost sušiny tobolek 15,97 g a u semen okrových 8,42 g. V případě bělosemenných odrůd má nejvyšší hmotnost sušiny odrůda Korneuburger Weisser (19,51 g) a nejnižší odrůda Albín s hmotností sušiny tobolky 14,88 g. U odrůd s modrými semeny měla nejnižší hmotnost sušiny odrůda Marianne (6,95 g) a naopak nejvyšší odrůda Major (29,08 g). U okrových odrůd byla hmotnost sušiny 8,42 g (odrůda Akvarel), jak je patrné z tab. 14.

Z uvedené tabulky dále vyplývá, že nejvýraznější nárůst hmotnosti sušiny byl zaznamenán u odrůdy Major, kdy na počátku sledovaného období byla hmotnost sušiny tobolek ve výši 4,14 g a na konci vegetace činila 29,08 g. Jedná se tedy o nárůst 24,94 g (86 %). Naopak u odrůdy Akvarel byl zaznamenán nejnižší přírůstek hmotnosti sušiny v průběhu ontogenetického vývoje, kdy ve vývojové fázi BBCH 52 byla hmotnost sušiny 1,81 g a ve fázi BBCH 81 již 8,42 g. V tomto případě se jedná o zvýšení hmotnosti sušiny o 6,61 g (83 %).



## 5.2 Růstově-analytické charakteristiky

Tab. 15: Pokryvnost listová (LAI) v závislosti na odrůdě a vývojové fázi BBCH.

Odrůda	LAI (m <sup>2</sup> .m <sup>-2</sup> )						
	BBCH 35	BBCH 45	BBCH 49	BBCH 52	BBCH 54	BBCH 62	BBCH 81
Marianne	2,49 ±1,3	6,35 ±2,08	16,11 ±9,45	11,34 ±7,48	21,1 ±14,21	9,36 ±5,02	0
Buddha	1,71 ±0,85	6,06 ±1,67	17,2 ±8,99	14,71 ±3,3	10,86 ±3,28	6,87 ±1,89	0
Postomi	3,23 ±1,14	16,22 ±8,06	22,69 ±5,1	35,76 ±9,98	21,21 ±7,8	15,68 ±9,28	0
Lazur	2,35 ±0,3	9,08 ±3,21	15,37 ±5	19,64 ±11,08	9,82 ±1,24	14,6 ±2,73	0
Florian	2,64 ±0,89	10,27 ±6,42	22,41 ±7,71	25,44 ±10,45	16,56 ±6,51	17,73 ±12,26	0
Tatranský	1,45 ±1,8	5,47 ±2,35	11,65 ±5,01	12,91 ±5,47	12,03 ±5,3	8,53 ±2,6	0
Sokol	1,34 ±0,94	6,78 ±3,95	23,81 ±5,71	30,88 ±6,42	28,16 ±13,45	26,23 ±13,57	0
Albín	2,34 ±0,93	9,47 ±2,17	27,45 ±8,52	35,05 ±12,24	22,27 ±10,65	13,69 ±6,75	0
Korneuburger Weisser	2,71 ±0,99	5,95 ±2,1	36,66 ±12,09	22,28 ±9,04	27,15 ±9,58	14,93 ±4,93	0
Opál	1,42 ±0,35	6,45 ±2,27	26,72 ±7,48	10,71 ±1,67	13,98 ±4,07	16,59 ±10,62	0
Major	2,23 ±0,57	9,4 ±4,38	28,93 ±11,68	21,31 ±12,27	16,82 ±7,44	13,97 ±6,98	0
Akvarel	1,78 ±1,14	4,66 ±2	13,73 ±5,69	19,54 ±5,43	13,03 ±7,15	21,27 ±7,98	0

Z tabulky 15 je patrné, že vývoj velikosti pokryvnosti listoví (LAI) je ovlivněn ontogenetickým vývojem rostlin, kdy dochází k postupnému nárůstu této charakteristiky do období kvetení a poté již dochází k jeho snižování vlivem senescence a opadu starých listů. Tento trend byl potvrzen u většiny sledovaných odrůd máku, s výjimkou odrůd Akvarel, Opál, Florián a Lazur. U těchto odrůd se pohybovala hodnota LAI ve fázi BBCH 62 v rozpětí od 14,6 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> (odrůda Lazur) do 21,27 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> (odrůda Akvarel). Uvedený trend patrně souvisí s délkou vegetace daných odrůd.

Nejnižší hodnota pokryvnosti listoví byla zaznamenána ve vývojové fázi BBCH 35, kdy nejnižší hodnota LAI byla vypočtena u odrůdy Sokol (1,34 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>). Na straně druhé nejvyšší LAI v této vývojové fázi měla odrůda Postomi (3,23 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>). Ve fázi BBCH 49 je již patrná výraznější diference hodnot pokryvnosti listoví v rámci sledovaných genotypů, neboť nejvyšší hodnota LAI byla zaznamenána u odrůdy Korneuburger Weisser. U této odrůdy byla pokryvnost listoví ve výši 36,66 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>. Oproti tomu u odrůdy Tatranský byla pokryvnost listoví nejnižší, a to 11,65 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>. Ve fázi kvetení (BBCH 52) květy rozkvétají ráno a během 1 – 2 dnů odkvétají. Po odkvětu květu na hlavním stonku se rychle rozvíjejí poupata a odkvétají květy na vedlejších stoncích, a to v intervalu 1 – 4 dnů. V této vývojové fázi byl interval vypočtených hodnot LAI v rozpětí hodnot 10,71 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> (odrůda Opál) až 35,76 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> (odrůda Postomi), jak dokumentuje tab. 15.

Z uvedených tabulek vyplývá, že nejvyšší pokryvnosti listoví dosahovaly rostliny máku mezi vývojovou fází BBCH 49 a vývojovou fází BBCH 54. Nejvyšší pokryvnosti listoví dosáhly bělosemenné odrůdy máku: Korneuburger Weisser (36,66 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>), ve vývojové fázi BBCH 49, Albín (35,05 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>), ve vývojové fázi BBCH 52 a Sokol (30,88 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) ve vývojové fázi BBCH 52. V případě bělosemenné odrůdy Florian byla hodnota LAI ve vývojové fázi BBCH 52 25,44 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>. V případě modrotemenných odrůd dosahovaly nejvyšší pokryvnosti listoví odrůdy Postomi (35,76 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>), ve vývojové fázi BBCH 52, Major (28,93 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>), ve vývojové fázi BBCH 49 a Opál (26,72 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>), ve vývojové fázi BBCH 49. U odrůdy Akvarel s okrově zbarvenými semeny byla vypočtena nejvyšší hodnota pokryvnosti listoví 19,54 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> ve vývojové fázi BBCH 52, jak dokumentuje tab. 15.

Pokud hodnotíme LAI ve vztahu k obsahu morfinu, je možné konstatovat, že byla zaznamenána souvislost. Pokryvnost listoví (LAI) u odrůd s velmi nízkým obsahem morfinu byl 25,08 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>, u odrůd s nízkým obsahem 19,93 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>. Rozdíl ve výši 20 % byl zjištěn mezi odrůdami s velmi nízkým obsahem a nízkým obsahem morfinu. Odrůdy s vysokým

obsahem morfinu vykazovaly pokryvnost listoví  $18,58 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  a odrůdy se středním obsahem  $22,36 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ . Mezi těmito odrůdami je 25% rozdíl v pokryvnosti listoví, viz tabulka 15.

Tabulka 16 znázorňuje, že rychlost tvorby sušiny (CGR) je ovlivněna ontogenetickým vývojem rostlin sledovaných odrůd máku. Nárůst hodnot rychlosti tvorby sušiny byl zaznamenán mezi fázemi BBCH 45 a BBCH 49. Poté se rychlost snižuje a rozdíl mezi dvěma po sobě následujícími odběry dosahuje snížení, tedy záporných hodnot. Záporné hodnoty jsou dány především opadem starých listů ze spodní části rostlin.

Kladná rychlost tvorby sušiny je zaznamenána mezi fázemi BBCH 45 a 49. V tomto období byla nejnižší hodnota CGR vypočtena u odrůdy Akvarel ( $0,22 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší u odrůdy Korneuburger Weisser ( $2,04 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ). Přírůstek hmotnosti sušiny u všech sledovaných odrůd máku byl dále zaznamenán také u následujícího hodnocení. Ve fázi BBCH 52 byla nejnižší rychlost tvorby sušiny ve výši  $-3,11 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  (odrůda Tatranský) a naopak nejvyšší  $1,86 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  (odrůda Postomi). Pokles rychlosti tvorby sušiny je zaznamenán u všech odrůd ve fázi BBCH 81. V této vývojové fázi již dochází k postupnému opadu listů a odumírání rostliny vlivem dozrávání, proto v této vývojové fázi byly vypočtené hodnoty se záporným znaménkem. Nejvyšší úbytek hmotnosti sušiny byl zaznamenán u odrůdy Sokol ( $-1,25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) a naopak nejnižší u odrůdy Buddha ( $-0,32 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ), viz tabulka 16.

Nejnižší rychlosti tvorby sušiny byla zaznamenána u odrůdy Tatranský ( $-3,11 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 52, a u odrůdy Opál ( $-2,28 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) ve stejné vývojové fázi. U těchto odrůd byla vypočtena záporná hodnota. Tento výsledek je dán nejspíš odumíráním starých listů. Na straně druhé nejvyšší CGR měla odrůda Korneuburger Weisser ( $2,04 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 49, jak dokumentuje tabulka 16.

**Tab. 16: Rychlost tvorby sušiny průměrné rostliny (CGR) v závislosti na odrůdě a vývojové fázi BBCH.**

Odrůda	CGR (g.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )						
	BBCH 35	BBCH 45	BBCH 49	BBCH 52	BBCH 54	BBCH 62	BBCH 81
Marianne	0	0,29 ±0,2	0,65 ±0,58	-0,68 ±1,44	1,39 ±2,51	-0,83 ±0,77	-0,44 ±0,24
Buddha	0	0,33 ±0,1	0,74 ±0,65	-0,35 ±1,67	-0,54 ±0,72	-0,28 ±0,35	-0,32 ±0,09
Postomi	0	0,99 ±0,66	0,43 ±0,7	1,86 ±1,83	-2,08 ±1,66	-0,39 ±0,57	-0,74 ±0,44
Lazur	0	0,51 ±0,24	0,42 ±0,38	0,61 ±1,26	-1,41 ±1,55	0,34 ±0,24	-0,69 ±0,13
Florian	0	0,58 ±0,49	0,81 ±0,83	0,43 ±2,46	-1,26 ±1,43	0,08 ±1,18	-0,84 ±0,58
Tatranský	0	0,31 ±0,3	1,94 ±0,64	-3,11 ±1,65	-0,12 ±0,68	-0,24 ±0,47	-0,41 ±0,12
Sokol	0	0,41 ±0,33	1,13 ±0,63	1,01 ±0,63	-0,38 ±1,69	-0,13 ±1,56	-1,25 ±0,65
Albín	0	0,54 ±0,18	1,19 ±0,51	1,08 ±2,85	-1,82 ±2,23	-0,61 ±1,21	-0,65 ±0,32
Korneuburger Weisser	0	0,24 ±0,13	2,04 ±0,85	-2,05 ±2,17	0,69 ±2,33	-0,87 ±0,93	-0,71 ±0,23
Opál	0	0,38 ±0,16	1,35 ±0,62	-2,28 ±1,05	0,46 ±0,53	0,18 ±1,01	-0,79 ±0,51
Major	0	0,55 ±0,35	1,31 ±0,72	-1,08 ±2,47	-0,64 ±2,66	-0,2 ±0,5	-0,66 ±0,33
Akvarel	0	0,22 ±0,23	0,61 ±0,26	0,82 ±0,55	-0,92 ±0,98	0,58 ±1,06	-1,01 ±0,38

**Tab. 17: Relativní rychlost růstu sušiny průměrné rostliny ( $R_w$ ) v závislosti na odrůdě a vývojové fázi BBCH.**

Odrůda	$R_w$ ( $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ )						
	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH
	35	45	49	52	54	62	81
Marianne	0	0,128 ±0,062	0,045 ±0,039	0,032 ±0,123	0,032 ±0,15	0,01 ±0,031	0,012 ±0,021
Buddha	0	0,064 ±0,026	0,075 ±0,042	-0,006 ±0,092	0,035 ±0,054	-0,004 ±0,041	0,03 ±0,032
Postomi	0	0,16 ±0,056	0,046 ±0,043	0,023 ±0,053	-0,007 ±0,089	0,024 ±0,047	0,026 ±0,031
Lazur	0	0,102 ±0,028	0,065 ±0,031	-0,01 ±0,082	-0,016 ±0,076	0,025 ±0,02	0,023 ±0,026
Florian	0	0,116 ±0,043	0,046 ±0,053	0,067 ±0,104	0,002 ±0,08	0,011 ±0,055	0,014 ±0,040
Tatranský	0	0,169 ±0,124	0,073 ±0,039	-0,007 ±0,098	0,041 ±0,074	-0,014 ±0,045	0,013 ±0,023
Sokol	0	0,145 ±0,08	0,07 ±0,056	0,096 ±0,025	-0,021 ±0,053	0,01 ±0,057	0,018 ±0,046
Albín	0	0,137 ±0,037	0,072 ±0,017	0,056 ±0,082	0,019 ±0,073	-0,001 ±0,063	0,023 ±0,013
Korneuburger Weisser	0	0,128 ±0,022	0,071 ±0,043	0,073 ±0,081	0,028 ±0,08	0,011 ±0,041	0,019 ±0,023
Opál	0	0,123 ±0,024	0,102 ±0,039	-0,039 ±0,038	0,001 ±0,049	0,014 ±0,067	0,025 ±0,026
Major	0	0,135 ±0,046	0,098 ±0,034	-0,017 ±0,12	0,021 ±0,147	0,011 ±0,038	0,018 ±0,036
Akvarel	0	0,097 ±0,092	0,095 ±0,014	0,036 ±0,043	-0,029 ±0,071	0,014 ±0,067	-0,012 ±0,029

Z tabulky 17 je patrné, že relativní rychlost růstu sušiny ( $R_w$ ) je jako předchozí růstové charakteristiky ovlivněna nejenom ontogenetickým vývojem rostlin, ale také genotypem. Shodně s předcházející růstovou charakteristikou dochází ke zvýšené tvorbě sušiny mezi vývojovými fázemi BBCH 45 a 49. Tento nárůst je v následující vývojové fázi vystřídán u některých genotypů snížením denního přírůstku, např. odrůdy Major, Opál, Tatranský, Lazur a Buddha. U zbývajících odrůd se relativní denní přírůstek sušiny zvyšoval. V následných vývojových fázích se opět relativní rychlost růstu sušiny zvyšovala a to především vlivem tvorby plodů a semen, na úkor listů a prodlužování stonku.

Kladná relativní rychlost růstu sušiny je patrná mezi fázemi BBCH 45 a 49. V tomto období byla nejnižší hodnota  $R_w$  vypočtena u odrůdy Marianne ( $0,045 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší u odrůdy Tatranský ( $1,169 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Nárůst relativní rychlosti růstu sušiny u všech sledovaných odrůd máku byl dále zaznamenán také u následujícího hodnocení. Ve fázi BBCH 52 byla nejnižší relativní rychlost růstu sušiny ve výši  $-0,39 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  (odrůda Opál) a naopak nejvyšší  $0,096 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  (odrůda Sokol). Pokles relativní rychlosti růstu sušiny je zaznamenán ve fázi dozrávání. V této vývojové fázi již dochází k postupnému zastavování intenzivního růstu, opadu listů a odumírání rostliny vlivem dozrávání. Nejnižší relativní rychlost růstu sušiny v této vývojové fázi byl zaznamenán u odrůdy Akvarel ( $-0,012 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší u odrůdy Buddha ( $0,3 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ), viz tabulka 17.

Nejnižší relativní rychlost růstu sušiny za celé pozorované období je zaznamenána u odrůdy Opál ( $-0,039 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 52, u odrůdy Akvarel ( $-0,029 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 54 a u odrůdy Sokol ( $-0,021 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Na straně druhé nejvyšší  $R_w$  měla odrůda Tatranský ( $0,169 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 45, odrůda Postomi ( $0,16 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 45 a odrůda Sokol ( $0,145 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 49, jak dokumentuje tabulka 17.

**Tab. 18: Relativní rychlost růstu listové plochy průměrné rostliny ( $R_A$ ) v závislosti na odrůdě a vývojové fázi BBCH.**

Odrůda	$R_A$ ( $m^2 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )						
	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH	BBCH
	35	45	49	52	54	62	81
Marianne	0	0,077 $\pm 0,062$	0,053 $\pm 0,042$	-0,05 $\pm 0,125$	0,093 $\pm 0,149$	-0,057 $\pm 0,027$	0
Buddha	0	0,102 $\pm 0,026$	0,065 $\pm 0,042$	-0,011 $\pm 0,096$	-0,044 $\pm 0,053$	-0,032 $\pm 0,038$	0
Postomi	0	0,119 $\pm 0,056$	0,027 $\pm 0,042$	0,063 $\pm 0,058$	-0,082 $\pm 0,083$	-0,028 $\pm 0,049$	0
Lazur	0	0,1 $\pm 0,028$	0,035 $\pm 0,029$	0,022 $\pm 0,076$	-0,081 $\pm 0,078$	0,027 $\pm 0,019$	0
Florian	0	0,098 $\pm 0,043$	0,057 $\pm 0,052$	0,013 $\pm 0,102$	-0,061 $\pm 0,074$	-0,001 $\pm 0,062$	0
Tatranský	0	0,14 $\pm 0,124$	0,126 $\pm 0,039$	-0,15 $\pm 0,092$	-0,008 $\pm 0,07$	-0,022 $\pm 0,043$	0
Sokol	0	0,128 $\pm 0,08$	0,091 $\pm 0,056$	0,037 $\pm 0,025$	-0,022 $\pm 0,051$	-0,009 $\pm 0,059$	0
Albín	0	0,111 $\pm 0,037$	0,069 $\pm 0,019$	0,033 $\pm 0,096$	-0,072 $\pm 0,09$	-0,034 $\pm 0,072$	0
Korneuburger Weisser	0	0,06 $\pm 0,022$	0,122 $\pm 0,043$	-0,073 $\pm 0,086$	0,031 $\pm 0,096$	-0,043 $\pm 0,047$	0
Opál	0	0,114 $\pm 0,024$	0,096 $\pm 0,04$	-0,127 $\pm 0,044$	0,033 $\pm 0,049$	0,001 $\pm 0,072$	0
Major	0	0,105 $\pm 0,046$	0,076 $\pm 0,034$	-0,058 $\pm 0,125$	-0,02 $\pm 0,15$	-0,015 $\pm 0,039$	0
Akvarel	0	0,086 $\pm 0,092$	0,071 $\pm 0,014$	0,055 $\pm 0,048$	-0,073 $\pm 0,076$	0,04 $\pm 0,07$	0

Nejvýraznější relativní denní přírůstek asimilační plochy byl u sledovaných genotypů máku zaznamenán ve vývojových fázích BBCH 45 a 49. V následující vývojové fázi byl u většiny sledovaných odrůd máku zaznamenán také pozitivní hodnoty relativní rychlosti růstu asimilační plochy. Výjimku z tohoto trendu tvoří odrůdy Marianne, Buddha, Tatranský, Korneuburger Weisser, Opál a Maraton, u nichž se relativní denní přírůstek velikosti asimilační plochy ve srovnání s předcházející vývojovou fází snížil. Oproti tomu ve fázi BBCH 54 se u většiny sledovaných odrůd hodnoty  $R_A$  snižovaly, tedy byly nižší v porovnání s předcházejícím obdobím. Pouze u odrůd Postomi, Lazur, Floriam, Sokol, Albín a Akvarel se plocha listů zvyšovala. Rozdíly v hodnotách  $R_A$  byly mezi genotypy zaznamenány také ve fázi BBCH 54. Kdy pouze u odrůd Marianne, Korneuburger Weisser a Opál byl zaznamenán přírůstek. Přírůstek relativní rychlosti růstu listové plochy, ve fázi BBCH 62, byl vypočten jen u odrůd Lazur, Opál a Akvarel, jak dokumentuje tab. 18.

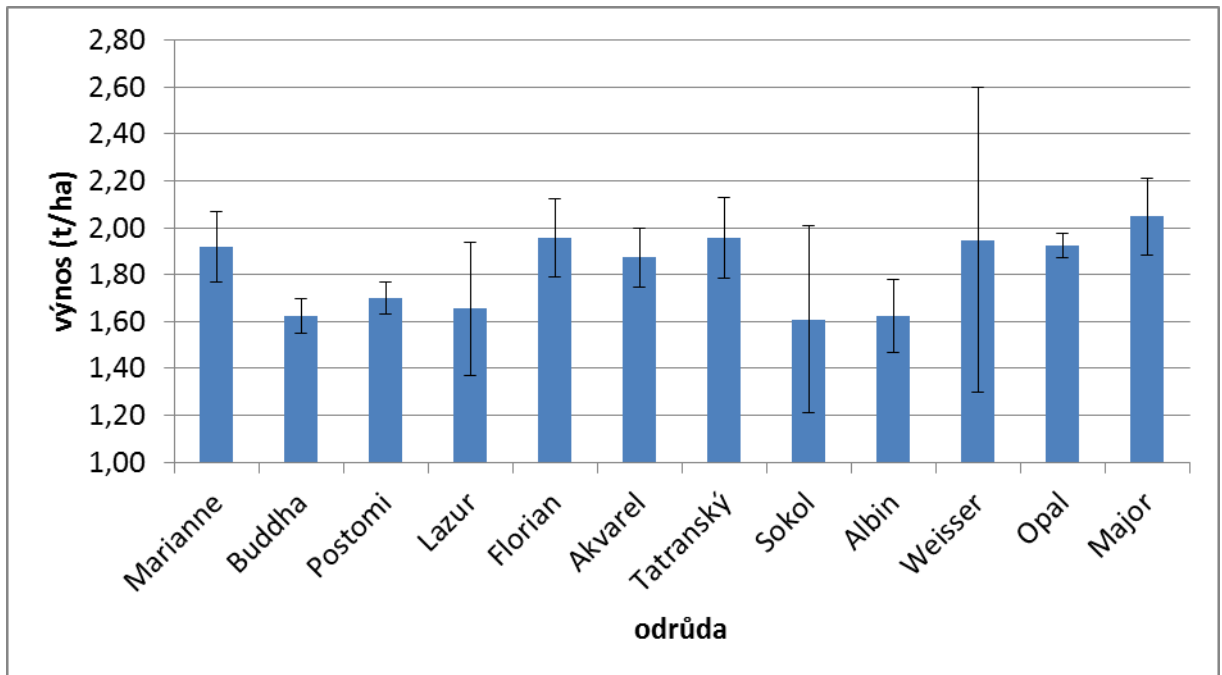
Ve vývojových fázích BBCH 45 a 49 je patrná kladná relativní rychlost růstu listové plochy. Nejnižší hodnota  $R_A$  v tomto období byla vypočtena u odrůdy Postomi ( $0,027 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší u odrůdy Sokol ( $0,128 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ). Nárůst relativní rychlosti růstu listové plochy u všech sledovaných odrůd máku byl zaznamenán také v následujících vývojových fázích. Ve fázi BBCH 52 byla nejnižší relativní rychlost růstu listové plochy ve výši  $-0,127 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  (odrůda Opál) a naopak nejvyšší  $0,063 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  (odrůda Postomi). Pokles relativní rychlosti růstu listové plochy je zaznamenán ve fázi dozrávání. V této vývojové fázi již dochází k postupnému zastavování růstu listové plochy, odumírání a opadu listů. Nejnižší relativní rychlost růstu listové plochy ve vývojové fázi BBCH 81 byl zaznamenán u odrůdy Marianne ( $-0,057 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší u odrůdy Akvarel ( $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ), viz tabulka 18.

Nejnižší relativní rychlosti růstu listové plochy za celé pozorované období je zaznamenána u odrůdy Tatranský ( $-0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 52 a u odrůdy Opál ( $-0,127 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 52. Na straně druhé nejvyšší  $R_A$  měla odrůda Tatranský ( $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 45, odrůda Sokol ( $0,128 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 45, jak dokumentuje tabulka 18.



### 5.3 Výnos

Graf 1: Srovnání výnosů ( $t \cdot ha^{-1}$ ) jednotlivých odrůd máku.



Z grafu 1 je patrné, že nejvyšší výnos byl u odrůdy Major  $2,05 t \cdot ha^{-1}$ . Dále odrůdy Florian a Tatranský s výnosem  $1,96 t \cdot ha^{-1}$ , a odrůda Korneuburger Weisser s výnosem  $1,95 t \cdot ha^{-1}$ . Nejnižšího výnosu dosáhly odrůdy Sokol  $1,61 t \cdot ha^{-1}$ , Albín  $1,63 t \cdot ha^{-1}$ , Buddha  $1,63 t \cdot ha^{-1}$  a odrůda Lazur  $1,66 t \cdot ha^{-1}$ . Z grafu 1 je patrné, že odrůdy s vysokým obsahem morfinu v makovině (Buddha, Postomi, Lazur) mají nižší výnos semen než odrůdy se středním a nízkým obsahem morfinu. Výjimkou jsou bělosemenné odrůdy Sokol a Albín, které mají nejnižší výnos.

## 6 Diskuse

Cílem práce bylo u vybraných genotypů máků sledovat rozdíly v tvorbě sušiny, hodnotách růstových charakteristik v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin a výši výnosu semen.

### 6.1 Velikost rostlin

U sledovaných odrůd máku setého se výška rostlin zvyšovala v závislosti na jejich ontogenetickém vývoji, protože nejnižší rostliny byly zaznamenány ve vývojové fázi BBCH 35 a naopak nejvyšší v období dozrávání a následné sklizně. Uvedené závěry ve své práci potvrzují u máku např. Pšenička a kol. (2009) nebo (Rodríguez, 2011) pro petunie a cínie. Obdobné závěry ve své práci pro *Mentha longifolia* uvádí také Shormin et al. (2009) a Koetlisi (2013). Uvedení autoři sledovali změny výšky rostlin máty v závislosti na působení vnějších podmínek, především hnojení a vodního stresu.

V souladu se závěry např. Levitt (1969), Johnson (1981) a Salisbury a Ross (1992) je možné konstatovat, že studium změn vývoje rostlin je složitější, protože je nutné sledovat posloupnost jednotlivých vývojových fází a také fyziologickou posloupnost těchto událostí v závislosti na vnějších podmínkách, ale také na vnitřních faktorech dané rostliny.

Z vnitřních faktorů se jedná také o genotypovou charakteristiku dané odrůdy či druhu. Ze získaných výsledků je patrné, že existují mezi odrůdové rozdíly ve výšce rostlin. Tento závěr ve své práci potvrzují také Tefera and Peat (1997), Kumar (2007) a Kumar a Patra (2010), kteří se věnovali problematice genetické podmíněnosti růstu indických máků.

Ze sledovaného sortimentu odrůd máku setého dosahovaly nejnižší výšky rostliny odrůdy Tatranský a naopak nejvyšší byly rostliny odrůdy Korneuburger Weisser. Uvedené rozdíly ve své práci popisuje např. Uher (2009) u světlice barvířské.

## 6.2 Hmotnost sušiny nadzemní biomasy

Byl potvrzen nárůst hmotnosti nadzemní biomasy v závislosti na vývojové fázi a vliv odrůdy na tento parametr. V práci od Pšeničky a kol. (2009) byl potvrzen vliv vývojové fáze na hmotnost biomasy u odrůdy Major. V souladu se závěry Pšeničky a kol. (2009) je možné konstatovat, že ke konci vegetace rostlin dochází k úbytku hmotnosti biomasy.

V pokusu byl zaznamenán rozdíl v tvorbě sušiny u odrůd máku s rozdílným obsahem morfinu. Singh a kol. (2003) a Novák a kol. (2000) potvrzují vztah mezi výnosem alkaloidů a hmotností sušiny. Weid a kol. (2004) popisují, že při vyšší tvorbě sušiny jsou i více produkovány buňky se specifickou schopností produkce makových alkaloidů. Průměrná hmotnost sušiny odrůd s velmi nízkým obsahem morfinu byla 112,36 g, u odrůd s nízkým obsahem morfinu 110,41 g, u odrůd se středním obsahem morfinu 121,67 a u odrůd s vysokým obsahem morfinu 123,16 g. Tyto závěry jsou v souladu s výše uvedenými pracemi.

Během vegetace by bylo zaznamenáno kolísavé nárůst hmotnosti sušiny květu v závislosti na vývojové fázi. Dále byl potvrzen vliv odrůdy na hmotnost sušiny květu. Nejnížší hmotnost sušiny květu byla zjištěna ve fázi BBCH 52 a nejvyšší ve fázi BBCH 49. Tento trend souvisí s tvorbou květů, která je nejvyšší v období plného kvetení a poté vlivem postupného opylení a tvorby reprodukčních orgánů – plodů a semen se jejich hmotnost postupně snižuje.

Vlivem ontogenetického vývoje rostlin dochází po období kvetení k přesunu tvorby sušiny do reprodukčních orgánů a z tohoto důvodu se hmotnost tobolek zvyšuje. Uvedený závěr potvrzují ve své práci Bernáth a Tétényi (1982). Uvedení autoři dále potvrzují závěr, že hmotnost tobolek je ovlivněna geneticky.

Pokud je hodnocen vliv genotypu na tvorbu sušiny tobolek, tak je možné konstatovat, že byl nalezen vztah mezi obsahem morfinu a tvorbou sušiny tobolky. Vztahem mezi obsahem morfinu a morfologickými znaky máku se zabývali Yadav a kol. (2004), Harvest a kol. (2009) nebo Singh a kol. (2003), přičemž byl prokázán pozitivní vztah mezi obsahem morfinu a hmotností tisíce semen nebo pozitivní korelace mezi velikostí makovice a obsahem morfinu. Mahdavi-Damghani a kol. (2010) zaznamenali, že různá velikost tobolky mezi pozorovanými kultivary ovlivní celkovou hmotnost sušiny u rostliny. Zaznamenali, že vyšší alokace biomasy v tobolkách je na úkor listové plochy. I tento závěr byl potvrzen v rámci sledovaného sortimentu odrůd máku.

## 6.3 Růstově-analytické charakteristiky

### Pokryvnost listoví

Primární metabolismus rostlin je také ovlivněn velikostí a dobou aktivní činnosti fotosyntetického aparátu – LAI. Velikost pokryvnosti listoví (LAI) je významné především v období kvetení a tvorby tobolky, jak dokumentuje práce Kun a kol. (2011). Laughlin a Chung (1992) zkoumali vliv zavlažování na pokryvnost listoví (LAI). Jejich výsledky potvrzují, že intenzivní nárůst pokryvnosti listoví je v období kvetení. Schmidt a Skidmore (2003), nebo Asner (1998) ve svých pracích také popisují nejvyšší nárůst pokryvnosti listoví do fáze kvetení. V pokusu byl potvrzen vliv ontogenetickým vývojem rostlin na velikost pokryvnosti listoví (LAI), kdy dochází k postupnému nárůstu této charakteristiky do období kvetení a poté k jeho snižování vlivem senescence a opadu starých listů. Weiss a kol. (2004) nebo Mingquan a kol. (2015) potvrzují, že velikost pokryvnosti listoví se nejintenzivněji zvyšuje do fáze kvetení. Následně se pokryvnost pozvolna snižuje v důsledku přechodu rostliny do stádia dozrávání a tvorby semen.

Byly zjištěny rozdíly ve velikosti pokryvnosti listoví mezi sledovanými skupinami odrůd máku v závislosti na obsahu morfinu. Také Desgagné-Penix a kol. (2012) zaznamenali vliv fyziologických charakteristik na obsah morfinu v makovině. Pokryvnost listoví byla u odrůd s velmi nízkým obsahem morfinu  $25,08 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ , u odrůd s nízkým obsahem  $19,93 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ . Odrůdy s vysokým obsahem morfinu vykazovaly pokryvnost listoví  $18,58 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  a odrůdy se středním obsahem  $22,36 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ . Chung (2009) zjistil, že při vyšší intenzitě zavlažování se zvyšuje velikost pokryvnosti listoví u máku setého. Velikost pokryvnosti listoví má podle výše zmíněného autora vliv na obsah morfinu v makovině, kdy s narůstající pokryvností listoví se zvyšuje obsah morfinu v makovině.

### Rychlost tvorby sušiny průměrné rostliny (CGR)

Bylo zjištěno, že rychlost tvorby sušiny (CGR), jsou ovlivněny ontogenetickým vývojem rostlin. Uvedené závěry pro *Andrographis paniculata* uvádí např. Parashar a kol. (2011). Kladná rychlost tvorby sušiny je zaznamenána mezi fázemi BBCH 45 a 49. V tomto období byla nejnižší hodnota CGR vypočtena u odrůdy Akvarel ( $0,22 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší u odrůdy Korneuburger Weisser ( $2,04 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ). Egli a Zhen-wen (1994) nebo Jiang a Egli (1999) zkoumali rychlost tvorby sušiny u sóji luštinaté. Výsledky těchto autorů dokazují, že nejvyšší rychlost tvorby sušiny je během fáze kvetení. Pokles rychlosti tvorby sušiny je

zaznamenán u všech odrůd ve fázi BBCH 81. Virgona a Farquhar (1996) potvrzují pokles rychlosti tvorby sušiny u rostlin slunečnice roční. U všech sedmi studovaných genotypů zaznamenali pokles hodnoty CGR ve fázi dozrávání. Nejvyšší úbytek hmotnosti sušiny byl zaznamenán u odrůdy Sokol ( $-1,25 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a naopak nejnižší u odrůdy Buddha ( $-0,32 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Záporné hodnoty CGR jsou dány především opadem starých listů ze spodní části rostlin.

### **Relativní rychlost růstu sušiny ( $R_w$ )**

Relativní rychlost růstu sušiny ( $R_w$ ) je jako předchozí růstové charakteristiky ovlivněna nejenom ontogenetickým vývojem rostlin, ale také genotypem. Rozdíly v tvorbě sušiny u juvenilních rostlin pšenice uvádí např. Tavares a kol. (2013). Shodně s předcházející růstovou charakteristikou dochází ke zvýšené tvorbě sušiny mezi vývojovými fázemi BBCH 45 a 49. Tento nárůst je v následující vývojové fázi vystřídán u některých genotypů snížením denního přírůstku, např. odrůdy Major, Opál, Tatranský, Lazur a Buddha. U zbývajících odrůd se relativní denní přírůstek sušiny zvyšoval. V následných vývojových fázích se opět relativní rychlost růstu sušiny zvyšovala a to především vlivem tvorby plodů a semen, na úkor listů a prodlužování stonku. Rozdíly relativní rychlosti růstu sušiny mezi genotypy a ontogenetickým vývoji rostlin potvrzuje Izosimova a kol. (2005).

### **Relativní rychlost růstu asimilační plochy ( $R_A$ )**

Nejvýraznější relativní denní přírůstek asimilační plochy byl u sledovaných genotypů máku zaznamenán ve vývojových fázích BBCH 45 a 49. V následující vývojové fázi byl u většiny sledovaných odrůd máku zaznamenán také pozitivní hodnoty relativní rychlosti růstu asimilační plochy. Výjimku z tohoto trendu tvoří odrůdy Marianne, Buddha, Tatranský, Korneuburger Weisser, Opál a Maraton, u nichž se relativní denní přírůstek velikosti asimilační plochy ve srovnání s předcházející vývojovou fází snížil. Rozdíly v relativní rychlosti růstu asimilační plochy ( $R_A$ ) mezi odrůdami zaznamenal i Tollenaar (1989). Oproti tomu ve fázi BBCH 54 se u většiny sledovaných odrůd hodnoty  $R_A$  snižovaly, tedy byly nižší v porovnání s předcházejícím obdobím, pouze u odrůd Postomi, Lazur, Floriam, Sokol, Albín a Akvarel se plocha listů zvyšovala. Rozdíly v hodnotách  $R_A$  byly mezi genotypy zaznamenány také ve fázi BBCH 54. Kdy pouze u odrůd Marianne, Korneuburger Weisser a Opál byl zaznamenán přírůstek. Přírůstek relativní rychlosti růstu listové plochy, ve fázi BBCH 62, byl vypočten jen u odrůd Lazur, Opál a Akvarel. Změny relativní rychlosti růstu asimilační plochy v závislosti na ontogenetickém vývoji dřevin uvádí ve své práci také Deal a kol. (2010).

## 6.4 Výnos

Ze získaných výsledků je patrné, že odrůdy s vysokým obsahem morfinu v makovině (Buddha, Postomi, Lazur) a odrůdy bělosemenné Sokol a Albín mají nižší výnos semen než odrůdy se středním obsahem morfinu. Nejvyšší výnos byl zjištěn u odrůdy Major ( $2,05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a nejnižšího výnosu dosáhla odrůda Sokol ( $1,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Uvedené výsledky jsou v souladu s prací Matyašové a kol. (2011), Vlka a kol. (2013), kteří potvrzují že, nižších výnosů dosahují kultivary s bílou barvou semen, včetně odrůd s vysokým obsahem morfinu. Mezi odrůdové rozdíly ve výši výnosu makoviny a semen uvádí také Kumar (2007), Kumar a Patra (2010), Mahdavi-Damghani a kol. (2010). Jak uvádějí Fejer a kol. (2010) a Novák (1992) dlouhodobým záměrem šlechtitelů je vyšlechtit univerzální odrůdu máku s vysokým výnosem semene s konkrétní barvou a vysokým obsahem alkaloidů v makovině. Tento záměr je však těžko dosažitelný v důsledku existence negativní korelace mezi výnosem, obsahem alkaloidů a barvou semen.

## 7 Závěr

Cílem práce bylo u vybraných genotypů máků sledovat rozdíly v tvorbě sušiny, hodnotách růstových charakteristik v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin a výši výnosu semen. Ze získaných výsledků vyplývají následující závěry:

- Bylo potvrzeno, že velikost rostlin je ovlivněna nejenom ontogenetickým vývojem, ale také odrůdou. Z výsledků dále vyplývá, že výška rostlin není ovlivněna obsahem morfinu. Obdobně nebyla nalezena souvztažnost mezi barvou semene a výškou rostliny.
- Byl potvrzen nárůst hmotnosti nadzemní biomasy v závislosti na vývojové fázi a vliv odrůdy na tento parametr.
- Existují rozdíly v tvorbě sušiny u odrůd máku s rozdílným obsahem morfinu, neboť průměrná hmotnost sušiny odrůd s velmi nízkým obsahem morfinu byla 112,36 g, u odrůd s nízkým obsahem morfinu 110,41 g, u odrůd se středním obsahem morfinu 121,67 a u odrůd s vysokým obsahem morfinu 123,16 g.
- Byl potvrzen vliv ontogenetickým vývojem rostlin na velikost pokryvnosti listoví (LAI), kdy dochází k postupnému nárůstu této charakteristiky do období kvetení a poté k jeho snižování vlivem senescence a opadu starých listů.
- Byly zjištěny rozdíly ve velikosti pokryvnosti listoví mezi sledovanými skupinami odrůd máku v závislosti na obsahu morfinu.
- Pokryvnost listoví byla u odrůd s velmi nízkým obsahem morfinu 25,08 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>, u odrůd s nízkým obsahem 19,93 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>. Odrůdy s vysokým obsahem morfinu vykazovaly pokryvnost listoví 18,58 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> a odrůdy se středním obsahem 22,36 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>.

- Bylo zjištěno, že rychlost tvorby sušiny (CGR), relativní rychlost růstu sušiny ( $R_w$ ) a relativní rychlost růstu asimilační plochy ( $R_A$ ) jsou ovlivněny ontogenetickým vývojem rostlin. Kladná rychlost tvorby sušiny je zaznamenána mezi fázemi BBCH 45 a 49. V tomto období byla nejnižší hodnota CGR vypočtena u odrůdy Akvarel ( $0,22 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší u odrůdy Korneuburger Weisser ( $2,04 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ).
- Pokles rychlosti tvorby sušiny je zaznamenán u všech odrůd ve fázi BBCH 81. Nejvyšší úbytek hmotnosti sušiny byl zaznamenán u odrůdy Sokol ( $-1,25 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a naopak nejnižší u odrůdy Buddha ( $-0,32 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ).
- Nejnižší relativní rychlosti růstu sušiny za celé pozorované období je zaznamenána u odrůdy Opál ( $-0,039 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 52, u odrůdy Akvarel ( $-0,029 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 54 a u odrůdy Sokol ( $-0,021 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Nejvyšší  $R_w$  měla odrůda Tatranský ( $0,169 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 45, odrůda Postomi ( $0,16 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 45 a odrůda Sokol ( $0,145 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 49.
- Nejnižší relativní rychlosti růstu listové plochy za celé pozorované období je zaznamenána u odrůdy Tatranský ( $-0,15 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 52 a u odrůdy Opál ( $-0,127 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 52. Na straně druhé nejvyšší  $R_A$  měla odrůda Tatranský ( $0,14 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 45, odrůda Sokol ( $0,128 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) ve vývojové fázi BBCH 45.
- Nejvyšší výnos byl zjištěn u odrůdy Major  $2,05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dále odrůdy Florian a Tatranský s výnosem  $1,96 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a odrůda Korneuburger Weisser s výnosem  $1,95 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Nejnižšího výnosu dosáhly odrůdy Sokol  $1,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , Albín  $1,63 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , Buddha  $1,63 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  a odrůda Lazur  $1,66 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .
- Bylo zjištěno, že odrůdy s vysokým obsahem morfinu v makovině (Buddha, Postomi, Lazur) a odrůdy bělosemenné Sokol a Albín mají nižší výnos semen než odrůdy se středním obsahem morfinu.



## 8 Přehled použité literatury

Asner, G. P. 1998. Biophysical and biochemical sources of variability in canopy reflectance. *Remote Sens. Environ.* 64 (3). s. 234-253.

Baranyk, P. 2010. Olejniny. Profi Press. Praha. s. 81-111. ISBN: 978-80-86726-38-0.

Bechyně, M. 1993. Základy pěstování máku. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR. Praha. s. 36. ISBN: 8071050377.

Bechyně, M., Kadlec, T., Vašák, J. 2001. Mák. Agrospoj. Praha. s. 13-23.

Bechyně, M., Novák, J. 1987. Biologie máku a systém jeho produkce. VŠZ. Praha. s. 94.

Bubeník, R., Peza, Z. 2010. Možnosti eliminace stresových vlivů při pěstování máku. *Prosperující olejniny*. 2010. s. 131. ISBN: 9788021321281.

Česko. Zákon č. 167/1998 Sb., o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů. *Sbírka zákonů*. 1999, 57/1998, s. 6770.

Český statistický úřad. [online]. 2016. [cit. 2016-2-11]. Dostupné z <<http://czso.cz>>.

Deal, R. L., Heithecker, T., Zenner, E. K. 2010. Comparison of tree size structure and growth for partially harvested and even-aged hemlock-spruce stands in southeast Alaska. *Journal of Forest Research*. 15 (1). s. 31-37.

Desgagné-Penix, I., Farrow, S. C., Cram, D., Nowak, J., Facchini, P. J. 2012. Integration of deep transcript and targeted metabolite profiles for eight cultivars of opium poppy. *Plant molecular biology*. 79 (3). p. 295–313.

Egli, D. B., Zhen-wen, Y. 1994. Crop Growth Rate and Seeds per Unit Area in Soybean. *Alliance of Crop, Soil and Environmental Science Societies*. 31. s. 439-442.

Fábry, A., Bartoška, J., Bechyně, M., Janovec, J., Kadlec, T., Kosek, Z., Kovačik, A., Kohout, V., Kutina, J., Novák, J., Malěř, J., Pawlica, R., Schreier, J., Souček, J., Sýkora, L., Šedivý, J., Škaloud, V., Táborský, V., Vašák, J., Vincenc, J., Voškeruša, J., Zbuzek, B., Zukalová, H. 1992. Olejniny. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. s. 419. ISBN: 80-7084-043-9.

Fábry, A., Bechyně, M., Blažek, F., Derco, M., Hannich, K., Korda, J., Kovačik, A., Kratochvíl, V., Kurzová, E., Kutina, J., Liška, O., Martínek, V., Schreier, J., Voškeruša, J., Zakopal, J., Zukalová, H. 1975. Řepka, hořčice, mák a slunečnice. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. s. 358.

Fejer, J., Kosek, Z., Majdanová, J., Zehnálek, P. 2010. Šlechtění a odrůdy, in Vašák (ed.), Mák. Český mák a ČZÚ v Praze, Praha, s. 65-89.

Food and Agricultural Organization of the United Nations. [online]. 2016. [cit. 2016-2-14]. Dostupné z <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>.

Gajdaš, V. D., Gurinovič, S. J., Mazur, V. O., Pasičnik, P. K., Moskvič, S. O., Roškovan, V. V., Juchimčuk, G. V. 2002. Mak. Ukraine Akademia Agronomia Nauk. s. 184. ISBN: 9668064001.

Goodle obrázky. [online]. 2016. [cit. 2016-18-2]. Dostupné z <<http://www.o-maku.estranky.cz/clanky/druhy-maku.html>>.

Goodle obrázky. [online]. 2016. [cit. 2016-18-2]. Dostupné z <<http://www.brikli.sk/index.php/vzorky-brikiet/spalitelne-odpady/108-makovina>>.

Goodle obrázky. [online]. 2016. [cit. 2016-18-2]. Dostupné z <<http://www.opium.org/how-does-opium-fund-terrorism.html>>.

Chung, B. 2009. The effect of irrigation on the growth and yield components of poppies (*Papaver somniferum* L.). The Journal of Agricultural Science. 108. s. 389-394.

International Narcotic Control Board. [online]. 2016. [cit. 2016-2-26]. Dostupné z <[http://www.incb.org/documents/Newsletter/INCB\\_Newsletter\\_Issue\\_6.pdf](http://www.incb.org/documents/Newsletter/INCB_Newsletter_Issue_6.pdf)>.

Izosimova, A., Drichko, V., Gaj, R., Schnug, E. 2005. Institute of Plant Nutrition and Soil Science. Federal Agricultural Research Centre. 288. s. 156-173.

Jiang, H., Egli, D. B. 1999. Soybean Seed Number and Crop Growth Rate during Flowering. Alliance of Crop, Soil and Environmental Science Societies. 87. s. 264-267.

Kavka, M. 2000. Standardy zemědělských technologií. MZe ČR. Praha. s. 93-98.

Klabzuba, J., Kožnarová, V. 2007. Possibilities of exploitation of standard climatic characteristics for agrometeorological purposes. Bioclimatology and natural hazards. 23. s. 8-11.

Koetlisi, A. 2013. Influence of soil texture, water management and fertilizer N on the biomass production and antimicrobial properties of *Mentha longifolia* L. (Doctoral dissertation, Stellenbosch) Stellenbosch University.

Kosek, Z., Vlk, R. 2011. Ozimý mák. Sdružení český mák informuje. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2011“. 10. s. 51-53.

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). s. 17-38.

Kumar, B., Patra, N. K. 2010. Genetic analysis of capsule and its associated economic traits in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). Journal of heredity. 101 (5). s. 657-660.

Lohr, V. 2014. Odvrácená strana máku. Sdružení český mák informuje. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2014“. 13. s. 14-18.

Lohr, V. 2015. Mák v roce 2014. Sdružení český mák informuje. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2015“. 14. s. 6-11.

Lohr, V., Kosek, Z., Vlk, R., Cihlář, P. 2012. Mezinárodní symposium o máku 2011 v indickém městě Lákhnau, pěstování máku v Indii. Sdružení český mák informuje. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2012“. 11. s. 71-76.

Mahdavi-Damghani, A., Kamkar, B., Al-Ahmadi, M. J., Testi, L., Muñoz-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). s. 1582-1590.

Mach, J. 2014. Životní fáze máku. Sdružení český mák informuje. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2014“. 13. s. 47-49.

Matyášová, E., Novák, J., Stránská, I., Hejtmanková, A., Skalický, M., Hejtmanková, K., Hejnák, V. 2011. Production of morphine and variability of significant characters of *Papaver somniferum* L. *Plant. Soil and Environment*. 57 (9). s. 423–428.

Mingquan W., Chaoyang W., Wenjiang H., Zheng N., Changyao W. 2015. High-resolution Leaf Area Index estimation from synthetic Landsat data generated by a spatial and temporal data fusion model. *Computers and Electronics in Agriculture*. 115. s. 1-11.

Mottl, V. 2006. Pěstování a ekonomika máku setého. Sdružení český mák informuje. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2006“. 5. s. 17-22.

Mottl, V., Novák, J., Poláková, J. 2010. Ekonomika pěstování máku, in Vašák, J. (ed.), *Mák. Český mák a ČZÚ v Praze*. Praha. s. 23-32.

Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. [online]. 2016. [cit. 2016-2-14]. Dostupné z <<http://www.agronormativy.cz/>>.

Novák, B. H., Hudlický, T., Reed, J. W., Mulzer, J., Trauner, D. 2000. Morphine synthesis and biosynthesis-an update. *Current Organic Chemistry*. 4 (3). s. 343–362.

- Novák, J. 1990. Genetické zdroje *Papaver somniferum* L. a příbuzných druhů. MON. Praha. s. 71. ISBN: 8021300620.
- Nožina, M. 2001. Cesty za opiem. Nakladatelství Lidové noviny. Praha. s. 259. ISBN: 807106534X.
- Parashar, R., Upadhyay, A., Singh, J., Diwedi, S. K., Khan, N. A. 2011. Morpho-physiological evaluation of *Andrographis paniculata* at different growth stages. World Journal of Agricultural Science. 7 (2). s. 124-127.
- Paul, L., Schiff, J. 2002. Opium and Its Alkaloids. American Journal of Pharmaceutical Education. 66. s. 186-194.
- Petri, G., Mihalik, E. 1998. Morphological-Anatomical Aspects in Bernáth, J. 1998. Poppy The Genus *Papaver*. Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles. Harwood Academic Publishers. Amsterdam. s. 352. ISBN: 90-5702-271-0.
- Pšenička, P., Cihlář, P., Hosnedl, V., Vašák, J., Doležalová, J. 2009. Biological and Morphological Characteristics of Spring Poppy, Cultivar Major. Sborník z konference „Prosperující olejniny“. s. 98-103.
- Rodríguez, W. M. 2011. Effects of Elevated CO<sub>2</sub> on Growth, Development, Nutrient Concentration and Insect Performance of Plants Grown at Sub-optimal Temperature. 2011. PhD Thesis. The Ohio State University.
- Shormin, M., Khan, H. A. M., Alamgir, M. 2009. Response of different levels of Nitrogen Fertilizer and Water Stress on the growth and yield of Japanese Mint (*Mentha Arvensis* L.) Bangladesh J. Sci. Ind. Res. 44 (1). s. 137-145.
- Schmidt, S., Skidmore, A. K. 2003. Spectral discrimination of vegetation types in a coastal wetland. Remote Sens. Environ. 85 (1). s. 92-108.

Singh S. P., Yadav H. K., Shukla S., Chatterjee A. 2003. Studies on different selection parameters in opium poppy (*Papaver somniferum*). *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 25. s. 8-12.

Skalický, M., Hejnák, V., Novák, J., Hejtmanková, A., Stránská, I. 2014. Evaluation of Selected Poppy (*Papaver somniferum* L.) Cultivars: Industrial Aspect. *Turkish Journal of Field Crops*. 19 (2). s. 189–196.

Slavík, B., Hejný, S., Čvančara, A., Dvořáková, M., Hrouda, L., Husar, Š., Chrtěk, J., Chrtková, A., Kovanda, M., Kříša, B., Kubát, K., Ložek, V., Moravec, J., Neuhausl, R., Osvačilová, V., Skalická, A., Skalický, V., Slavíková, Z., Smejkal, M., Sutorý, K., Šourková, M., Tomšivic, P., Zelený, V. 1988. *Květena České socialistické republiky* 1. Academia. Praha. s. 560. ISBN: 2106987.

Stránská, I., Skalický, M., Novák, J., Matyášová, E., Hejnák, V. 2013. Analysis of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars: pharmaceutically important alkaloids. *Industrial Crops and Products*. 41. s. 120–126.

Szendrey, K. 2005. The Relative Merits of Different Methods of Producing Opioid Raw Materials. United Nations International Narcotics Control Board. Szeged. s. 24.

Šakamon, I., Labun, P. 2009. Makové Ópium a jeho aktuálna prokukcia vo svete. Sdružení český mák informuje. Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2009“. 8. s. 107-111.

Tavares, L. C., Rufino, C. D. A., Brunes, A. P., Friedrich, F. F., Barros, A. C. S. A., Villela, F. A. 2013. Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrients. *Journal of Seed Science*. 35 (1). s. 28-34.

Tefera, H., Peat W. E. 1997. Genetics of grain yield and other agronomic characters in t'ef (*Eragrostis tef* Zucc Trotter). II. The triple test cross. *Euphytica*. 99 (2). s. 193-202.

Tollenaar, M. 1989. Response of dry matter accumulation in maize to temperature: I. Dry matter partitioning. *Crop Science*. 29 (5). s. 1239-1246.

Uher, J. 2009. Evaluation of the safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm: correlations and divergence for morphological characters 1. Characters of the vegetative stages of plant development. *Agriculture*. 55 (2). s. 111-118.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. [online]. 2016. [cit. 2016-2-26]. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/odrudy/informace-o-odrudach/spolecny-katalog-odrud/zemedelske-rostliny/>>.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. [online]. 2016. [cit. 2016-2-26]. Dostupné z <[http://ec.europa.eu/food/plant/plant\\_propagation\\_material/plant\\_variety\\_catalogues\\_databases/search/public/index.cfm?event=SearchVariety&ctl\\_type=A&species\\_id=246&variety\\_name=&listed\\_in=0&show\\_current=on&show\\_deleted](http://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/public/index.cfm?event=SearchVariety&ctl_type=A&species_id=246&variety_name=&listed_in=0&show_current=on&show_deleted)>.

Vašák, J. 2010. Mák Kolektiv autorů pod vedením Jana Vašáka. Powerprint. Praha. s. 46. ISBN: 9788090401181.

Vašák, J., Kosek, Z. 2001. Mák ve struktuře rostlinné výroby. *Farmář*. 7 (2). s. 26-27.

Virgona, J. M., Farquhar, D. G. 1996. Genotypic Variation in Relative Growth Rate and Carbon Isotope Discrimination in Sunflower Is Related to Photosynthetic Capacity. *Australian Journal of Plant Physiology*. 23 (2). s. 227-236.

Vlk, R., Kosek, Z., Šimek, P. 2010. Výsledky odrůdových pokusů máku ze Společného katalogu odrůd EU. Sdružení Český Mák informuje. Sborník odborných seminářů „mák v roce 2010. 9. s. 20-23.

Vlk, R., Kosek, Z., Šimek, P. 2013. Výsledky odrůdových a fungicidních pokusů u máku. Sborník z konference „Prosperující olejniný“. ČESKÝ MÁK s.r.o. s. 96-97.

Watson, M. L. 1958. Staining of Tissue Sections for Electron Microscopy with Heavy Metals. Rockefeller University Press. 4 (4). s. 475-478.

Watson, D. J., Baptiste, C. D. 1938. A Comparative Physiological Study of Sugar-beet and Mangold with respect to Growth and Sugar Accumulation: I. Growth Analysis of the Crop in the Field. *Annals of Botany*. 2 (6) s. 437-480.

Weid, M., Ziegler, J., Kutchan, T. M. 2004. The roles of latex and the vascular bundle in morphine biosynthesis in the opium poppy, *Papaver somniferum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 101 (38). s. 13957–13962.

Weiss, M., Baret, F., Smith, G. J., Jonckheere, I., Coppin, P. 2004. Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination: Part II. Estimation of LAI, errors and sampling. *Agricultural and Forest Meteorology*. 121. s. 37-53.

Wikipedie otevřená encyklopedie. [online]. 2016. [cit. 2016-18-2]. Dostupné z <[http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1k\\_set%C3%BD](http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1k_set%C3%BD)>.

Yadav H. K., Shukla S., Singh S. P. 2004. Indirect selection response for different economic traits in opium poppy (*Papaver somniferum*). *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*. 26. s. 697-699.

Zehnálek, P., Kraus, P. 2016. Mák setý – jarní. Přehledy odrůd hořčice bílé, máku setého, lnu olejného a kmínu kořeného 2016. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno. s. 88-92. ISBN: 9788074011191.