

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

Studium vlivu plazmatu na klíčivost semen

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Božena Šerá, Ph.D.

Autor: Vladimír Petřík

Anotace

Předmětem této bakalářské práce je studium vlivu plazmatu na klíčivost semen máku setého a pohanky seté. Zabývá se pozorováním počtu klíčících semen, délek klíčků, hmotností suchých lodyžek a v neposlední řadě zkoumáním změn povrchu semen za pomoci elektronového mikroskopu. Výsledky jsou zaznamenány v tabulkách, graficky zpracovány a vyhodnoceny.

Abstract

The main subject of this bachelor thesis is to study the effect of plasmas on seed quality *Papaver somniferum* L. and *Fagopyrum esculentum* Moench. It deals with the observation of the number of germinated seeds, length of germs, dry weight stem and finally by examining changes in the surface of the seeds using an electron microscope. The results are reported in the tables, they are graphically compiled and evaluated.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne ...30. 4. 2010.....

.....

Vladimír Petřík

Touto formou děkuji své vedoucí práce RNDr. Boženě Šeré, Ph.D. a Mgr. Ivetě Hruškové za odborné vedení, cenné rady a připomínky a za věnovaný čas při zpracování mé práce a Ing. Michalovi Šerému za podnětné připomínky při zpracování mé práce...

Děkuji doc. Ing. Janě Pexové Kalinové, Ph.D. za poskytnutí semen pohanky seté.

Obsah

1. Úvod	7
2. Literární rešerše	8
2.1. Plazma	8
2.2. Mák setý	10
2.2.1. Požadavky máku setého na vnější prostředí	10
2.2.2. Vlastnosti osiva	12
2.2.3. Setí máku setého	13
2.2.4. Osivo máku setého a jeho choroby a škůdci	14
2.3. Pohanka setá	15
2.3.1. Požadavky pohanky seté na vnější prostředí	15
2.3.2. Vlastnosti osiva	17
2.3.3. Setí pohanky seté	17
2.3.4. Osivo pohanky a jeho choroby a škůdci	18
3. Vytýčení cíle	19
4. Metodika	20
4.1. Popis aparatury	20
4.2. Použité vzorky máku setého a pohanky seté	20
4.3. Příprava vzorků	20
4.4. Aplikace plazmatem	21
4.4.1. Mák setý – pokus založený 29. 1. 2010	21
4.4.2. Mák setý – pokus založený 4. 3. 2010	21
4.4.3. Pohanka setá – pokus založený 29. 1. 2010	21
4.5. Testy klíčivosti a počet přírůstků	22
4.5.1. Mák setý – pokus založený 29. 1. 2010	22
4.5.2. Mák setý – pokus založený 4. 3. 2010	23
4.5.3. Pohanka setá – pokus založený 29. 1. 2010	24

4.6.	Elektronová mikroskopie	25
4.7.	Statistické zpracování	26
5.	Výsledky.....	27
5.1.	Mák setý – pokus založený 29. 1. 2010.....	27
5.1.1.	Klíčení.....	27
5.1.2.	Délky klíčků.....	29
5.1.3.	Obrázky	35
5.2.	Mák setý – pokus založený 4. 3. 2010.....	36
5.2.1.	Klíčení.....	36
5.2.2.	Délky klíčků.....	38
5.2.3.	Hmotnosti klíčků.....	42
5.2.4.	Statistické zpracování	44
5.2.5.	Obrázky	45
5.2.6.	Elektronová mikroskopie	47
5.3.	Pohanka setá – pokus založený 29. 1. 2010	48
5.3.1.	Klíčení.....	48
5.3.2.	Délky klíčků.....	50
5.3.3.	Hmotnosti klíčků.....	51
5.3.4.	Obrázky	53
6.	Diskuse	54
7.	Závěr.....	55
8.	Použitá literatura	56

1. Úvod

Důvodem pro stimulaci (modifikování) semen rostlin plazmatem je dosažení jejich lepší ochrany před chorobami a škůdci a tím umožnit dosažení zvýšené vzcházivosti či zvýšení výnosu takto upravených semen rostlin. Hledají se alternativy, které by mohly omezit nebo úplně odstranit aplikaci chemické ochrany při pěstování.

V této práci se zabývám stimulací semen máku setého a pohanky seté plazmatem. Zkoumám tato semena z hlediska počtu klíčících semen, počátečního růstu, hmotnosti suchých lodyžek a povrchových změn osiva.

Nejsem první, kdo se pokusil uskutečnit experimenty tohoto typu. Již dříve byl pozorován vliv plazmatu na semena zemědělských plodin, ale i plodin běžně v přírodě rostoucích [1 - 4].

S pozitivními výsledky byla provedena úprava semen ovesa a ječmene pomocí doutnavého výboje při krátkém působení [1] a pomocí nízkotlakého výboje semena světlíce barvířské při delším působení [2]. Zlepšení výnosu zaznamenala semena rajčat stimulovaných magnetizačním plazmatem [3]. S využitím TEOS plazmatické depozice byla zkoumána semena fazolí, z čehož vyplynulo, že pokud jsou semena uložena ve vlhkém prostředí, tak se zvyšuje jejich klíčivost [4].

Stimulace semen plazmatem způsobila zlepšení klíčivosti pšenice. Oves byl testován na semenech se slupkou a bez slupky. Semena se slupkou vykazovala negativní účinky po stimulaci plazmatem a semena bez slupky vykazovala zlepšení u délek klíčků [5].

Z běžně rostoucích rostlin byl testován merlík bílý, u kterého došlo ke zlepšení klíčivosti a počátečního růstu [6 - 8].

2. Literární rešerše

2.1. Plazma

Ve fyzice a chemii je za plazma považován ionizovaný plyn složený z iontů, elektronů, neutrálních atomů a molekul, který vzniká odtržením elektronů z elektronového obalu atomů plynu, či roztržením molekul (ionizací). O plazmatu se často hovoří jako o čtvrtém skupenství hmoty. Je nejrozšířenější formou látky tvořící až 99 % pozorované hmoty vesmíru.

Plazma existuje ve vesmíru v mnohých, často velmi odlišných formách. S plazmatem se můžeme setkat například ve formě blesku, polární záře, v elektrickém oblouku, uvnitř zářivek a neonů. Parametry plazmatu v různých formách (hvězdy, sluneční vítr, výboj a podobně) se liší o mnoho řádů [9].

Plazmatem není každý ionizovaný plyn, protože každý plyn je v nějakém stupni ionizován. Aby mohl být plyn považován za plazma, musí vykazovat určité vlastnosti. Definice plazmatu: „Plazma je kvazineutrální plyn nabitých a neutrálních částic, který vykazuje kolektivní chování“.

Kolektivním chováním rozumíme např. síly působící na molekulu obyčejného vzduchu. Při svém pohybu mohou nabité částice vytvářet lokální koncentrace pozitivního nebo negativního náboje, které vedou ke vzniku elektrických polí. Tato pole ovlivňují pohyb jiných nabitých částic na vzdáleném místě [10].

Kvazineutralitou je označován takový stav plazmatu, kdy v dostatečně velkém objemu, charakterizovaném Debyeovou stínicí vzdáleností, je přibližně stejný počet kladných a záporně nabitých částic [11].

S kvazineutralitou souvisí pojem Debyeovo stínění. Tento jev je pozorován například v přítomnosti pevné látky v plazmatu. Pevná látka nese náboj, ale ten je díky kvazineutralitě plazmatu odstíněn. Ve vzdálenosti označované jako Debyeova stínicí délka je již plazma opět kvazineutrální [9].

Plazma je elektricky vodivé, má velkou tepelnou kapacitu a podléhá účinkům elektrického a magnetického pole [11].

Základní charakteristiky plazmatu:

Stupeň ionizace

Stupeň ionizace plazmatu (poměr počtu ionizovaných částic vůči celkovému počtu částic) je jedním z nejdůležitějších parametrů, který určuje chování plazmatu. Stupeň ionizace závisí především na teplotě a lze ho v prvním přiblížení odhadnout ze Sahovy rovnice pro jedenkrát ionizované plazma v termodynamické rovnováze.

Podle stupně ionizace rozlišujeme slabě ionizované plazma a silně ionizované plazma. V slabě ionizovaném plazmatu je koncentrace nabitých částic zanedbatelně malá v porovnání s koncentrací neutrálních molekul. Naproti tomu v silně ionizovaném plazmatu převládá koncentrace nabitých částic [9].

Teplota

Podle teploty se rozlišují 2 druhy plazmatu. Je to vysokoteplotní a nízkoteplotní plazma. Vysokoteplotní plazma má střední energii nabitých částic větší než 100 eV, což odpovídá řádově 10^6 K. Vyskytuje se ve hvězdách a při experimentech s řízenou termonukleární syntézou. Nízkoteplotní plazma se vyskytuje např. v zářivkách a výbojkách, také v elektrickém oblouku.

V plazmatu může být teplota elektronů o několik řádů vyšší než teplota kladných iontů a neutrálních molekul [9].

Elektrický proud v plazmatu

Plazma obsahuje volné elektrické náboje, proto je elektricky vodivé. Díky elektrické vodivosti působí na plazma i silné magnetické pole. S rostoucí koncentrací nabitých částic se mění i koeficienty tepelné vodivosti a dynamické viskozity ionizovaného plynu.

Elektromagnetické síly a dobrá elektrická vodivost plazmatu (která může být v mnoha případech považována za blížící se nekonečnu) obvykle zajistí, že hustota kladných a záporných nábojů se vyrovná (kvazineutralita). Je-li v plazmatu významný nadbytek kladných nebo záporných nábojů, v extrémním případě, složený jen

z kladných nebo jen záporných nábojů, tak v takovém plazmatu hraje elektrické pole dominantní roli. Příkladem jsou nabitě paprsky částic, elektronový oblak v Peninově pasti a pozitronové plazma [9].

2.2. Mák setý

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) působí tlumivě na dýchací orgány, takže se využívá především jako prostředek proti chorobám dýchacích cest. Je také výrazně tišícím prostředkem při bolestech. Pro svůj významný podíl vápníku by měli semena máku jíst hlavně starší lidé ohrožení řídnutím kostí [12].



Obrázek č. 1: Mák setý [13]

2.2.1. Požadavky máku setého na vnější prostředí

Mák setý je rostlina dvouděložná a patří do čeledě makovitých. Neklade zvláštní požadavky na prostředí a v ČR se dá s úspěchem pěstovat zejména v řepářském a bramborářském výrobním typu. Přesto však velmi citlivě reaguje na nevyrovnanost a odchylky v půdě, výživě a na povětrnostní podmínky. Proto jsou někdy výnosné výsledky v jednotlivých ročnících značně odlišné [14].

Naše odrůdy máku setého patří ke dlouhodobným rostlinám náročných na světlo po celou dobu vegetace [15]. Nedostatek světla se na rostlinách projevuje celkovým oslabením, snížením výnosu semene i menším obsahem alkaloidů v tobolkách. Je známý nepříznivý vliv zastínění květů na výnos. Při silném zastínění se nemusí semena

vytvořit vůbec. Velmi citlivě reagují na délku a intenzitu osvětlení rostliny z podzimních nebo zimních výsevů [14].

Nároky na teplo se během vegetačního období mění. Zpočátku, do nástupu rychlého růstu mák setý snáší nízké teploty. Vzešlé rostliny usychají při teplotách -6 až -8 °C. Mák setý s růžicí velkou 6 – 8 cm bez náznaku prodlužování vydrží holomrazy až do -12 °C [15]. A proto je možno mák vysévat i na podzim nebo v zimě. Avšak s nástupem rychlého růstu stonku se odolnost vůči nízkým teplotám rapidně snižuje. V dalších fázích růstu je už mák na teplo náročný [14].

Mák je náročný na vláhu od samého vzejití až do rozkvětu. Teprve potom se jeho nároky snižují. Celková spotřeba vody se během vegetace odhaduje na 250-300 litrů na 1 m² při jarním výsevu, při podzimním výsevu se nároky ještě asi o 50 litrů na 1 m² zvyšují.

Teplota je rozhodujícím činitelem pro klíčení a energii klíčení semen. Při teplotě 10 °C začínají semena klíčit během 5 – 6 dnů a při 18 – 20 °C již během 3 – 4 dnů. Další zvýšení klíčivost snižuje [15].

Světlo nemá na vlastní klíčení zvláštní vliv. Zkoušky klíčivosti na denním světle nebo ve tmě nebyly průkazně rozdílné. Na již vyklíčené rostlinky však má světlo velmi silný vliv.

Nedostatek světla v období pomalého růstu rostlin může vážně ohrozit vitalitu vzešlých rostlinek, které jsou malé, děložní lístky velmi úzké, s malou asimilační plochou.

V polních podmínkách závisí doba vzcházení máku především na denních teplotách, se zvýšenou teplotou se přirozeně zkracuje.

Mák je plodina, která velmi citlivě reaguje na půdní podmínky, půdní nevyrovnanost i změny, které v ní během vegetačního období nastávají vlivem agrotechniky, výživy i počasí. Proto klademe při pěstování máku zvláštní důrazy na pečlivou rovnoměrnou zpracovanost půdy počínaje základní přípravou. Nejlépe mu vyhovují nezaplevelené pozemky se středně těžkými, hlubokými, hlinitými až písčitohlinitými 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.

Půdní reakce by se měla blížit neutrální a navíc by měla být dobře zásobena základními živinami, zvláště draslíkem a fosforem [14].

2.2.2. Vlastnosti osiva

Jako nejvhodnější, biologicky nejhodnotnější a nejzdravější se jeví osivo běžných odrůd z podzimních výsevů nebo porostů založených brzy z jara. Jeho vysoká biologická hodnota se projevuje rychlým a vyrovnaným vzcházením rostlin, rovnoměrným a urychleným počátečním růstem a později i silnějšími rostlinami [15]. Tyto rostliny lépe odolávají nepříznivým podmínkám počasí, chorobám, škůdcům a plevelům [14]. Kladným výsledkem pak jsou vyšší výnosy semen a makoviny, ve srovnání s běžným osivem. Jednou z hlavních příčin tohoto pozitivního působení na vzcházení a růst je vyšší podíl větších a středně velkých semen v osivu.

Také vytríděná velká semena z běžných porostů vytváří kvalitnější osivo [15]. Takové osivo se získá z méně rozvětvených rostlin se středně velkými a většími makovicemi.

Velikost vyšetěho semene tedy významně ovlivňuje počet makovic na rostlině, průměrnou hmotnost makovic se semeny i prázdných tobolek a příznivě ovlivňuje celkový výnos semene i makoviny z plošné jednotky [14].

Mezi hlavní výnosotvorné prvky semen máku setého a s nimi související makoviny patří počet rostlin na plošné jednotce, počet makovic na jedné rostlině a hmotnost semen v jedné tobolce. Je nutné stanovit optimální spon, v němž se budou rostliny pěstovat.

Počet rostlin na hektaru, velikost výsevu a spon vychází z několika hlavních předpokladů:

- z volby technologie pěstování, např. orebná či bezorebná,
- z možnosti následné úpravy počtu rostlin,
- z doby setí a podmínek pro výsev.

Se zvětšující se výživnou plochou (sponem) vzrůstá počet makovic na rostlině, počet listů, tloušťka lodyhy, výška porostu, hmotnost tobolek, jejich objem a hmotnost semene z jedné rostliny. Oproti tomu průměrná hmotnost jedné tobolky se semeny se snižuje [15].

Hustší spon s větším počtem rostlin na plošné jednotce je výhodnější, protože poskytuje vyšší výnos semene i tobolek.

U dnešních odrůd se jako optimální jeví 65 – 70 rostlin na 1 m². Nejlepší je čtvercový spon nebo plocha, která se čtverci nejvíce přibližuje [14].

Spolu s počtem tobolek na jedné rostlině se při změně počtu rostlin na plošné jednotce mění i morfologické znaky tobolek a semen. Hmotnost jednotlivých makovic je ovlivněna jejich velikostí a tvarem.

Největší hmotnost ze všech velikostních kategorií mají makovice kulatého nebo široce oválného tvaru. Naopak protáhlé, podlouhlé mají hmotnost nejnižší a také malé a zploštělé tobolky mají velmi nízkou hmotnost semen.

Pro dosažení maximálního výnosu semen i makoviny je žádoucí co největší počet větších a středně velkých makovic kulovitého tvaru [15]. Těchto znaků nelze dosáhnout v nadměrném sponu s malým počtem silně se větvících rostlin na plošné jednotce. Na rostlinách majících velký počet větví je velký podíl malých makovic vzniklých z pozdních květů. Při nedostatečném sponu se vlivem omezení výživy tvoří malé podlouhlé makovice [14].

2.2.3. Setí máku setého

Je nezbytné dbát na správnou dobu setí, způsob výsevu a velikost výsevu.

Výsev závisí především na předjarním počasí, ale obecně platí, že by se měl uskutečnit do vyvráté půdy v brzkých jarních dnech. Osivo musí být rovnoměrně rozloženo do stejné hloubky v závislosti na půdních podmínkách. Mák by se neměl vysévat později než na konci dubna. V případě dnešních mírných zim je možné uskutečnit i podzimní výsev. Rostliny z těchto výsevů jsou dobře vyvinuté a mohutnější. Makovice jsou větší a obsahují i více semen o větších velikostech.

Potřebujeme v porostu pravidelně rozmístit rostliny, nejlépe ve čtvercovém sponu, v závislosti na použitém secím stroji, kvalitě osiva, hloubce výsevu, jarní přípravě půdy, počasí a dalších příčinách. Běžně se vysévá 1,2 - 1,5 kg osiva na hektar, při nadstandardních podmínkách postačí jen výsev 0,8 kg na hektar. Meziřádkovou vzdáleností 20 - 25 cm dosáhneme požadovaného množství rostlin na ploše bez dalších úprav porostu a prosvětlování či jednocení. Občas se pro usnadnění výsevu osivo míchá s příměsí zvýšením jeho objemu v poměru 1 : 3. Důležitá je hmotnost a velikost příměsí. Nejčastěji se jako příměs využívá semeno zbavené klíčivosti upražením. Písek, popel nebo jiné příměsi nejsou příliš vhodné, jelikož se při otřesech ve výrobní skříni oddělují od semene a výsev je mezerovitý a nerovnoměrný.

Mělký výsev do hloubky 1 - 1,5 cm je důležitý pro rovnoměrné vzcházení máku, proto musí dojít ke kvalitní přípravě půdy.

Mák je možno pěstovat společně s mrkví nebo kmínem, což umožňuje usnadnění prosvětlení porostů a snižuje možnost použití herbicidů tak, že se výsev druhé kultury provádí napříč řádkům máku [14].

2.2.4. Osivo máku setého a jeho choroby a škůdci

Plíseň maková je choroba přenosná semenem, která se projevuje v podobě žlutohnědých skvrn na spodní straně listů v období přízemního růstu. Nejčastěji se choroba objevuje za deštivého počasí. Největší škody působí na starších rostlinách. Skvrny na spodní straně šednou, objevují se nafialovělé povlaky houbového mycelia. Listy se často svinují a jsou zkadeřelé. Skvrny se za příznivých podmínek zvýšené vlhkosti zvětšují, vzájemně splývají a celé listy zasychají. Za sucha nejčastěji vznikají menší, hranaté hnědé skvrny. Jsou-li napadeny stonky a poupata, objevují se i na nich šedivé až černé povlaky, osy zduřují, krouť se, poupata zakrňují a v malých makovičkách se nevyvine semeno.

Nejlepší ochrana je používat osivo ze zdravých rostlin nebo aplikace systémových fungicidů do porostu, která však bývá nesnadná.

Helmintospórioza máku je nejzhoubnější chorobou, která může v příznivých letech snížit výnosy semene až o 80 %. Napadá všechny části rostlin prakticky po celou dobu vegetace. Markantně se choroba projevuje v době rychlého růstu v podobě hnědých, později černých skvrn a modročerných proužků na stoncích. Napadené makovice bývají menší a objevují se na nich tmavé šedozelené plstnaté povlaky, které později hnědnou. Někdy nejvíce tobolek příznaky onemocnění dostatečně zřetelně.

Uvnitř však jsou nevyvinutá, zdeformovaná semena, vzájemně spojená vatovými shluky mycelia houby. Z makovice nevypadávají. Ochranou je zdravé osivo a preventivní moření přípravky typu Agronal (5 g Agronalu na 1 kg osiva).

Mezi další nejzávažnější choroby máku se řadí srdéčková hniloba a spála máku.

Krytonosec makovicový je vážným škůdcem na tobolekách máku. Brouk je typický bílou skvrnou na bázi tmavošedých krovek. Samičky kladou v době zakládání tobolek vajíčka do mladých pletiv. Vyrůstající se larvy vyžírají vnitřní přihrádky

a zabraňují tak vývinu semen. Nejúčinnější chemickou ochranou je zasáhnout brouky před kladením vajíček do pletiv.

Mezi další nejzávažnější škůdce máku se řadí krytonosec kořenový a mšice maková [14].

2.3. Pohanka setá

Pohanka setá (*Fagopyrum esculentum* Moench) se používá ze zdravotních důvodů jako dietní potravina, která posiluje imunitní systém člověka, zvyšuje pružnost cévních stěn, reguluje krevní srážlivost a obsah cholesterolu v krvi. Je vhodná pro diabetiky, pacienty trpící celiakií (bezlepkovou dietou) a proti poruchám zažívacího ústrojí [16].



Obrázek č. 2: Pohanka setá [17]

2.3.1. Požadavky pohanky seté na vnější prostředí

Pohanka obecná se podle způsobu využití řadí k zrninám, ale botanicky je to rostlina dvouděložná a patří do čeledě rdesnovitých (Polygonaceae). Je známa i pod dalšími českými jmény: pohanka setá nebo také pohanka střelovitá. Ojediněle pěstovaná je i pohanka tatarská (*F. tataricum* (L.) Gaertn).

Pohanka je teplomilná rostlina. Minimální teplota pro klíčení je, 7 až 8 °C. Je citlivá na chladno. Při teplotě 1 až 2 °C je ovlivněn její růst a projevují se škody

na rostlinách. Velmi citlivá je rovněž na pozdní jarní mrazy, k poškození dochází při teplotách -2 až -3 °C a ke zmrznutí při -4 °C. V době kvetení poškodí rostliny teplota kolem 0 až -1 °C. Optimální teplota v tomto období je 17 až 25 °C. Relativní vzdušná vlhkost by měla být 50 %. Pohanka kvete již za 4 týdny od vzejití po dobu 6 až 8 týdnů.

Pohanka je náročnější na vláhu než hlavní obilné druhy. Výnos závisí na množství srážek během vegetace. V sušších oblastech je vhodnější ji pěstovat na těžších, vododržných půdách než na půdách písčitých.

Pohanka je tvořena dvěma typy květů podle délky čnělek – dlouhočnělečné (PIN typ) a krátkočnělečné (THRUM typ). Dlouhočnělečné květy můžou plodit větší nažky.

Z nasazených květů se vytvoří jen 10 až 40 % nažek (občas jen 5 až 10 %). Pohanka má vysokou potenciální, ale malou reálnou produktivitu porostu. Na redukci generativních orgánů se podílejí:

- Nedostatek vláhy a vysoké teploty během kvetení a tvorby plodů.
- Založení velkého množství generativních orgánů.
- Poruchy generativních orgánů.
- Nedostatečné opylení (malá návštěvnost hmyzu).
- Nedostatek pylu.
- Konkurence o asimiláty mezi vegetativními a generativními orgány, současný růst nadzemní biomasy a tvorba květů a plodů.

Pohanka je méně náročná na půdní a pěstitelské podmínky (předplodinu) a je plodinou dobrou nebo dokonce plodinou vhodnou právě pro horší pěstitelské podmínky [16].

Pohanka se může pěstovat ve zvláštních, extrémních podmínkách nebo deficitních půdách.

Za vhodné se pro pohanku považují půdy lehké až střední, hlinitopísčité, písčitohlinité a hlinité, zásobné živinami a s dostatkem vláhy [18]. V suchých oblastech jsou to spíše půdy střední až těžké, jílovité, které mají lepší schopnost udržet vodu.

Půdní reakce by měla být slabě kyselá až neutrální [16], se spektrem pH 5 až 6,5 [18].

Pohanka je hmyzosnubná. Pro úspěšné pěstování je velmi důležité opylení, jehož převážnou část obstarává včela medonosná. Návštěvnost hmyzu zvyšuje zcela průkazně výnos nažek o několik stovek kg/ha, velikost a plnost nažek i jejich biologickou hodnotu [16].

2.3.2. Vlastnosti osiva

Osivo pohanky seté je směsí semen o různé velikosti a různém stupni zralosti a tím i různé klíčivosti. Semena z vrchních květenství vykazují vyšší klíčivost (93%) proti semenům z bočních květenství (68 – 89 %). K setí je vhodné použít větší nažky (nad sítem 3,5 mm) [18]. Při setí větších nažek bylo prokázáno zvýšení výnosu.

Osivo by mělo vykazovat dobrou hmotnost nažek, podle charakteru odrůdy. Není vhodné osivo z porostů pozdě setých mezipločin. Pro I. třídu se požaduje klíčivost 85 % a čistota 98 %.

Zajímavou vlastností pohanky je udržení poměrně dobré klíčivosti po několik let [16].

2.3.3. Setí pohanky seté

Základní příprava půdy se dělá podle předplodiny. Pokud se pohanka pěstuje jako hlavní plodina, orba se provádí na podzim. Pohanku je lepší orat hlouběji, minimálně 22 cm. Po hluboké orbě se vytvoří mohutnější kořenový systém, který je schopen lépe využít vláhu a živiny.

Doba setí pohanky jako hlavní plodiny je dána požadavky na teplotu půdy pro vyklíčení. Minimální teplota pro klíčení se uvádí 7 až 8 °C, ale teplota půdy do hloubky setí by měla být 10 až 12 °C. V některých oblastech se mohou mrazy vyskytovat ještě v květnu, proto se musí doba setí zvolit tak, aby porost vzešel až po jejich odeznění. Pohanka vzejde zhruba za 7 až 13 dní v závislosti na teplotě [18]. Při teplotách 25 až 30 °C vzchází již za 4 až 5 dní [16].

U nás se pohanka seje od posledního dubnového týdne až do poloviny května [18].

Při pěstování pohanky jako druhé plodiny v roce se doba výsevu řídí sklizní předplodiny. Je nutné pohanku zasít co nejdříve, aby nebyla ohrožena podzimními mrazy.

Nejvíce doporučované šířky řádků pro pěstování pohanky jsou 150 nebo 250 až 300 mm. Vlastní volba řádků se řídí podle odrůdy, její vzrůstnosti a délky vegetační doby.

Nejčastěji je doporučován výsevek 150 až 200 nažek na 1 m². Při časném výsevu a v úrodných půdách se seje méně (150) a v nepříznivých podmínkách a po horších předplodinách se seje více, až 250 nažek. V úzkých řádcích více o 50 nažek, v širších řádcích o 50 méně. Při výsevu po 20. 5. se opět výsevek zvyšuje asi o 50 nažek na 1 m². Optimální hloubka setí je 40 mm [16].

2.3.4. Osivo pohanky a jeho choroby a škůdci

Pohanka není příliš náchylná na choroby. Výskyt některých chorob lze snížit mořením osiva. Ze škůdců se vykytují nejvíce mšice. Chemická ochrana porostů se využívá jen výjimečně, jelikož je pohanka dietní potravinou [16].

3. Vytyčení cíle

Zjistit jaký vliv má plazma aplikované na semena zemědělsky strategických plodin. Modelovými rostlinami bude mák setý a pohanka setá. Bude testováno, jak plazma ovlivňuje jejich klíčivost a počáteční růst mladých semenáčků. Klíčivost obou modelových rostlin bude zkoumána z hlediska rychlosti klíčení a počtu klíčících semen. Počáteční růst semenáčků bude testován podle délky přírůstků a jejich hmotnosti v suchém stavu. Veškeré práce budou probíhat v laboratorních podmínkách a při stimulaci budou použity různé časy expozice plazmatu. Na závěr bude zhodnoceno, jaká z použitých rostlin je vhodnější pro stimulaci růstu plazmatem.

4. Metodika

4.1. Popis aparatury

Základem plazmochemické aparatury (Plasonic AR-550-M) je tlaková nádoba, do které se vkládají vzorky semen, které chceme vystavit účinkům působení plazmatu. Stimulace semen plazmatem se uskutečňuje ve vakuu. Odčerpání nežádoucích plynů se provede vývěvou připojenou k aparatuře. Samotné plazma vznikne z vhodných plynů, které jsou do aparatury přivedeny z tlakových lahví.

Před spuštěním aparatury je nutné nastavit program, podle něhož bude řízena její činnost. Určíme výkon, průtoky plynů, maximální tlak, na který má vývěva vyčerpat nežádoucí plyny a dobu, po kterou budou semena vystavena účinkům působení plazmatu.

Pokud chceme semena vystavit jen účinkům působení vakua bez stimulace plazmatem, nastavíme nulové průtoky plynů a nulový výkon.

4.2. Použité vzorky máku setého a pohanky seté

Mák setý – Mák modrý celý Stilla Natura, země původu: ČR, prodávající: Kaufland ČR, v.o.s.

Pohanka setá – vzorek získaný od doc. Ing. J. Pexové Kalinové, Ph.D. z katedry rostlinné výroby a agroekologie na zemědělské fakultě Jihočeské univerzity v Č. B.

4.3. Příprava vzorků

Snažil jsem se vybrat jen taková semena máku setého a pohanky seté, která nejevila žádné známky mechanického poškození, aby neměla deformovanou slupku. Pokusil jsem se selektivně vybrat semena o přibližně stejné velikosti a barvě tak, abych eliminoval možné chyby při pokusech. Ujistil jsem se také, zda semena nejsou vlhká nebo též zapáchající.

4.4. Aplikace plazmatem

4.4.1. Mák setý – pokus založený 29. 1. 2010

Vzorky semen jsem umístil do aparatury na Petriho misku, kde jsem je rovnoměrně rozprostřel a poté jsem aparaturu uzavřel. V programu jsem nastavil výkon na 500 W, průtoky plynů argonu a kyslíku shodně na $50 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$, tlak v nádobě na 0,5 mbar a časy, po které budou vzorky stimulovány plazmatem od 10 minut do 90 minut v intervalech po 20 minutách.

Pro vzorky vystavené jen působení účinkům vakua jsem v programu nastavil tlak na 0,5 mbar jako při stimulaci semen plazmatem. Výkon a průtoky plynů musí být nulové. Čas stimulace vakuem jsem nastavil na 10 minut.

4.4.2. Mák setý – pokus založený 4. 3. 2010

Postupoval jsem obdobně jako v předchozím pokusu, jen čas stimulace plazmatem byl nastaven jen jeden.

Nastavené hodnoty:

	Stimulace plazmatem	Stimulace vakuem
výkon	500 W	0
argon	$50 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$	0
kyslík	$50 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$	0
tlak	0,5 mbar	0,5 mbar
čas	50 minut	10 minut

4.4.3. Pohanka setá – pokus založený 29. 1. 2010

Postup stimulace plazmatem byl shodný jako u předchozích pokusů s mákem setým, jen byly nastaveny jiné časy stimulace plazmatem. Stimulace vakuem nebyla provedena.

Nastavené hodnoty:

výkon	500 W
argon	50 ml·min ⁻¹
kyslík	50 ml·min ⁻¹
tlak	0,5 mbar
čas	3 minuty, 5 minut, 10 minut

4.5. Testy klíčivosti a počet přírůstků

4.5.1. Máč setý – pokus založený 29. 1. 2010

Do plastových Petriho misek o průměru 9 cm jsem vložil tři filtrační papíry a přidal 5 ml převařené vody o pokojové teplotě. Jednotlivé vzorky semen jsem rovnoměrně rozmístil vždy do pěti misek po 30 semenech. Všechny misky jsem uložil do skříně tak, aby klíčení nebylo ovlivněno denním světlem. Teplota v místnosti se pohybovala v rozmezí 20 – 22 °C.

Jednotlivé misky jsem označil následovně:

- modifikovaná semena plazmatem v daných časech:

doba stimulace plazmatem	označení
10 minut	A (1 – 5)
30 minut	B (1 – 5)
50 minut	C (1 – 5)
70 minut	D (1 – 5)
90 minut	E (1 – 5)

- kontrolní nemodifikovaná semena K (1 – 5),
- semena vystavená účinkům samotného vakua V (1 – 5).

V jednotlivých dnech (1. – 3. 2. 2010/3. – 5. den) jsem zjišťoval počty klíčících semen máku setého v jednotlivých miskách a měřil délky jejich klíčků.

Vysvětlivky:

- a_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou
- x_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou v celém pokusu
- c_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na miskou
- z_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na miskou v celém pokusu
- d_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého
- w_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého v celém pokusu

4.5.2. Máč setý – pokus založený 4. 3. 2010

Do plastových Petriho misek o průměru 9 cm jsem vložil tři filtrační papíry a přidal 5 ml převařené vody o pokojové teplotě. V každé misce jsem rovnoměrně rozmístil 30 semen máku setého. Do 20 misek jsem umístil modifikovaná semena plazmatem, do 12 misek semena vystavená působení účinkům samotného vakua a do 12 misek kontrolní nemodifikovaná semena. Všechny misky jsem dal do termostatu s teplotou 22 – 25 °C, aby klíčení nebylo ovlivněno denním světlem.

Jednotlivé misky jsem označil následovně:

- modifikovaná semena plazmatem P,
- kontrolní nemodifikovaná semena K,
- semena vystavená účinkům samotného vakua V.

V jednotlivých dnech (6. – 9. 3. 2010/2. – 5. den) jsem zjišťoval počty klíčících semen máku setého a měřil délky jejich klíčků vždy v náhodně vybraných Petriho miskách. Vybíral jsem vždy pět misek se semeny modifikovanými plazmatem a po třech miskách se semeny vystavenými účinkům působení vakua a s nemodifikovanými kontrolními semeny. Klíčky jsem vždy zbavil osemení a po jejich změření jsem je usušil a poté zvažil na analytických vahách. Hmotnosti klíčků byly stanovovány pro celou Petriho miskou dohromady ve třetím až pátém dnu pokusu.

Vysvětlivky:

a_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou

x_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou v celém pokusu

c_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na miskou

z_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na miskou v celém pokusu

d_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého

w_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého v celém pokusu

m ...průměrná hmotnost lodyžek semen máku setého na miskou

m_c ...průměrná hmotnost lodyžek semen máku setého na miskou v celém pokusu

4.5.3. Pohanka setá – pokus založený 29. 1. 2010

Do skleněných Petriho misek o průměru 9 cm jsem vložil tři filtrační papíry a přidal 10 ml převařené vody o pokojové teplotě. Jednotlivé vzorky semen jsem rovnoměrně rozmístil vždy do šesti misek po 30 semenech. Všechny misky jsme uložili do termostatu o teplotě 25 °C, aby klíčení nebylo ovlivněno denním světlem.

Jednotlivé misky jsem označil následovně:

- modifikovaná semena plazmatem v daných časech:

doba stimulace plazmatem	označení
3 minuty	A (1 – 6)
5 minut	B (1 – 6)
10 minut	C (1 – 6)

- kontrolní nemodifikovaná semena K (1 – 5).

V jednotlivých dnech (1. – 3. 2. 2010/3. – 5. den) jsem zjišťoval v jednotlivých miskách počty klíčících semen pohanky seté a pátý den jsem změřil délky jejich klíčků. Klíčky jsem vždy zbavil oplodí a po jejich změření jsem je usušil a poté zvažil na analytických vahách. Hmotnosti klíčků byly stanovovány pro celou Petriho miskou dohromady.

Vysvětlivky:

a_p ...průměrný počet klíčících semen pohanky seté na miskou

x_p ...průměrný počet klíčících semen pohanky seté na miskou v celém pokusu

c_p ...průměrná délka klíčků semen pohanky seté na miskou

d_p ...sečtená délka klíčků semen pohanky seté

m ...průměrná hmotnost lodyžek semen pohanky seté na miskou

4.6. Elektronová mikroskopie

Pomocí skenovacího elektronového mikroskopu (JEOL JSM-7401F) jsem zkoumal případné změny povrchu semen máku setého vystavených účinkům plazmatu po dobu 50 minut, samotného vakua také po dobu 50 minut a nemodifikovaných kontrolních vzorků.

Vzorky jsem nalepil pomocí oboustranné pásky na duralové terčíky. Zkoušel jsem je prohlížet nepokovené, ale výsledek nebyl pozorovatelný. Proto se provedlo pokovení v předkomoře mikroskopu po dobu 120 s. Za tuto dobu by se na vzorek měla naprášit vrstva 10 – 20 nm zlata. Protože vrstva ještě nebyla dostatečná, vzorky se stále značně nabíjely, provedlo se ještě jedno pokovení opět po dobu 120 s. Po této době byly vzorky pokovené dostatečně.



Obrázek č. 3: Skenovací elektronový mikroskop JEOL JSM-7401F [19]

4.7. Statistické zpracování

Pro hodnocení vlivu plazmatu na klíčení a růst semen v jednotlivých dnech pokusů byla použita jednocestná analýza variance (one way ANOVA). Závislými proměnnými byly: počet klíčících semen na misku, hmotnost lodyžek na misku, průměrná délka lodyžky, suma délek lodyžek na jednu misku. Podrobné otestování průkazných pokusných variant navzájem bylo následně provedeno Duncanovým testem mnohonásobného porovnání. Všechny statistické testy byly počítány na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. K těmto analýzám byl použit standardní program STATISTICA.

5. Výsledky

5.1. Mák setý – pokus založený 29. 1. 2010

5.1.1. Klíčení

Tabulka č. 1: Průměrné počty klíčících semen máku setého na miskou

	3. den	4. den	5. den
K1	27	27	27
K2	22	26	26
K3	29	30	30
K4	27	29	29
K5	29	30	30
a_m	26,8	28,4	28,4
x_m	27,9		

	3. den	4. den	5. den
V1	25	29	29
V2	23	26	26
V3	26	28	28
V4	25	28	28
V5	27	26	26
a_m	25,2	27,4	27,4
x_m	26,7		

	3. den	4. den	5. den
A1	26	27	27
A2	25	27	27
A3	26	27	27
A4	26	28	28
A5	24	25	25
a_m	25,4	26,8	26,8
x_m	26,3		

	3. den	4. den	5. den
B1	26	27	27
B2	25	28	28
B3	24	27	27
B4	24	27	27
B5	27	27	27
a_m	25,2	27,2	27,2
x_m	26,5		

	3. den	4. den	5. den
C1	25	27	27
C2	27	28	29
C3	25	25	25
C4	29	29	29
C5	29	29	29
a_m	27,0	27,6	27,8
x_m	27,5		

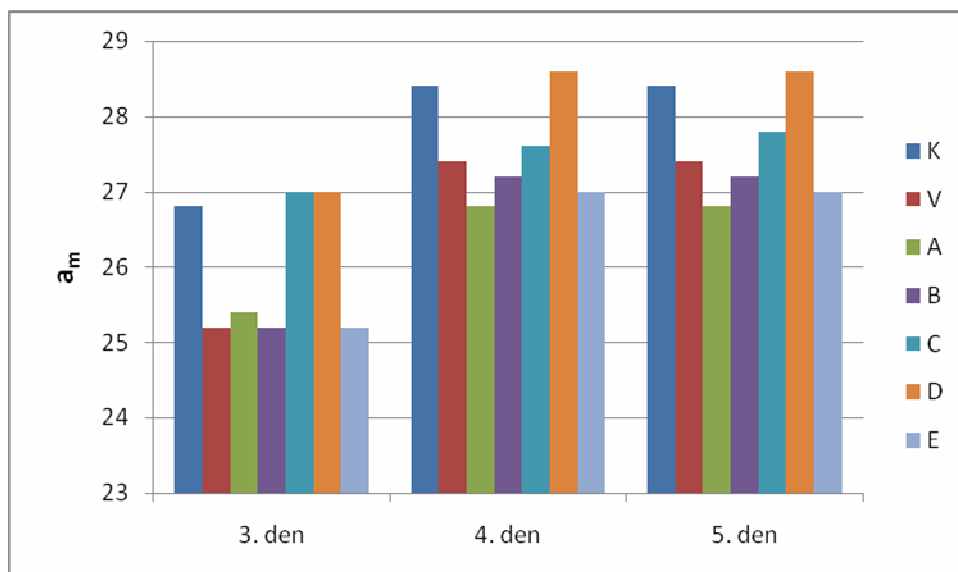
	3. den	4. den	5. den
D1	27	28	28
D2	26	27	27
D3	28	30	30
D4	27	29	29
D5	27	29	29
a_m	27,0	28,6	28,6
x_m	28,1		

	3. den	4. den	5. den
E1	21	24	24
E2	26	28	28
E3	27	29	29
E4	29	29	29
E5	23	25	25
a_m	25,2	27,0	27,0
x_m	26,4		

Vysvětlivky pro tabulku č. 1.:

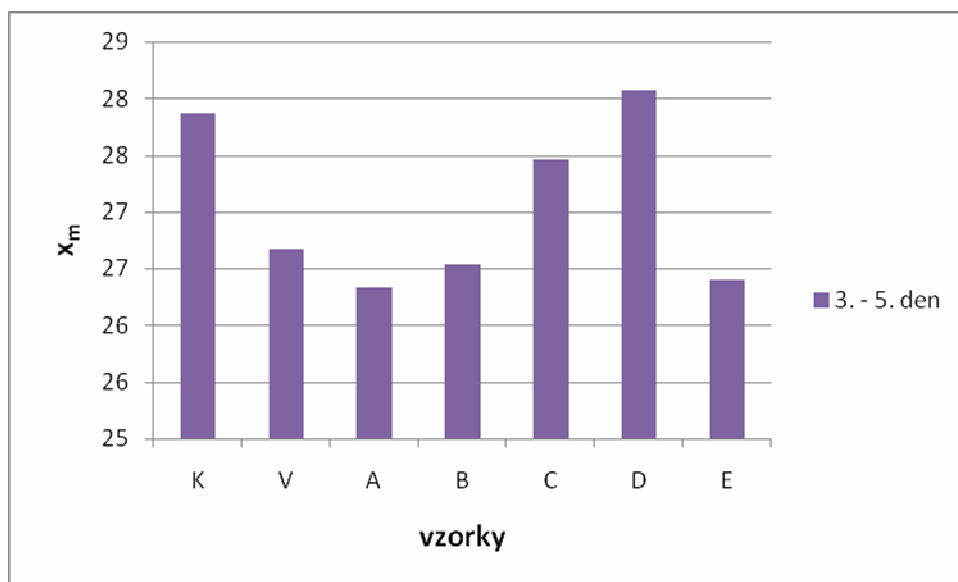
a_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou

x_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou v celém pokusu



Graf č. 1.: Průměrné počty klíčících semen máku setého na miskú

V průměru bylo vyklíčených třetí den nejvíce vzorků semen „C“ ($a_m = 27,0$) a „D“ ($a_m = 27,0$), s malou ztrátou byly kontrolní vzorky ($a_m = 26,8$). Ve čtvrtém dnu vzorky „E“ ($a_m = 27,0$) byly na stejné úrovni jako vzorky „C“ a „D“ třetí den. Čtvrtý den, ale už vzorků „D“ ($a_m = 28,6$) bylo vyklíčených nejvíce s opět malou ztrátou kontrolních vzorků ($a_m = 28,4$), vzorky „C“ ($a_m = 27,6$) ale už zaostávaly.



Graf č. 2.: Průměrné počty klíčících semen máku setého na miskú v celém pokusu

Nejvíce bylo vyklíčených vzorků „D“ ($x_m = 28,1$) a kontrolních vzorků ($x_m = 27,9$) a nejméně vzorků „A“ ($x_m = 26,3$) a „E“ ($x_m = 26,4$).

Vysvětlivky pro grafy č. 1. a 2.:

a_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na misku

x_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na misku v celém pokusu

5.1.2. Délky klíčků

Tabulka č. 2.: Průměrné a sečtené délky klíčků máku setého na misku

3. den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Ø	c _m	Σ	d _m	
K1	2	3	1	2	2	1	3	2	1	1	5	3	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2					2,0	2,1	55	273
K2	2	4	1	2	1	3	4	3	5	2	2	5	3	5	2	1	4	1	2	1	2	3										2,6		58	
K3	1	4	2	1	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	3	3	3	3	3	2	2	2	2			2,1		61	
K4	2	2	1	1	4	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1				1,5		41	
K5	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	4	2	1	1	5	3	3	1	3	2	2	2	2	2	2	6	1	2	1			2,0		58	
V1	1	2	4	2	2	1	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	4	2	2	2	4								2,3	2,3	58	283
V2	8	2	1	3	5	2	3	3	1	2	1	4	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	5									2,4		56	
V3	2	2	2	2	3	1	2	2	2	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2					1,9		50	
V4	3	1	2	1	4	1	4	3	5	1	2	2	1	2	2	2	2	2	4	2	1	2	2	6								2,4		59	
V5	2	3	2	2	1	1	1	3	5	2	3	1	2	1	1	3	3	5	1	2	1	5	2	1	1	2	3	3				2,2		60	
A1	5	4	4	2	3	3	3	3	1	2	4	4	5	2	1	3	2	3	3	3	3	3	2	3	2	2	1					2,8	2,6	73	328
A2	2	3	2	1	1	5	3	2	2	2	2	2	4	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2							2,2		54	
A3	2	1	3	3	2	2	2	2	4	3	2	1	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	5						2,2		57	
A4	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	5	2	2	6						1,8		48	
A5	6	1	4	5	5	3	2	2	1	3	6	6	3	6	2	4	4	4	5	4	9	6	2	3								4,0		96	
B1	1	2	2	1	4	6	2	3	4	7	6	5	1	2	6	6	1	3	2	4	5	4	5	4	4	2	1					3,4	2,4	88	308
B2	1	1	4	6	2	1	5	3	2	3	2	2	3	1	1	3	3	2	1	1	2	1	2	3	2							2,3		57	
B3	6	2	5	7	2	3	4	3	2	3	4	1	4	1	2	5	2	3	2	1	3	2	2	1								2,9		70	
B4	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1								1,5		37	
B5	2	1	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	1	2	2	2	2	2	2	2				2,1		56	
C1	2	5	4	5	1	4	5	5	3	4	5	2	1	2	2	4	2	4	2	5	5	3	6	3	4							3,5	2,9	88	393
C2	2	4	1	1	3	3	5	4	4	4	2	4	3	3	3	2	2	2	2	2	5	1	2	3	4	3						2,8		76	
C3	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	3	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1							1,6		39	
C4	2	3	1	2	2	5	2	6	3	12	6	3	4	3	6	2	6	6	1	2	6	3	5	4	2	5	4	4	2			3,9		112	
C5	3	4	2	2	5	2	3	3	2	3	4	1	3	4	2	4	2	7	2	1	2	2	2	3	1	2	2	2	3			2,7		78	
D1	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1					1,7	2,0	47	276
D2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	4	1	1	2	1	2	2	2	2	1						1,6		41	
D3	2	1	1	1	1	1	2	2	2	7	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	4	3	4	3	2	2	2	1				2,1		60	
D4	4	3	4	4	2	2	2	3	8	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	3	1	1	1	2	2	1	2					2,2		60	
D5	3	1	2	1	2	4	2	1	7	3	2	2	1	4	1	3	3	3	2	2	2	5	3	2	1	5	1					2,5		68	
E1	2	3	2	5	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	3											2,3	2,3	49	289
E2	2	2	5	4	2	2	4	2	2	3	1	2	2	2	1	1	1	2	3	5	2	2	3	2	1	1						2,3		59	
E3	2	2	2	3	2	3	3	2	2	1	2	2	2	3	2	1	1	1	5	2	2	2	4	1	2	4	1					2,2		59	
E4	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	3	3	2	2	1	3	2	3	2	2	2	2	1	3	2	6	2	1	1			2,2		65	
E5	2	5	2	2	1	3	1	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	1	4	4	2								2,5		57	

Tabulka č. 3.: Průměrné a sečtené délky klíčků máku setého na miskú

4. den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Ø	c _m	Σ	d _m		
K1	9	11	6	9	9	3	10	8	4	2	12	10	9	1	8	6	8	9	8	8	7	11	7	9	9	7	8					7,7	6,0	208	848	
K2	10	10	6	7	1	6	12	12	8	15	4	2	10	11	7	8	11	10	3	6	8	7	7	2	9	5						7,6		197		
K3	1	2	10	11	6	11	10	10	11	7	12	10	7	8	9	10	10	11	3	5	7	4	9	9	11	11	3	3	2	6		7,6		229		
K4	2	2	1	2	3	3	4	2	2	3	3	2	3	4	1	2	3	3	1	2	1	2	2	10	6	2	4	3	1			2,7		79		
K5	1	4	3	3	5	2	3	3	5	4	3	12	2	2	3	3	12	2	1	2	2	3	7	5	8	7	3	11	10	4		4,5		135		
V1	12	12	3	5	11	9	12	13	9	13	12	14	9	10	10	11	11	8	9	6	7	13	6	3	12	10	12	9	3			9,4	6,6	274	912	
V2	21	11	6	13	18	1	13	14	10	1	10	1	5	11	2	5	9	11	11	7	1	13	9	12	15	4						9,0		234		
V3	4	5	6	5	5	1	5	6	3	2	5	5	5	2	5	8	6	6	5	5	6	7	5	3	6	5	5					5,0		139		
V4	6	1	7	5	8	3	8	7	11	6	2	4	6	2	4	5	2	3	5	4	10	1	4	2	3	2	14	6				5,0		141		
V5	6	7	5	2	3	3	6	10	3	5	3	3	1	2	11	6	7	3	6	3	9	3	2	6	7	2						4,8		124		
A1	12	15	13	3	4	10	11	10	1	2	1	15	15	15	7	5	14	10	13	13	12	10	10	12	12	10	3					9,6	7,0	258	924	
A2	4	4	3	1	3	2	10	5	4	4	3	3	5	11	4	4	3	4	2	6	3	4	4	4	3	2	3					4,0		108		
A3	2	12	15	6	6	2	12	5	5	5	4	5	5	3	2	2	3	12	10	10	2	3	3	8	10	4	2					5,9		158		
A4	3	3	3	5	2	2	1	3	1	4	5	5	5	5	4	4	2	3	4	4	5	3	1	3	8	4	4	11				3,8		107		
A5	14	13	12	15	15	12	14	1	11	9	9	12	10	12	11	8	10	10	12	20	18	12	11	10	12							11,7		293		
B1	10	8	12	12	8	13	10	10	1	13	17	15	15	8	10	13	12	8	8	11	12	13	15	14	10	2	13					10,9	5,8	293	784	
B2	2	1	2	8	10	4	1	12	6	4	4	3	4	3	3	2	6	6	3	2	3	4	5	8	3	2	2	5				4,2		118		
B3	10	4	2	11	2	13	6	8	12	1	6	7	9	9	2	7	2	7	11	8	9	5	4	6	3	1	4					6,3		169		
B4	1	3	4	3	4	2	10	1	3	4	3	4	2	3	1	3	4	2	1	4	4	2	2	2	2	3	1					2,9		78		
B5	4	3	5	5	5	5	6	4	8	2	5	5	3	2	3	4	2	7	11	6	2	7	6	5	5	3	3					4,7		126		
C1	6	12	13	15	1	3	14	16	15	15	14	14	12	2	8	10	4	12	6	16	8	15	17	13	16	12	13					11,2	9,5	302	1325	
C2	10	13	5	11	12	18	19	16	13	15	10	13	10	11	12	15	7	10	11	10	11	5	15	10	9	14	8	13					11,6		326	
C3	4	5	3	2	3	3	6	3	3	2	4	11	3	2	2	3	2	9	8	2	3	2	2	4	1							3,7		92		
C4	8	10	4	13	11	15	6	14	10	25	11	11	12	12	13	6	14	11	5	8	15	12	15	15	10	13	9	9	9			11,2		326		
C5	10	11	9	11	14	11	12	11	11	12	11	5	11	13	10	12	10	13	11	3	5	8	7	9	7	10	6	11	5			9,6		279		
D1	3	3	4	5	7	3	3	5	5	3	2	3	4	6	6	6	4	6	5	6	4	3	8	2	3	10	2	4				4,5	6,3	125	896	
D2	3	4	5	5	5	1	15	12	2	3	3	17	13	2	3	2	14	12	10	1	3	3	10	7	3	3	3					6,1		164		
D3	10	10	8	5	7	15	2	6	12	6	3	6	7	9	5	6	7	4	3	21	5	5	3	3	4	3	1	2	2	4		6,1		184		
D4	19	9	2	13	12	3	2	3	2	6	14	3	3	2	5	6	3	2	2	2	3	7	2	2	2	4	6	1	4			5,0		144		
D5	13	8	2	11	8	11	10	10	8	15	9	10	12	6	12	10	7	12	11	10	3	12	9	13	8	14	7	12	6			9,6		279		
E1	3	2	3	3	3	3	5	2	4	3	6	2	2	2	2	5	4	2	5	1	13	8	11	2							4,0	4,9	96	667		
E2	2	3	4	12	7	5	4	6	4	3	11	4	3	2	3	6	2	6	4	5	6	11	3	5	8	7	1	1				4,9		138		
E3	4	2	4	7	5	7	11	3	8	2	3	3	8	9	4	3	2	2	13	2	7	2	3	3	11	2	8	13	1			5,2		152		
E4	4	5	5	2	3	5	3	3	7	13	7	4	3	4	3	2	11	3	8	2	3	3	9	3	8	3	10	4	1			4,9		141		
E5	11	4	1	3	11	3	9	3	4	3	2	6	3	6	2	13	12	6	8	2	4	9	12	2	1							5,6		140		

Tabulka č. 4.: Průměrné a sečtené délky klíčků máku setého na miskú

5. den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Ø	c _m	Σ	d _m	
K1	21	20	21	19	18	19	13	21	20	16	26	25	23	29	28	24	20	17	22	25	15	13	11	10	4	2	1					17,9	12,9	483	1808
K2	19	24	22	18	15	24	19	16	18	6	15	7	16	14	22	17	23	24	21	28	26	11	14	11	13	1						17,1		444	
K3	26	17	19	23	21	17	22	22	13	14	21	14	11	17	19	20	18	22	18	21	23	10	9	13	7	6	3	7	3	4		15,3		460	
K4	20	7	11	7	13	16	6	5	5	4	2	6	5	9	6	6	5	4	5	8	3	3	8	2	4	5	2	1	1			6,2		179	
K5	18	16	21	19	13	12	9	8	8	2	1	5	5	6	7	5	4	7	6	6	8	11	8	9	7	3	7	3	3	5		8,1		242	
V1	20	22	20	23	21	19	18	13	12	17	24	28	25	24	11	18	27	25	13	10	26	20	23	13	21	14	6	7	6			18,1	12,2	526	1672
V2	23	18	22	22	22	19	21	16	27	24	28	24	14	23	13	19	27	20	10	7	3	3	6	2	1	1						16,0		415	
V3	18	15	14	8	11	12	9	9	11	13	10	8	7	11	6	9	12	4	6	7	3	9	11	7	11	14	8	1				9,4		264	
V4	20	18	8	7	8	6	3	4	4	6	5	2	1	5	7	8	11	6	9	11	10	13	12	10	9	11	4	7				8,0		225	
V5	16	15	14	12	17	14	21	15	11	10	8	10	14	10	6	7	7	4	5	4	5	5	7	2	1	2						9,3		242	
A1	22	21	24	15	22	18	17	14	21	24	19	23	22	18	12	19	21	17	22	6	6	3	11	7	6	12	1					15,7	11,9	423	1566
A2	18	3	3	4	7	6	10	9	9	6	4	5	12	7	6	7	4	5	8	8	7	8	5	4	2	3	1					6,3		171	
A3	25	21	20	19	18	19	11	18	10	12	9	11	13	9	6	6	8	6	5	5	4	3	4	5	6	7	1					10,4		281	
A4	20	15	9	11	7	6	7	9	8	5	5	6	9	6	7	4	5	1	3	1	1	6	5	5	1	4	7	6				6,4		179	
A5	27	17	21	23	25	23	17	26	17	19	22	21	15	28	24	25	22	18	23	20	21	13	19	22	4							20,5		512	
B1	18	19	16	18	9	19	21	23	17	9	1	15	15	20	16	15	7	15	19	15	7	13	14	8	6	11	3					13,7	8,8	369	1197
B2	21	15	11	14	9	9	10	7	13	4	1	2	5	5	2	6	7	6	6	11	8	9	7	6	4	11	6	1				7,7		216	
B3	21	16	15	18	12	15	9	3	3	12	11	12	1	7	7	6	12	9	12	15	10	6	2	4	6	2						9,2		249	
B4	12	16	11	7	6	7	8	8	6	7	6	5	6	1	2	2	8	4	6	5	3	4	4	1	1	1						5,5		148	
B5	11	20	13	7	6	15	18	12	11	10	6	9	8	3	7	3	8	6	1	1	4	6	5	7	6	8	4					8,0		215	
C1	23	28	20	22	24	26	22	19	17	14	23	26	20	7	29	19	15	22	10	19	18	12	7	2	3	3	6					16,9	16,9	456	2386
C2	29	28	30	24	28	26	31	27	20	19	18	16	20	30	18	25	15	26	19	30	31	20	24	15	9	14	9	1				21,3		617	
C3	15	9	14	18	7	8	19	11	8	11	6	4	3	4	4	6	1	8	7	6	1	3	3	3	1							7,2		180	
C4	30	23	26	19	15	39	31	23	20	19	21	25	26	27	20	17	15	15	20	20	21	16	14	13	7	14	6	9				19,3		561	
C5	23	24	15	22	14	15	17	18	26	25	16	15	23	22	20	21	27	22	20	21	20	23	22	22	17	20	9	10	13			19,7		572	
D1	12	11	11	9	15	13	12	7	6	7	7	9	6	4	8	6	4	4	6	8	6	6	5	6	6	4	6					7,5	11,1	210	1584
D2	23	20	24	25	17	20	20	16	7	15	27	7	7	9	7	5	6	5	1	1	6	6	9	6	5	3	1					11,0		298	
D3	28	17	26	20	16	13	18	11	6	11	7	17	13	7	5	6	9	3	5	6	5	9	11	8	9	12	4	6	5	2		10,5		315	
D4	27	18	15	19	14	9	13	12	7	6	7	8	8	4	7	9	11	4	12	8	8	9	6	5	12	8	7	6	1			9,7		280	
D5	20	21	21	12	22	25	16	17	20	29	27	15	17	12	16	10	16	19	19	12	20	18	16	11	14	16	7	7	6			16,6		481	
E1	22	18	11	15	10	9	11	9	10	12	14	5	4	5	6	6	5	6	7	5	6	6	6	3								8,3	9,5	200	1281
E2	15	21	13	12	14	12	13	8	12	13	14	10	9	6	3	8	7	14	6	9	5	8	10	7	6	7	1	3				9,5		266	
E3	22	20	20	6	3	11	9	7	6	12	7	9	13	12	10	15	20	9	5	7	11	7	12	11	7	6	5	6	5			10,1		293	
E4	14	19	9	12	14	9	7	7	6	7	12	7	5	11	10	15	2	4	10	7	5	4	8	7	7	8	11	9				8,7		251	
E5	15	18	19	19	13	16	3	6	10	9	10	9	19	20	7	12	7	15	4	7	7	8	6	2	10							10,8		271	

Vysvětlivky pro tabulky č. 2., 3. a 4.:

c_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na misku

d_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého

Tabulka č. 5.: Průměrné délky klíčků máku setého na misku v celém pokusu

	K	V	A	B	C	D	E
3. den	2,1	2,3	2,6	2,4	2,9	2,0	2,3
4. den	6,0	6,6	7,0	5,8	9,5	6,3	4,9
5. den	12,9	12,2	11,9	8,8	16,9	11,1	9,5
z_m	7,0	7,0	7,1	5,7	9,8	6,4	5,6

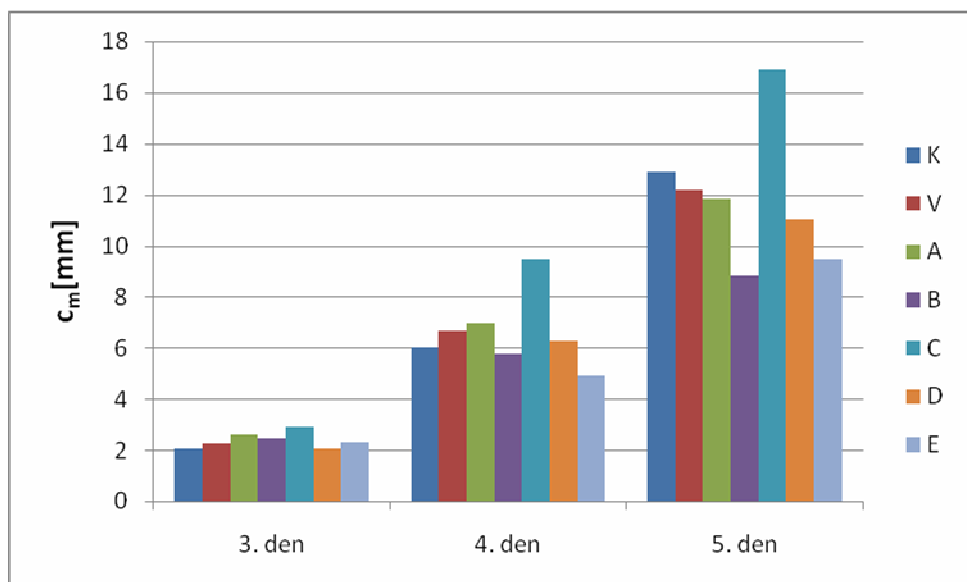
Tabulka č. 6.: Sečtené délky klíčků máku setého na misku v celém pokusu

	K	V	A	B	C	D	E
3. den	273	283	328	308	393	276	289
4. den	848	912	924	784	1325	896	667
5. den	1808	1672	1566	1197	2386	1584	1281
w_m	2929	2867	2818	2289	4104	2756	2237

Vysvětlivky pro tabulky č. 5. a 6.:

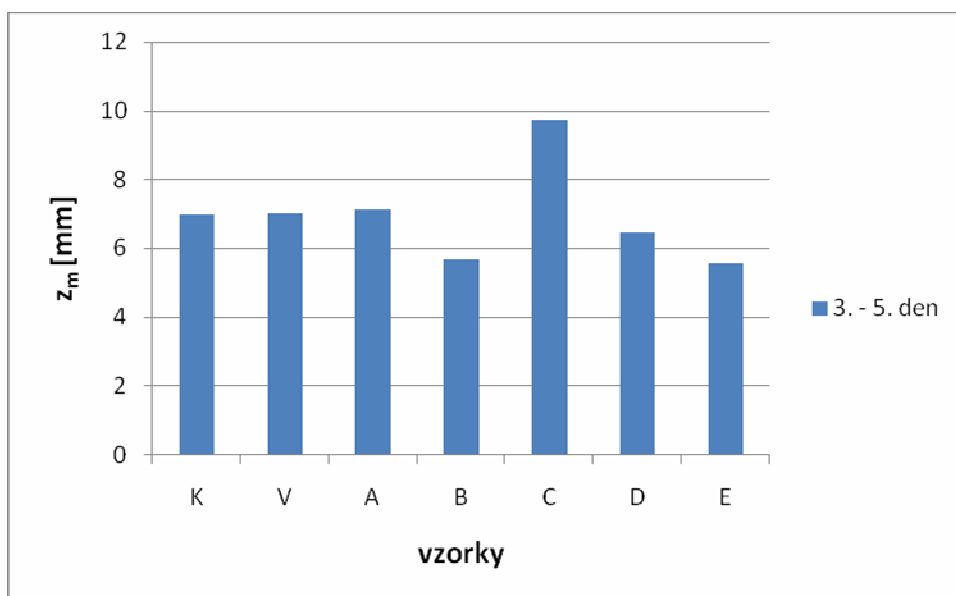
z_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na misku v celém pokusu

w_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého v celém pokusu



Graf č. 3.: Průměrné délky klíčků máku setého na misku

V třetím dnu se ještě žádné významné rozdíly neprojevíly. Průměrné délky klíčků byly ve všech dnech největší u vzorků „C“ ($c_m = 2,9$ mm; $c_m = 9,5$ mm; $c_m = 16,9$ mm). V pátém dnu jako jediné překonaly vzorky „C“ ($c_m = 16,9$ mm) průměrnou délku klíčků kontrolních vzorků ($c_m = 12,9$ mm). To ve čtvrtém dnu dokázaly ještě vzorky „V“ ($c_m = 6,6$ mm), „A“ ($c_m = 7,0$ mm) a „D“ ($c_m = 6,3$ mm) vůči kontrolním vzorkům ($c_m = 6,0$ mm). Opakem byly vzorky „E“, které měly nejmenší průměrnou délku klíčků ve čtvrtém ($c_m = 4,9$ mm) a vzorky „B“ pátém dnu ($c_m = 8,8$ mm).



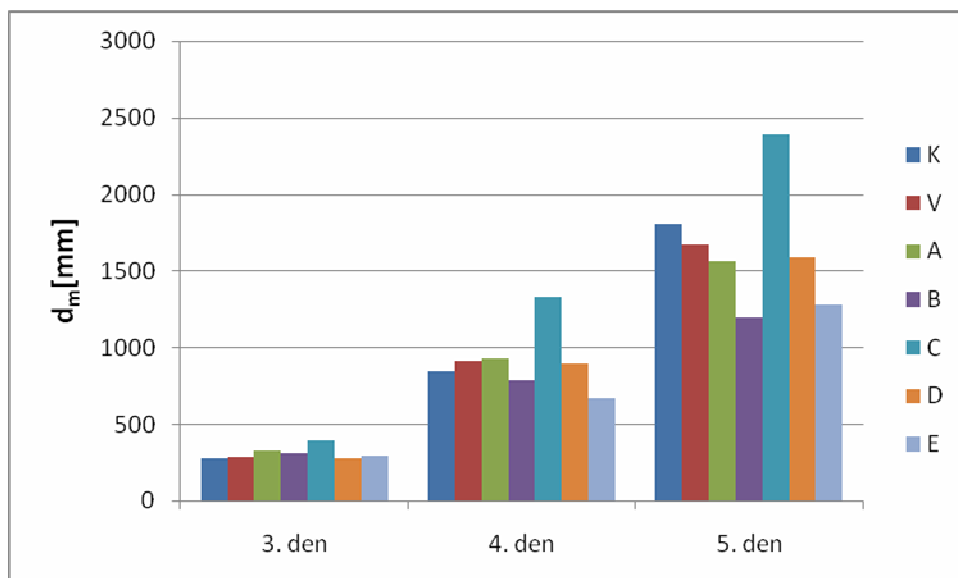
Graf č. 4.: Průměrné délky klíčků máku setého na miskú v celém pokusu

Vzorky „C“ ($z_m = 9,8$ mm) měly největší průměrnou délku klíčků a nejmenší vzorky „B“ ($z_m = 5,7$ mm) a „E“ ($z_m = 5,6$ mm).

Vysvětlivky pro grafy č. 3. a 4.:

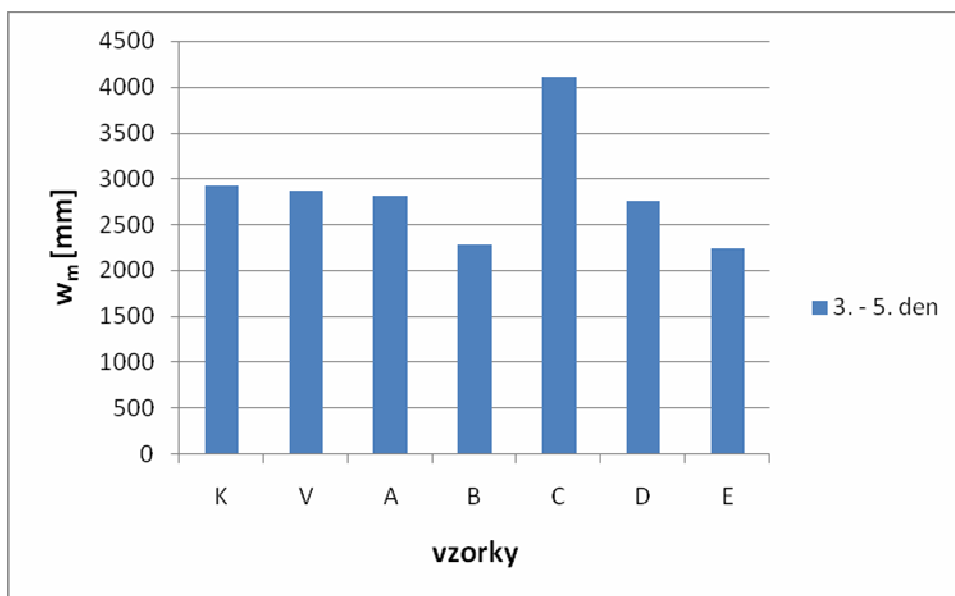
c_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na miskú

z_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na miskú v celém pokusu



Graf č. 5.: Sečtené délky klíčků máku setého

V třetím dnu se ještě žádné významné rozdíly neprojevily. Sečtené délky klíčků byly ve všech dnech největší u vzorků „C“ ($d_m = 393$ mm; $d_m = 125$ mm; $d_m = 2386$ mm). V pátém dnu jako jediné překonaly vzorky „C“ ($d_m = 2386$ mm) sečtenou délku klíčků kontrolních vzorků ($d_m = 1808$ mm). To ve čtvrtém dnu dokázaly ještě vzorky „V“ ($d_m = 912$ mm), „A“ ($d_m = 924$ mm) a „D“ ($d_m = 896$ mm) vůči kontrolním vzorkům ($d_m = 848$ mm). Opakem byly vzorky „E“, které měly nejmenší sečtenou délku klíčků ve čtvrtém ($d_m = 667$ mm) a vzorky „B“ pátém dnu ($d_m = 1197$ mm).



Graf č. 6.: Sečtené délky klíčků máku setého v celém pokusu

Největší sumární délku klíčků měly vzorky „C“ ($w_m = 4104$ mm) a nejmenší vzorky „B“ ($w_m = 2289$ mm) a „E“ ($w_m = 2237$ mm).

Vysvětlivky pro grafy č. 5. a 6.:

d_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého

w_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého v celém pokusu

5.1.3. Obrázky



Kontrolní semena „K“



Stimulovaná semena vakuem „V“



Stimulovaná semena plazmatem „A“



Stimulovaná semena plazmatem „B“



Stimulovaná semena plazmatem „C“



Stimulovaná semena plazmatem „D“



Stimulovaná semena plazmatem „E“

Obrázek č. 4: Mák setý ve čtvrtém dnu pokusu

5.2. Mák setý – pokus založený 4. 3. 2010

5.2.1. Klíčení

Tabulka č. 7.: Průměrné počty klíčících semen máku setého na miskou

	2. den	3. den	4. den	5. den
P1	14	23	24	26
P2	18	22	24	27
P3	17	21	21	24
P4	17	26	17	23
P5	14	26	25	21
a_m	16,0	23,6	22,2	24,2
x_m	21,5			

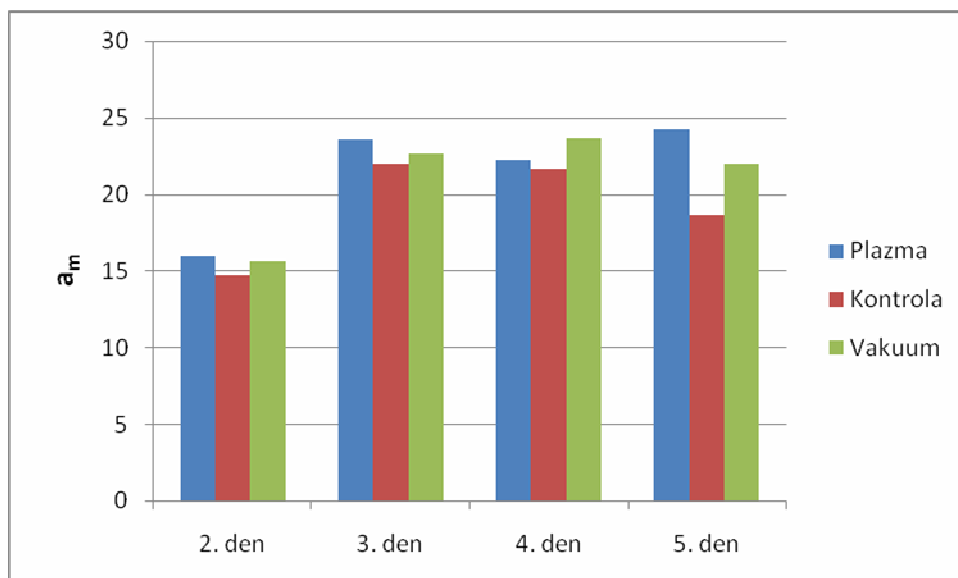
	2. den	3. den	4. den	5. den
K1	11	19	24	18
K2	17	23	21	18
K3	16	24	20	20
a_m	14,7	22,0	21,7	18,7
x_m	19,3			

	2. den	3. den	4. den	5. den
V1	15	26	22	19
V2	13	22	27	23
V3	19	20	22	24
a_m	15,7	22,7	23,7	22,0
x_m	21,0			

Vysvětlivky pro tabulku č. 7.:

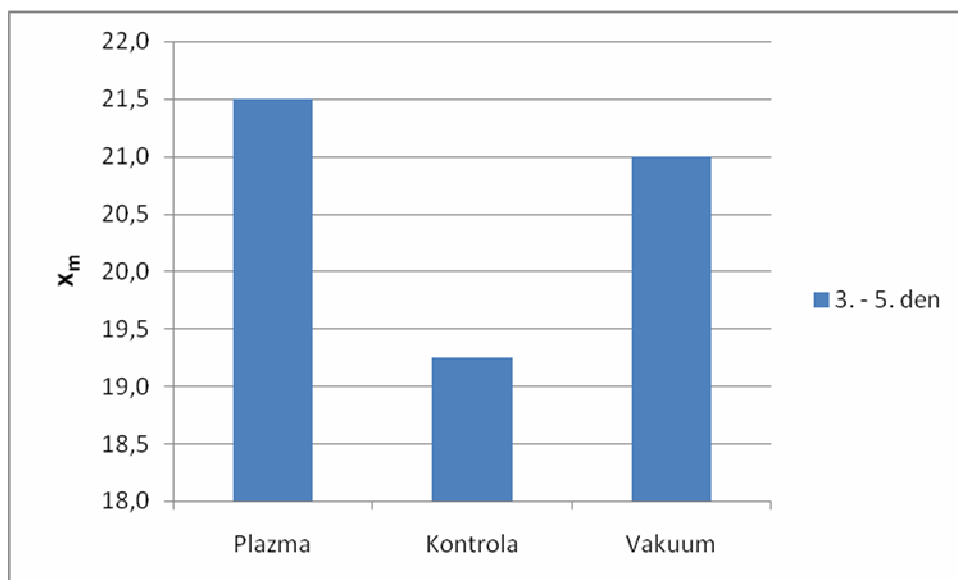
a_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou

x_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou v celém pokusu



Graf č. 7.: Průměrné počty klíčících semen máku setého na miskú

Druhý ($a_m = 16,0$), třetí ($a_m = 23,6$) a pátý den ($a_m = 24,2$) bylo vyklíčených průměrně nejvíce semen u vzorků stimulovaných plazmatem, kromě čtvrtého dne kdy bylo vyklíčených průměrně více vzorků stimulovaných vakuem ($a_m = 23,7$). Nejméně vyklíčilo vždy kontrolních vzorků ($a_m = 14,7$; $a_m = 22,0$; $a_m = 21,7$; $a_m = 18,7$).



Graf č. 8.: Průměrné počty klíčících semen máku setého na miskú v celém pokusu

Průměrně bylo vyklíčených nejvíce semen stimulovaných plazmatem ($a_m = 21,5$) a nejméně kontrolních semen ($a_m = 19,3$).

Vysvětlivky pro grafy č. 7. a 8.:

a_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou

x_m ...průměrný počet klíčících semen máku setého na miskou v celém pokusu

5.2.2. Délky klíčků

Tabulka č. 8.: Průměrné a sečtené délky klíčků máku setého na miskou

2. den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Ø	c_m	Σ	d_m
P1	2	3	3	5	1	2	2	2	2	1	3	3	3	4																	2,6	2,7	36	45
P2	6	4	3	7	3	4	2	5	5	3	3	4	3	2	2	3	3	4													3,7		66	
P3	2	2	1	3	2	3	2	1	3	1	2	2	2	3	4	3	1														2,2		37	
P4	4	2	2	1	3	1	4	3	3	7	3	2	4	1	4	5	4														3,1		53	
P5	3	1	1	2	3	3	1	2	3	4	3	2	2	1																	2,2		31	
K1	3	2	2	1	3	1	1	1	3	2	1																				1,8	2,3	20	34
K2	3	3	3	4	2	3	2	2	1	2	1	2	4	4	1	2	3														2,5		42	
K3	5	2	4	4	2	2	3	2	2	1	1	2	3	1	4	2															2,5		40	
V1	2	3	1	2	3	2	4	1	2	2	1	3	2	2	1																2,1	2,3	31	36
V2	3	3	2	3	2	2	3	3	4	1	2	3	3	2																	2,6		36	
V3	2	2	3	1	3	2	2	2	1	2	3	2	2	3	2	3	3	1	2												2,2		41	

Tabulka č. 9.: Průměrné a sečtené délky klíčků máku setého na miskou

3. den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Ø	c _m	Σ	d _m	
P1	5	9	1	12	4	12	4	7	1	11	11	1	4	10	5	10	1	2	3	5	5	2	5									5,7	6,0	130	144
P2	9	4	5	7	3	2	11	4	4	7	5	6	7	5	5	5	6	4	7	9	9	5										5,9		129	
P3	4	6	1	9	2	4	8	9	6	2	7	2	5	4	2	6	1	2	6	11	10											5,1		107	
P4	14	8	7	6	2	10	3	6	1	9	7	9	3	11	9	3	1	11	7	15	8	3	3	14	4	9						7,0		183	
P5	14	1	13	12	5	7	6	1	6	2	7	18	1	1	11	8	1	2	12	5	12	2	7	2	5	9						6,5		170	
K1	4	5	7	5	9	1	2	5	3	9	2	2	7	7	2	3	4	6	4													4,6	5,7	87	127
K2	6	11	11	10	5	4	2	11	6	7	13	3	10	13	8	4	7	9	3	6	14	1	3									7,3		167	
K3	1	8	5	5	9	7	10	5	6	1	3	1	1	5	3	1	11	5	6	6	1	10	11	5								5,3		126	
V1	1	5	13	2	6	8	5	10	1	7	4	10	1	6	1	7	9	5	10	2	2	6	7	6	3	12						5,7	5,1	149	116
V2	4	4	2	4	5	5	5	1	5	4	7	7	3	5	4	3	6	3	5	1	5	6										4,3		94	
V3	1	1	1	5	8	6	1	11	5	5	11	3	2	11	2	5	6	6	6	9												5,3		105	

Tabulka č. 10.: Průměrné a sečtené délky klíčků máku setého na miskou

4. den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Ø	c _m	Σ	d _m	
P1	20	1	10	8	4	10	5	12	6	10	14	13	10	10	10	12	8	25	23	4	8	1	4	13								10,0	9,8	241	217
P2	25	8	26	14	10	13	11	22	10	18	6	12	12	14	15	10	8	13	5	8	5	1	1	1								11,2		268	
P3	21	1	12	8	2	16	1	3	10	11	14	3	19	3	12	8	8	8	8	1	8											8,4		177	
P4	30	25	18	13	12	9	16	6	9	7	4	6	1	1	2	2	4															9,7		165	
P5	1	6	1	7	8	4	10	10	20	19	2	22	8	8	13	8	14	8	4	17	6	10	14	13	3							9,4		236	
K1	22	20	18	19	18	13	16	12	14	5	8	14	5	7	6	4	8	8	5	5	2	1	2	1								9,7	10,8	233	231
K2	21	20	22	21	21	14	13	10	11	9	8	10	8	4	7	4	2	1	1	1	1											10,0		209	
K3	18	15	2	12	6	13	18	18	18	22	13	6	6	24	2	5	26	6	18	4												12,6		252	
V1	14	19	15	9	16	12	8	8	6	8	4	7	10	4	6	9	1	1	2	1	1	3										7,5	8,9	164	212
V2	8	9	5	4	9	9	10	20	20	13	18	23	2	1	8	12	2	1	11	11	10	5	13	13	2	5	11					9,4		255	
V3	13	7	27	16	6	1	1	12	22	13	12	2	16	10	5	7	3	2	9	12	15	5										9,8		216	

Tabulka č. 11.: Průměrné a sečtené délky klíčků máku setého na misku

5. den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Ø	c _m	Σ	d _m	
P1	13	33	15	13	13	7	29	5	14	6	13	27	10	17	2	16	5	16	16	6	9	1	8	5	15	14						12,6	13,8	328	333
P2	19	18	9	11	13	13	12	13	11	6	4	21	27	30	25	22	30	35	17	27	37	5	2	3	1	6	2					15,5		419	
P3	9	16	13	13	15	11	11	13	14	7	24	20	13	30	1	1	1	4	3	3	2	2	2	1								9,5		229	
P4	15	25	17	14	20	16	10	10	27	33	31	14	5	25	23	22	12	25	7	3	2	10	5									16,1		371	
P5	16	11	18	14	20	13	25	18	26	17	24	18	15	19	25	10	8	13	1	6	1											15,1		318	
K1	34	8	10	11	9	13	13	15	16	16	10	14	25	26	28	1	1	1														13,9	13,7	251	256
K2	27	19	30	21	10	16	25	13	12	10	8	5	4	5	4	5	1	1														12,0		216	
K3	34	30	18	37	20	31	17	17	15	16	10	15	19	10	3	1	2	2	3	2												15,1		302	
V1	27	24	32	18	19	14	15	10	15	8	13	13	8	9	2	2	1	4	3													12,5	13,6	237	301
V2	37	23	10	30	31	26	24	16	16	14	11	10	10	8	5	5	5	2	3	2	1	1	3									12,7		293	
V3	34	33	36	27	15	23	28	26	13	17	13	16	13	14	11	13	16	8	5	5	2	3	1	1								15,5		373	

Vysvětlivky pro tabulky č. 8., 9., 10. a 11.:

c_m...průměrná délka klíčků semen máku setého na misku

d_m...sečtená délka klíčků semen máku setého

Tabulka č. 12.: Průměrné délky klíčků máku setého na misku v celém pokusu

	Plazma	Kontrola	Vakuum
2. den	2,7	2,3	2,3
3. den	6,0	5,7	5,1
4. den	9,8	10,8	8,9
5. den	13,8	13,7	13,6
z _m	8,1	8,1	7,5

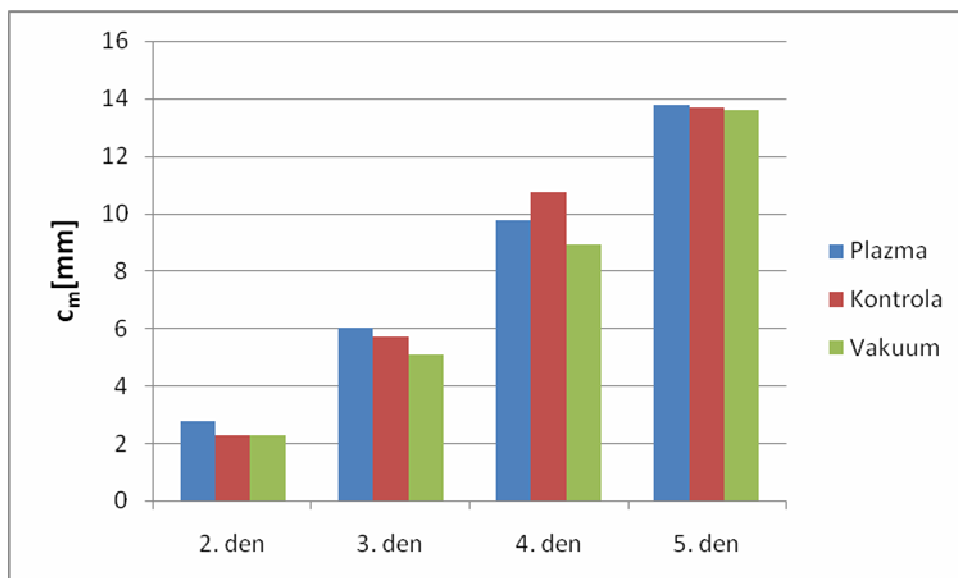
Tabulka č. 13.: Sečtené délky klíčků máku setého na misku v celém pokusu

	Plazma	Kontrola	Vakuum
2. den	45	34	36
3. den	144	127	116
4. den	217	231	212
5. den	333	256	301
w _m	739	648	665

Vysvětlivky pro tabulky č. 12. a 13.:

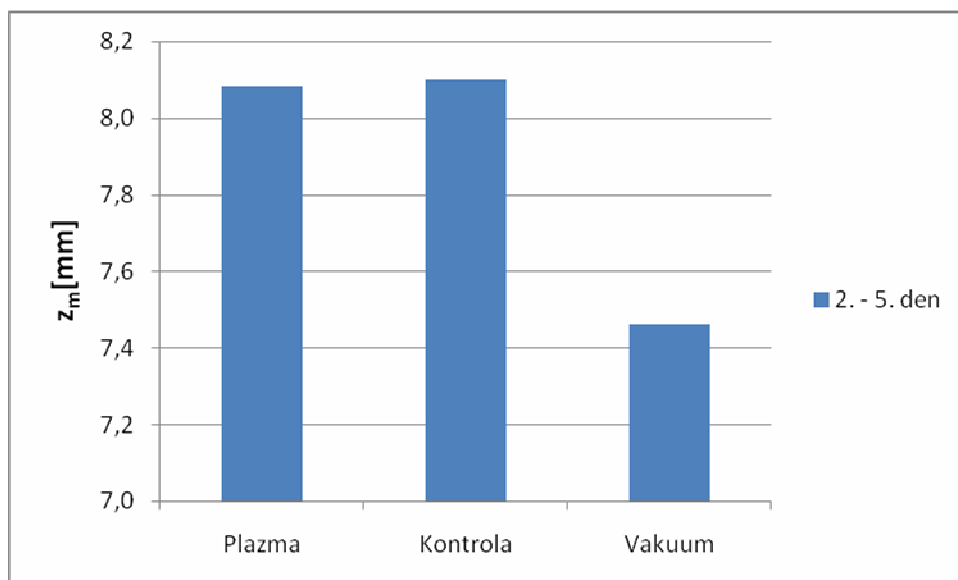
z_m...průměrná délka klíčků semen máku setého na misku v celém pokusu

w_m...sečtená délka klíčků semen máku setého v celém pokusu



Graf č. 9.: Průměrné délky klíčků máku setého na miskú

Ve druhém ($c_m = 2,7$ mm), třetím ($c_m = 6,0$ mm) a pátém dnu ($c_m = 13,8$ mm) byla průměrná délka klíčků největší u vzorků stimulovaných plazmatem. Čtvrtý den byla průměrná délka klíčků největší u kontrolních vzorků ($c_m = 10,8$ mm). Nejmenší průměrná délka klíčků byla v každém dnu u vzorků stimulovaných vakuem.



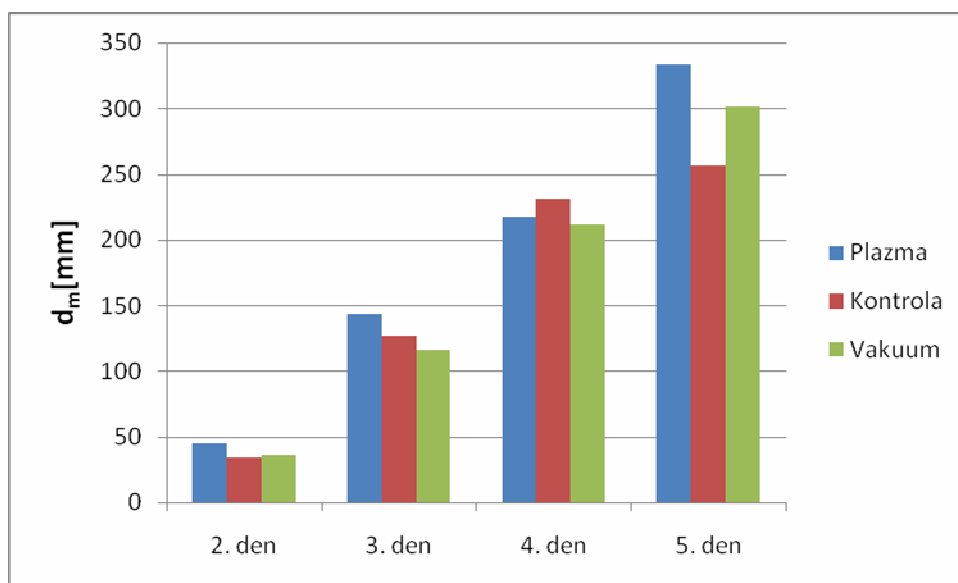
Graf č. 10.: Průměrné délky klíčků máku setého na miskú v celém pokusu

Největší průměrnou délku klíčků měla kontrolní semena ($z_m = 8,1$ mm) a semena stimulovaná plazmatem ($z_m = 8,1$ mm) a naopak semena stimulovaná vakuem značně zaostávala ($z_m = 7,5$ mm).

Vysvětlivky pro grafy č. 9. a 10.:

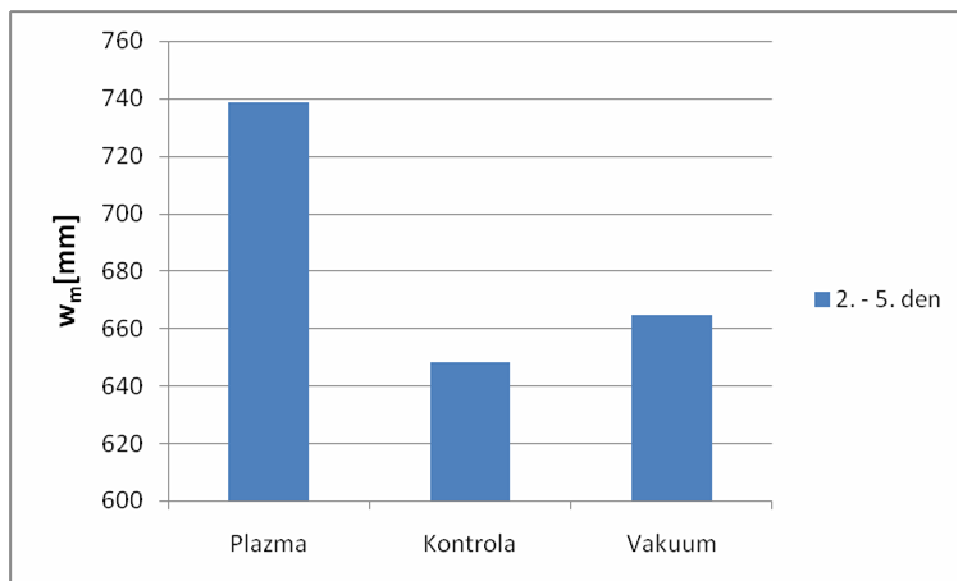
c_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na miskú

z_m ...průměrná délka klíčků semen máku setého na miskú v celém pokusu



Graf č. 11.: Sečtené délky klíčků máku setého

Ve druhém ($d_m = 45$ mm), třetím ($d_m = 144$ mm) a pátém dnu ($d_m = 333$ mm) byla sumární délka klíčků největší u vzorků stimulovaných plazmatem. Čtvrtý den byla sumární délka klíčků největší u kontrolních vzorků ($d_m = 231$ mm). Nejmenší sumární délka klíčků byla ve druhém ($d_m = 34$ mm) a pátém dnu ($d_m = 256$ mm) u kontrolních vzorků a ve třetím ($d_m = 116$ mm) a čtvrtém dnu ($d_m = 212$ mm) u vzorků stimulovaných vakuem.



Graf č. 12.: Sečtené délky klíčků máku setého v celém pokusu

Sumární délka klíčků byla největší vzorků stimulovaných plazmatem ($w_m = 739$ mm) a nejmenší u kontrolních vzorků ($w_m = 648$ mm).

Vysvětlivky pro grafy č. 11. a 12.:

d_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého

w_m ...sečtená délka klíčků semen máku setého v celém pokusu

5.2.3. Hmotnosti klíčků

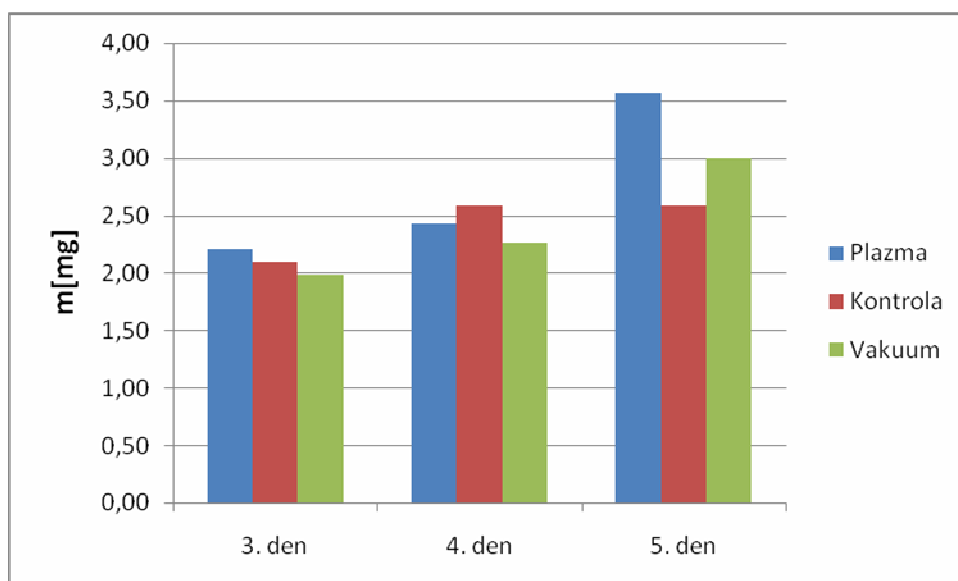
Tabulka č. 14.: Průměrná hmotnost suché biomasy máku setého na misku

	3. den	4. den	5. den		3. den	4. den	5. den		3. den	4. den	5. den
P	2,69	2,90	3,24	K	2,95	2,43	2,55	V	1,69	2,04	2,69
P		1,93	4,50	K	1,72	2,71	2,49	V	2,53	2,21	2,95
P	2,10	2,15	3,05	K	1,63	2,62	2,70	V	1,73	2,52	3,34
P	1,74	2,60	3,42	m	2,10	2,59	2,58	m	1,98	2,26	2,99
P	2,31	2,58	3,61	m _c	2,42			m _c	2,41		
m	2,21	2,43	3,56								
m _c	2,74										

Vysvětlivky pro tabulku č. 14.:

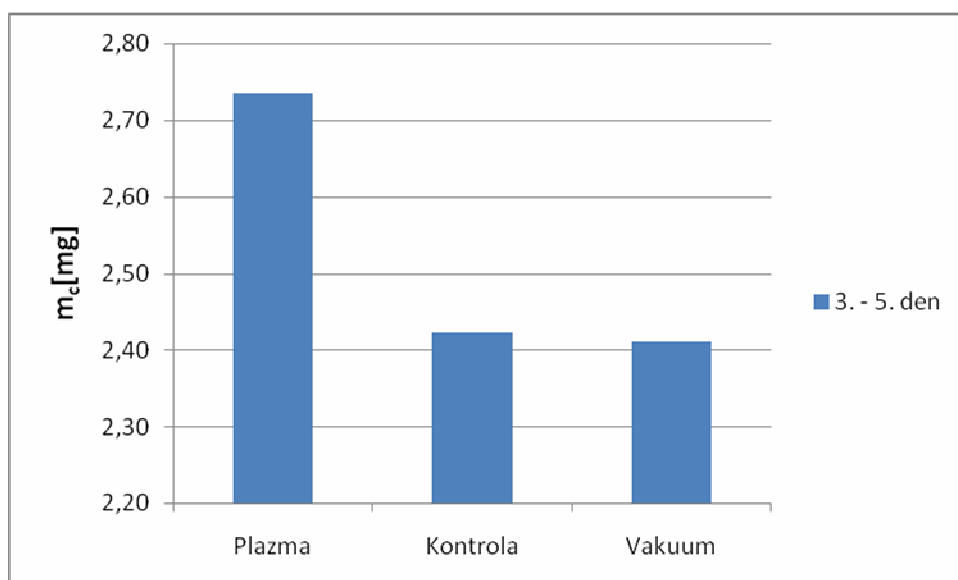
m ...průměrná hmotnost lodyžek semen máku setého na misku

m_c ...průměrná hmotnost lodyžek semen máku setého na misku v celém pokusu



Graf č. 13.: Průměrná hmotnost suché biomasy máku setého na miskú

Průměrné hmotnosti suché biomasy byly největší třetí ($m = 2,21$ mg) a pátý den ($m = 3,56$ mg) u vzorků stimulovaných plazmatem a čtvrtý den u kontrolních vzorků ($m = 2,59$ mg). Nejmenší hmotnosti byly třetí ($m = 1,98$ mg) a čtvrtý den ($m = 2,26$ mg) u vzorků stimulovaných vakuem a pátý den u kontrolních vzorků ($m = 2,58$ mg).



Graf č. 14.: Průměrná hmotnost suché biomasy máku setého na miskú v celém pokusu

Průměrná hmotnost suché biomasy byla největší u vzorků stimulovaných plazmatem ($m_c = 2,74$ mg).

Vysvětlivky pro grafy č. 13. a 14.:

m ...průměrná hmotnost lodyžek semen máku setého na miskou

m_c ...průměrná hmotnost lodyžek semen máku setého na miskou v celém pokusu

5.2.4. Statistické zpracování

Statisticky významný rozdíl byl nalezen mezi počtem klíčících semen máku setého (ANOVA, $P < 0,03$) a v hmotnostech suché biomasy (ANOVA, $P < 0,04$) v pátém dnu pokusu. Počet klíčících semen po stimulaci plazmatem byl výrazně vyšší ($a_m = 24,2$) než počet kontrolních semen ($a_m = 18,7$; Duncan test, $P < 0,03$). Obdobně hmotnost sušiny lodyžek semen stimulovaných plazmatem byla výrazně vyšší ($m = 3,56$ mg) než hmotnost kontrolního vzorku ($m = 2,58$ mg; Duncan test, $P < 0,04$).

5.2.5. Obrázky



Stimulovaná semena plazmatem



Stimulovaná semena vakuem



Kontrolní semena

Obrázek č. 5: Mák setý ve čtvrtém dnu pokusu



Stimulovaná semena plazmatem



Stimulovaná semena vakuem



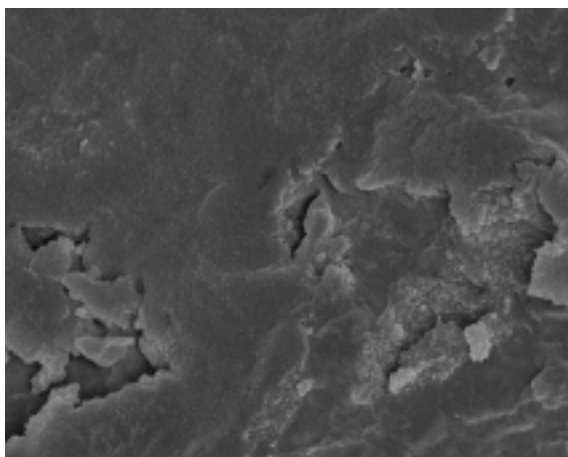
Kontrolní semena

Obrázek č. 6: Mák setý ve čtvrtém dnu pokusu – detail

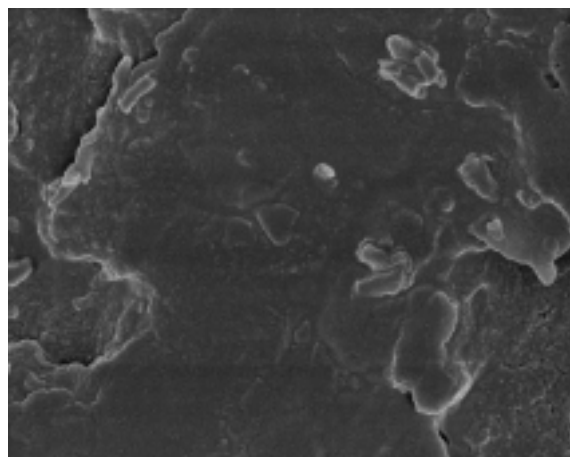


Obrázek č. 7: Lodyžka máku setého v pátém dnu pokusu

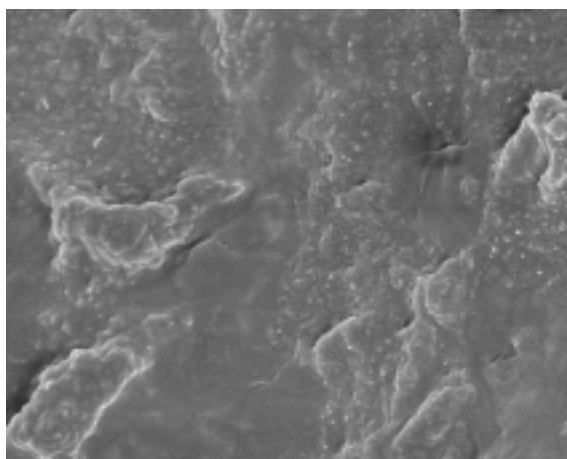
5.2.6. Elektronová mikroskopie



Semeno stimulované plazmatem



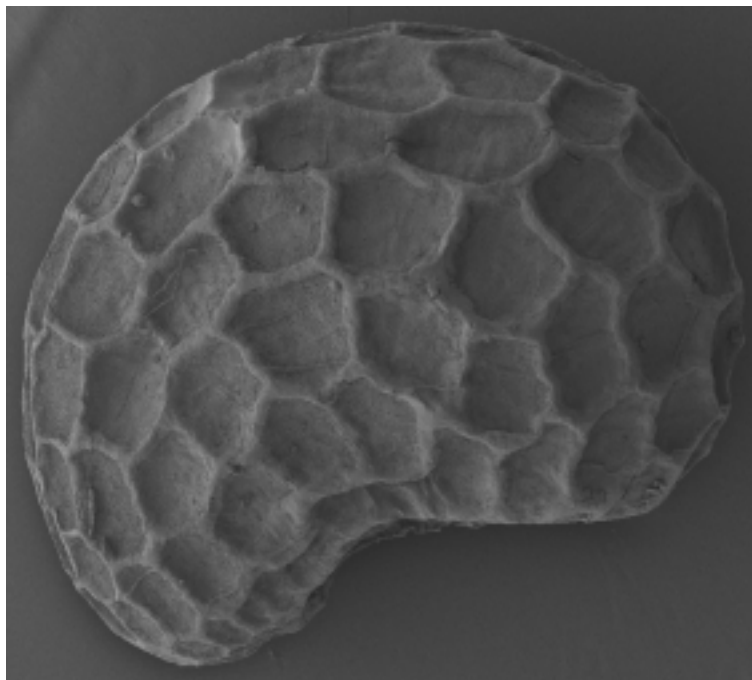
Semeno stimulované vakuem



Kontrolní semeno

Obrázek č. 8.: Semena máku setého zvětšená 20 000 krát

Na fotografiích semen máku setého pořízených elektronovým mikroskopem pokovených po dobu 240 sekund nejsou viditelné žádné změny povrchu semena stimulovaného plazmatem a semena stimulovaného vakuem v porovnání s kontrolním semenem.



Obrázek č. 9.: Semeno máku setého stimulované plazmatem zvětšené 50 krát

5.3. Pohanka setá – pokus založený 29. 1. 2010

5.3.1. Klíčení

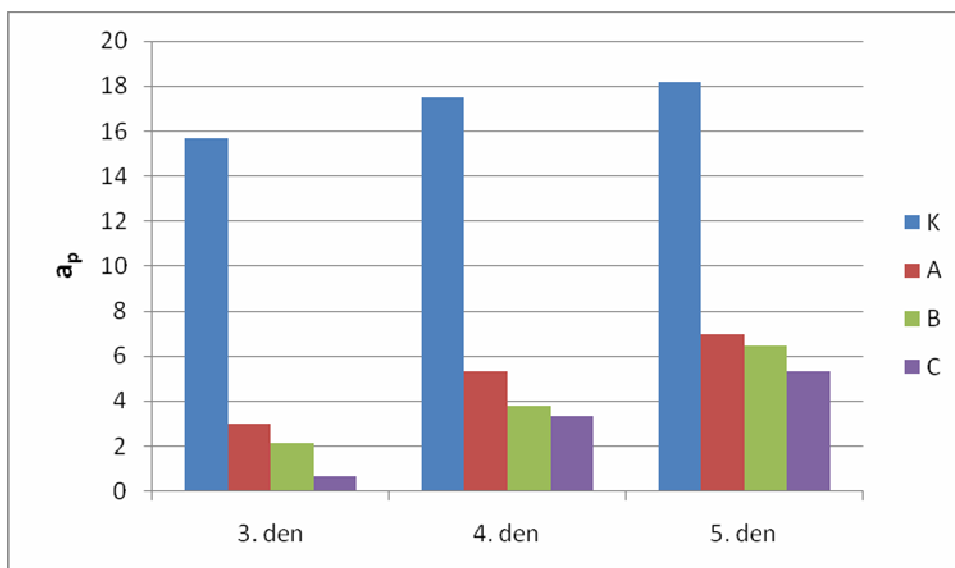
Tabulka č. 15.: Průměrné počty klíčících semen pohanky seté na miskou

	3. den	4. den	5. den		3. den	4. den	5. den		3. den	4. den	5. den		3. den	4. den	5. den
K1	17	19	19	A1	1	3	4	B1	2	4	5	C1	0	4	7
K2	16	19	19	A2	3	5	8	B2	5	6	9	C2	0	1	2
K3	16	17	20	A3	4	7	11	B3	2	5	9	C3	0	3	9
K4	18	20	20	A4	4	6	6	B4	2	3	5	C4	1	5	6
K5	12	14	14	A5	4	6	7	B5	2	3	5	C5	1	3	3
K6	15	16	17	A6	2	5	6	B6	0	2	6	C6	2	4	5
a _p	15,7	17,5	18,2	a _p	3,0	5,3	7,0	a _p	2,2	3,8	6,5	a _p	0,7	3,3	5,3
x _p	17,1			x _p	5,1			x _p	4,2			x _p	3,1		

Vysvětlivky pro tabulku č. 15.:

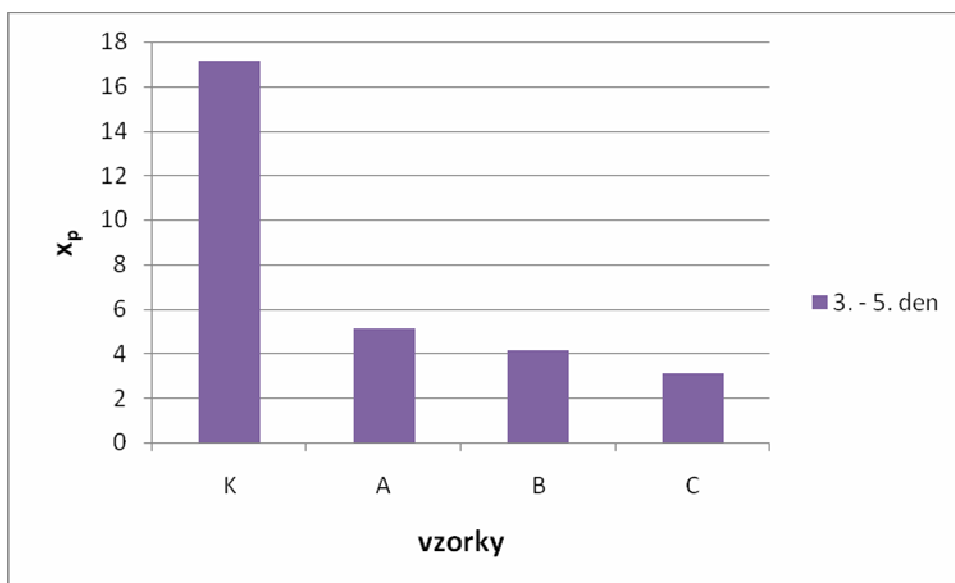
a_p...průměrný počet klíčících semen pohanky seté na miskou

x_p...průměrný počet klíčících semen pohanky seté na miskou v celém pokusu



Graf č. 15.: Průměrné počty klíčících semen pohanky seté na miskou

Ve třetím ($a_p = 15,7$), čtvrtém ($a_p = 17,5$) a pátém dnu ($a_p = 18,2$) bylo nejvíce průměrně vyklíčených vzorků „K“ a nejméně bylo vyklíčených vzorků „C“ ($a_p = 0,7$; $a_p = 3,3$; $a_p = 5,3$).



Graf č. 16.: Průměrné počty klíčících semen pohanky seté na miskou v celém pokusu

Průměrně bylo vyklíčených nejvíce vzorků „K“ ($x_p = 17,1$) a ostatních vzorků „A“ ($x_p = 5,1$), „B“ ($x_p = 4,2$) a „C“ ($x_p = 3,1$) bylo vyklíčených výrazně méně.

Vysvětlivky pro grafy č. 15. a 16.:

a_p ...průměrný počet klíčících semen pohanky seté na miskou

x_p ...průměrný počet klíčících semen pohanky seté na miskou v celém pokusu

5.3.2. Délky klíčků

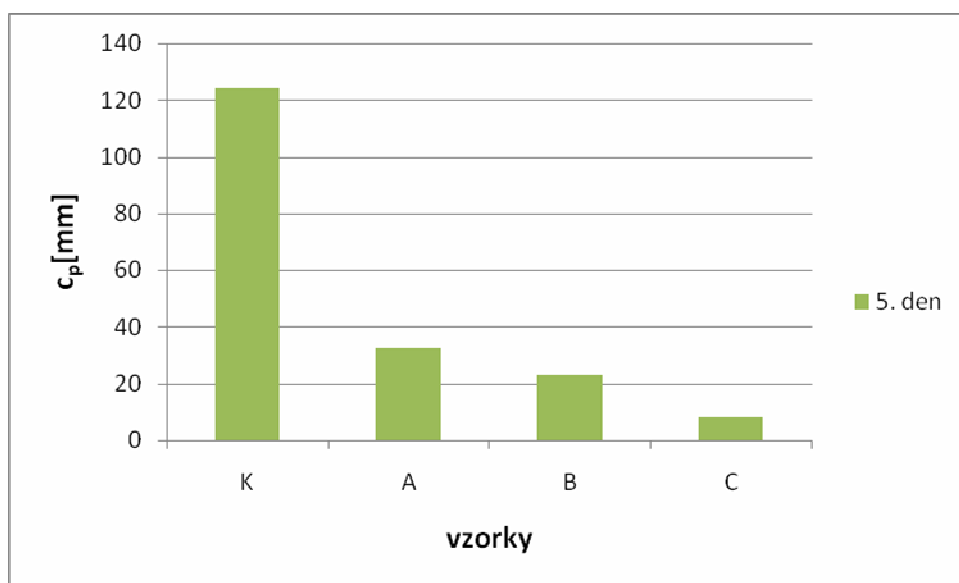
Tabulka č. 16.: Průměrné a sečtené délky klíčků pohanky seté na miskou

S. den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	∅	c _p	Σ	d _p	
K1	192	82	155	98	160	125	126	64	110	187	73	44	103	127	179	152	146	15	1												112,6	124,1	2139	13347	
K2	183	169	181	203	134	12	132	113	121	196	153	101	73	106	90	49	45	11	2												109,2		2074		
K3	121	140	111	150	159	192	156	109	175	130	35	26	53	187	115	87	11	6	1	1											98,3		1965		
K4	83	192	170	159	90	194	143	152	186	141	216	157	142	126	1	130	141	27	171	126											137,4		2747		
K5	203	162	197	183	201	149	202	147	152	173	3	213	12	133																	152,1		2130		
K6	141	154	211	173	129	122	209	148	149	210	123	204	157	154	2	5	1														134,8		2292		
A1	27	14	2	1																											11,0	32,6	44	1387	
A2	125	43	46	23	1	20	1	1																							32,5		260		
A3	88	113	16	21	16	7	1	1	1	1	1																				24,2		266		
A4	103	141	52	21	19	8																									57,3		344		
A5	121	59	52	71	13	22	1																								48,4		339		
A6	47	42	33	7	3	2																									22,3		134		
B1	62	17	20	3	1																										20,6	22,8	103	975	
B2	115	72	63	70	126	6	2	1	1																						50,7		456		
B3	61	69	21	12	8	11	1	1	1																						20,6		185		
B4	53	52	1	1	1																										21,6		108		
B5	69	21	1	1	3																										19,0		95		
B6	13	7	3	3	1	1																									4,7		28		
C1	26	1	3	2	1	1	1																								5,0	8,3	35	233	
C2	1	1																														1,0		2	
C3	3	4	3	1	1	1	1	1	1																						1,8		16		
C4	24	17	15	4	3	1																									10,7		64		
C5	42	17	1																													20,0		60	
C6	12	19	17	7	1																										11,2		56		

Vysvětlivky pro tabulku č. 16.:

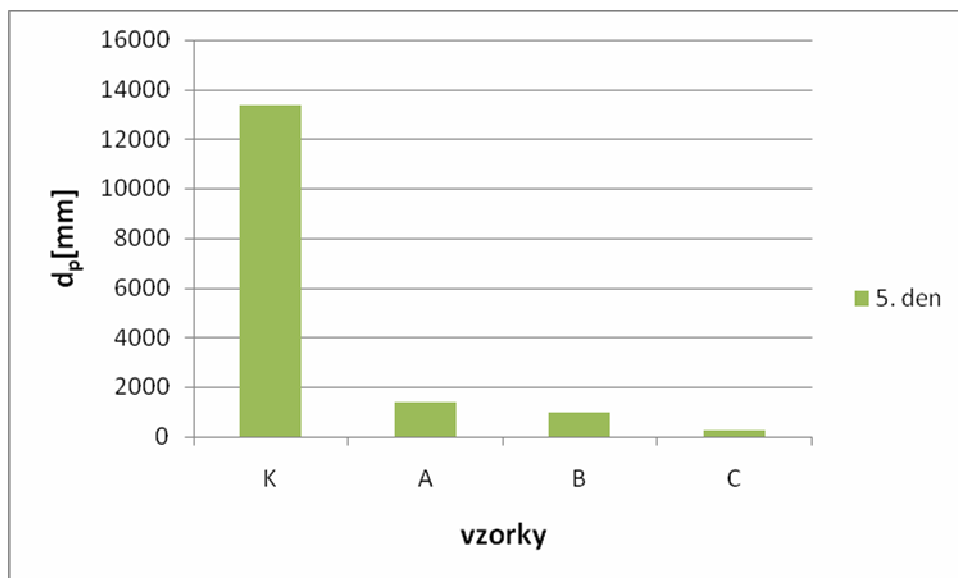
c_p ...průměrná délka klíčků semen pohanky seté na miskou

d_p ...sečtená délka klíčků semen pohanky seté



Graf č. 17.: Průměrné délky klíčků pohanky seté na miskou

Průměrné délky klíčků byly největší v pátém dnu u vzorků „K“ ($c_p = 124,1$ mm). Vzorky „A“ ($c_p = 32,6$ mm), „B“ ($c_p = 22,8$ mm) a „C“ ($c_p = 8,3$ mm) za nimi výrazně zaostávaly.



Graf č. 18.: Sečtené délky klíčků pohanky seté

Sumární délky klíčků byly největší v pátém dnu u vzorků „K“ ($c_p = 13347$ mm). Vzorky „A“ ($c_p = 1387$ mm), „B“ ($c_p = 975$ mm) a „C“ ($c_p = 233$ mm) za nimi výrazně zaostávaly.

Vysvětlivky pro grafy č. 17. a 18.:

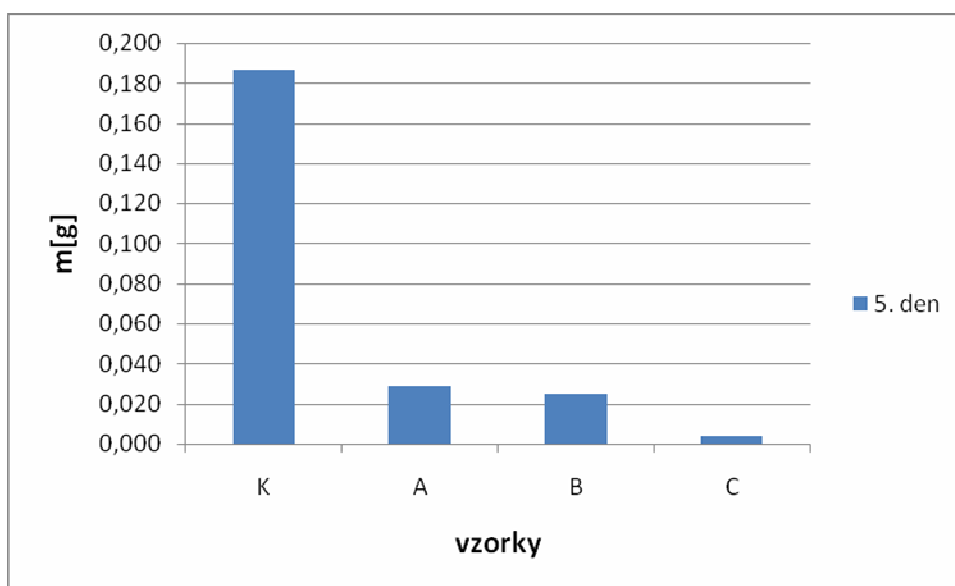
c_p ...průměrná délka klíčků semen pohanky seté na misku

d_p ...sečtená délka klíčků semen pohanky seté

5.3.3. Hmotnosti klíčků

Tabulka č. 17.: Průměrná hmotnost suché biomasy pohanky seté na misku

K1	0,206	A1	0,00121	B1	0,02281	C1	0,00804
K2	0,176	A2	0,02784	B2	0,06773	C2	0,00000
K3	0,185	A3	0,03169	B3	0,02417	C3	0,00026
K4	0,230	A4	0,05628	B4	0,02486	C4	0,00242
K5	0,159	A5	0,03483	B5	0,01084	C5	0,00753
K6	0,162	A6	0,01940	B6	0,00078	C6	0,00288
Ø K	0,186	Ø A	0,02854	Ø B	0,02520	Ø C	0,00352



Graf č. 19.: Průměrná hmotnost suché biomasy pohanky seté na misku

Průměrné hmotnosti suché biomasy byly největší v pátém dnu u vzorků „K“ ($m = 0,186 \text{ g}$). Vzorky „A“ ($m = 0,02854 \text{ g}$), „B“ ($m = 0,02520 \text{ g}$) a „C“ ($m = 0,00352 \text{ g}$) byly výrazně lehčí.

Vysvětlivky pro grafy č. 19.:

m...průměrná hmotnost lodyžek semen pohanky seté na misku

5.3.4. Obrázky



Kontrolní semena „K“



Stimulovaná semena plazmatem „A“



Stimulovaná semena plazmatem „B“



Stimulovaná semena plazmatem „C“

Obrázek č. 10: Pohanka setá ve čtvrtém dnu pokusu



Obrázek č. 11: Suchá lodyžka pohanky seté v pátém dnu pokusu

6. Diskuse

Z prvního pokusu s mákem setým (29. 1. 2010) je patrné, že semena stimulovaná plazmatem po dobu 50 minut měla největší průměrnou délku klíčků na miskou oproti kontrolním semenům a proto jsem se rozhodl tyto vzorky zkoumat podrobněji. Uskutečnil jsem podrobnější pokus, který byl testován s větším počtem misek kontrolních vzorků a vzorků stimulovaných plazmatem a vakuem.

V druhém pokusu s mákem setým (4. 3. 2010) se potvrdilo, že semena stimulovaná plazmatem po dobu 50 minut mají lepší vlastnosti oproti semenům kontrolním a stimulovaným vakuem. Disponují větším počtem vyklíčených semen, zpravidla větší délkou klíčků a v neposlední řadě i větší hmotností suchých lodyžek.

U pohanky seté nejlépe klíčily kontrolní vzorky semen a zároveň měly tyto vzorky i největší průměrnou a sumární délku klíčků a průměrnou hmotnost suché biomasy. Z grafů je možno odvodit, že se zvyšujícím se časem stimulace semen plazmatem se snižuje počet klíčících semen, délka klíčků a hmotnost suché biomasy. Je možné konstatovat, že stimulace semen plazmatem pohance seté škodí. Po tomto zjištění jsem se rozhodl dále se s pohankou setou nezabývat.

Elektronový mikroskop ukázal, že stimulace semen plazmatem po dobu 50 minut a vystavení semen máku setého působení účinkům vakua také po dobu 50 minut nemá v porovnání s kontrolními nemodifikovanými semeny žádný vliv, co se týče viditelných změn povrchu těchto semen a to v žádném z ověřovaných stupňů zvětšení.

7. Závěr

I přes značnou časovou náročnost byly všechny úkoly podle zadání splněny.

Bylo zjištěno, že semena máku setého stimulovaná plazmatem, po dobu 50 minut, jsou plazmatem pozitivně ovlivněna a pomocí elektronového mikroskopu bylo zjištěno, že plazma nemá žádný vliv na změny jejich povrchů.

Semena pohanky seté stimulované plazmatem jsou působením plazmatu negativně ovlivněna přímo úměrně se zvyšujícím se časem stimulace.

8. Použitá literatura

- [1] A. E. Dubinov, E. M. Lazarenko, and V. D. Selemir, "Effect of glow discharge air plasma on grain crops seed," *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol. 28, no. 1, pp. 180-183, Feb. 2000.
- [2] M. Dhayal, S. Y. Lee, and S. U. Park, "Using low-pressure plasma for *Carthamus tinctorium* L. seed surface modification," *Vacuum*, vol. 80, no. 5, pp. 499-506, Jan. 2006.
- [3] M. Q. Yin, M. J. Huang, B. Z. Ma, and T. C. Ma, "Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield," *Plasma Sci. Technol.*, vol. 7, no. 6, pp. 3143-3147, Dec. 2005.
- [4] R. A. M. Carvalho, A. T. Carvalho, M. L. P. da Silva, N. R. Demarquette, and O. B. G. Assis, "Use of thin films obtained by plasma polymerization for grain protection and germination enhancement," *Quimica Nova*, vol. 28, no. 6, pp. 1006-1009, Nov.-Dec. 2005.
- [5] I. Hrušková: Modifikace povrchových vlastností plasmatem u semen, Diplomová práce (ved. dipl. práce Michal Šerý), JČU PF České Budějovice 2009
- [6] V. Straňák, M. Tichý, V. Kříha, V. Scholtz, B. Šerá, and P. Špatenka, "Technological applications of sulfatron produced discharge," *JOAM*, vol. 9, no. 4, pp. 852-857, Apr. 2007.
- [7] B. Šerá, V. Straňák, M. Šerý, M. Tichý, and P. Špatenka, "Germination of *Chenopodium album* in response to microwave plasma treatment," *Plasma Sci. Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 506-511, Aug. 2008.
- [8] B. Šerá, M. Šerý, V. Straňák, P. Špatenka, and M. Tichý, "Does cold plasma affect breaking dormancy and seed germination? Study on seeds of Lamb's Quarters (*Chenopodium album* agg.)," *Plasma Sci. Technol.*, 2009, in press
- [9] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Fyzika plazmatu* [online]. c2010 [citováno 28. 03. 2010]. Dostupný z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Fyzika_plazmatu&oldid=4959309>
- [10] Chen F. F.: Úvod do fyziky plazmatu, Academia Praha 1984
- [11] Stach V.: Úvod do problematiky fyziky plazmatu, Pedagogická fakulta ČB 1987

[12] Mineralfit – magazín nejen o zdraví: Léčivý i nebezpečný mák setý [online] [citováno 20. 4. 2010]. Dostupný z www: <http://www.mineralfit.cz/domaci-lekar-clanek/lecivy-i-nebezpecny-mak-sety-690/>

[13] Ing. František Muška, Ph.D.: Nejvýznamnější škůdci máku setého [online] [citováno 23. 4. 2010]. Dostupný z www: <http://www.asz.cz/cs/ochrana-rostlin/nejvyznamnejsi-skudci-maku-seteho.html>

[14] Bechyně M.: Základy pěstování máku, Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR Praha 1993

[15] Bechyně M., Kadlec T., Vašák J. a kolektiv: Mák, Ing. František Savov v edici Semafor Praha 2001

[16] Petr J., Hradecká D.: Základy pěstování pohanky a prosa, Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR Praha 1997

[17] MUDr. Miroslava Kolínková: Pohanka setá [online] [citováno 23. 4. 2010]. Dostupný z www: <http://www.ordinace.cz/clanek/pohanka-seta/>

[18] Moudrý J., Kalinová J., Petr J., Michalová A.: Pohanka a proso, Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha 2005

[19] Laboratoř elektronové mikroskopie: Biologické centrum AVČR - Parazitologický ústav: Skenovací Elektronová Mikroskopie [online] [citováno 23. 04. 2010]. Dostupný z www: <http://www.paru.cas.cz/lem/cs/vybaveni.php>