

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra rostlinné výroby



**Ověření účinnosti látky Hydrogel a hnojiva Duostart v
poloprovozním pokusu v lokalitě Červený Újezd na porost máku
setého**
Bakalářská práce

Autor práce: Petr Spilka
Vedoucí práce: Ing. Pavel Cihlář, Ph.D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma "Ověření účinnosti látky Hydrogel a hnojiva Duostart v poloprovozním pokusu v lokalitě Červený Újezd na porost máku setého" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.4.2017

.....

podpis autora práce

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce – Ing. Pavlu Cihlářovi, Ph.D., za jeho odborné vedení práce, za ochotu zodpovídat veškerým dotazům a za cenné rady, které byli velmi důležité. Dále bych chtěl také poděkovat rodině, která mě při psaní bakalářské práce podporovala.

Ověření účinnosti látky Hydrogel a hnojiva Duostart v poloprovozním pokusu v lokalitě Červený Újezd na porost máku setého.

Souhrn

Výnosové prvky, jako je množství a kvalita semen v tobolkách a obsah alkaloidů v makovině, jsou důležité pro každého pěstitele máku. Tyto výnosové parametry jsou značně ovlivněny půdními a klimatickými podmínkami. Velmi důležitá je vláha, povětrnostní podmínky a obsah živin v půdě. Jedná se především o dusík, fosfor, draslík, síru, vápník a z mikroprvků o bór a zinek. Výnos může být také ovlivněn načasováním agrotechnických zásahů.

Cílem této práce bylo ověření účinnosti látky Hydrogel a hnojiva Duostart aplikované do seťové rýhy spolu s osivem. Za tímto účelem byl proveden poloprovozní pokus v Červeném Újezdě. K založení porostu byl použit secí stroje Farnet Falcon, doplněný speciálním aplikátorem, který do proudu osiva přidává Hydrogel a hnojivo Duostart. Pokus byl proveden ve 4 variantách a 4 opakováních. Jednalo se o varianty s čistým osivem, osivo s hnojivem Duostart, osivo s Hydrogelem a osivo s Hydrogelem i hnojivem Duostart.

V teoretické části je popsána základní charakteristika máku, morfologie rostliny, nároky na prostředí, výživu a hnojení. Další část se zabývá prvky obsaženými v hnojivu Duostart. Je zde popsán mechanismu příjmu živin, jejich význam pro rostliny a konkrétní význam pro mák. V teoretické části je také věnována pozornost vodnímu režimu půd, příjmu vody a živin kořeny rostlin.

V praktické části je popsána metodika pokusu, charakteristika zájmového území a pokusného materiálu. Dále jsou zpracovány výsledky sledovaných parametrů. Sledován byl výnos semen, HTS, hmotnost semen v makovici, počet rostlin na m² a hmotnost suchých kořenů z deseti rostlin.

Klíčová slova: mák, setí, výnos

Verification of the efficacy of the substance Hydrogel and fertilizers Duostart in a pilot experiment in Červený Újezd on the poppy crop.

Summary

Yield components (quantity and quality of the seed stored in capsule, and content of alkaloids in poppy) are important for every poppy grower. These yield parameters are extensively affected by soil and climate conditions. Humidity, weather conditions and nutrient of the soil (for example: nitrogen, phosphorus, potassium, sulphur, calcium, zinc and boron) are very important as well. Timing of agronomic intervention can also affect the yield.

The purpose of this task was the check of efficiency of the substance Hydrogel and fertilizer Duostart, which was applied to the seeding furrow together with seeds. That was the reason for this execution of this pilot experiment in Červený Újezd. Seeding machine Farnet Falcon, which has been completed with special applicator and was added Hydrogel and Duostart to the stream of seed. This experiment has been done four times and in four varieties – just pure seeds, seeds with Duostart, seeds with Hydrogel and seeds with Hydrogel and Duostart.

I described basic characteristic of poppy, morphology of this plant, environmental requirements, nutrition and fertilizing in the theoretic part. The next part deals with elements in Duostart. I described mechanism of nutrient intake, their meaning for plants and specific meaning for the poppy. This part pays attention to water regime of soil, water and nutrient intake by roots.

There is described methodic of pilot experiment, characteristic of the place and experimental material in the practical part. Results of followed parameters are described in this part as well. Yield of crops, HTS, weight of seeds in poppyhead, number of plants per square meter, number of poppyheads per square meter and weight of dry roots of ten plants.

Key words: poppy, seeding, yield

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíl práce.....	9
3. Literární přehled.....	10
3.1. Historie pěstování máku.....	10
3.2. Taxonomie máku.....	10
3.3. Pěstování máku setého.....	10
3.4. Morfologie máku.....	11
3.4.1. Vegetativní orgány.....	11
3.4.2. Generativní orgány.....	12
3.5. Požadavky na prostředí.....	13
3.5.1. Nároky na světlo.....	13
3.5.2. Nároky na teplo.....	14
3.5.3. Nároky na vláhu.....	14
3.5.4. Zařazení v osevním postupu.....	14
3.5.5. Výživa a hnojení.....	15
3.6. Dusík.....	15
3.6.1. Význam pro rostliny.....	15
3.6.2. Příjem rostlinami.....	16
3.6.3. Význam při pěstování máku.....	16
3.7. Fosfor.....	17
3.7.1. Význam pro rostliny.....	17
3.7.2. Příjem rostlinami.....	17
3.7.3. Význam při pěstování máku.....	18
3.8. Síra.....	18
3.8.1. Význam pro rostliny.....	18
3.8.2. Příjem rostlinami.....	19
3.8.3. Význam při pěstování máku.....	19
3.9. Zinek.....	19
3.9.1. Význam pro rostliny.....	19
3.9.2. Příjem rostlinami.....	20
3.9.3. Význam při pěstování máku.....	20
3.10. Vodní režim půd.....	20
3.10.1. Půdní voda.....	20
3.10.2. Půdní vlhkost.....	21
3.10.3. Poutání vody v půdě.....	21

3.10.4. Vododržnost půd.....	21
3.10.5. Hydrogel.....	22
3.11. Příjem vody a živin kořeny rostlin.....	22
3.11.1. Význam vody.....	22
3.11.2. Příjem vody.....	22
3.11.3. Příjem živin.....	23
3.11.4. Vztah mezi příjmem vody a živin.....	23
3.11.5. Vliv nedostatku vody na příjem živin.....	24
3.11.6. Vliv nedostatku živin na vodní provoz rostlin.....	24
4. Metodika.....	25
4.1. Charakteristika výzkumné stanice Červený Újezd.....	25
4.1.1. Základní informace o pokusné lokalitě.....	25
4.1.2. Půdní charakteristika.....	25
4.1.3. Povětrnostní podmínky.....	26
4.1.4. Vývoj počasí ve stanici Červený Újezd v roce 2015/2016.....	26
4.2. Použitá agrotechnika.....	27
4.3. Popis pokusného materiálu.....	27
4.3.1. Odrůda Aplaus.....	27
4.3.2. Mikrogranulované hnojivo Duostart.....	28
4.3.3. Hydrogel.....	28
4.4. Varianty pokusu.....	29
5. Výsledky.....	30
5.1. Výnos semen.....	30
5.2. HTS.....	31
5.3. Hmotnost semen v makovici.....	32
5.4. Počet rostlin na m ²	33
5.5. Hmotnost suchých kořenů.....	34
5.6. Souhrn výsledků.....	35
5.7. Náklady na Hydrogel a hnojivo Duostart.....	35
5.8. Ekonomické vyhodnocení pokus.....	35
6. Diskuze.....	36
7. Závěr.....	38
8. Seznam literatury.....	39
9. Seznam grafů.....	45
10. Seznam tabulek.....	46
11. Seznam příloh.....	47

1. Úvod

Pěstování máku má dlouhodobou tradici. Pěstuje se v mnoha kultivarech, které jsou někdy rozdílné, přizpůsobené a poskytují dobré výnosy ve velmi rozmanitých půdních a klimatických podmínkách. Je to plodina, která poskytuje olejnatá semena, využívaná převážně v potravinářském průmyslu a makovinu, ta se dále zpracovává ve farmaceutickém průmyslu. Kromě toho je mák stejně jako konopí řazen mezi narkotické plodiny, proto se v České republice u ploch těchto plodin zavedla ohlašovací povinnost.

U nás se pěstování máku rozšířilo až na počátku 90. let, kdy došlo kvůli poklesu chovu zvířat ke snížení produkce objemných krmiv a začali se pěstovat více olejniny, zejména řepka a mák. Vzhledem k dobré rentabilitě se počty sklizňových ploch dále zvyšovaly. Největší plochy dosáhla maková pole v roce 2008, kdy bylo oseto 69 793 ha. Kvůli přetlaku na trzích ale došlo k poklesu cen, což vedlo ke snížení počtu ploch. V roce 2012 klesla výměra na 18 363 ha. Od roku 2013 opět plochy máku narůstají. V roce 2015 bylo oseto 32 650 ha a v roce 2016 to bylo 35 543 ha.

Mák je náročná plodina. Velmi citlivě reaguje na půdní podmínky, výživu, a půdní nevyrovnanosti způsobené agrotechnikou. Proto je důležité zařazení v osevním postupu, výběr pozemku, způsob zpracování půdy, setí, výživa a chemické ošetření porostu během vegetace. Také počasí má velký vliv na výnosy, protože mák je citlivý na nedostatek vody. Vláhá je důležitá od vzejití až do rozkvetu, teprve potom se jeho nároky snižují. V posledních letech čím dál častěji nastávají během vegetace období s nedostatkem vláhy, což máku nevyhovuje. Možným řešením by mohla být aplikace Hydrogelu do set'ové rýhy. Hydrogel je půdní sorbent, který má schopnost vstřebávat živiny s vodou a následně je uvolňovat zpět do půdy v období, když je rostlina potřebuje.

Důležitým faktorem při pěstování máku je výživa. Intenzivní výživa má vliv na plnost makovic, velikost semen i obsah morfinu. Důležitou roli při pěstování hraje hnojení dusíkem, nezbytné jsou však také některé mikroprvky. Specifikou máku je náročnost na bór a zinek.

Součástí této práce je pokus, ve kterém se ověřují účinky látky Hydrogel a hnojiva Duostart. Hydrogel by měl zajistit rostlině potřebné množství vláhy a hnojivo Duostart důležité živiny, kterými jsou dusík, fosfor, síra a zinek. Pro mák by měla být ideální kombinace Hydrogelu a hnojiva Duostart aplikované společně s osivem do set'ové rýhy.

2. Cíl práce

Cílem této práce bylo ověření účinnosti látky Hydrogel a hnojiva Duostart v poloprovozním pokusu v lokalitě Červený Újezd na porost máku setého. Hydrogel a hnojivo Duostart byli aplikovány do seťové rýhy spolu s osivem secím strojem Farnet Falcon.

Sledovanými znaky byl výnos semen, HTS, hmotnost semen v makovici, počet rostlin na m² a hmotnost suchých kořenů z deseti rostlin.

3. Literární přehled

3.1. Historie pěstování máku

Mák setý (*Papaver somniferum*) je velmi stará kulturní rostlina nevyskytující se ve volné přírodě jako planě rostoucí. Všeobecně se soudí, že kulturní forma máku vznikla z planého druhu (*Papaver setigerum* DC), který se vyskytuje ve středním a západním Středomoří (Bechyně a Novák, 1987).

Místo a doba objevení máku není přesně stanovena. Jak uvádí Kapoor (1995), v okolí Švýcarského jezera byla mezi archeologickými nálezy doby kamenné nalezena 4000 let stará semena máku a jeho tobolek. Novák (1992) uvádí, že mezi nejstarší historické nálezy máku patří zbytky semen a tobolek objevené ve švýcarských kolových stavbách, v jižní Francii a jinde původem z neolitu. Starověké civilizace v okolí Středomořího moře - Sumerové, Egypťané, Řekové a Římané znali tisíce účinky opia a latexu z máku, a proto je využívali jako léčivo (Baranyk a kol., 2010). Kohout (2007) uvádí, že nejstarší nález máku na území České republiky pochází z Ostrova u Stříbra se stářím přibližně 2800 let, tedy z poslední doby bronzové.

3.2. Taxonomie máku

Baranyk a kol. (2010) uvádí, že mák setý řadíme do čeledi makovitých (*Papaveraceae*), patřící do rodu *Papaver* (mák). Tento rod zahrnuje přibližně 120 druhů. Taxonomicky se třídí do 9 - 10 sekcí (jejich počet není ustálen), které jsou rozlišeny na základě morfologických, fytochemických a karyologických znaků. V České republice rostou kromě máku setého následující druhy: mák vlčí (*Papaver rhoeas*), mák pochybný (*Papaver dubium*), mák Lecogův (*Papaver lecoqui*), mák časný (*Papaver confine*), mák bělokvěť (*Papaver maculosum*) a mák polní (*Papaver argemone*).

3.3. Pěstování máku setého

Novák (1992) uvádí, že podle směru produkce se rozlišují dva základní typy odrůd máku, a to opiový a semenný. Odrůdy opiového máku mají velmi dobře vyvinutý systém cévních svazků, ve floémové části se nacházejí mléčnice s vysokým obsahem alkaloidů v latexu. Tobolky jsou hladké, ve fázi technické (opiové zralosti) pokryté voskovým výpotkem. Podle Vašáka a Vlka (2010) je pěstování opiového máku typické pro Asii, Afganistán, méně i pro latinskou Ameriku. Zneužívá se pro získávání morfinu a heroínu z opia. Legálně se tyto máky pěstují například v

Indii, Číně, pro farmaceutickou produkci opia. Odrůdy máku semenného (olejnatého) mají slaběji vyvinutý systém cévních svazků a latex je podstatně chudší na alkaloidy. Na povrchu jsou tobolky zřetelně hrbolkovité (Novák, 1992). Vašák a Vlček (2010) uvádějí, že tento mák se pěstuje především v Evropě. Využívá se hlavně v potravinářství.

3.4. Morfologie

3.4.1 Vegetativní orgány

Kořenová soustava

Vyvinutou kořenovou soustavu máku tvoří dužnatý, kulový kořen hlavní, s několika silnějšími postranními kořeny. Více slabších postranních kořinek je mělce pod povrchem. Hlavní kořen dorůstá délky 50 - 75 cm, u vysokých odrůd i více. Hmotnost kořenové hmoty představuje přibližně 20 % hmotnosti sušiny celé rostliny (Bechyně a Novák, 1987). Jak uvádí Kutina a Novák (1992), mohutnost kořenového systému závisí také na odrůdě. Dobré zakořenění podporuje dostatek vápníku, vláhy i rané setí. Bechyně a kol. (2010) uvádí, že při bezorebném zpracování je hlavní kořen výrazně zkrácen a větví se na povrchu. Mák je v této technologii citlivější na sucho i přemokření.

Lodyha

Lodyha máku dorůstá u našich odrůd do výšky 1 - 1,8 m. Počet větví je odrůdovým znakem, ale je velmi silně ovlivněn sponem, v němž rostliny pěstujeme. Z hlediska moderní agrotechniky by bylo výhodné získat rostliny, které se vůbec nerozvětvuují. Lodyha máku pod makovicí bývá zcela či vůbec nepokryta štětinkami-ostny. U nás pěstované odrůdy se v tomto znaku štěpí (např. Opal). (Bechyně a kol., 2010).

Listy

Na rostlině máku se rozlišují listy spodní (k prvnímu větvení), střední (v jejich úžlabí vyrůstají listy) a horní (na větvích). Listy bývají poloobjímavé a krátce sbíhavé, někdy zkadeřené (čepel zvlněná). Barva je světlezelená až tmavozelená s šedozeleným až modrozeleným povlakem (voskově ojíňené) s roztroušenými trichomy na žilnatině kultivarů, které mají více nebo méně štětinaté stonky, popř. jsou lysé. Počet listů (nejčastěji 15 - 28) i jejich tvar a velikost závisí na odrůdě, projevuje se i vlivem stanoviště a ročníku. Největší listovou plochu, po vytvoření stonku, má rostlina v době tvorby tobolek (Bechyně a Novák, 1987).

3.4.2. Generativní orgány

Poupata

Poupata máku mívají tvar oválný, podlouhle oválný, vejčitý i opakvejčitý délky 3,3 - 4,3 cm, šířku 1,5 - 2,5 cm (Kutina a Novák, 1992). Bechyně a Novák (1987) uvádějí, že zevní část poupěte tvoří dva lístky kališní, které zúženou bází přisedají ke krčku semeníku a pevně objímají stočené korunní plátky s dalšími částmi květu. V průběhu vývoje jsou níci, bezprostředně před květem se vzpřimují. Poupata jsou lysá, ojediněle s několika trichomy, barva je žlutozelená až zelená.

Květy

Jak uvádí Bernáth (1998), květ máku má dva kališní lístky a čtyři korunní plátky. Zbarvení korunních plátků může být různé. Některé odrůdy mívají květy celé bílé, ale ve většině případů se na bázi korunních plátků objevuje velká skvrna. Je buď světlejší, nebo častěji tmavší než zbývající část korunního plátku. Barva květů bývá růžová, světle nebo tmavě červená, fialová. Korunní plátky mohou být buď celokrajné nebo zubaté, nebo i silně roztřepené. Počet tyčinek se pohybuje od 150 do 250 (Bechyně a kol., 2010).

Tobolka

Tobolka zvaná makovice je připojena kolénkem ke stonku. Má proměnlivý tvar – kulovitý, ledvinovitý, srdčitý nebo vejčitý. Velikost a tvar tobolky jsou znakem genotypu, ale také jsou silně ovlivňovány pěstitelskými podmínkami. Tobolka je lysá, její povrch může být hladký nebo žebrovaný a barva zelená nebo antokyanem zbarvená do hnědofialova. Uvnitř tobolky bývá nejčastěji 9 - 15 neúplných přehrádek, jejich počet je shodný s počtem paprsků blizny. Na přehrádkách se vyvíjejí semena, která jsou již v době žluté zralosti zralá a uvolňují se. Proto je možné mák sklízet již ve žluté zralosti a pak vhodně dosušit (Baranyk a kol, 2010).

Semena

Podle Baranyka a kol. (2010) jsou semena máku ledvinovitá, dlouhá 1 - 1,5 mm. Barva semen je nejčastěji modrá, mohou ale být v různých barevných odstínech od lehce nažloutlých přes světle žlutá, červená, okrová, hnědá, fialová, modrá až šedá a černá. Bechyně a kol. (2010) uvádí, že povrch semena je drsný, a tím zvyšuje přilnavost práškovitých ochranných prostředků a také vody. Průměrná HTS (hmotnost tisíce semen) se pohybuje okolo 0,5 g. Obsah oleje v semenech je v rozmezí 40 - 45 %, vyšší obsah oleje mají bělosemenné typy máku. Olej je linolového typu, obsahuje přibližně 70 % kyseliny linolové, 10 % kyseliny palmitové a 10 % kyseliny olejové. Jiné mastné kyseliny jsou v oleji zastoupeny jen minimálně (Baranyk a kol., 2010).

3.5. Nároky na prostředí

Bechyně a Novák (1987) uvádějí, že mák nemá vcelku zvláštní požadavky na prostředí a lze jej u nás s úspěchem pěstovat zejména v řepařské a bramborářské oblasti. Naopak nevhodné jsou lehké půdy nížin, jako je řepařsko-žitný podtyp, či naopak studené a mokré podmínky bramborářsko-ovesného subtypu a v horském výrobním typu nebo v aridních podmínkách kukuřičné oblasti (Bechyně a kol., 2010).

Nejlépe mu vyhovují nezaplevelené pozemky se středně těžkými, hlubokými, hlinitými až hlinitopísčitymi půdami, dostatečně provzdušněnými a strukturními. Mladým rostlinkám, zvláště při vzcházení, velmi škodí půdní škraloup, a proto by se mák neměl pěstovat na půdách se sklonem ke kornatění. Mák velmi citlivě reaguje na nevyrovnanosti a odchylky v půdě, výživě a na povětrnostní podmínky. Proto jsou občas výnosové výsledky v jednotlivých ročnících značně odlišné (Bechyně, 1993). Jak uvádí Bechyně a kol. (2010), při výběru ploch pro pěstování máku je vhodné volit polohy chráněné proti větrům. V polohách vystavených častým větrům se rostliny vyvrací. Nevhodné jsou také polohy uzavřené a nadměrně vlhké.

Vaněk a kol. (2007) uvádí, že mák také vyžaduje příznivé pH půdy. Podle půdního druhu by se pH mělo pohybovat v rozmezí 6,2 - 6,5 s tím, že na lehčích půdách mohou být hodnoty nižší, ale na těžších půdách hodnoty pH až okolo 7. Na takových půdách je zajištěn příznivý průběh biologických, chemických i fyzikálně-chemických procesů, příjem živin i dostatek vápníku pro rostliny. To potvrzuje i Kapoor (1995) a uvádí, že pro mák je ideální hodnota pH 7.

3.5.1. Nároky na světlo

Jak uvádí Baranyk a kol. (2010), mák je dlouhodobá rostlina s výraznou reakcí na délku dne. Je světlomilný, nedostatek světla rostliny oslabuje. Bechyně a kol. (2010) uvádí, že při nedostatku světla se prodlužuje výška, sníží se konkurenční schopnost vůči plevelům i výnos semene a alkaloidů v makovicích. Zastínění květů má nepříznivý vliv na výnos, protože zastíněné květy a vyvíjející se tobolky vytvářejí drobná semena a při silném zastínění nemusí vytvořit semena vůbec (Bechyně, 1993). Bechyně a Novák (1987) uvádějí, že dostatečné sluneční ozáření je známkou 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. Osvětlení ovlivňuje především sponu rostlin, zvětšování sponu kladně působí ve všech směrech na růst a vývoj rostliny a na faktory výnosu a jeho kvality do určité míry (okolo 50 rostlin na 1 m²) (Kutina, 1992).

3.5.2. Nároky na teplo

Bechyně (1993) uvádí, že nároky na teplo se během vegetace mění. Zpočátku, do nástupu rychlého růstu, snáší rostliny nízké teploty. Semeno klíčí již při teplotě 3 - 4 °C, a proto se může vysévat již koncem února a v březnu. Mladé vzcházející rostliny snášejí mráz -3 až -4 °C a hynou při -6 až -8 °C (Kutina, 1992). Bechyně a Novák (1987) uvádějí, že s nástupem rychlého růstu stonku se odolnost vůči nízkým teplotám rapidně snižuje. V dalších fázích růstu je mák již na teplo náročný.

3.5.3 Nároky na vláhu

Podle Baranyka a kol. (2010) je mák velmi citlivý na rovnoměrné a dostatečné zásobení vodou v průběhu celé vegetace. Sucho v období vzcházení může hlavně u pozdě setých porostů způsobit problémy při vzcházení a bývá nejčastěji příčinou zaorávek porostů. Při klíčení přijímá semeno tolik vody (91 %), kolik samo váží. Vyklíčená rostlina vyžaduje vláhu, jinak zaschne. Nadbytek vody však může způsobit napadení klíčku houbovými chorobami. (Kutina, 1992). Bechyně (1993) uvádí, že při jarním výsevu se celková potřeba vody během vegetace odhaduje na 250 - 300 l na 1m³, při podzimním výsevu se o 50 l ještě zvětšuje. Nedostatek vody je tedy významným a negativním limitem produkce máku. Řešením by mohlo být setí ozimého, případně i jarního máku na podzim. Tady ovšem vzniká riziko vyzimování. Další možností ochrany proti suchu je zlepšení kvality osiva. To znamená využívat osivo z podzimního množení, mořené, kalibrované, inkrustované těsně před setím sorbenty (Bechyně a kol., 2010).

3.5.4. Zařazení v osevním postupu

Jak uvádí Baranyk a kol. (2010), mák v osevním postupu má po sobě následovat za pět let. Nejvhodnější místo v osevním postupu je po předplodině hnojené hnojem nebo po luskovině. V některých oblastech, kde se pěstuje cukrovka, bývá mák často řazen po ní. Cukrovka je pro mák velmi vhodná předplodina, ale mohou zde nastat problémy s utužením, které je způsobenou těžkou mechanizací. Mák velmi často řadíme po obilnině nebo kukuřici, protože působí jako vhodný přerušovač obilných sledů. Ale po těchto plodinách je nutno dát pozor na rezidua triazinů, sulfonylmočovín a trifluralinu, protože mák je těmito látkami velmi poškozován. Nevhodnou předplodinou je řepka. Velké obtíže jsou s likvidací výdrolu a také jsou nebezpečná rezidua herbicidů, které se do řepky používají. Dalším problémem může být hlízenka, která napadá mák i řepku.

3.5.5. Výživa a hnojení

Podle Havelky (1984) je mák plodinou velmi náročnou na živiny. Má však poměrně slabě vyvinutý kořenový systém, čímž je dána i jeho omezená osvojovací schopnost pro živiny. Z toho vyplývá, že mák vyžaduje živiny nejen v dostatečném množství, ale i v lehce přijatelných formách. Záporné vlivy nevhodné agrotechniky máku nelze kompenzovat zvýšenými dávkami průmyslových hnojiv.

Škarpa a kol. (2013) uvádí, že na výnos jedné tuny semen a odpovídající množství makoviny odčerpá porost v průměru 70 kg N, 26 kg P, 90 kg K, 79 kg Ca, 15 kg Mg, 18 kg S, 0,11 kg B, 0,2 kg Zn a 0,34 kg Mn.

K dosažení požadovaných výnosů a kvality je nutné se postarat o dostatečný výživný stav rostlin v průběhu celé vegetace (Lošák a kol., 2005). Jak uvádí Cihlár a kol. (2010), čerpání živin v průběhu vegetace závisí na růstu a vývoji rostliny a ekologických podmínkách. Z nichž jsou nejdůležitější srážky, teploty a jejich rozdělení. Podle Bechyně (1993) je při hnojení vždy nutné zachovávat poměrné zastoupení živin. Například jednostranná výživa dusíkem je velmi nebezpečná. Přehnojené porosty snadno poléhají, nerovnoměrně a dlouho kvetou a dozrávají.

Základem ve výživě máku je vyvážený obsah mikro a makro prvků v půdě i rostlině, což se příznivě odráží jak na výnosu, tak na kvalitě produkce (Costes a kol., 1976). Neuberger (1990) uvádí, že na rozdíl od makroživin, které jsou v rostlinných organismech větším dílem stavebními prvky, spočívá úloha mikroživin v účasti na procesech regulace jednotlivých fyziologických, především enzymatických procesů. Jejich odčerpání sklizní je relativně malé, ale v případě nedostatku je jejich negativní vliv na tvorbu výnosu značný. Jak uvádí Škarpa a kol. (2012), příjem mikroelementů je závislý na jejich zastoupení v půdní zásobě a na půdních vlastnostech. Z tohoto důvodu je při aplikaci mikrobiogenních živin vhodnější upřednostňovat mimokořenovou výživu.

Schreier (1992) uvádí, že mák je ze všech zemědělských plodin nejcitlivější na obsah bóru. Při čerstvém vápnění půd se pro rostliny stává méně přijatelný a je nezbytné jeho přihnojení. Z dalších mikroelementů se ukázal jako významný zinek. Projevil se také příznivý vliv molybdenu při dávce 30 g na 1 ha.

3.6. Dusík

3.6.1. Význam pro rostliny

Vaněk a kol. (2007) uvádí, že dusík s uhlíkem představují nejvýznamnější prvky v koloběhu živin v přírodě. Rozhodující postavení mají ve všech živých soustavách a značný vliv na životní

prostředí. Dusík je nepostradatelnou živinou nejen pro rostliny, ale také pro všechny živé organismy, včetně půdních mikroorganismů. Je součástí aminokyselin, bílkovin, amidů, nukleových kyselin, chlorofylu, enzymů, heterocyklických sloučenin a dalších biologicky aktivních látek. Dusík ovlivňuje růst rostlin a příjem dalších iontů. Při jednostranné výživě NO_3^- je u rostlin zvýšená tvorba organických aniontů, a tím je zvýšen příjem některých kationtů, například K^+ , Ca^{2+} a Mg^{2+} . Dusík obsažený v bílkovinách a enzimech zlepšuje příjem vody a živin kořeny rostlin.

3.6.2. Příjem rostlinami

Rostliny dusík přijímají ve formě kationtu amonného (NH_4^+) nebo aniontu nitrátu dusičnanového (NO_3^-). V kyselém prostředí převažuje příjem NO_3^- , v neutrálním až alkalickém prostředí se příjem obou iontů vyrovnává, nebo je vyšší příjem NH_4^+ . Příjem jednotlivých iontů je také ovlivněn teplotou nebo příjmem ostatních iontů (Vaněk a kol., 2007).

Příjem nitrátů kořeny a jeho následná redukce a asimilace představují hlavní způsob, jímž je anorganický dusík přeměňován na organický. Rostliny vytvořily řadu regulačních mechanismů, jimiž je příjem dusíku řízen víceméně v souladu s potřebami rostliny, určenými rychlostí jejich růstu. V celém procesu utilizace dusíku se jeví jako limitující redukce nitrátů nitroreduktázou, která je regulována především množstvím přijatého nitrátu. Z toho vyplývá, že základní kontrola asimilace dusíku je hned na úrovni příjmu nitrátů kořeny. Výše uvedenou potřebu rostlin lze definovat jako takové množství dusíku, které je potřeba pro zajištění růstu (produkce biomasy) odpovídajícího množství dostupných nebo vytvářených asimilátů. Rychlost příjmu nitrátů obvykle nedosahuje maximální možné rychlosti, jíž se vyznačují kořeny. To znamená, že kontrola příjmu nitrátů je spíše negativní v tom smyslu, že je řízena na nižší než možnou úroveň (Nátr, 1998).

3.6.3. Význam při pěstování máku

Yadav a kol. (1984) uvádí, že výživa dusíkem je rozhodující při pěstování máku. Důležitá je dávka, forma a termín aplikace. To potvrzuje i Baranyk a kol. (2010) a uvádí, že hnojení dusíkem je důležitým opatřením a rozhoduje o výnosu semene a jeho kvalitě. Podle Bechyně (1993) mohou být výnosy značně ovlivněny jeho nedostatkem, ale také i jeho nadměrou. Nadměrná aplikace dusíku je pro mák nebezpečná tím, že rostliny snaze poléhají a dochází k nerovnoměrnému kvetení a dozrávání, což může způsobit pokles konečného výnosu. Baranyk a kol (2010) uvádí, že u odrůd pěstovaných na produkci morfinu může dusíkatá výživa stimulovat obsah tohoto alkaloidu.

Schreier (1992) uvádí, že nároky máku na dusík se projevují krátce po vzejití a trvají ve

zvýšené míře do vzniku základů generativních orgánů (asi 30 dní po vzejití). Hnojení je proto vhodné rozdělit na základní hnojení a přihnojení během vegetace (Škarpa a kol., 2013). Lošák a Richter (2004) uvádějí, že dělená aplikace dávky N se uplatnila především u výnosu semen a to zvýšením o 25 % oproti jednorázové dávce. Cihlár a kol. (2010) uvádí, že pro hnojení před setím je důležité správně určit jeho základní dávku. Ta by měla být zapravena do půdy v minerálních hnojivech s dostatečným časovým předstihem před obdobím nejvyšší potřeby rostlin. Dávka dusíku, aplikovaná před setím, by neměla přesáhnout 40 kg N/ha. Dávku dusíku můžeme v průběhu vegetace upravit podle anorganických rozborů provedených ve fázi listové růžice nebo stonkování. Při sníženém obsahu dusíku a optimálních hladinách ostatních živin dodáme 20-30 kg N/ha. Dohnojení N v pozdějších fázích vegetace vede k lepšímu využití dusíku rostlinami, dále také ke zvýšení výnosu a stabilizaci morfinu v makovině (Cihlár a kol., 2010).

Bechyně (1993) uvádí, že nedostatek dusíku se pozná podle světlezelené barvy rostlin, které mají úzké listy přitisklé ke stonkům. Rostliny se omezeně vyvíjí a špatně rostou. Je snížen počet semen v tobolce, HTS a také se snižuje obsah morfinu v makovině (Cihlár a kol., 2010).

3.7. Fosfor

3.7.1. Význam pro rostliny

Nátr (1998) uvádí, že fosfor je součástí mnoha významných sloučenin. Jsou to zejména fosfolipidy jako složka membrán, fosforylované sacharidy a bílkoviny, deoxyribonukleová a ribonukleová kyselina, adenyláty (NAD^+ , NADP^+) a sloučeniny ADP a ATP. Fosfor je důležitou součástí systémů zabezpečující přenos signálů na mezibuněčné i vnitrobuněčné úrovni. Je také významný v reakcích souvisejících s využíváním a přeměnou energie.

Vaněk a kol. (2012) uvádí, že pro rostliny je významná úloha fosforu při zakládání květů. Dostatek fosforu je dobrým základem pro větší květenství, větší počet květů, kvítků a tvorby semen.

3.7.2. Příjem rostlinami

Vaněk a kol. (2007) uvádí, že fosfor je přijímán rostlinami ve formě aniontů kyseliny trihydrogenfosforečné, převážně ve formě H_2PO_4 a HPO_4^{2-} . Rostliny mohou fosfor přijímat i při velmi nízké koncentraci v půdním gradientu. Příjem fosforu je aktivní proces, který vyžaduje dostatek energie. Zásobárnou této energie jsou makroergické vazby v ATP, které se uvolňují pomocí enzymu ATPasy. Vytvoření bohaté kořenové soustavy je důležitým

předpokladem pro příjem fosforu. Pro příjem fosforu rostlinami působí příznivě dostatečná vlhkost půdy, příznivá pH (5,5 - 7), dostatek organických látek v půdě a také přiměřený obsah přijatelného P v půdě (40 - 80 ppm P). Vaněk a kol. (2012) uvádí, že přijatý minerální P je rychle zabudován do organických sloučenin a transportován do míst jeho nejvyšší potřeby, a to do mladých listů, vegetačního vrcholu, poté do květů a semen. Proto generativní orgány a semena vykazují nejvyšší obsah fosforu.

3.7.3. Význam při pěstování máku

Fosfor spolu s draslíkem podporuje odolnost rostlin máku proti polehání tím, že zvyšuje pevnost stonků (Bechyně, 1993). Jak uvádí Havelka (1984), při dostatečné výživě fosforem a draslíkem mají listy větší odklon od lodyhy, což může mít vliv na zvýšení asimilace. Fosfor spolu s dusíkem příznivě ovlivňují velikost poupat i počet semínek v květu. Fosfor má zásadní význam pro oplodnění máku a vývoj semen. Tomar a kol. (1994) uvádí, že fosfor u máku pozitivně ovlivňuje hmotnost rostlin, velikost listové plochy, počet tobolek a výnos semene. Cihlár a kol. (2010) uvádí, že dávky hnojení se určují podle předpokládaného výnosu a obsahu přístupných živin v půdě. Při výběru hnojiv se preferují ta, která obsahují v převážné míře vodorozpustnou formu, protože mák je z počátku vegetace na fosfor velmi náročný. Podle Baranyka a kol. (2010) zapravíme fosforečná hnojiva do půdního profilu na podzim nebo při jarní předseťové přípravě.

Podle Cihláře a kol. (2010) se nedostatek fosforu projevuje omezeným růstem kořenů a pomalejším vývinem rostlin. Narušen je energetický metabolismus rostliny a tím se snižuje její hmotnost, listy jsou menší a zvyšuje se riziko poléhání. Tyto jevy se promítají do velikosti poupat a je snížen počet tyčinek v květu. Vizuální příznaky nedostatku fosforu nejsou zpravidla obvyklé, objevují se spíše skryté příznaky nedostatku.

3.8. Síra

3.8.1. Význam pro rostliny

Fecenko a Ložek (2000) uvádějí, že síra má nezastupitelnou roli při tvorbě bílkovin. Podílí se na tvorbě disulfidických můstků při syntéze aminokyselin, hlavně cysteinu a methioninu. Vaněk a kol. (2012) uvádí, že síra je složkou organických látek, jako jsou isothiokyanáty nebo glukosinoláty. Dále aktivuje enzymové systémy, například redukci nitrátů.

Richter a kol. (2009) uvádí, že síra má značnou fyziologickou úlohu při adaptaci rostliny na stresové podmínky. Zvláště glutation chrání rostlinu před stresem a oxidanty, jeho hladina je v

přímém vztahu odolnosti rostlin proti stresu, který může být způsoben suchem, nízkou teplotou, těžkými kovy, UV radiací, úrovní výživy sírou aj. Vedle toho i další sloučeniny síry mohou hrát významnou roli ve zvýšené odolnosti rostlin proti rostlinným patogenům a pesticidům.

3.8.2. Příjem rostlinami

Podle Marschnera (1995) je síra přijímána ve formě SO_4^{2-} . Vaněk a kol. (2007) uvádí, že vlastní příjem je poměrně málo ovlivňován ostatními ionty v půdním roztoku a půdními vlastnostmi. Rozhodující je obsah aniontu v půdě, kam se dostává z hnojiv, z ovzduší spadem a z půdních zásob. Síra se v půdě postupně uvolňuje z méně rozpustných sloučenin, včetně organických, a je oxidována až na sírany, které jsou hlavním zdrojem síry pro rostliny. Jak uvádí Nátr (1998), metabolismus, distribuce a transport síry v rostlinách jsou poznávány jen částečně. Příjem síry kořeny rostlin je inhibován příjmem selenu, který ale v metabolismu nemůže síru nahradit.

3.8.3. Význam při pěstování máku

Jak uvádí Richter a Lošák (2004), při výnosu 1t z hektaru odčerpá mák 18 kg síry. Podle Cihláře a kol. (2010) síra pozitivně působí nebo stabilizuje obsah morfinu v makovině. Při nedostatku síry je omezeno využití dusíku, snižuje se obsah oleje a je zhoršen zdravotní stav rostlin. To potvrzuje i Schnug (1993), který uvádí, že nedostatek síry je příčinou nižšího využití dusíku. Schnug (1991) uvádí, že každý kilogram S, který omezuje růst rostlin, vede ke ztrátám dusíku v rozmezí 4 – 15 kg. Schnug (1993) uvádí, že síra by měla být spolu s dusíkem aplikována na jaře, protože při podzimní aplikaci by mohlo dojít během zimy k vyplavení.

3.9. Zinek

3.9.1 Význam pro rostliny

Jak uvádí Reddy a kol. (1995), na dostatku zinku jsou závislé desítky enzymů. Vázaný zinek je součástí alkoholdehydrogenázy, RNA-polymerázy a karbonátdehydratázy. Zinek ovlivňuje aktivitu mnoha enzymů glycidového metabolismu, včetně Rubisco a je důležitý při syntéze bílkovin i fotosyntetických pigmentů. Velký význam má tento prvek pro zachování struktury biomembrán a pro detoxikaci reaktivních forem kyslíku (Rehman a kol., 2012).

3.9.2. Příjem rostlinami

Shuman a Welch (1991) uvádějí, že zinek je rostlinami přijímán jako Zn^{2+} . Na jeho příjem má vliv pH a množství fosforu v prostředí. Nedostatek zinku může být vyvolaný vysokými hodnotami pH. Podle Vaňka a kol. (2007) byl zaznamenán nedostatek Zn po hnojení vyššími dávkami P (většinou tzv. předzásobní hnojení). Zvýšené množství P v půdním roztoku zřejmě krátkodobě sníží rozpustnost Zn a vytvářejí se nerozpustné fosforečnany zinečnaté. Vyšší obsah P omezuje pohyb Zn v rostlině, hlavně jeho transport do vegetačních vrcholů. Proto je v rostlinách důležitý nejen obsah Zn, ale i vzájemný poměr P a Zn. Při vyšším obsahu P by měl být i vyšší obsah Zn a naopak. Podle Marschnera (1995) se při absenci zinku nebo jeho nízké koncentraci zvyšuje příjem fosforu, který se následně hromadí v listech a působí toxicky.

3.9.3. Význam při pěstování máku

Podle Cihláře a kol. (2010) je zinek nepostradatelný pro tvorbu růstových látek, které podmiňují dlouhivý růst. Při výnosu 1t semene z hektaru odčerpá mák 0,2 kg zinku. Dobrý obsah zinku je potřeba zajistit do fáze tvorby malých pupat. Zinek se aplikuje ve formě listových hnojiv. U máku zinek také pozitivně ovlivňuje vznik pylových tetrad, tím přispívá k lepšímu opylování a tvorbě semen.

3.10. Vodní režim půdy

3.10.1 Půdní voda

Z hlediska pěstování zemědělských plodin má největší význam ta část podpovrchové vody, která se nachází v dosahu kořenové soustavy pěstovaných zemědělských plodin a kterou označujeme termínem půdní voda (Hrádek a Kuřík, 2008). Podle Bedrny (1984) se voda v půdě může vyskytovat v tuhém (sníh), plynném (vodní pára) nebo kapalném stavu (půdní roztok, podzemní voda). Podle Ledviny a kol. (2000) je nejvýznamnější voda kapalná, která působí svými dispergačními, rozpouštěcími, hydrolytickými a translokačními účinky. Jak uvádí Bedrna a kol. (1989), půdní voda intenzivně ovlivňuje řadu fyzikálních, chemických a biotických půdních reakcí a procesů, jako je růst a vývoj rostlin. Podle Kutílka (1966) půdní voda ovlivňuje transport látek v půdním profilu, ovlivňuje tepelný režim půd a objemové změny. Zabezpečuje také transport živin do rostliny pohybem půdní vody v půdě a z půdy do rostliny. Podle Hrádka a Kuříka (2008) musí být půda schopna přijmout srážkovou vodu, zabezpečit přítok vody do kořenové zóny, akumulovat a udržet vodu, umožnit pohyb půdní vody ke kořenům pěstovaných rostlin a zabezpečit, aby se v kořenové zóně pěstovaných rostlin vždy

nacházelo požadované množství půdního vzduchu. Dále musí mít půdní voda schopnost rozpouštět a transportovat rostlinné živiny z místa jejich aplikace (z místa jejich výskytu) ke kořenům rostlin a to takovou rychlostí a v takovém množství, které odpovídá požadavkům pěstované plodiny.

3.10.2. Půdní vlhkost

Jak uvádí Bedrna (1984), půdní vlhkost vyjadřuje momentální obsah vody v půdě. Půdní vlhkost udáváme nejčastěji v procentech vody obsažené v půdě. Podle Ledviny a kol. (2000) je dána poměrem hmotnosti nebo objemu půdní vody k hmotnosti nebo objemu vysušené půdy. Bedrna (1984) uvádí, že čím je vlhkost půdy vyšší, tím méně je voda poutána v půdě a o to snadněji ji mohou rostliny přijímat svými kořeny.

3.10.3. Poutání vody v půdě

Ledvina a kol. (2000) uvádí, že na vodu v půdě působí různé síly. Jde především o síly v souhrnu označované jako síly matriční, které jsou podmíněny zvláštnostmi vztahů mezi pevnou fází půdy a vodou. Zahrnují různé adsorpční síly, které působí mezi pevným povrchem půdních částic a vodními molekulami (van der Waalsovy síly, vazba vodíkovými můstky na kyslíkové ionty pevného povrchu, kapilární síly meniskové, síly vyplývající z difuze iontů v elektrické dvojvrstvě). Dále k nim patří síly podmíněné volnými ionty v půdní vodě, tlakové síly zahrnující hydrostatický tlak a tlak vzduchu atmosférického a uzavřeného v půdních pórech.

Dynamika půdní vody je určována jejím energetickým stavem, který je označován jako potenciál. Potenciál představuje práci, která je potřebná k přemístění jednotky vody z daného bodu silového pole do jiného vně ležícího bodu. Voda se pohybuje z místa s vyšším potenciálem do místa s potenciálem nižším, rovnováha předpokládá vyrovnaný potenciál na všech místech (Ledvina a kol., 2000).

3.10.4. Vododržnost půd

Jak uvádí Demo a Bielek (2000), vododržnost je schopnost půdy omezovat pohyb vody, tedy jí zadržovat. Nejvyšší vododržnost charakterizuje maximální polní vodní kapacita. Tato veličina udává to množství vody, které je půda schopna při plném nasycení delší čas udržovat při vyloučení výparu a kapilárního přítoku z podzemních vod. Pro vododržnost je důležitá schopnost poskytovat vodu kořenové soustavě nebo organismům žijících v půdě (Hraško a Bedrna, 1988).

3.10.5. Hydrogel

Zohuriaan-Mehr a Kabiri (2008) uvádějí, že hydrogely neboli superabsorpční polymery, jsou hydrofilní síťované materiály. Jsou schopny zadržet velké množství vody nebo vodných roztoků. V zemědělství se uplatňují tak, že slouží k retenci vody a uvolňování živin.

Jak uvádí Pattanaik a kol. (2015), hydrogel je půdní kondicionér, schopný udržet vodu a rostlinné živiny. Hydrogel uvolňuje vodu a živiny pro rostliny v době, kdy půda v blízkosti kořenové zóny začíná vysychat. Akhter a kol. (2004) uvádí, že hydrogel může zlepšit vzcházení a růst rostlin, zejména pak v suchých oblastech.

3.11. Příjem vody a živin kořeny rostlin

3.11.1. Význam vody

Kincl a Krpeš (2000) uvádějí, že voda patří mezi nejdůležitější faktory prostředí. Nezbytná je pro životní procesy rostlin, protože za účasti vody probíhají všechny biologické procesy. Je také univerzálním rozpouštědlem anorganických a některých organických látek, dále je složkou makromolekul a celé buňky. Voda patří mezi důležité faktory, které ovlivňují tepelný režim rostlin. Rostlině poskytuje důležité prvky, jako je vodík a kyslík, proto je tedy stavebním materiálem rostliny. Jak uvádí Waraich a kol. (2011), voda je nejdůležitější složkou života pro lidi i rostlinnou výrobu. Omezené zásobování vodou je jedním z hlavních abiotických faktorů, které negativně ovlivňují rostlinnou výrobu po celém světě. Stres suchem má vliv na fyziologii a růst rostlin. To potvrzuje i Zobayed a kol. (2005), který uvádí, že vodní stres může vést ke snížení růstu a také ke zpomalení biochemických reakcí v rostlině.

3.11.2. Příjem vody

Podle Procházky a kol. (2002) jsou hlavním místem vstupu vody z vnějšího prostředí do rostliny kořeny. Nejaktivnější zóna příjmu vody u mladých kořenů leží asi 10 – 50 mm od kořenové špičky, tedy v místě, kde dochází k největší tvorbě kořenových vlásků. V této části kořene již bývají dokonale vyvinuty vodivé elementy xylému. U starších kořenových částí sorpční aktivita klesá hlavně v důsledku subernizace povrchových pletiv. Avšak i u těchto kořenových částí je vzhledem k jejich velikosti příjem dosti významný. Kořenové vlásky se výrazně podílejí na zvětšení sorpčního povrchu kořenů i na zvětšení objemu půdy, který může celá kořenová soustava využívat. Díky svým rozměrům jsou schopny pronikat i do velmi malých pórů v půdních strukturách, ve kterých se v suché půdě nejdéle udržují zbytky vody. Do kořenů je možný příjem půdní vody tehdy, když je vodní potenciál půdního roztoku vyšší

než vodní potenciál vody v kořenech. Rychlost příjmu závisí na velikosti vodních potenciálů, dále na hydraulické vodivosti kořenových pletiv v příčném (radiálním) směru – od epidermis ke xylému.

Gregory (2006) uvádí, že příjem vody kořeny rostlin je také závislý na hloubce pronikání kořenů. V nejhlubších vrstvách nenastává příjem okamžitě, ale až při nedostatku vody ve svrchní části půdního profilu. Příjem vody je zároveň ovlivněn růstem a stářím kořenů, dále i rozdílnými agroklimatickými podmínkami.

3.11.3. Příjem živin

Vaněk a kol. (2012) uvádí, že rostliny přijímají převážnou část živin svými kořeny z vodných roztoků. Živiny jsou přijímány ve formě kationtů, např. K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} aj. nebo ve formě aniontů, např. NO_3^- , Cl^- , SO_4^- , $H_2PO_4^-$, MoO_4^{2-} aj. Samotný příjem živin kořeny rostlin lze rozdělit do několika fází. Přesun živin do bezprostřední blízkosti kořenů, jejich průnik do volného prostoru buněk, vstup živin do vnitřní části buněk kořenů a transport živin v rostlině. Nátr (1998) uvádí, že příjem živin rostlinou z půdního roztoku probíhá vesměs proti koncentračnímu spádu. V kořenech jsou živiny transportními bílkovinami přeneseny přes plazmalemu, dále jsou vloženy do xylému v listech a poté znovu převedeny obdobnými bílkovinnými přenašeči do symplastu mezofylových buněk.

3.11.4. Vztah mezi příjmem živin a vody

Důležitými faktory, které významně ovlivňují tvorbu rostlinné biomasy, jsou dostupnost vody a minerálních živin. Při nedostatku dochází ke zpomalení nebo zastavení růstu a je narušen vývoj rostlin (Marschner, 1995).

Jak uvádí Li a kol. (2009), pro příjem živin je důležitý jejich vzájemný vztah s vodou. Účinné hospodaření s vodou může zvýšit dostupnost živin a jejich pohyb v půdě. Voda ovlivňuje pohyb minerálních živin z půdy do kořenů a z kořenů do nadzemních částí rostlin. Je-li k dispozici menší množství vody, plodiny mohou obtížněji využívat živiny, pakliže je zásobení vodou dostatečné, účinnost živin se zvýší. Vzájemný vztah vody a živin závisí také na čase aplikace hnojiva a vody. V různých fázích růstu může být různé vzájemné působení.

Gregory (2006) uvádí, že příjem živin a růst ovlivňuje voda tím, že svými fyzikálními vlastnostmi udržuje tlak v rostlinných buňkách.

3.11.5. Vliv nedostatku vody na příjem živin

Jak uvádí Gloser (2008), nedostatek vody v půdě ovlivňuje příjem živin tak, že jsou živiny v půdě méně dostupné pro příjem kořeny, dále ovlivňuje transportní procesy na úrovni membrán kořenových buněk. Snížené množství vody v půdě vede ke zpomalení procesů, při kterých dochází k uvolňování živin z vazeb, ve kterých jsou živiny pro rostliny nedostupné. Příkladem je zpomalení mineralizace organické hmoty. Při nedostatku vláhy je výrazně ovlivněn pohyb iontů v půdním roztoku. Voda je silněji vázána v pórech malého průměru, to způsobuje zpomalení pohybu vody jak vlivem gravitace, tak i hromadným tokem ke kořenům. Při nedostatku půdního roztoku je zpomalen i pohyb půdních iontů difuzí.

3.11.6. Vliv nedostatku živin na vodní provoz rostlin

Vodní provoz rostlin je ovlivněn chronickými nedostatky některých minerálních živin. Například deficit hořčíku způsobuje narušení průduchové regulace, a to vede k celkovému snížení odolnosti proti stresu suchem. Dalším prvkem, jehož nedostatek způsobuje odolnost proti vodnímu stresu, je draslík. Při poklesu dostupnosti živin dochází ke zpomalení transpirace a prodloužovacího růstu. Mechanismy, které způsobují tyto změny, zahrnují jak chemické, tak i hydraulické signály (Gloser, 2008).

4. Metodika

4.1. Charakteristika výzkumné stanice Červený Újezd

4.1.1. Základní informace o pokusné lokalitě

Poloprovozní pokus byl založen na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze v Červeném Újezdě, okres Praha západ. Stanice se nalézá na rozhraní okresů Kladno a Praha západ, přibližně 25 km od Prahy. Zeměpisné údaje: 50°04' zeměpisné šířky a 14°10' zeměpisné délky.

4.1.2. Půdní charakteristika

Zájmové území má 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 se v důsledku větší štěrkovitosti a tím rychlého zásaku projevuje vyšší vysýchavost v půdním profilu.

Sledované 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), popřípadě černozem luvickou (při silnější illimerizaci) a hnědozemě pseudoglejové.

Ornice je šedohnědá, hlinitá, s drobtovitou strukturou. Její hloubka se pohybuje v rozmezí 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. Biologická aktivita a prokořenění je střední.

Na pozemcích, kde byli založeny pokusy převažuje BPEJ 4.10.00.

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

Sorpční kapacitu má půda střední až vysokou, sorpční komplex je plně nasycen. Obsah

humusu je střední a půdní reakce neutrální. Obsah P a K je střední až dobrý, průměrné hodnoty Nmin v předjaří činí 15,7-29,1 ppm.

4.1.3. Povětrnostní podmínky

Pokusné stanoviště klimaticky spadá do oblasti mírně teplé, klimatického okrsku mírně suchého, převážně s mírnou zimou. Průměrná roční teplota vzduchu je 6,9 °C (za roky 1901 - 1950 po zohlednění interpolace stanice Lány a Karlov 7,7 °C, dle Prahy - Ruzyně 7,2 °C). Průměrný roční úhrn srážek činí 549 mm (za roky 1901 - 1950 činí 493 mm, dle Prahy - Ruzyně 486 mm). Nový normál pro období 1960 - 2010 je 8 °C, úhrn srážek je aktuálně za posledních 50 let 473 mm. Průměrná teplota ve vegetačním období (1.4. - 30.9) činí 12,9 °C (resp. 13,8 °C), průměrný vegetační úhrn srážek je 361 mm (resp. 333 mm). Ve vegetačním klidu (1.12. - 28.2) průměrná teplota činí -2,2 °C a úhrn srážek za toto období je 53,0 mm. Sluneční svit v období 1926-1950 (Praha - Karlov) je 1902 hodin. Délka vegetačního období je 150 - 160 dní. První mrazivý den se dostavuje v průměru 11. října. Na jaře se mrazíky ojediněle vyskytují koncem dubna

4.1.4. Tab. č.1 - Vývoj počasí ve stanici Červený Újezd v roce 2015/2016

Měsíc		VIII 15	IX 15	X 15	XI 15	XII 15	I 16	II 16	III 16	IV 16	V 16	VI 16	VII 16
1. dekáda 1. - 10.	Teplota (°C)	24,15	15,24	11,6	8,74	4,83	-1,72	4,96	2,29	10,35	12,44	17,56	18,09
	Srážky (mm)	0,1	8,9	29	2,1	4,7	11,3	7,0	11,4	2,4	5,3	7,3	10,5
2. dekáda 11. - 20.	Teplota (°C)	21,6	16,41	5,24	9,55	4,93	-1,37	2,37	3,37	9,36	12,36	16,99	18,80
	Srážky (mm)	51,6	1,3	23,7	33,5	5,5	9,0	11,3	3,8	11,8	5,1	29,2	32,7
3. dekáda 21. - 31.	Teplota (°C)	20,2	12,1	7,74	1,76	5,62	1,77	2,45	7,15	6,51	17,41	19,33	21,62
	Srážky (mm)	3	1,3	0,5	16,7	1,1	8,1	23,4	6,7	5,4	77,6	22,4	15,2
Měsíc celkem	Teplota (°C)	21,93	14,58	8,18	6,68	4,75	-0,42	3,29	4,42	8,74	14,18	17,93	19,57
	Srážky (mm)	54,7	11,5	53,2	52,3	11,3	28,4	41,7	21,9	19,6	90,8	58,8	58,6
	Počet dešt. dnů 1-5 mm	1	7	4	5	3	11	5	6	5	5	4	3
	Počet dešt. dnů 5-10 mm	1	0	2	3	0	0	1	1	0	2	3	4
	Počet dešt. dnů < 10 mm	2	0	2	1	0	0	2	0	0	2	1	1
Normál 1901-1950	Teplota (°C)	17,4	7,7	7,7	2,5	-0,9	-2,1	-1	3	7,4	12,6	15,6	16,6
	Srážky (mm)	69	35	35	29	26	22	22	26	41	54	63	64
Normál 1960-2010	Teplota (°C)	17,3	13,4	8,4	3	-0,5	-2,3	-0,8	2,9	7,6	12,9	16,2	17,6
	Srážky (mm)	67,5	33	26,5	29,9	22,3	21,6	21,4	26,3	34,9	67,2	63,5	58,7

Normál: Praha-Ruzyně
23.5 - srážky včetně krupobití

Zdroj: Meteorologická stanice Červený Újezd

4.2. Použitá agrotechnika

Předplodina jarní ječmen

22.11. 2015 Orba

30.3. 2016 příprava půdy (1 přejezd smyk + obrány)

31.3.2016 hnojení před setím 50 kg N DASA

5.4.2016 setí mák 0,75 kg odrůda Aplaus secí stroj Farnet Falcon meziřádková vzdálenost 25 cm, hloubka setí 1,5 cm

6.4. 2016 postřik Callisto 480 SC 0,25 l/ha + Command 36 SC 0,15 l/ha

16.5. 2016 hnojení 55 kg N LAD

20.5. 2016 Targa Super 5 EC 2,5 l/ha + Nurelle D 0,6 l/ha

10.6. 2016 Laudis OD 1,8 l/ha + Starane 250 EC 0,3 l/ha TM

17.8. 2016 odběr makovic

18.8. 2016 Sklizeň parcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger Classic, následné posklizňové rozbory v průběhu měsíce října na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě.

4.3. Popis použitého materiálu

4.3.1. Odrůda Aplaus

Pro pokusy byla vybrána odrůda Aplaus. Jedná se o středně vysokou polopozdní odrůdu. Lze ji použít jak k produkci máku, tak i makoviny, protože má v tobolkách 0,65-0,7 % morfinu - podle ročníku. Jde o plastickou odrůdu, vhodnou do všech oblastí i pro časné výsevy - nemá sklony k přerůstání. V rámci sortimentu modrosemenných odrůd je výnos semene středně vysoký, výnos makoviny nízký až středně vysoký. Výnos morfinu je středně vysoký až vysoký. Aplaus má vyšší odolnost k černi řepkové a dobrou odolnost k houbovým chorobám (hlízenka, fomové černání stonku). Odrůda je méně až středně odolná proti napadení helmintosporiózou na listech, středně odolná proti napadení plísní makovou a středně odolná proti napadení helmintosporiózou v tobolkách.

(www.uroda.cz)

4.3.2. Mikrogranulované hnojivo Duostart

Celkový dusík - 12 % (amonný dusík - 12 %)

Celkový fosfor (P₂O₅) - 20 % (fosfor (P₂O₅) rozpustný v neutrálním citrátu amonném a ve vodě 20 %, vodorozpustný fosfor (P₂O₅) 12 %)

Celková síra (SO₃) - 32 % (vodorozpustná síra (SO₃) 32 %)

Celkový zinek (Zn) - 2 %

Hnojivo obsahuje stimulátor biologických procesů: **MPPA DUO (humát draselný)**

(www.eagri.cz)

4.3.3. Hydrogel

Hydrogel je příčně zesíťovaný polyakrylát draselný se schopností ukládat vodu a rostlinné živiny, při vysychání půdy a rostlin vlhkost znovu vydávat.

Při styku s vodou Hydrogel rychle bobtná (kypří půdu), absorbováním a zadržováním velkého množství vody vytvoří gelovou hmotu. Gel na sebe váže nejen vodu, ale i živiny v ní rozpuštěné a dlouhodobě je fixuje v blízkosti kořenového systému, což se pozitivně odráží nejen v rychlejším počátečním vývoji, ale i ve zlepšení hospodaření vodou a příjmu živin při překonávání přísušků. Tato vlastnost pomáhá rostlinám se lépe vypořádat s nedostatkem vláhy v období vegetace. Během postupného uvolňování vody z vytvořeného gelu rovněž dochází k tvorbě pórovitého prostoru v půdě. Takto dodatečně vzniklý prostor v půdě zlepšuje fyzikální půdní vlastnosti a to plynné fáze (provzdušnění) a kapalnou fázi (zlepšení infiltrace vody a její stabilizace v půdě), čímž se zlepšují podmínky pro tvorbu kořenového systému a příjmu živin. Dle Falconry s.r.o. (2017) má Hydrogel 100 % účinnost po dobu 2 - 3 let a pak se účinnost snižuje po určité křivce až do rozpadu po 5 - 7 letech.

(www.falconry-cz.com)

4.4. Varianty pokusu

Pokus byl založen na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě, velikost parcel 15m² brutto, 11,250 m² netto. Každá varianta ve čtyřech opakováních metodou náhodných čtverců.

Varianta 1: osivo - 0,7 kg/ha

Varianta 2: osivo - 0,7 kg/ha + Duostart - 12,5 kg/ha

Varianta 3: osivo - 0,7 kg/ha + Hydrogel - 12,5 kg/ha

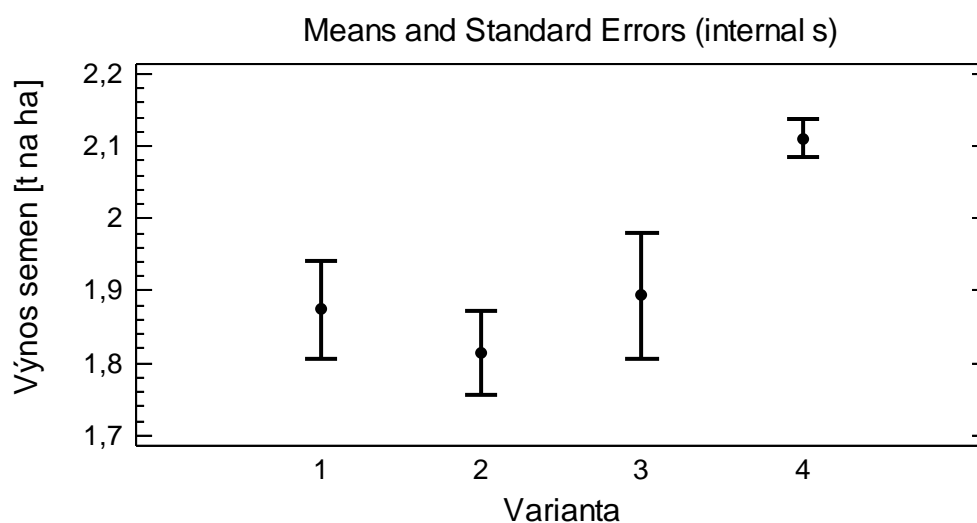
Varianta 4: osivo - 0,7 kg/ha + Hydrogel - 12,5 kg/ha + Duostart - 1,5 kg/ha

Hydrogel i Duostart byli aplikovány secí strojem Farnet Falcon do seťové rýhy společně s osivem. Z technických důvodů se nepodařilo založit naplánovaný pokus s meziřádkovou vzdáleností 12,5cm, výsevkem 1,5 kg/ha, dávkou hnojiva Duostart 25kg/ha a Hydrogelu 25 kg/ha. Selo se na meziřádkovou vzdálenost 25 cm s polovičním výsevkem i polovičními dávkami hnojiva Duostart a Hydrogelu.

5. Výsledky

5.1. Výnos semen

Graf č. 1 – Výnos semen



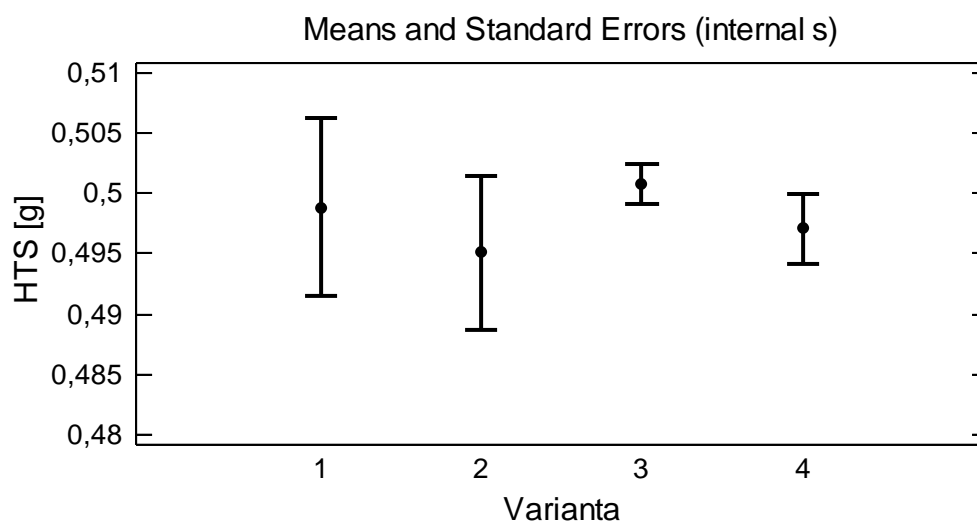
Tabulka č. 2 - Výsledek analýzy výnosu semen (t/ha) - Metoda: 95,0 percent LSD

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
2 - Osivo+Duostart	4	1,8125	X
1 - Osivo	4	1,8725	X
3 - Osivo+Hydrogel	4	1,8925	X
4 - Osivo+Hydrogel+Duostart	4	2,11	X

Z uvedených výsledků vyplývá, že nejvyššího výnosu dosáhla kombinace Hydrogelu a hnojiva Duostart. Naopak nejnižší výnos byl naměřen u varianty s Duostart. Výnos byl nižší o 0,06 t/ha než u varianty se samotným osivem. Naopak u varianty s Hydrogelem byl výnos o 0,02 t/ha vyšší ve srovnání se samotným osivem.

5.2. HTS

Graf č. 2 – HTS



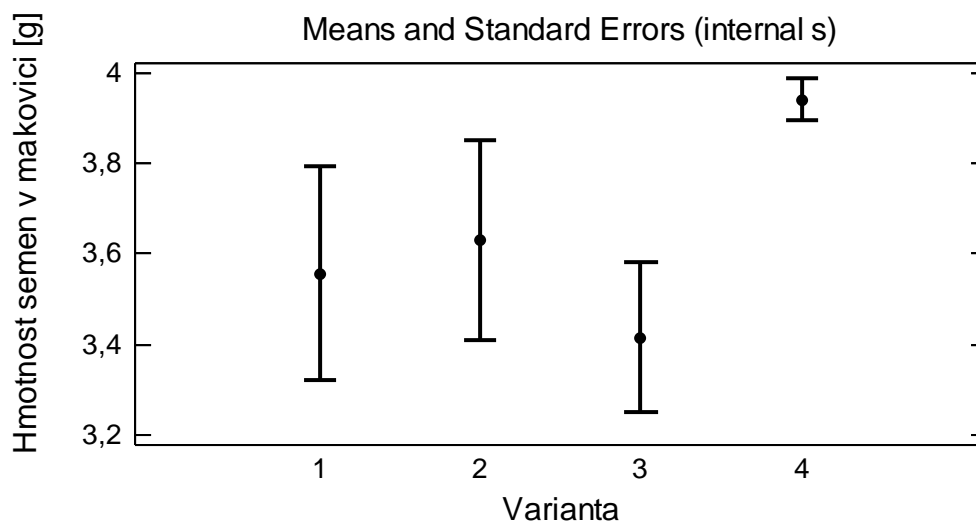
Tabulka č. 3 - Výsledek analýzy HTS (g)- Metoda: 95,0 percent LSD

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
2 - Osivo+Duostart	4	0,495	X
4 - Osivo+Hydrogel+Duostart	4	0,497	X
1 - Osivo	4	0,49875	X
3 - Osivo+Hydrogel	4	0,50075	X

U sledovaného znaku HTS není žádná z variant statisticky průkazně odlišná. V grafu je vidět, že nejvyšší hodnoty byly zjištěny u varianty s Hydrogelem a to 0,50075 g. Naopak u varianty 4 byla HTS nižší než u varianty 1. Hnojivo Duostart mělo negativní vliv na HTS, protože dosáhlo nejnižších hodnot.

5.3. Hmotnost semen v makovici

Graf č. 3 – Hmotnost semen v makovici



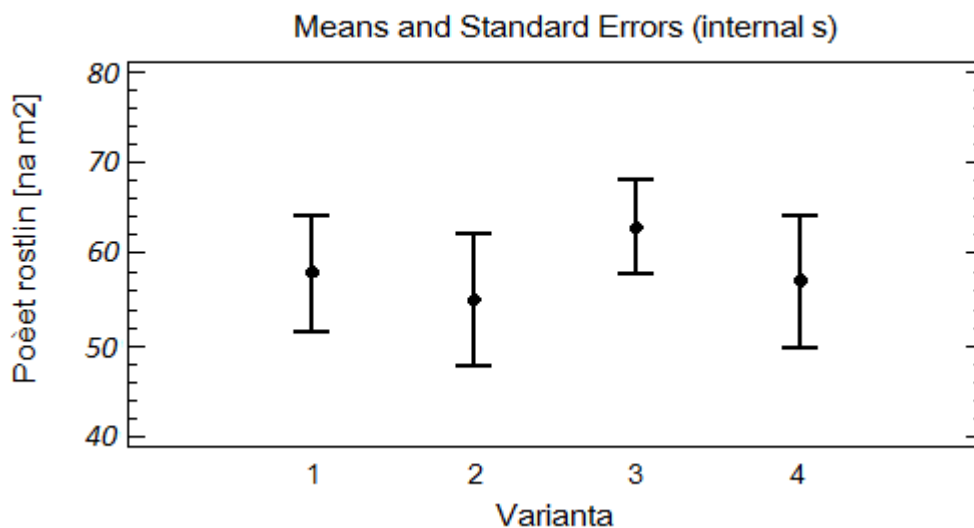
Tabulka č. 4 - Výsledek analýzy hmotnosti semen v makovici (g) – Metoda 95,0 percent LSD

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
3 - Osivo+Hydrogel	4	3,4125	X
1 - Osivo	4	3,555	X
2 - Osivo+Duostart	4	3,63	X
4 - Osivo+Hydrogel+Duostart	4	3,94	X

Při hodnocení hmotnosti semen v makovici nebyla žádná z proměnných statisticky významná. Z grafu je patrné, že nejvyšší hmotnosti semen makovici dosáhla varianta 4, tedy kombinace Hydrogel a Duostart. Hodnoty u varianty s Duostart byly tentokrát vyšší ve srovnání se samotným osivem a Hydrogelem. U Hydrogelu byla hodnota 3,4125 g/ks a ve srovnání s ostatními byla nejnižší.

5.4. Počet rostlin na m²

Graf č. 4 – Počet rostlin na m²



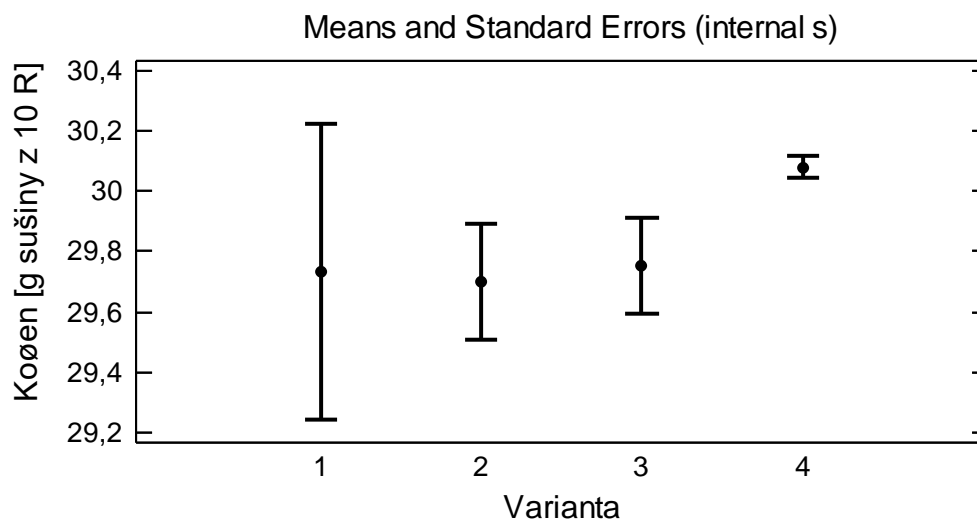
Tabulka č. 5 - Výsledek analýzy počtu rostlin na m² - Metoda 95,0 percent LSD

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
2 - Osivo+Duostart	4	55	X
4 - Osivo+Hydrogel+Duostart	4	57	X
1 - Osivo	4	58	X
3 - Osivo+Hydrogel	4	63	X

U sledovaného znaku počet rostlin na m² není žádná z variant statisticky průkazně odlišná. Z tabulky výsledků vyplývá, že nejnižší počet rostlin byl napočítán u varianty 2. U varianty 4 a 1 byli výsledky téměř totožné. Nejvyšší počet rostlin měla varianta 3.

5.5. Hmotnost suchých kořenů

Graf č. 5 – Hmotnost suchých kořenů z 10 rostlin (g)



Tabulka č. 6 - Výsledek analýzy hmotnosti suchých kořenů z 10 rostlin (g) - Metoda 95,0 percent LSD

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
2 - Osivo+Duostart	4	29,6975	X
1 - Osivo	4	29,7275	X
3 - Osivo+Hydrogel	4	29,7475	X
4 - Osivo+Hydrogel+Duostart	4	30,0775	X

Z výsledků je patrné, že žádná hodnota není statisticky průkazně odlišná, rozdíly mezi variantami jsou minimální. Nejvyšší hmotnost 10 suchých kořenů byla u varianty 4. Nejnižší hmotnost měla varianta 2, čili osivo a hnojivo Duostart.

5.6. Tabulka č. 7 - Souhrn výsledků

Varianta	Výnos (t/ha)	HTS (g)	Hmotnost semen v makovici (g)	Počet rostlin na m ²	Hmotnost suchých kořenů (g)
1 - Osivo	1,8725	0,49875	3,555	58	29,7275
2 - Osivo+Duostart	1,8125	0,495	3,63	55	29,6975
3 - Osivo+Hydrogel	1,8925	0,50075	3,4125	63	29,7475
4 - Osivo+Hydrogel+Duostart	2,11	0,497	3,94	57	30,0775

5.7. Tabulka č. 8 – Náklady na Hydrogel a hnojivo Duostart

Varianta	Hydrogel			Duostart			Celkové náklady (Kč/ha)
	Cena (Kč/kg)	Dávka (Kg/ha)	Cena (Kč/ha)	Cena (Kč/kg)	Dávka (Kg/ha)	Cena (Kč/ha)	
1 - Osivo	-	-	-	-	-	-	-
2 - Osivo+Duostart	-	-	-	90	12,5	1125	1125
3 - Osivo+Hydrogel	195	12,5	2437,5	-	-	-	2437,5
4 - Osivo+Hydrogel+Duostart	195	12,5	2437,5	90	12,5	1125	3562,5

*Ceny (bez DPH) dle FALCONRY s.r.o. (Hydrogel), TIMAC AGRO CZECH s.r.o (Duostart)

5.8. Tabulka č. 9 – Ekonomické vyhodnocení pokusu

Varianta	Příjmy				Náklady (Kč/ha)	Zisk/Ztráta (Kč/ha)
	Výnos (t/ha)	Cena (Kč/t)	Tržby (Kč/ha)	Nárůst/Pokles tržeb (Kč/ha)	Hydrogel Duostart	
1 - Osivo	1,8725	29500	55238,75	-	-	-
2 - Osivo+Duostart	1,8125	29500	53468,75	-1770	1125	-2895
3 - Osivo+Hydrogel	1,8925	29500	55828,75	590	2437,5	-1847,5
4 - Osivo+Hydrogel+Duostart	2,11	29500	62245	7006,25	3562,5	3443,75

*Cena máku dle LABRIS.cz (18. 3. 2017)

Z následující tabulky je patrné, že ekonomicky výhodná je pouze kombinace Hydrogelu a hnojiva Duostart. Zisk byl o 3443,75 Kč/ha vyšší, než u samotného osiva. Varianta Duostart měla nejnižší výnos a celkový zisk z hektaru byl o 2895 Kč nižší než variantou 1. Hydrogel měl ve srovnání se samotným osivem výnos sice vyšší, ale z ekonomického hlediska se jeho aplikace nevyplatila.

6. Diskuze

V Červeném Újezdě byl založen poloprovozní pokus, který měl ověřit účinnost látky Hydrogel a mikrogranulovaného hnojiva Duostart na porost máku setého. Cílem bylo zjistit vliv na výnos, HTS, hmotnost semen v makovici, počet rostlin na m² a hmotnost suchých kořenů z deseti rostlin.

Mák je velmi citlivý na rovnoměrné a dostatečné zásobení vodou v průběhu celé vegetace. Sucho v období vzcházení může hlavně u pozdě setých porostů způsobit problémy při vzcházení a bývá nejčastěji příčinou zaorávek porostů (Baranyk, 2010). Toto potvrzuje Bechyně a kol. (2010) a uvádí, že nedostatek vody je tedy významným a negativním limitem produkce máku. Možností by proto mohlo být využití přípravku Hydrogel. Jedná se o půdní sorbent, který má schopnost ukládat vodu a rostlinné živiny a následně je uvolňovat zpět do půdy, když je rostlina potřebuje. Hydrogel zlepšuje hospodaření vodou a příjem živin při překonávání přísušků. Tato vlastnost by měla máku pomoci se lépe vypořádat s nedostatkem vláhy v období vegetace. Jednou z variant mé práce byla aplikace Hydrogelu do setové rýhy spolu s osivem. Ve srovnání s variantou se samotným osivem došlo téměř pokaždé ke zlepšení sledovaných vlastností, pouze u hmotnosti semen v makovici byla hodnota nižší. Z hlediska ekonomiky by se ale aplikace nevyplatila. Otázkou je, jak by se efekt projevil v dalších letech a u dalších plodin, protože výrobce Falconry s.r.o. uvádí, že Hydrogel má 100 % účinnost po dobu 2 - 3 let a pak se účinnost snižuje po určité křivce až do rozpadu po 5 - 7 letech. V případě projevu efektu u dalších plodin by se mohla investice vyplatit. Pokus s Hydrogelem provedl také Akhter a kol. (2004), který sledoval vliv na růst ječmene (*Hordeum vulgare L.*), pšenice (*Triticum aestivum L.*) a cizrny (*Cicer arietinum L.*). Klíčení semen pšenice a ječmene nebylo přidavkem Hydrogelu ovlivněno, ale růst semenáčků obou rostlin se zlepšil. Naopak při klíčení cizrny v jílovité půdě se aplikace gelu osvědčila a růst semenáčků se zvyšoval s rostoucí dávkou Hydrogelu ve srovnání s kontrolní variantou. Přídavek Hydrogelu zároveň vedl k pozdějšímu vadnutí semenáčků o 4-5 dnů. Výsledkem pokusu bylo, že přídavek Hydrogelu byl účinný. Došlo ke zlepšení přístupnosti půdní vlhkosti a tím ke zvýšení vzcházení a růst.

Škarpa a kol. (2013) uvádí, že mák je plodinou velmi náročnou na živiny. Důležitý je dusík, fosfor, draslík, vápník, síra a z mikroprvků hlavně bór a zinek. V další variantě se proto do setové rýhy aplikovalo hnojivo Duostart, které obsahuje dusík, fosfor, síru a také zinek. Tato varianta se ale příliš neosvědčila, s výjimkou výsledků hmotnosti semen v makovici. U ostatních sledovaných znaků byla vždy nejhorší a lépe se jevila i varianta se samotným osivem. Vliv zinku na výnos semen máku ověřoval Škarpa a kol. (2012). Pokus byl založen v lokalitě

Lešany a Žabčice. Výživa zinkem zvýšila výnos máku v průměru obou lokalit o téměř 17%. Zinek byl ale aplikován mimokořenovou formou, což je možným důvodem, proč se jeho efekt oproti variantě s Duostart projevil.

Jak uvádí Li a kol. (2009), pro příjem živin je důležitý jejich vzájemný vztah s vodou. Voda ovlivňuje pohyb minerálních živin z půdy do kořenů a z kořenů do nadzemních částí rostlin. Gloser (2008) uvádí i opačný vztah, kdy je vodní provoz rostlin značně ovlivněný chronickými nedostatky některých minerálních živin. Ve variantě č.4 bylo do seťové rýhy aplikováno hnojivo Duostart i Hydrogel. Hnojivo Duostart mělo zajistit potřebné živiny a Hydrogel dostatečné množství vláhy. Z pohledu sledovaných parametrů se tato kombinace jeví jako ideální. Především výnos byl oproti ostatním vyšší, konkrétně ve srovnání s variantou s čistým osivem byl nárůst výnosu o 12%. Z pohledu ekonomiky by se tato kombinace také vyplatila, protože došlo k nárůstu zisku o 3443,75 Kč/ha.

7. Závěr

Cílem této práce bylo ověřit účinnost látky Hydrogel a hnojiva Duostart na porost máku setého. Pokus byl založen ve 4 variantách a 4 opakováních. Sledování jednotlivých znaků vedlo k následujícím závěrům:

- Aplikace hnojiva Duostart měla negativní vliv na výnos semen, HTS, počet rostlin na m² a hmotnost suchých kořenů z deseti rostlin. Efekt se projevil pouze u hmotnosti semen v makovici.
- Hydrogel zvýšil výnos semen o 0,06 t/ha, ale z hlediska ekonomiky se jeho aplikace nevyplatila. Ve srovnání s ostatními variantami byl zjištěn nejvyšší počet rostlin na m² a HTS. Negativní vliv se projevil u hmotnosti semen v makovici.
- Kombinace Hydrogelu a hnojiva Duostart měla nejvyšší výnos, konkrétně o 12% ve srovnání se samotným osivem, ale naopak hodnoty HTS a počet rostlin na m² byli nižší. U této varianty byla také zjištěna nejvyšší hmotnost suchých kořenů a hmotnost semen v makovici. Z pohledu ekonomiky došlo k nárůstu zisku o 3443 Kč/ha.
- Některé varianty dosáhly lepších výsledků, některé horších, ale z pohledu statistiky byli rozdíly nevýznamné, kromě výnosu semen z hektaru.
- Hydrogel by v budoucnu mohl vyřešit problémy s nedostatkem vláhy během vegetace a být tak významným při pěstování máku.
- Bylo by vhodné zjistit, jak se efekt naaplikovaného Hydrogelu v půdě projeví v dalších letech u dalších plodin.

8. Seznam literatury

Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K.A., Mardan, A., Ahmad, M., Iqbal, M.M. 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil Environ.* 50.(10). p 463-469

Baranyk, P., Balík, J., Hájková, M., Havel, J., Kazda, J., Lošák, T., Málek, B., Markytán, P., Plachká E., Richter, R., Soukup, J., Strašil, Z., Šaroun, J., Škeřík, J., Šmirous, P., Štranc, P., Volf, M., Vrbovský, V., Zehnálek, P., Zelený, V. 2010. *Olejniny*. Profi Press. Praha. 206 s. ISBN: 987-80-86726-28-0.

Bedrna, Z. 1984. *Půda. Příroda*. Bratislava. 209 s.

Bedrna, Z., Fulajtar, E., Zrubec, F., Juráni, B. 1989. *Půdne režimy*. Slovenská akadémia vied. Bratislava. 221 s.

Bernáth, J. 1998. *Poppy: The genus Papaver*. Harwood Academic Publisher. Amsterdam. p. 352. ISBN 9057022710.

Bechyně, M., Novák, J. 1987. *Biologie máku a systém jeho produkce*. Vysoká škola zemědělská. Praha. 94 s.

Bechyně, M. 1993. *Základy pěstování máku*. Institut výchovy a vzdělání ministerstva zemědělství ČR. Praha. 36 s. ISBN: 80-7105-037-7.

Bechyně, M., Novák, J., Vašák, J., Zukalová, H. 2010. *Biologie máku, požadavky na prostředí, ideotyp, alkaloidy*. In: Kolektiv autorů pod vedením Jana Vašáka (eds.). *Mák*. Powerprint. Praha. s.33-64. ISBN: 978-80-904011-8-1.

Cihlář, P., Hřivna, L., Lošák, T., Roubal, T., Richter, R., Škarpa, P. 2010. *Výživa a hnojení máku*. In: Kolektiv autorů pod vedením Jana Vašáka (eds.). *Mák*. Powerprint. Praha. s.125-158. ISBN: 978-80-904011-8-1.

Costes, C., Milhet, Y., Candillon, C., Magnier, G. 1976. Mineral nutrition and Morphine production in *Papaver Somniferum*. *Physiologia Plantarum*. 36. p. 208-210.

Demo, M., Bielek, P. 2000. Regulačné technológie v produkčnom procese poľnohospodárskych plodín. SPÚ. Nitra. 648 s.

Fecenko, J., Ložek, O. 2000. Výživa hnojenie poľných plodín. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Nitra. 442 s. ISBN: 80-817-37-777-5.

Gloser, V. 2008. Transport vody a minerálných živín v rastlinách a jejích vzájemné interakce. In: Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. ČZU. Praha. s. 54-64.

Gregory, P. 2006. Plant roots, growth, activity and interaction with soils. Blackwell Publishing. Oxford. p. 318.

Havelka, B. 1984. Výživa a hnojení rostlin. Vysoká škola zemědělská. Brno. 225 s.

Hraško, J., Bedrna, Z. 1988. Aplikované půdoznalectvo. Příroda. Bratislava. 474 s.

Hrádek, F., Kuřík, P. 2008. Hydrologie. ČZU. Praha. 280 s. ISBN 9788021317444.

Kapoor, L.D. 1995. Opium poppy: Botany, Chemistry and Pharmacology. Food Products Press. New York. p. 326. ISBN 1560249234.

Kincl, M., Krpeš, V. 2000. Základy fyziologie rostlin. Montanex. Ostrava 221 s.

Kohout, J. 2007. Archeologové našli nejstarší zrnko máku. Klatovský deník. 16.4.2007.

Kutílek, M. 1966. Vodohospodářská pedologie. Státní nakladatelství technické literatury. Praha. 275 s.

Kutina, J., Novák, J. 1992. Morfologie a anatomie máku setého a růst a vývoj rostliny. In: Fábry, A. (eds.). Olejníny. Mze ČR. České Budějovice. s. 269-278.

Kutina, J. 1992. Požadavky rostliny máku setého na ekologické podmínky. In: Fábry, A. (eds.). Oleniny. Mze ČR. České Budějovice. s. 278-280.

Ledvina, R., Horáček, J., Šindelářová, M. 2000. Geologie a půdoznalství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice. 200 s. ISBN: 80-900364-6-5.

Lošák, T., Richter, R. 2004. Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. *Plant Soil Environ.* 50.(11). p. 484 – 488.

Lošák, T., Richter, R., Hlušek, J., Popp, T., Antonkiewicz, J., Ducsay, L. 2005b. Potassium and its forms in the nutrition of poppy (*Papaver somniferum*, L.). In: *Fertilizers and Fertilization* Nr 3 (24). rok VII. s. 379 – 383. ISSN: 1509-8095.

Li, S. X., Wang, Z. H., Malhi, S. S., Li, S. Q., Gao, Y. J., Tian, X. H. 2009. Nutrient and Water Management Effects on Crop Production and Nutrient and Water Use Efficiency in Dryland Areas of China. *Advances in Agronomy.* 102. p. 223-265.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London. p. 889.

Nátr, L. 1998. Minerální výživa. In: Procházka, S., Macháčková, M. Krekule, J. Šebánek, J. a kol. (eds.). *Fyziologie rostlin.* Academia. Praha. s. 89-123.

Neuberg, J. 1990. Komplexní výživa rostlin. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Praha. 328 s.

Novák, J. 1992. Systematika, původ a dějiny pěstování. In: Fábry, A. (eds.). Olejniny. Mze ČR. České Budějovice. s. 265-269.

Pattanaaik, S. K., Barun Singh, Wangchu, L., Debnath, P. Hazarika, B. N., Pandey, A. K. 2015. Effect of Hydrogel on Water and Nutrient Management of Citrus limon. *International Journal of Agriculture Innovations and Research.* 3. (5). p. 1555- 1557

Procházka, S., Šebánek, J., Gloser, J., Sladký, Z. 2002. Botanika, morfologie a fyziologie rostlin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 270 s.

- Reddy, K. J., Wang, L., Gloss, S. P. 1995. Solubility and mobility of copper, zinc, and lead in acid environments. In: R.A. Date, N.J. Grundon, G.E. Rayment, and M.E. Probert (eds.). *Plant-Soil Interactions at Low pH. Principles and Management*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, p.141-146
- Rehman, H., Aziz, T., Farooq, M., Wakeel, A., Rengel, Z. 2012. Zinc nutrition in rice production systems. *Plant and Soil*. 361. (1-2). p. 203-226.
- Richter, R., Lošák, T. 2004. Aktuální otázky výživy máku. In: Sdružení Český mák informuje. *Sborník odborných seminářů Mák v roce 2008* (eds.). ČZU v Praze. 7. s. 27-31.
- Shuman, L.M., Welch, R.M. 1991. *Micronutrients in Agriculture*. Soil Sci. Soc. Am. Book Series No. 4. WI: Soil Science Society of America. p. 89–112.
- Schnug, E. 1991. Sulphur nutritional status of European Crops and consequences for agriculture. *Sulphur in Agriculture*. The sulphure institute. Washington DC. 15. p. 7-12.
- Schnug, E. 1993. Ökosystemare Auswirkungen des Einsatzes von Nährstoffen in der Landwirtschaft. *Berichte über Landwirtschaft*. In: BML Bonn. (Ed.) *Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel in Agrarökosystemen*. Münster-Hiltrup. Germany. Landwirtschaftsverl. 25. (1). p. 25-48.
- Schreier, J. 1992. Soustava výživy a hnojení máku setého. In: Fábry, A. (eds.). *Olejniny*. Mze ČR. České Budějovice. s. 303-307.
- Tomar, S., Abbas, M., Trilochan-Singh, Nigamm, KB., Singh. 1994. The effect of phosphorus fertilization on the poppy yield and the quality of poppy straw. *Indian Journal of Agronomy*. 39. (4) p. 713-714.
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. *Výživa polních a zahradních plodin*. Profi Press. Praha. 176 s. ISBN: 976-80-86726-25-0.
- Vaněk, V., Černý, J., Balík, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. 2012. *Výživa zahradních rostlin*. Academie. Praha. 568 s. ISBN: 978-80-200-2147-2.

Vašák, J., Vlk, R. 2010. Základní informace. In: Kolektiv autorů pod vedením Jana Vašáka (eds.). Mák. Powerprint. Praha. s. 11-22. ISBN: 978-80-904011-8-1.

Waraich, E. A., Rashid, A., Saifullah, Ashraf, M. Y., Ehsanullah. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Australian Journal of Crop Science. 5. (6). p. 764-777.

Yadav, R. L., Mohan, R., Singh, R., Verma, R. K. 1984. The effect of application of nitrogen fertilizer on growth of poppy in north central India. Agric Scien Camb. 120. p. 361-366.

Zobayed, S. M. A., Afreen, F., Kozai, T. 2005. Temperature stress can affect the photosynthetic efficiency and secondary metabolic concentrations in St. John's wort. Plant Physiology and Biochemistry. 43. p. 977-984.

Zohuriaan-Mehr, M. J., Kabiri, K. 2008. Superabsorbent polymer materials. Iranian Polymer Journal. 17. 6. p. 451-477.

Internetové zdroje

Aplaus [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://uroda.cz/ukazali-nove-odrudy-maku/>

Cena máku: [online]. [cit. 2017-03-18] Dostupné z: <http://www.labris.cz/>

Duostart [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa_34071.pdf?id=34071

Hydrogel [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.falconry-cz.com/>

Richter, R., Škarpa, P., Hřivna, L. Výživa sírou při hnojení olejnin [online]. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Agronomická fakulta, Ústav agrochemie, půdoznalectví, mikrobiologie a výživy rostlin. Úroda. Duben 2009. [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/vyziva-sirou-pri-hnojeni-olejnin/>

Škarpa, P., Richter, R., Lošák, T. Výživa a hnojení potravinářského máku [online]. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Agronomická fakulta, Ústav agrochemie, půdoznalectví, mikrobiologie a výživy rostlin. Zemědělec. Leden 2013. [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/vyziva-a-hnojeni-potravinarskeho-maku/>

Škarpa, P., Richter, R., Vlk, R. Mikrobiogenní prvky ve výživě máku. [online]. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Agronomická fakulta, Ústav agrochemie, půdoznalectví, mikrobiologie a výživy rostlin. Sborník z konference „Prosperující olejniný“. Prosinec 2012. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: http://konference.agrobiologie.cz/2012-12-06/18-Skarpa-Richter-Vlk_MIKROBIOGENNI_PRVKY_VE_VYZIVE_MAKU.pdf

9. Seznam grafů

Graf č. 1 – Výnose semen

Graf č. 2 – HTS

Graf č. 3 – Hmotnost semen v makovici

Graf č. 4 – Počet rostlin na m²

Graf č. 5 – Hmotnost suchých kořenů

10. Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Vývoj počasí ve stanici Červený Újezd v roce 2015/2016

Tabulka č. 2 – Výsledek analýzy výnosu semen (t/ha)

Tabulka č. 3 – Výsledek analýzy HTS (g)

Tabulka č. 4 – Výsledek analýzy hmotnosti semen v makovici

Tabulka č. 5 – Výsledek analýzy počtu rostlin na m²

Tabulka č. 6 – Výsledek analýzy hmotnosti suchých kořenů

Tabulka č. 7 – Souhrn výsledků

Tabulka č. 8 – Náklady na Hydrogel a hnojivo Duostart

Tabulka č. 9 – Ekonomické vyhodnocení pokusu

11. Seznam příloh

Příloha č. 1 – Porost máku

Příloha č. 2 – Secí stroj Farnet Falcon

Příloha č. 3 – Speciální aplikátor secího stroje Farnet Falcon, který do proudu osiva přidává Hydrogel a hnojivo Duostart

Příloha č. 4 – Směs osiva, Hydrogelu a hnojiva Duostart

Příloha č. 1 – Porost máku



Příloha č. 2 – Secí stroj Farnet Falcon



Příloha č. 3 – Speciální aplikátor secího stroje Farmet Falcon, který do proudu osiva přidává Hydrogel a hnojivo Duostart



Příloha č. 4 – Směs osiva, Hydrogelu a hnojiva Duostart

