

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Katedra Botaniky



**VLIV CYTOKININOVÝCH ANALOG NA DEFOLIACI
BAVLNÍKU**

Bakalářská práce

LENKA ŠŤASTNÁ

Studijní program: Chemie
Studijní obor: Chemie pro víceoborové studium – biologie

Forma studia: Prezenční

Olomouc 2010

Vedoucí práce: Ing. Jaromír Mikulík, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala sama a že uvádím veškerou použitou literaturu.

V Olomouci dne 24.5. 2010

podpis:.....

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Jaromíru Mikulíkovi, Ph.D. a Mgr. Lukášovi Spíchalovi za cenné rady a ochotu pomoci během vypracovávání mojí bakalářské práce.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Lenka Šťastná

Název práce: Vliv cytokininových analog na defoliaci bavlníku

Typ práce: bakalářská práce

Pracoviště: Katedra botaniky

Vedoucí práce: Ing. Jaromír Mikulík, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2010

Souhrn: Růstové regulátory jsou hojně využívány v zemědělství a zahradnictví. Je celá řada látek používaných při defoliaci bavlníku. Na urychlení sklizně bavlny se využívá látka cytokininové povahy thidiazuron, která indukuje produkci etylenu, což má za následek abscisi. Na základě testů na produkci etylenu byly testovány látky přímou aplikací na rostliny bavlníku (*G. herbaceum*) ve čtyřech různých koncentracích. Testované látky (TDZ, BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-951 a LGR-950) pocházejí z Laboratoře růstových regulátorů.

Klíčová slova: růstové regulátory, cytokininy, etylen, bavlník bylinný (*G. herbaceum*)

Počet stran: 49

Počet příloh: 0

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Lenka Šťastná

Title: Influence of cytokinin analog on defoliation *Gossypium* sp.

Type of thesis: bachelor

Department: Department of botany

Supervisor: Ing. Jaromír Mikulík, Ph.D.

The year of presentation: 2010

Summary: The growth regulators are frequently used in agriculture and gardencraft. There exists a wide range of substances used for cotton defoliation. Thidiazuron is cytokinin-like substance which is used for faster harvest of cotton plants. The effect of thidiazuron in cotton plant is increasing of ethylen induction which eventually leads to an abscission. Based on ethylen production tests substances were tested by direct application on cotton plants (*G. herbaceum*) in four different concentrations. Tested substances (TDZ, BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-951 a LGR-950) were taken from Growth Regulatros Lab.

Keywords: growth regulators, cytokinins, ethylen, cotton (*G. herbaceum*)

Number of pages: 49

Number of appendices: 0

Language: Czech

Obsah

1 Úvod	8
2 Teoretická část	9
2.1 Fytohormony	9
2.1.1 Cytokininy	10
2.1.1.1 Objev cytokininů	10
2.1.1.2 Struktura cytokininů	10
2.1.1.3 Výskyt a transport cytokininů	11
2.1.1.4 Metabolizmus cytokininů	11
2.1.1.5 Přenos a signál cytokininů	12
2.1.1.6 Hlavní fyziologické funkce cytokininů	13
2.1.1.6.1 Buněčné dělení	13
2.1.1.6.2 Regenerace orgánů	13
2.1.1.6.3 Habituace buněk vůči cytokininům	13
2.1.1.6.4 Dormance semen	14
2.1.1.6.5 Apikální dominance	14
2.1.1.6.6 Zpomalení stárnutí	14
2.1.1.6.7 Aktivace enzymů	14
2.1.1.7 Využití cytokininů	15
2.1.2 Etylen	15
2.1.2.1 Objev etylenu	15
2.1.2.2 Struktura etylenu	15
2.1.2.3 Výskyt a transport etylenu	16
2.1.2.4 Metabolizmus etylenu	16
2.1.2.5 Přenos signálu etylenu	17
2.1.2.6 Hlavní fyziologické funkce etylenu	17
2.1.2.6.1 Urychlení zrání plodů	17
2.1.2.6.2 Obranné reakce	17
2.1.2.6.3 Trojná odezva	18
2.1.2.7 Využití etylenu	18
2.1.3 Auxiny	19
2.1.4 Gibereliny	20
2.1.5 Kyselina abscisová	21

2.1.6	Další látky fytohormonální povahy	22
2.2	Bavlník (<i>Gossypium</i>)	22
2.2.1	Historie	23
2.2.2	Biologické vlastnosti	23
2.2.3	Podnebí a půda	23
2.2.4	Škůdci	23
2.2.5	Využití	24
2.2.6	Bavlník bylinný (<i>Gossypium herbaceum</i>)	24
2.3	Využití růstových regulátorů v zemědělství a zahradnictví	24
2.3.1	Látky používané při defoliaci.....	25
3	Praktická část	27
3.1	Pomůcky	27
3.2	Chemikálie	27
3.3	Rostlinný materiál	28
3.4	Postup	28
3.4.1	Příprava kontroly	28
3.4.2	Příprava roztoku pro postřik bavlníku	28
3.4.3	Aplikace látek	29
3.5	Výsledky	30
4	Diskuze	43
5	Závěr	45
6	Seznam použitých zkratk	46
7	Seznam použité literatury	47

1 Úvod

Bavlník je velmi stará a významná rostlina. Číňané znali bavlník již 2500 let př.n.l. Pochází z aridních oblastí tropů Afriky, Ameriky, Austrálie a vyjimečně Asie. Pro výrobu bavlny se pěstují především 3 základní druhy. Bavlník barbadoský (*Gossypium barbadense*), bavlník bylinný (*Gossypium herbaceum*) a bavlník chlupatý (*Gossypium hirsutum*). Mezi nejvýznamnější producenty patří Čína, USA a Indie.

Bavlník je jednoletá i dvouletá rostlina. Má velké nároky na teplo a světlo. Optimální teplota pro růst a vývoj je 20-30 °C. Teplota nesmí klesnout pod bod mrazu. Bavlna je nejvýznamnější surovinou pro textilní průmysl, dále se využívá k výrobě papíru, celulózy a umělého hedvábí. Semena obsahující olej se využívají pro potravinářské a technické účely. Nejvhodnější je ruční sklizeň, ale nejčastěji se využívá sklizeň mechanická, kde je nutné nejdříve odstranit listy, které ztěžují čištění bavlny. Existuje celá řada látek využívaných při defoliaci listů bavlníku. Látky mohou být i v různých kombinacích, což vede ke zvyšování jejich účinnosti. Účinnost látek závisí také na počasí, koncentraci a rostlinných podmínkách. Mezi používané defolianty patří např. Harvade 5F, Folex/Def 6EP, Finish 6 Pro, Cotton Quick, Dropp 4 SC, ad. Tyto látky obsahují nejčastěji chemikálie jako je dimethipin, tribufos, ethephon, diuron, cyclanilide, AMADS, carfentrazone, pyraflufen a thidiazuron, který patří mezi růstové regulátory - cytokininy.

Úkolem této práce je testování vytipovaných látek *in vivo* a stanovení jejich účinku na defoliaci bavlníku. Na základě testování látek na produkci etylenu terčíkovou metodou, kterou dělala moje kolegyně Renata Pařenicová, byly testovány tyto látky: TDZ, BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-951 a LGR-950.

2 Teoretická část

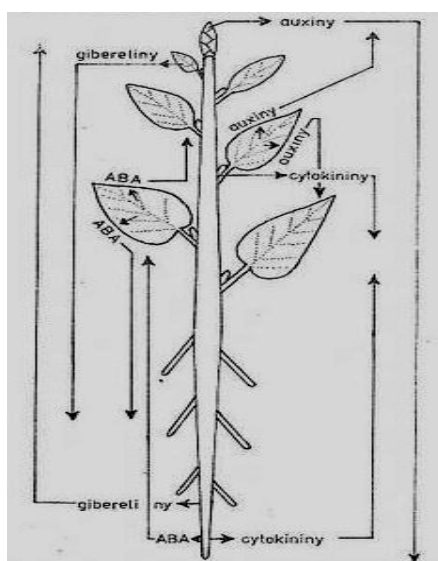
2.1 Fytohormony

Fytohormony patří mezi organické nízkomolekulární sloučeniny. Často bývají nazývány růstovými látkami nebo růstovými regulátory, i přestože se jejich působení nemusí týkat jen regulace růstu a vývoje, ale i jiných procesů.

Tyto přírodní látky působí v rostlinách v místě svého vzniku nebo i v jiných částech rostliny, do kterých jsou transportovány (obr.č.1). K transportu dochází za přísné regulace různými cestami a to buď vodivými drahami na dlouhé vzdálenosti nebo buněčným transportem na krátké vzdálenosti (Luštinec, 2005).

Fytohormony mají funkci regulačních signálů. Nejdříve se vážou na receptor umístěný na membráně a signál do buňky je přenášen systémem druhých posílů (second messenger) nebo hormony pronikají přímo do buňky, kde se váží na rozpustný receptor v cytoplazmě a takto vzniklý komplex proniká do buněčného jádra, kde vyvolává změnu v expresi některých genů nebo změnu transmembránového transportu. Z toho vyplývá, že působí jako přenašeče signálu z vnějšího prostředí do rostliny (Kincl *a kol.*,2000).

Známe pět základních typů fytohormonů (auxiny, giberiliny, cytokininy, kyselina abscisová, etylen), které jsou v rostlinách přítomny ve velmi nízkých koncentracích a potom několik skupin látek, které jim jsou podobné, ale působí při vyšších koncentracích a jejich působení je méně známé (brassinosteroidy, kyselina jasmonová, polyaminy, oligosacharidy, fenolické látky) (Luštinec, 2005).



Obr.č.1: Schéma transportu fytohormonů v těle rostlin (převzato:<http://etext.czu.cz>)

2.1.1 Cytokininy

2.1.1.1 Objev cytokininů

K objevu cytokininů došlo v 50. letech minulého století díky jejich schopnosti vyvolávat buněčné dělení (Pavlová, 2005).

V roce 1941 objevil Johannes van Overbeek, že tekutý endosperm z kokosového ořechu může vyvolat buněčné dělení v embryích pěstovaných na umělých půdách. Pokusy s kokosovým mlékem prováděl i Steward a jeho spolupracovníci. Zkoumali vliv kokosového mléka na růst tkáňových kultur a zjistili, že i zde kokosové mléko podporuje buněčné dělení.

Další velký pokrok v objevu cytokininů vyšel z explantace dřene stonků tabáku (*Nicotiana tabacum*). Skupinka vědců v čele se Skoogem testovala na tkáňové kultuře z tabáku autoklávanou (tedy rozloženou) DNA z kvasinek a sperma sledů. Díky tomuto pokusu zjistili, že autoklávaná DNA sledě a kvasinek má vliv na buněčné dělení. Tak se podařilo v roce 1955 izolovat a identifikovat první cytokinin, kterým byl kinetin (Hess, 1983).

V roce 1964 D.S. Letham izoloval z nezralých obilek kukuřice (*Zea mays*) první přirozený (endogenní) cytokinin - zeatin. V roce 1975 byl izolován i z kokosového mléka. Později byly jako přirozené cytokininy objeveny dihydrozeatin a isopentenyladenosin (Šebánek *a kol*, 1983).

Až do devadesátých let byly aromatické cytokininy považovány jen za syntetické. Dnes je však známo, že se tyto látky v rostlinách vyskytují (Strnad *a kol*, 1993). Podle výskytu v topolu byly nazvány topoliny (Procházka *a kol.*, 1998).

2.1.1.2 Struktura cytokininů

V současné době je známo asi 30 přirozených cytokininů. Všechny dosud známé cytokininy vycházejí z adeninu substituovaného na aminoskupině v poloze 6 – tato konfigurace je podmínkou biologické aktivity. Nejvyšší aktivitu vykazují látky, které mají jako substituent v poloze N-6 isoprenoidní řetězec s dvojnou vazbou (Kamínek, 1992). Mezi tyto látky řadíme zeatin, dihydrozeatin, izopentenyladenin aj. Sníženou aktivitu ve srovnání s volnými bázemi mají ribozidy. Jsou to látky, které vznikají navázáním ribózy v poloze N-9. Další snížení aktivity je způsobené navázáním kyseliny fosforečné v poloze 5 na ribózu, která dává vznik ribotidům. Velké snížení až ztrátu biologické aktivity může ovlivnit modifikace adeninového skeletu nebo změna počtu atomů uhlíku v postranním řetězci. Porozumění vztahu mezi aktivitou a strukturou cytokininů umožnilo přípravu látek, které působí jako

antagonisté cytokininů. Takové látky jsou velmi důležité pro studium mechanismu účinku cytokininů (Procházka *a kol.*, 1998).

Velmi nízkou aktivitu vykazují látky, které jako substituent v poloze N-6 mají aromatické jádro (benzyladenin). Dále mohou být modifikovány navázáním hydroxylové skupiny do poloh orto nebo meta za vzniku o- a m-topolinů (Pavlová, 2005).

2.1.1.3 Výskyt a transport cytokininů

Bylo zjištěno, že intenzivně se dělicí a rostoucí pletiva produkují nejvyšší hladiny cytokininů. Nachází se zejména v kořenech, embryích, mladých listech a plodech (Pavlová, 2005).

Cytokininy jsou syntetizovány převážně ve vzrostných vrcholech kořenů, odkud jsou transportovány xylémem do nadzemních částí rostliny, především do listů. V listech dochází k přechodu cytokininů do floému, odkud mohou být transportovány do jiných částí rostliny. K transportu cytokininů v xylému i floému dochází za účasti fytochromu a tento pochod je fotoperiodicky regulován. Největší rychlost transportu je ve tmě (Procházka *a kol.*, 1998).

Cytokininy se v rostlinách nevyskytují jenom jako volné látky, ale jsou i součástí některých molekul tRNA. Jsou tedy jedinými fytohormony proteosyntetického aparátu rostliny (Kincl *a kol.*, 2000).

2.1.1.4 Metabolismus cytokininů

Cytokininy se vyskytují v rostlinách jako volné sloučeniny a také jsou součástí některých molekul tRNA, jak už jsme zmínili. Pokud se cytokininy nacházejí v tRNA, jsou vždy vedle 3'-konce antikodonu. Tyto tRNA vznikají na úrovni polynukleotidu přenesením isopentenylového řetězce a následnou hydroxylací za vzniku *cis*-zeatinu. Takové tRNA se nepokládají za významný zdroj aktivních cytokininů.

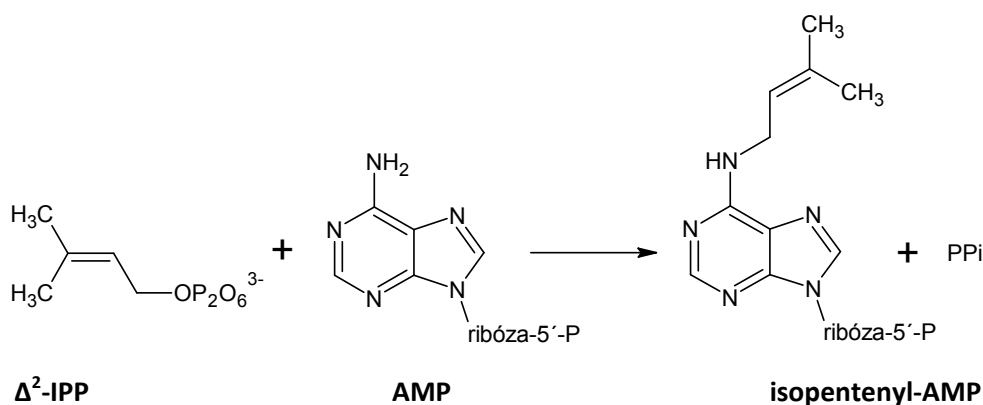
Dříve byla přímá cesta biosyntézy volných cytokininů známa pouze u rostlin transformovaných půdní bakterií *Agrobacterium tumefaciens*, nesoucí gen pro isopentenyltransferázu. Ke vzniku volných cytokininů docházelo reakcí Δ^2 -isopentenylpyrofosfátu a 5'-AMP za vzniku N^6 -(Δ^2 -isopentenyl)-adenozin-5'-fosfátu (obr.č.2). Dnes už tomu tak není, protože byly objasněny metabolické pochody během posledních let (Procházka *a kol.*, 1998).

První charakteristika IPT genů byla provedena v půdní bakterii *Agrobacterium tumefaciens*, bakterie tvořící puchýře. Tato bakterie má 2 IPT geny- Tmr a Tzs.

Biosyntéza vychází z adeninmonofosfátu (AMP) u mikroorganismů (*Agrobacterium tumefaciens*) a z adenindifosfátu (ADP) nebo adenin trifosfátu (ATP) u vyšších rostlin (*Arabidopsis thaliana*). Enzym isopentenyltransferáza (IPT) působí v biosyntéze cytokininů jako katalyzátor. IPT existuje jako adenosinfosfát-IPT a tRNA-IPT (Werner *a kol.*, 2009).

První krok v isoprenoidní biosyntéze cytokininů je N-prenylace adenosin-5'-fosfátu (AMP, ADP nebo ATP) na konci N⁶ s dimethylallyldifosfátem (DMAPP) nebo hydroxymetylbutenyl-difosfátem (HMBDP). Tato reakce je katalyzována adenosinfosfátem – isopentenyltransferázou (IPT). Dříve se myslelo, že DMAPP a AMP byly jedinými substráty pro biosyntézu cytokininů, ale nyní je jasné, že specifita substrátu IPT se liší v závislosti na původu druhu. Zjednodušeně lze říci, že prvním krokem v biosyntéze cytokininů je prenylace AMP, která je katalyzována IPT. IPT používá AMP nebo ADP jako prenylový akceptor postranního řetězce (Sakakibara, 2006).

Metabolismus cytokininů spočívá ve vzájemné přeměně cytokininů, která probíhá ve čtyřech základních typech reakcí. Jednou z nich je vratná přeměna bází na ribozidy a ribotidy, dále vratná O-glykosylace či acetylace postranního řetězce, N-glykosylace purinu a konjugace s alaninem v poloze N-9 a nakonec vratná redukce postranního řetězce (Procházka *a kol.*, 1998).



Obr.č.2: Schéma biosyntézy cytokininů (převzato: (Procházka *a kol.*, 1998)).

2.1.1.5 Přenos signálu cytokininů

Vazebnými místy pro cytokininy jsou receptory. Jedním spolehlivě prokázaným receptorem je protein CRE1. Existuje však více strukturně si blízkých receptorů. CRE1 má funkci dvousložkové histidinové kinázy a je také integrálním proteinem plazmatické membrány (Pavlová, 2005).

Přenos signálu je zajištěn dvoukomponentní signální drahou. Receptorové kinázy předávají signál na fosfotransferové proteiny (HP), které následně fosforylují konečné regulátory (RR), které pak ovlivňují expresi příslušných genů. Jedním z nejčastějších modelových druhů je *Arabidopsis thaliana*. *Arabidopsis thaliana* má tři HK, pět HP a 23 RR. Všechny tři HK mohou být navzájem alespoň částečně zastupitelné, i když se některé uplatňují více v kořenech, jiné naopak v prýtech (Higuchi *a kol.*, 2004).

2.1.1.6 Hlavní fyziologické funkce cytokininů

Cytokiny jsou charakterizovány širokým spektrem účinků. Stimulují buněčné dělení, podporují rašení pupenů, zpomalují stárnutí listů, aktivují syntézu RNA a bílkovin a porušují dormanci semen a apikální dominanci (Kováč, 1991).

2.1.1.6.1 Buněčné dělení

Jedním z nejvýznamnějších účinků je aktivace buněčného dělení čili cytokineze a odtud je také jejich pojmenování (Kincl *a kol.*, 2000). Ve všech místech, kde dochází k intenzivnímu dělení pletiv, nacházíme vysoké koncentrace aktivních cytokininů a dochází zde k urychlení tvorby DNA (Procházka *a kol.*, 1998)

2.1.1.6.2 Regenerace orgánů

V kulturách *in vitro* bylo pozorováno, že účinek cytokininů je ve spojení s účinkem auxinů základem regeneračních procesů. Využívá se to také v podmínkách *in vivo* při poranění rostlin. O tom, jak regenerace bude probíhat, rozhoduje poměr koncentrací auxinů a cytokininů. Pokud je jejich poměr vyrovnaný, tvoří se pouze kalus. Nadbytek cytokininů vede k tvorbě kalusu a regeneraci prýtlů. Převažují-li auxiny, vzniká kalus a dochází k regeneraci kořenů. Různými změnami média můžeme docílit regenerace celé rostliny (Procházka *a kol.*, 1998).

2.1.1.6.3 Habituace buněk vůči cytokininům

Po explantaci většina rostlinných pletiv potřebuje k dalšímu dělení a růstu přítomnost cytokininů v médiu. U některých typů kultur tento požadavek mizí a jsou schopny dále růst bez přidaných cytokininů. Tento jev se nazývá habituace. Podstatou habituace je autoinduktivní působení cytokininů, což znamená, že dochází k zvýšení syntézy endogenních cytokininů vlivem aplikace cytokininů do média. Habituace probíhá i v intaktních rostlinách.

O závislosti rostlinných pletiv na dodávaných cytokinínech rozhoduje jejich historie (Procházka *a kol.*, 1998).

2.1.1.6.4 Dormance semen

Cytokininy mohou porušovat dormanci semen. Klíčení semen u lociky salátové (*Lactuca sativa*) je stimulováno ozářením červeným světlem a ve tmě neprobíhá. Cytokininy mohou nahradit červené světlo a podporují klíčení semen salátu i ve tmě. Pokud kombinujeme cytokininy a červené světlo, dochází k synergickému zvýšení účinku (Hess, 1983).

2.1.1.6.5 Apikální dominance

Bylo již zjištěno, že cytokininy působí jako antagonisté auxinů a potlačují apikální dominanci. Aplikací cytokininů dochází k větvení stonku a důsledkem je zrušení apikální dominance (Procházka *a kol.*, 1998).

U rostlin bylo jednoznačně stanoveno, že cytokininy stimulují nejen růst, ale i zakládání pupenů. Platí to pro okrajové pupeny na listech *Bryophyllum daigremontianum* nebo u segmentů hypokotylů lnu (*Linum usitatissimum*), ale i u zakládání pupenů mechu *Funaria hygrometrica* (Šebánek *a kol.*, 1983).

2.1.1.6.6 Zpomalení stárnutí

Cytokininy výrazně zpomalují stárnutí listů (*senescenci*). Listy na světle velmi rychle ztrácejí chlorofyl, žloutnou a pomalu začíná rozklad nukleových kyselin i proteinů. Tento proces stárnutí můžeme výrazně zpomalit aplikací cytokininů (Procházka *a kol.*, 1998).

Tento jev byl pozorován na několika případech. Uříznuté listy např. tabáku (*Nicotiana tabacum*) umístěné ve vlhké komoře pomalu žloutnou a toto žloutnutí lze zpomalit aplikací cytokininů. Ošetříme-li část izolovaného listu drženého ve tmě kinetinem, zjistíme, že neošetřená část zežloutne rychleji, než ošetřená část. Naneseme-li současně na jinou část listu radioaktivě značenou aminokyselinu, můžeme pozorovat pohyb aminokyseliny ke kinetinu. Mluvíme tedy o atrakci kinetinem. Dokazujeme tím, že vlivem cytokininů jsou v zelené části listu syntetizovány bílkoviny (Šebánek *a kol.*, 1983).

2.1.1.6.7 Aktivace enzymů

Existují studie, podle nichž bylo zjištěno, že cytokininy zvyšují aktivitu některých enzymů. Jeden z takových příkladů byl objeven u koukolu (*Agrostemma githago*). U koukolu nelze v klidových semenech prokázat nitrátreduktasu, ale po ošetření nitrátem dojde k syntéze

tohoto enzymu. Také cytokininy prokazatelně aktivují syntézu nitrátreduktázy. Enzym nitrátreduktáza je zodpovědný za redukcí nitrátového iontu na amonný (Hess, 1983).

2.1.1.7 Využití cytokininů

Cytokininy se používají v kultivačních médiích na růst a při morfogenezi tkáňových kultur. V kulturách *in vitro* se společně s auxiny používají k regeneračním procesům. Vlivem různých poměrů auxinů a cytokininů přidávaných do média lze regenerovat celou rostlinu (Kincl *a kol.*, 2000).

Exogenně aplikované cytokininy se využívají pro stimulaci větvení okrasných rostlin a za spolupráce s gibereliny ke tvarování plodů některých jablek. V ranných fázích růstu obilovin lze působením cytokininů zvýšit odnožování a v době kvetení zvýšit počet zrn v klasech (Procházka *a kol.*, 1998).

Cytokininy se také využívají v květinářství při skladování řezaných květin, protože zpomalují stárnutí rostlinných pletiv (Kincl *a kol.*, 2000).

2.1.2 Etylen

2.1.2.1 Objev etylenu

Vzhledem ke své velmi jednoduché chemické struktuře byl etylen zařazen mezi rostlinné hormony jako jeden z posledních. V porovnání s ostatními rostlinnými hormony byl „jaksi“ podezřelý, ale není žádný důvod oddělovat etylen od ostatních rostlinných hormonů (Kováč, 1991).

Už od konce 19. století bylo známo, že svítiplyn má vliv na některé procesy rostlin, především na opad listů. V roce 1901 zjistili D. N. Neljubov, že aktivní složkou svítiplynu je etylen. Důkaz tvorby etylenu rostlinami a vliv na jejich růst byl prokázán až ve třicátých letech. Nejvýznamnějším datem ve studiu etylenu se stal rok 1959, když byla poprvé použita plynová chromatografie k jeho detekci (Procházka *a kol.*, 1998).

2.1.2.2 Struktura etylenu

Etylen má zvláštní postavení mezi rostlinnými hormony. Za normální teploty je v plynném stavu a po chemické stránce nejjednodušším růstovým regulátorem (Nováček, 1986). Nositel chemické reaktivity je jeho dvojná vazba, která je nepolární. Etylen se velmi lehce oxiduje za vzniku etylenoxidu, etylenglykolu až formaldehydu. Může reagovat s některými těžkými kovy nebo tvořit komplexy (Procházka *a kol.*, 1998). Účinky etylenu

mohou být způsobeny oxidem uhličitým. Etylen se rozpouští v cytoplazmě, kde se také pro něj nacházejí specifická vazebná místa. Ionty Ag^+ působí na etylen antagonisticky. Etylen působí i na expresi genů a brzdí proteosyntézu i tvorbu mRNA, ale naopak indukuje tvorbu některých mRNA a bílkovin (Kincl *a kol.*, 2000).

2.1.2.3 Výskyt a transport etylenu

Všechny rostlinné hormony se vyskytují ve volné nebo vázané konjugované formě, ale etylen je výjimkou. Jako plyn se v konjugované formě vyskytovat nemůže, proto se v rostlinách nachází jako konjugát jeho prekurzoru. Kyselina 1-aminocyklopropan-1-karboxylová tvoří konjugát s kyselinou malonovou. Konjugátem tedy je N-malonyl-ACC (MACC), který nacházíme téměř ve všech rostlinných pletivech a jeho obsah výrazně stoupá v podmínkách, ve kterých vzrůstá tvorba ACC (zrání ovoce, stresové faktory).

Koncentrace etylenu v buňce je velmi nízká a je dána rozpustností v cytoplazmě. Téměř všechny etylen difunduje do mezibuněčných prostorů a dále průduchy do atmosféry. Specifická vazebná místa pro etylen se nacházejí v cytoplazmě a předpokládá se, že biologický účinek je zprostředkován vazbou na tyto bílkoviny. Uvolněný etylen do atmosféry ovlivňuje i rostliny ve svém okolí (Procházka *a kol.*, 1998).

2.1.2.4 Metabolismus etylenu

Etylen vzniká ve vyšších a některých nižších rostlinách z aminokyseliny methioninu. Prvním meziproductem je S-adenozylmetionin (SAM), který se dále mění na 1-aminocyklopropan-1-karboxylovou kyselinu (ACC) a metyltioadenozin, jež se v několika krocích mění zpět na metionin. ACC je enzymaticky přeměňována na etylen, oxid uhličitý a kyanovodík. Přeměna SAM na ACC je katalyzována enzymem ACC-syntázou a enzym katalyzující přeměnu ACC na etylen je ACC-oxidáza.

Vznik etylenu je ovlivněn širokou škálou fyzikálních a chemických faktorů. Mezi tyto faktory můžeme zařadit záření, teplotu, koncentraci kyslíku a oxidu uhličitého. V zelených rostlinách jsou každodenní změny v produkci etylenu a biosyntéza tohoto plynu se pravidelně snižuje. Maximální účinnost biosyntézy etylenu nastává při teplotě v rozmezí 25-35°C (Fišerová *a kol.*, 2008). Tvorba etylenu je indukována různými stresory, některými přirozenými i syntetickými regulátory růstu a je závislá i na autoregulačních mechanismech. K výraznému zvýšení tvorby etylenu dochází vlivem přirozených a syntetických auxinů. Různé stresové podmínky i auxiny indukují *de novo* syntázu ACC-syntázy. Tvorba etylenu

zelenými částmi rostliny je ve většině případů inhibována zářením. Často byla tato inhibice způsobena sníženou hladinou oxidu uhličitého. Tvorba etylenu podléhá zpětnovazebným regulacím, což je autokatalýza i autoinhibice (Procházka *a kol.*, 1998).

2.1.2.5 Přenos signálu etylenu

Vazby etylenu na specifické bílkoviny jsou ztíženy tím, že etylen je plyn a má nízkou rozpustnost v cytoplazmě. I přesto se podařilo izolovat vazebné bílkoviny, které vážou etylen velmi pevně a dokonce pevněji než u ostatních fytohormonů. Vazebné bílkoviny se nacházejí na endoplazmatickém retikulu a v membránách proteinových tělísek. Vazby etylenu na specifickou bílkovinu se účastní kov, nejčastěji iont Cu^+ (Procházka *a kol.*, 1998).

Receptor etylenu je integrální protein membrány endoplazmatického retikula, který se značí ETR1 (*ethylene resistant*) a má charakter dvousložkové histidinové kinázy. Etylen se na něj váže pomocí specifického kofaktoru a k této vazbě je potřeba iontu Cu^+ . Není-li na receptor vázána molekula etylenu, receptor aktivuje cestu, která blokuje odpověď na etylen. Dojde-li k navázání etylenu na receptor, blokáda je odstraněna (Pavlová, 2005).

2.1.2.6 Hlavní fyziologické funkce etylenu

2.1.2.6.1 Urychlení zrání plodů

Stimulace dozrávání plodů je jedním z nejvýznamnějších účinků etylenu. Při zrání plodů se mnohonásobně zvyšuje tvorba etylenu, který dále indukuje různé biochemické procesy zrání (degradace celulózy, pektinů a škrobu). Etylen urychluje nejen zrání, ale stimuluje stárnutí a opad listů, květů a plodů. I v tomto případě etylen stimuluje tvorbu enzymů, které zapříčiní štěpení buněčných stěn (Procházka *a kol.*, 1998).

Etylen uvolňují všechna rostlinná pletiva, hlavně dozrávající plody. Předčasně dozrávající jablko uvolňuje zvýšené množství etylenu, a proto jablka v okolí rychle dozrávají a jejich produkce etylenu urychluje dozrávání červivého jablka i okolních plodů. Říkáme tomu zpětnovazebná regulace (Kincl *a kol.*, 2000).

2.1.2.6.2 Obranné reakce

Etylen signalizuje fyziologický stres a vyvolává ochranné reakce proti působení stresorů. Zvýšené množství etylenu se tvoří při nedostatku i nadbytku vody, výkyvech teploty, nedostatku kyslíku, zasolení, poranění, napadení patogeny i při různých infekcích. Tvorba

etylenu stoupá během 20-60 minut od počátku působení stresoru a trvá různě dlouhou dobu (Procházka *a kol.*, 1998).

2.1.2.6.3 Trojná odezva

Pro etylen je charakteristická tzv. trojná odezva (*triple response*), patří sem inhibice prodlužovacího růstu, stimulace radiálního růstu a porucha gravitropické reakce.

V důsledku působení etylenu je inhibován dlouhivý růst stonku a stimulován růst radiální. Změna směru růstu ze směru podélného do příčného souvisí se změnou uspořádání mikrotululů a mikrofibril celulózy. Naopak u vodních rostlin etylen stimuluje dlouhivý růst stonků pod vodou. Jelikož je etylen hydrofóbní, nemůže unikat do vody a veškerý etylen se hromadí v rostlině. Prodlužovací růst stonku se zastaví až když stonek vynese své listy nad vodu a etylen může pronikat dál do ovzduší.

Jedním z dalších účinků etylenu je vyvolávání epinastie. K epinastii dochází buď při zaplavení rostliny nebo v anaerobních podmínkách v kořenové zóně, kde se zvyšuje syntéza etylenu v prýtu. V případě anaerobních podmínek dochází k rychlejšímu růstu horní strany listu, než spodní strany (Procházka *a kol.*, 1998).

2.1.2.7 Využití etylenu

Etylen jako plyn je svými vlastnostmi znám pro urychlování zrání skladovaných banánů, které se k nám musejí přivážet v nezralém stavu. Tato schopnost etylenu se využívá také u jablek, hrušek, rajčat, fíků, manga, broskví a avokáda (Pavlová, 2005).

Naopak zpomalení zrání plodů lze dosáhnout odstraněním etylenu z ovzduší komory. Využívá se to ve skladu jablek, kde dochází k odstranění etylenu pomocí roztoku manganistanu draselného.

Vlivem etylenotvorné látky, která dovede uvolňovat etylen do pletiv listu, lze oddálit na jaře kvetení o téměř 14 dní a lze tak snížit škody způsobené jarními mrazíky. Aplikace etylenotvorné látky se provádí na podzim. Dovede brzdit vegetativní růst a tím indukuje tvorbu květů a plodů. V pletivech rostlin brzdí transport auxinů. Nejznámější etylenotvornou látkou je kyselina 2-chloretylfosfonová (CEPA) (Kincl *a kol.*, 2000).

2.1.3 Auxiny

Auxiny patří mezi nejdéle známé rostlinné hormony. Podnět k objevu auxinů dal Charles Darwin v roce 1886 pomocí studia fototropizmu a gravitropizmu (Nováček, 1986). Hlavní podstatu tropizmu se podařilo vysvětlit v roce 1926 holandskému fyziologovi F.W.Wentovi. Při práci s koleoptile ovsu prokázal, že špičky koleoptilí ovsu produkují látku, která stimuluje prodlužovací růst. Struktura této látky byla zjištěna v roce 1934 Köglem v lidské moči a byla nazvána heteroauxin a identifikována jako kyselina indolyl-3-octová (IAA) (Pastýrik, 1979).

Mezi přirozené auxiny patří kyselina indolyl-3-octová (IAA), kyselina indolyl-3-máselná (IBA), kyselina 4-chlorindolyl-3-octová (4-Cl-IAA) a kyselina fenylloctová (PAA). Strukturních analogů je celá řada, patří sem např. kyselina 2,4-dihydrochlorfenoxyoctová (2,4-D) nebo kyselina α -naftylloctová (NAA).

IAA je syntetizována ve vrcholu koleoptile a je transportována bazipetálně od vrcholu k bázi. Auxiny se také tvoří v mladých listech, vyvíjejících se květech i plodech, zejména v semenech, v apikálním meristému stonku, v embryích a v meristémech kořene. Nejvyšší obsah IAA je v mladých, intenzivně rostoucích orgánech. Se stářím množství IAA klesá. K transportu auxinů dochází dvěma způsoby, buď k transportu na krátké vzdálenosti nebo na dlouhé vzdálenosti. Transport na krátké vzdálenosti je nejčastěji membránový a polární. Auxiny patří mezi jediné hormony, které jsou transportovány mezi buňkami polárně, ve stonku bazipetálně a v kořeni akropetálně. V listech a stonku dochází k transportu parenchymem vodivých pletiv. K transportu na dlouhé vzdálenosti dochází floémem nepolárně. Auxiny z vodivých pletiv jsou transportovány i laterálně do vnějších vrstev primární kůry a do epidermis (Pavlová, 2005).

Biosyntéza IAA vychází z aminokyseliny tryptofanu a může probíhat několika cestami. Jedna z nich probíhá cestou indolylpyruvátovou, se kterou se nejvíce setkáváme u vyšších rostlin, druhá tryptaminová dráha se nejčastěji vyskytuje zejména u čeledi *Poaceae* a třetí dráha je indolylacetaldoximová, která byla popsána u čeledí *Brassicaceae*, *Tovariaceae* a *Resedaceae*.

Účinek auxinů je velice rozmanitý a četný. Mezi nejdůležitější funkce patří stimulace prodlužovacího růstu, stimulace buněčného dělení v kambiu, stimulace buněčného dělení a tvorby kořenů, apikální dominance, oddalování opadu listů a plodů, podpora partenokarpie a snižování nebo zvyšování aktivity enzymů.

V praxi se používají syntetické auxiny, protože IAA je pro praktické využití velmi nestálá. Auxiny se využívají ke stimulaci zakořeňování řízků. Společně s cytokininy se používají jako základní složka v médiích pro tkáňové kultury. Dříve se používaly jako herbicidy, dnes je to však zakázáno z důvodů jejich toxicity pro živočichy (Procházka *a kol.*, 1998).

2.1.4 Gibereliny

Již od pradávna byla ve východní Asii známa choroba rýže, při níž docházelo k velmi silnému prodlužovacímu růstu. Choroba se nazývala bakanae nebo-li choroba bláznivých klíčků. Choroba je vyvolávána houbou *Gibberella fujikuroi* (*Fusarium moniliforme*). Odtud dostali giberiliny i své pojmenování. Fermentací této houby se gibereliny vyrábí až dodnes. Dnes už víme, že gibereliny nejsou fytohormony jen hub a bakterií, ale i mechů, řas, kaprad'orostů a semenných rostlin (Švihra *a kol.*, 1981).

Dnes již už známe více jak 100 giberelinů. Je to velmi jednotná skupina charakteristická přítomností giberelinového skeletu. Jednotlivé druhy označujeme číslicemi GA₁, GA₂, GA₃ aj. Gibereliny můžeme rozdělit do dvou skupin podle jejich struktury, buď na gibereliny s 19 nebo s 20 atomy uhlíku. Gibereliny se také liší počtem a polohou hydroxylových a karboxylových skupin, které jsou charakteristické různou aktivitou.

Gibereliny se tvoří ve všech rostlinných orgánech. Nejvyšší hladiny giberelinů nacházíme v místech aktivního růstu, především v mladých listech, vzrostných vrcholech, v kořenech a i v klíčících semenech.

Biosyntéza giberelinů vychází z kyseliny mevalonové, která vzniká kondenzací 3 molekul acetylkoenzymu A (Procházka *a kol.*, 1998).

Gibereliny stejně jako ostatní fytohormony mají široké spektrum účinků. Mezi jejich hlavní funkce patří stimulace buněčného dělení a prodlužování růstu. Na rozdíl od auxinů se tento účinek týká jen nadzemních orgánů, protože kořeny nejsou gibereliny ovlivněny. Mezi další účinky patří stimulace buněčného dělení v kambiu, vznik partenokarpie, indukce kvetení. Mohou přerušovat dormanci, stimulovat kvetení u dlouhodobých rostlin za krátkodenní fotoperiody a zesilují stávající apikální dominanci (Kincl *a kol.*, 1978).

V praxi se gibereliny nejvíce využívají v ovocnářství pro stimulaci růstu plodů, v případě vinné révy k úpravě morfologie plodů. Šlechtitelé využívají kyselinu giberelinovou pro zkrácení juvenilní periody u jehličnanů a zkrácení vegetační doby u dvouletých rostlin.

Dále se používají pro zkracování stébel obilovin a při výrobě trávnickových koberců proti poléhání (Procházka *a kol.*, 1998)

2.1.5 Kyselina abscisová

Abscisová kyselina je pojmenování, které bylo navrženo až v poslední době. Kromě názvu kyselina abscisová se dosud používá starší označení dormin a abscisin II. Tyto pojmy byly nalezeny při studiu dvou procesů, při opadu listů a dormanci pupenů stromů. Ukázalo se, že dormin je identický s abscisinem II.

Oproti třem výše uvedeným fytohormonům, které můžeme označit jako růstové stimulanty, patří kyseliny abscisová k terpenoidním inhibitorům. Její syntéza je velmi složitá. ABA se vyskytuje ve formě několika izomerů a fyziologicky aktivní je výhradně její S-izomer.

Nejvíce kyseliny abscisové se tvoří v dormantních semenech, pupenech, hlízách, ale i v mladých, rychle rostoucích pletivech. ABA může tedy zřejmě vznikat ve všech rostlinných orgánech, především za stresových podmínek. K transportu dochází za pomoci xylému a floému (Hess, 1983).

Mezi fyziologické účinky ABA patří inhibice prodlužovacího růstu buněk. Působí tedy antagonisticky k působení auxinů a giberelinů. Množství ABA prudce stoupá ve stárnoucích nebo zavadajících listech. Což znamená, že ABA urychluje proces stárnutí a stimuluje opad listů. Množství kyseliny abscisové roste v listech za podzimního krátkého dne, stoupá i u ovocných stromů a proto přecházejí k zimnímu odpočinku. Během zimy ABA klesá a zároveň stoupá množství giberelinů a proto dochází k rašení stromů. Jedním z účinků ABA je i zavírání průduchů při nedostatku vody. Kyselina abscisová je teda chápána jako faktor, který má antagonistické účinky na auxiny, gibereliny a i cytokininy.

Využití kyseliny abscisové je velmi omezené. Nejvíce se využívá při zvýšení odolnosti rostlin vůči stresovým podmínkám, jako je nedostatek vody nebo působení nízkých teplot (Tainz *a kol.*, 2006).

2.1.6 Další látky fytohormonální povahy

Kromě popsaných pěti skupin fytohormonů obsahují rostliny další skupiny látek, které jsou méně známé a méně prozkoumané, ale též vykazují růstově regulační působení. Patří sem brassinosteroidy, kyselina jasmonová, polyaminy, oligosacharidy a fenolické látky.

Dnes již známe více než 30 brassinosteroidů. K nejznámějším patří brassinolid, castasteron a typhasteron. Nejvíce se vyskytují v nadzemní části rostliny. Významně stimulují dlouhivý růst a zvyšují odolnost rostlin k různým stresovým podmínkám.

Jasmonáty představuje kyselina jasmonová a její metylester. Nejvyšší hladiny kyseliny jasmonové nastávají při stresových podmínkách, jako je poranění nebo napadení patogeny. Mezi hlavní fyziologické funkce patří inhibice růstu pochev listů, hypokotylů aj. Stimuluje zakládání hlíz a plní funkci signální molekuly při stresových podmínkách. Dále také indukuje systém tzv. PR-proteinů a inhibitorů proteás.

Polyaminy jsou jednoduché organické látky s více aminoskupinami v molekule. Mezi nejznámější patří putrescin, spermin a spermidin. Polyaminy stimulují dělení buněk, podílí se na obraně rostlin proti stresům a na stabilizaci buněčného pH.

Oligosacharidy jsou fragmenty buněčné stěny uvolněné hydrolytickými enzymy. Patří sem oligosacharidy xyloglukanové, pektinové a glukosaminové. Stimulují obranné reakce a inhibují dlouhivý růst buňky.

Fenolické látky představují heterogenní skupinu sekundárních metabolitů. Patří sem látky od derivátů benzenu, kyseliny benzoové a skořicové, přes flavonoidy, antokyany a kumariny až po velmi složité látky jako jsou třísloviny či ligniny. K regulátorům patří jen některé z nich. Inhibují přirozeně dlouhivý růst i růst indukovaný IAA (Kincl *a kol.*, 2000).

2.2 Bavlník (*Gossypium*)

Bavlník je rod zahrnující téměř 40 druhů. Řadí se do říše rostliny (*Plantae*), podříše cévnaté rostliny (*Tracheobionta*), oddělení krytosemenné rostliny (*Magnaliophyta*), třída vyšší dvouděložné rostliny (*Rosopsida*), řád slézotvaré (*Malves*), čeleď slézovité (*Malvaceae*) a rod bavlník (*Gossypium*).

Pochází z aridních oblastí tropů Afriky, Ameriky, Austrálie a vyjimečně Asie. Pro výrobu bavlníku se pěstují především 3 základní druhy. Bavlník barbadoský (*G. barbadense*), bavlník bylinný (*G. herbaceum*) a bavlník chlupatý (*G. hirsutum*) (Hyams, 1976). V současné době se bavlník pěstuje přibližně v 50 zemích. Nejvýznamnějšími producenty je Čína, USA a Indie (Valíček *a kol.*, 1989).

2.2.1 Historie

Bavlník je velmi stará a významná textilní rostlina. Číňané znali bavlník už 2500 let př. n.l. V této době znali bavlník už i v Indii a byl pěstován domorodci v Americe. V Evropě došlo k rozkvětu v 10.století ve Španělsku, ve 14. století v Itálii a v 15.století v Bulharsku a Jugoslávii. V letech 1947-54 se bavlna pokusně pěstovala i ve Slovensku. Ne však dlouho, kvůli nízkému výnosu a podřadné jakosti vlákna (Naučný slovník zemědělský, 1966).

2.2.2 Biologické vlastnosti

Bavlník je jednoletá i víceletá rostlina. V tropických krajinách se pěstují víceleté druhy a v chladnějších oblastech jednoleté druhy. Semena začínají klíčit teprve při teplotě kolem 14 °C. Při této teplotě rostlina ukončuje i svou vegetaci. Optimální teplota pro růst a vývoj je 20-30 °C. Teplota nesmí klesnout pod 0 °C (Kuhn, 1957).

Bavlník je keř nebo polokeř. Má větevnatou lodyhu s 3-7 laločnatými listy a s velkými úžlabními 5-ti čtenými květy. Koruny jsou žluté, fialové nebo bílé a často s antokyanovou skvrnou na bázi petalů. Plodem je tobolka. V průměru měří 3-4 cm, má 5-10 semen. (Novák a kol, 2007). Tobolka puká 3-5 chloupky a tím uvolňuje semena. Semena jsou černá a hustě prorostlá bílými, hnědými nebo žlutými chlupy (Jirásek, 1955)

2.2.3 Podnebí a půda

Bavlník má velké nároky na teplo a světlo. V období vegetace, což je 150-180 dní nesmí teplota klesnout pod bod mrazu. Mráz bavlníku velmi škodí. V chladném podnebí sice kvete, ale netvoří tobolky, díky kterým získáváme vlákno. Suchu dost odolává (Kuhn, 1957).

Pro pěstování jsou nejvhodnější humózní, hluboké, písčitohlinité a hlinité půdy. Na příliš kyselých nebo zamokřených půdách se mu moc nedaří. Na živiny je mnohem náročnější než obiloviny. Potřebné živiny se dodávají organickými i minerálními hnojivy. Před zasetím je velmi důležitá hluboká orba a důkladně odplevelená půda (Naučný slovník zemědělský, 1966).

2.2.4 Škůdci

V boji proti škůdcům bavlníkových plantáží se používají insekticidy, které však škodí životnímu prostředí. Byly vyšlechtěny dva druhy genově modifikovaného bavlníku pro komerční pěstování. Bavlník Bt, který je odolný vůči housenkám černopásky bavlníkové a

druhým je bavlník odolný vůči herbicidům. V roce 2003 se pěstování geneticky modifikovaného bavlníku zvýšilo zhruba o šest procent. Evropská unie dovoz tohoto upraveného bavlníku zakazuje, ale dovoz této bavlny je povolen (<http://oko.yin.cz>).

2.2.5 Využití

Bavlník poskytuje užití jako málokterá kulturní rostlina. Dlouhé vlákno je nejvýznamnější surovinou pro textilní průmysl. Krátké vlákno se využívá k výrobě papíru, celulózy, umělého hedvábí aj. Semena obsahující olej se využívají pro potravinářské i technické účely. Bavlník je také medonosná a léčivá rostlina (Valíček *a kol*, 1989).

2.2.6 Bavlník bylinný (*Gossypium herbaceum*)

Bavlník bylinný pochází pravděpodobně z Asie. Je to vysoký polokeř, dosahující výšky od 50 cm do 4 metrů. Kořen je kulovitý a až 3 metry dlouhý. Listy jsou stále zelené, střídavé, laločnaté a z jejich paždí vyrůstá jeden až několik stopkatých květů. Květy mají 5 korunních lístků, které jsou bílé, žluté nebo červené. Tyčinky jsou srostlé v trubku. Plod je kulovitý až vejčitý. Velikost plodu se přirovnává k vlašskému ořechu. Plod dozrává v tobolku, která se otevírá 3-5 chlopněmi. Semena jsou hustě porostlá bílými, zelenými nebo hnědými vlákny. Bavlník se pěstuje ze semen zbavených vláken. Vysévá se do hloubky 5 cm a do řádků vzdálených asi 1 metr. Během růstu se rostlina okopává, pleje, hnojí a za sucha zavlažuje. Nejvhodnější je ruční sklizeň, ale stále se nejčastěji využívá sklizeň mechanická, kde je nutné nejdříve odstranit listy pomocí defoliace (<http://listnate-kere.atlasrostlin.cz>).

2.3 Využití růstových regulátorů v zemědělství a zahradnictví

Růstové regulátory jsou hojně využívány v zemědělství a zahradnictví. V zemědělství se růstové regulátory velmi často používají při vzniku a vývoji kořene a také při manipulaci výnosového potenciálu obilovin. Používají se při defoliaci bavlníku, kde dochází k urychlení opadu listů vlivem růstových regulátorů při sklizni bavlny. Gibereliny mají zásadní význam pro ochranu rostlin.

V zahradnictví se růstové regulátory využívají jako retardéry růstu rostlin v okrasném zahradnictví, dále v posklizňovém životě okrasných rostlin. Za použití růstových regulátorů

dochází k manipulaci vývoje a kvality skladování ovoce. Využívají se také v citrusové kultuře, např. ke snížení opadávání plodů liči za pomoci PGRs sprejů (Basra, 2000).

2.3.1 Látky používané při defoliaci bavlníku

Je celá řada látek využívaných při defoliaci bavlníku. Látky mohou být v různých kombinacích, což vede ke zvyšování jejich účinnosti. Účinnost látek závisí i na počasí, koncentraci a rostlinných podmínkách.

Cotton Quik. Je to látka dosahující dostatečné defoliace do 7 dnů. Při nevhodných podmínkách dochází k defoliaci do 14 dnů. Po nástřiku je omezená kontrola opětovného růstu.

Def 6 a Folex. Jsou to látky fosfátového typu. Jsou používány už velmi dlouho. Používají se hlavně při vhodných teplotních a rostlinných podmínkách. Při méně vhodných podmínkách se používají vyšší koncentrace. Tyto látky se mohou kombinovat s látkami Dropp 50 WP nebo s ethephonem. Jsou špatnými inhibitory opětovného růstu.

Finish. Je to látka obsahující ethephon a cyklanilid. Slouží jako defoliant a také jako otevírač tobolek. Používá se při koncentraci, která je napsaná na štítku lahve a i při vhodných podmínkách. Při infekci semínek nebo napadení hmyzem je potřeba kombinace s jinými defolianty.

Harvade 5F. Látka, která musí být použita s koncentrátem obilného oleje, doporučeného na štítku lahve. Méně citlivý na vyšší teploty a lepší výkon při teplotě nižší jak 21,1 °C, než ostatní defolianty. Je bez zápachu a předchází vysychání.

Dropp 50 WP. Látka, která výrazně opoždí opětovný růst. Stupně kontroly opětovného růstu závisí na počasí, koncentraci a rostlinných podmínkách. Pokud jsou vhodné teplotní podmínky, látka je velmi účinná i při velmi nízkých koncentracích. V chladných podmínkách musí dojít ke zvýšení aktivity defoliantu kombinací mathylparathioninu nebo s kombinací s fosfátovými defolianty nebo za pomoci obilného oleje. Avšak koncentrace nesmí být příliš vysoká, protože při vyšších koncentracích může dojít k vysychání listů.

Ginstar. Rostlina reaguje na tuto látku až po několika dnech. Při nízkých teplotách defoliace trvá velmi dlouho. Zabraňuje opětovnému růstu po defoliaci.

Ethephon. Jeho aktivní součástí je Prep/Super Boll. Je kompatibilní s Def, Folex, Dropp a Arvade. Nesmí se mixovat s chlornanem sodným (<http://msucare.com/pubs>).

Dropp Ultra. Rostlina reaguje na tuto látku až po několika dnech. Při nevhodných podmínkách musí být větší dávkování a doba kompletní defoliace je mnohem delší. Brání

opětovnému růstu po defoliaci. Reakce na aplikaci se zpomaluje při teplotě nižší jak 15,6 °C (<http://msucares.com/crops>).

Obchodní název látky	Chemikálie	Operace		
		Defoliace	Otevírání tobolek	Zabránění opětovného růstu
Harvade 5 F	dimethipin	Ano		
Folex/Def 6 EC	tribufos	Ano		
Finish 6 Pro	Cyclanilide+ethephon	Ano	Ano	
Cotton Quick	AMADS+ethephon	Ano	Ano	
Dropp 4 SC	thidiazuron	Ano		Ano
Free Fall 50 WP	thidiazuron	Ano		Ano
Leafless 4 F	Thidiazuron+dimethipin	Ano		Ano
Ginstar 1.5 EC	Thidiazuron+diuron	Ano		Ano
Aim 2 EC	carfentrazone	Ano		
ET 0.208 EC	pyraflufen	Ano		
Prep 6 L	ethephon		Ano	
Super Boll 6 L	ethephon		Ano	
Ethephon 6 L	ethephon		Ano	
Boll'd 6 L	ethephon		Ano	

Tab.č.1: Přehled některých používaných defoliantů (<http://www.pubs.ext.vt.edu>)

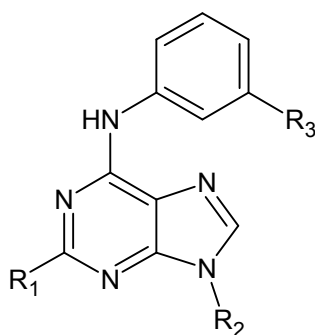
3 Praktická část

3.1 Pomůcky

Byly použity eppendorfky (objem 1,5 ml), falkony (objem 50 ml a 15 ml), kádinky (objem 50 ml), špachtle, elektromagnetická míchačka a míchadlo, sada automatických pipet (objem 1-1000 μ l), špičky, rozprašovače a analytické váhy.

3.2 Chemikálie

Z chemikálií byl použit detergent Silwet 806 (získán z Chemtury), DMSO, 70% etanol, destilovaná voda a z cytokininů TDZ (získán z Olchemim s.r.o), BAP (získán ze Sigmay) a cytokininy vyrobené LRR v Olomouci, tedy látky LGR-2210, LGR-1042, LGR- 951 a LGR-950.



Obr.č.3: obecný vzorec

Cytokininy	M _r (g/mol)	R ₁	R ₂	R ₃
BAP	225,25	-H	-H	-H
LGR-950	277,65	-Cl	-H	-F
LGR-951	289,68	-Cl	-H	-OCH ₃
LGR-1042	260,40	-Cl	-H	-H
LGR-2210	421,81	-Cl	-ribosyl	-OCH ₃

Tab.č.2: Přehled modifikovaných benzylaminopurynů.

3.3 Rostlinný materiál

Jako rostlinný materiál byl použit bavlník bylinný (*Gossypium herbaceum*). Semena bavlníku (zakoupena v obchodě Sempra) byla pěstována v zahradnickém substrátu v plastických květináčích (průměr 20 cm, 2 rostliny na 1 květináč) ve fytotronu. Fytotron je klimatická komora pro pěstování rostlin za kontrolovaných vnějších podmínek. Jednou z nich je stálá teplota (25 °C), osvětlení (zářivka Osram, Fluora 18W, světelná perioda světlo 16 hod., tma 8 hod.) a vlhkost ovzduší byla 80%. Rostliny byly pravidelně zalévány destilovanou vodou a nebyly ničím přihnojovány. Proti škůdcům byly pověšeny lepící pásky žluté a modré barvy. Při dostatečné velikosti byly rostliny použity k experimentu.

3.4 Postup

3.4.1 Příprava kontroly

Do 29 ml destilované vody bylo postupně a za stálého míchání přidáváno 150 μ l 100% DMSO a 6 μ l Silwetu 806. Nakonec bylo doplněno destilovanou vodou na objem 30 ml.

3.4.2 Příprava roztoku pro postřik bavlníku

Na 1 květináč (2 rostliny) bylo připraveno 15 ml 250 μ M roztoku, který obsahuje navíc 0,5% DMSO a 0,02% Silwetu 806. Při zvýšené koncentraci bylo na 1 květináč (2 rostliny) připraveno 15 ml 300 μ M, 400 μ M a 500 μ M roztoku, obsahující navíc 0,5% DMSO a 0,02% Silwetu 806.

• Příprava roztoku TDZ (pro 2 květináče, tzn. celkem 30 ml roztoku):

1. Musí být připraven 50 mM roztok ve 100% DMSO (nejmenší množství 100% DMSO je 150 μ l). Podle vzorečku bylo vypočteno nejmenší množství látky, která musí být navážena. Podle navážky bylo přepočteno množství 100% DMSO. Množství TDZ na 150 μ l 100% DMSO je 1,65 mg. Bylo naváženo 1,70 mg TDZ a přepočtené množství 100 % DMSO je 155 μ l.

$$m = M \cdot c \cdot V$$

$$m = 220,25 \cdot 0,05 \cdot 0,15$$

$$m = \underline{1,65 \text{ mg TDZ}}$$

1,65 mg TDZ.....150 μ l 100% DMSO	$x = (1,70 \cdot 150) / 1,65$
<u>1,70 mg TDZ..... x μl 100% DMSO</u>	$x = \underline{155 \mu\text{l}}$ 100% DMSO na 1,70 mg TDZ

2. Dále bylo připraveno 30 ml 250 μ M roztoku látky. Z roztoku popsaného už výše, což je 155 μ l 50 mM roztoku TDZ (ve 100% DMSO) bylo odebráno pomocí mikropipety 150 μ l a postupně přidáváno za stálého míchání do 29 ml destilované vody. Pokud se roztok sráží, musí být zahříván. Zároveň je do roztoku přidáváno 6 μ l Silwetu 806.

3. Připravené roztoky jsou přelity do falkony (objem 50 ml) a doplněny destilovanou vodou na objem 30 ml.

• Stejně je připravován roztok BAP a látky LGR-950, LGR-951, LGR-1042 a LGR-2210.

3.4.3 Aplikace látek

Připravené roztoky ve falkonách (objem 50 ml) jsou rozlévány do 2 menších falkonek (objem 15 ml). Aplikace látek je pomocí rozprašovače (na 1 květináč je použito 15 ml látky, což znamená na 1 rostlinu přibližně 7,5 ml látky). Látky byly aplikovány rovnoměrně na každý list. Mezi jednotlivými látkami musí být rozprašovač proplachován destilovanou vodou a etanolem. Po aplikaci látek byl bavlínek po oschnutí vrácen do fytotronu. Bavlíčky postříkané odlišnými látkami se nesměli dotýkat a museli být od sebe v určitém rozmezí.

Při prvním měření byly použity 250 μ M roztoky TDZ, BAP a LGR-2210 plus kontrola (= destilovaná voda+ 100% DMSO+ Silwet 806). Na základě výsledků prvního měření byla v druhém měření zvýšena koncentrace na dvojnásobek. Při druhém měření byly tedy použity vyšší koncentrace a to 500 μ M roztoky TDZ, BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-950 a LGR-951 a jako kontrola byl použit 250 μ M roztok TDZ. V třetím měření byly použity látky BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-950 a LGR-951 ve dvou koncentracích a to o koncentraci 300 μ M a 400 μ M a jako kontrola byl použit 250 μ M roztok TDZ. Měření bylo prováděno do doby opadu všech listů alespoň na jedné rostlině. Tím byla určena doba kontroly dalších měření. Každé měření trvalo deset dní a kontrola byla prováděna každý druhý den. Poté bylo vše zaznamenáno. Výsledky byly vyhodnoceny a zaznamenány do grafů a tabulek.

Celý tento postup praktické části vychází z článku „*Induction of Leaf Abscission in Cotton is a Common Effect of Urea- and Adenin- Type Cytokinins*“ (Grossmann, 1990). Tento postup byl trochu poupraven. Rostliny nebyly pěstovány ve skleníku, ale ve fytotronu. Látky byly aplikovány na všechny listy rostliny (na 1 květináč bylo použito 15 ml látky). Podle článku byly látky aplikovány na rostlinu až od pátého listového stádia (na 1 květináč bylo použito 2,5 ml látky). Dále byly aplikovány jiné látky cytokininové povahy, pouze TDZ a BAP se shodoval. Jako kontrola byla použita destilovaná voda s DMSO a Silwetem 806 nebo 250 μM roztok TDZ. Podle článku byla jako kontrola použita destilovaná voda obsahující Tween 85 v odpovídajících koncentracích.

3.5 Výsledky

1.měření

V prvním měření byly aplikovány na bavlník tři látky. Látka TDZ, BAP a LGR-2210. Ze všech látek byly připraveny 250 μM roztoky. Jako kontrola byla použita destilovaná voda obsahující 0,5% DMSO a 0,02% Silwetu 806.

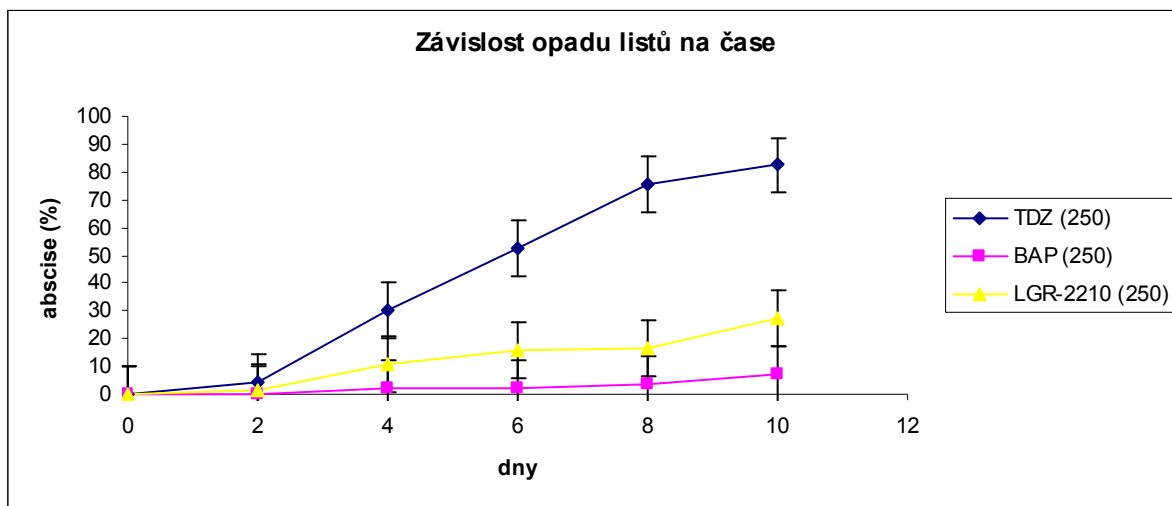
Látky	Květináč číslo 1 (počet listů na začátku měření)		Květináč číslo 2 (počet listů na začátku měření)	
	kontrola	17	21	21
TDZ (250 μM)	21	9	18	21
BAP (250 μM)	18	14	38	25
LGR-2210 (250 μM)	7	12	12	30

Tab.č.3: Počet listů bavlníku před aplikací látek.

látky	dny	Květináč číslo 1 (opadané listy)		Květináč číslo 2 (opadané listy)	
Kontrola	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	6	0	0	0	0
	8	0	0	0	0

	10	0	0	0	0
TDZ (250 μM)	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	4	2	3	6	1
	6	11	5	9	2
	8	19	8	15	7
	10	20	9	17	9
BAP (250 μM)	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	4	0	0	2	1
	6	0	0	2	1
	8	1	0	2	1
	10	1	1	3	2
LGR-2210 (250 μM)	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	1
	4	1	1	0	3
	6	2	1	0	3
	8	2	1	0	4
	10	2	2	0	11

Tab.č.4: Počet opadaných listů v závislosti na čase.



Graf č.1: Závislost opadu listů na čase

V tomto experimentu je zaznamenán průběh defoliace bavlníku vlivem 250 μ M roztoků TDZ, BAP a LGR-2210. Látka TDZ způsobila defoliaci 82, 4 % (obr.č.5). BAP způsobil defoliaci 7,1 % listů (obr.č.6) a látka LGR-2210 27, 3 % (obr.č.7). Z těchto výsledků můžeme říci, že v 250 μ M koncentraci je nejúčinnější látka TDZ, jak je vidět na obrázku č.5. V grafu není zakreslena křivka kontroly, protože by se kryla s osou x a nebyla by vidět (obr.č.4). V grafu je zaznamenán průběh abscise TDZ, který je průměrem ze všech měření, které jsme prováděli.



Obr. č.4: aplikace kontroly



Obr. č.5: aplikace TDZ (250 μ M)



Obr. č.6: aplikace BAP (250 μ M)



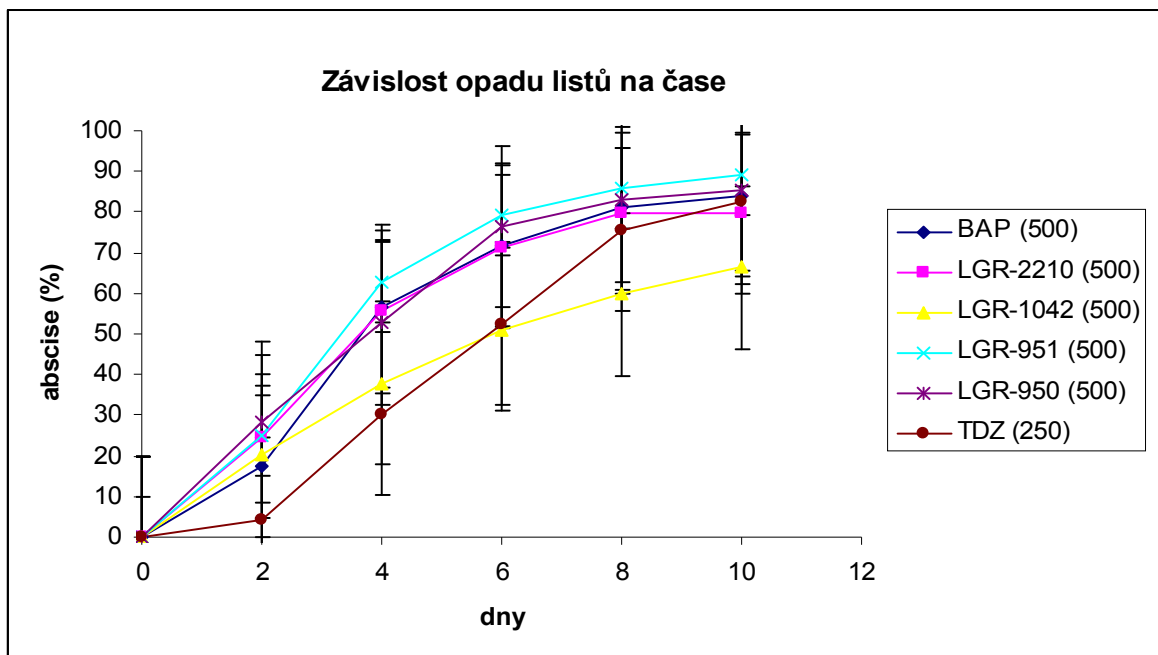
Obr. č.7: aplikace LGR-2210 (250 μ M)

2.měření

Na základě prvního měření byla v druhém měření zvýšena koncentrace na dvojnásobek a byly použity 500 μ M roztoky. Byly aplikovány látky TDZ, BAP, LGR-2210 a navíc byly aplikovány látky LGR-1042, LGR-951 a LGR-950. Jako kontrola zde byl použit 250 μ M roztok TDZ.

Látky	Květináč číslo 1		Květináč číslo 2	
	(počet listů na začátku měření)		(počet listů na začátku měření)	
TDZ (250 μM)	16	9	32	12
TDZ (500 μM)	19	23	22	24
BAP (500 μM)	17	29	25	11
LGR-2210 (500 μM)	10	35	12	8
LGR-1042 (500 μM)	11	6	11	11
LGR-951 (500 μM)	16	10	9	5
LGR-950 (500 μM)	47	23	18	31

Tab.č.5: Počet listů bavlníku před aplikací látek.



Graf č.2: Závislost opadu listů na čase

V tomto experimentu je zaznamenán průběh abscise bavlníku vlivem 500 μM roztoků BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-951 a LGR-950. Jak je vidět, látka LGR-951 způsobila abscisi 89, 2% (obr.č.11), látka LGR-950 85,4 % (obr.č.12), látka BAP 84% (obr.č.8), látka LGR-2210 79,7% (obr.č.9) a látka LGR-1042 66,3% (obr.č.10). Z těchto výsledků můžeme říci, že v 500 μM koncentraci jsou nejúčinnější látky LGR-951, LGR-950 a BAP. V grafu je zaznamenána křivka kontroly, kterou zde byla 250 μM koncentrace roztoku TDZ.



Obr. č.8: aplikace BAP (500 μM)



Obr. č.9: aplikace LGR-2210 (500 μ M)



Obr. č.10: aplikace LGR-1042 (500 μ M)



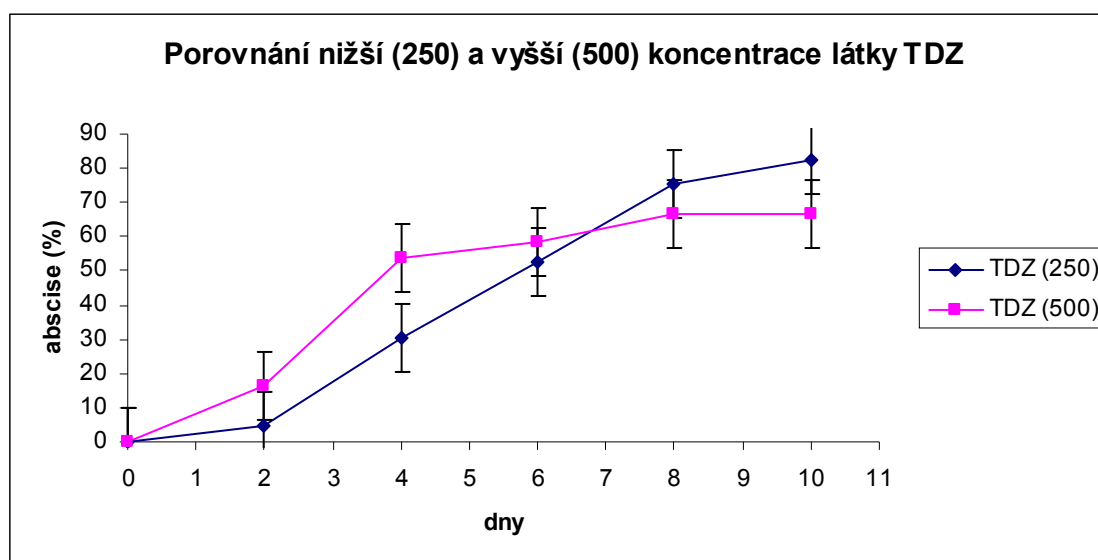
Obr. č.11: aplikace LGR-951 (500 μ M)



Obr. č.12: aplikace LGR-950 (500 μ M)

Látky	Květináč číslo 1 (počet listů na začátku měření)		Květináč číslo 2 (počet listů na začátku měření)	
	TDZ (250 μM)	16	9	32
TDZ (500 μM)	19	23	22	24

Tab.č.6: Počet listů bavlníku před aplikací látek.



Graf č.3: Porovnání nižší (250) a vyšší (500) koncentrace látky TDZ

V tomto experimentu je zaznamenán průběh abscise bavlníku vlivem 250 a 500 μM roztoků TDZ. 250 μM roztok TDZ způsobil abscisi 82,4 % (obr.č.13) a 500 μM roztok TDZ způsobil abscisi 66,6% (obr.č.14). V grafu je zaznamenán průběh abscise 250 μM TDZ, který je průměrem ze všech měření, které jsme prováděli.



Obr. č.13: aplikace TDZ (250 μ M)



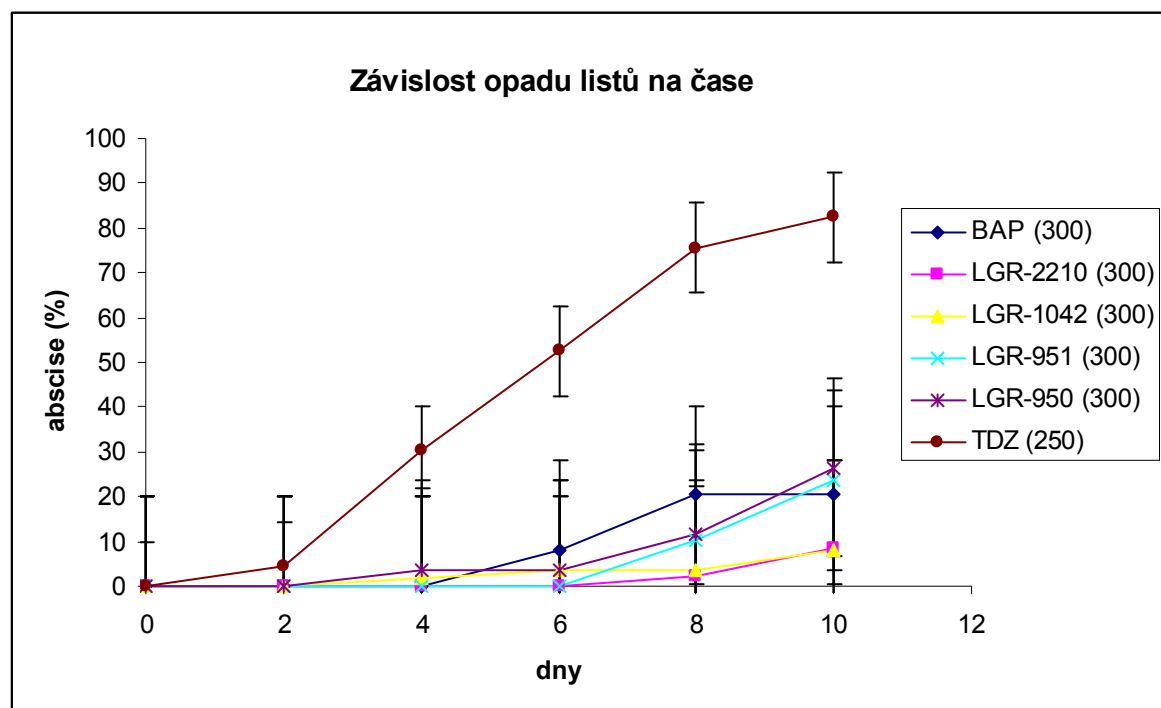
Obr. č.14: aplikace TDZ (500 μ M)

3.měření

Na základě prvního a druhého měření byly ve třetím měření použity dvě různé koncentrace, aby byla nalezena koncentrační hranice účinku těchto látek. Byly aplikovány stejné látky jako v druhém měření, tedy BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-950 a LGR-951. Tyto látky byly aplikovány jako 300 a 400 μM roztoky. Jako kontrola zde byl použit 250 μM roztok TDZ.

Látky	Květináč číslo 1 (počet listů na začátku měření)		Květináč číslo 2 (počet listů na začátku měření)	
TDZ (250 μM)	17	21	13	19
BAP (300 μM)	6	8	8	5
LGR-2210 (300 μM)	11	6	10	4
LGR-1042 (300 μM)	7	9	14	9
LGR-951 (300 μM)	8	7	8	7
LGR-950 (300 μM)	7	5	8	8

Tab.č.7: Počet listů bavlníku před aplikací látek.

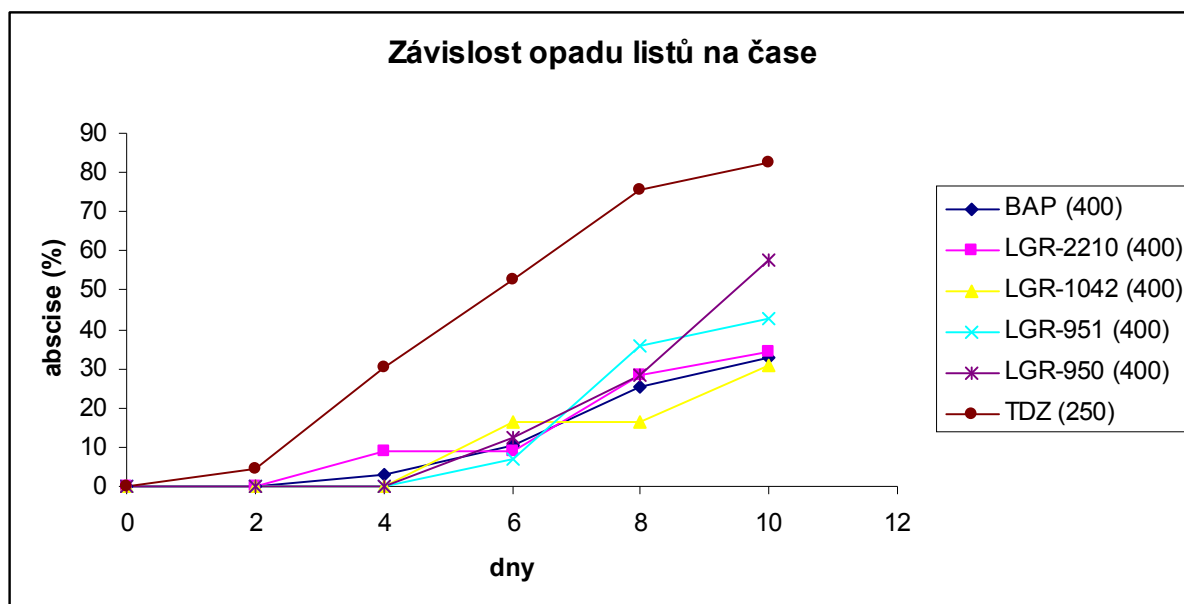


Graf č.4: Závislost opadu listů na čase

V tomto experimentu je zaznamenán průběh abscise bavlníku vlivem 300 μM roztoků BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-951 a LGR-950. Jak je vidět, látka LGR-950 způsobila abscisi 26,5%, látka LGR-951 23,7%, látka BAP 20,4%, látka LGR-2210 8,3% a látka LGR-1042 8,2%. Z těchto výsledků můžeme říci, že v 300 μM koncentraci jsou nejúčinnější látky LGR-951, LGR-950 a LGR-2210. V grafu je zakreslena křivka kontroly, kterou zde byla 250 μM koncentrace roztoku TDZ.

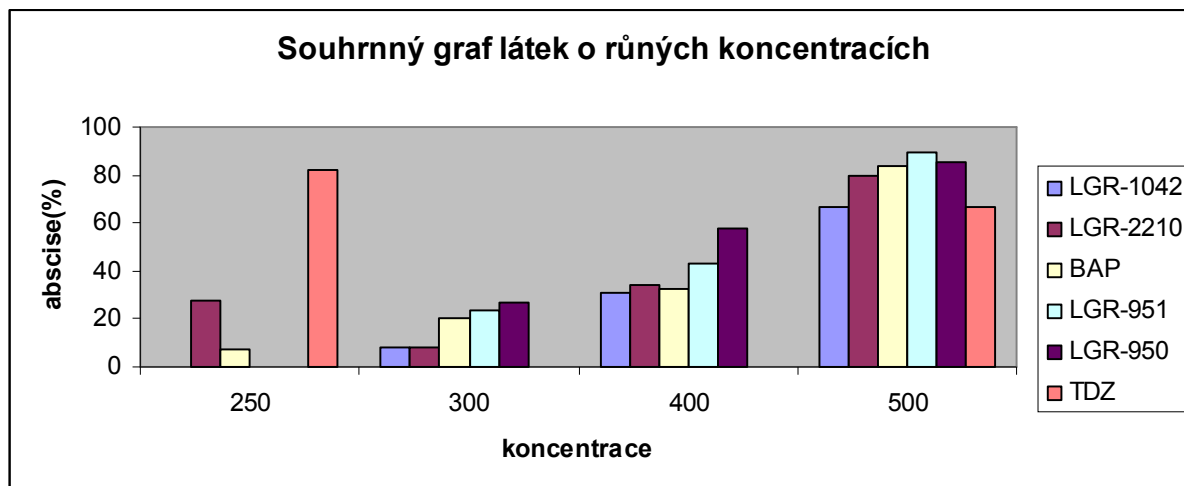
Látky	Květináč číslo 1 (počet listů na začátku měření)		Květináč číslo 2 (počet listů na začátku měření)	
TDZ (250 μM)	17	21	13	19
BAP (400 μM)	6	7	8	6
LGR-2210 (400 μM)	4	8	9	7
LGR-1042 (400 μM)	6	4	6	13
LGR-951 (400 μM)	16	17	10	4
LGR-950 (400 μM)	7	7	5	6

Tab.č.8: Počet listů bavlníku před aplikací látek.



Graf č.5: Závislost opadu listů na čase

V tomto experimentu je zaznamenán průběh abscise bavlníku vlivem 400 μM roztoků BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-951 a LGR-950. Jak je vidět, látka LGR-950 způsobila abscisi 57,5%, látka LGR-951 42,7%, látka LGR-2210 34,2%, látka BAP 32,7% a látka LGR-1042 30,9%. Z těchto výsledků můžeme říci, že v 300 μM koncentraci jsou nejúčinnější látky LGR-951, LGR-950. V grafu je zakreslena křivka kontroly, kterou zde byla 250 μM koncentrace roztoku TDZ.



Graf č.6: Souhrnný graf látek o různých koncentracích

V tomto experimentu je zaznamenána abscise látek TDZ, BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-951 a LGR-950 v koncentraci 250, 300, 400 a 500 μM v posledním dnu měření. Můžeme vidět, že námi testované látky (LGR-951, LGR-950 a BAP) zvyšovaly svou účinnost se zvýšenou koncentrací. Stejného efektu defoliace jako u kontrolní látky TDZ bylo dosaženo u těchto látek při dvojnásobné koncentraci. Při koncentraci 500 μM u látky TDZ nedošlo k opadu listů, ale listy byly seschlé a pevně držely na rostlině bavlníku, přičemž rostlina sama uhynula. U ostatních látek docházelo k obrůstání rostliny po předchozím opadu listů.

4 Diskuze

Hlavním cílem práce bylo ověřit a optimalizovat metodu testování látek na defoliaci rostlin bavlníku (*Gossypium herbaceum*). Lze říci, že metoda testování byla vhodně optimalizovaná a lze ji využít pro testování látek *in vivo*.

Jako součást chemických přípravků pro defoliaci listů bavlníku se používají různé látky. Mezi ně patří thidiazuron, který řadíme k růstovým lákům cytokininové povahy. Na základě testování látek terčíkovou metodou byly vybrány látky BAP, TDZ, LGR-2210, LGR-1042, LGR-951 a LGR-950. Tyto látky vykazovaly nejvyšší vliv na indukci tvorby etylenu u rostlin bavlníku bylinného pomoci terčíkové metody, kterou dělala moje kolegyně Renata Pařenicová. Jejich aktivita je ovlivněna přítomností různých chemických skupin v poloze R₁, R₂, a R₃. Halogeny vyskytující se v poloze R₁ mají dobrý vliv na aktivitu cytokininů. Pokud se v poloze R₂ nachází ribozil, dochází ke zvýšení účinnosti cytokininů a pomáhá rozpustnosti látky. Substituent v poloze R₃ určuje míru účinku u cytokininů (viz. tab.č.2 a obr.č.3). Účinnost těchto látek se zkoušela při různých koncentracích a byla hledána hranice účinku těchto látek.

Při 250 μM koncentraci byly testovány látky TDZ, BAP, LGR-2210. Nejvyšší účinnost na indukci etylenu, stejně jako je uvedeno v článku („*Induction of Leaf Abscission in Cotton is a Common Effect of Urea- and Adenin- Type Cytokinins*“), prokázala látka TDZ (viz. graf č.1). Rostliny po aplikaci zůstaly živé a zbylé listy byly ke konci měření seschlé. Zbylé testované látky měly aktivitu nižší a z tohoto důvodu byla zvýšena koncentrace, při které byly použity další látky. Koncentrace byla zdvojnásobena a byly použity 500 μM roztoky látek TDZ, BAP, LGR-2210, LGR-1042, LGR-951 a LGR-950. Při této koncentraci prokázala nejvyšší účinnost látka LGR-951 a nejnižší látka LGR-1042. Pořadí aktivity při této koncentraci bylo následující. LGR-951 > LGR-950 > BAP > LGR-2210 > TDZ > LGR-1042 (viz. graf č.2). Ukázalo se, že použití 500 μM roztoku TDZ by nejspíš nemělo význam pro mechanickou sklizeň, protože listy zůstávaly na rostlině seschlé a samotná rostlina uhynula. Vzhledem k tomu, že bavlník je rostlinou, která se využívá i ve druhém roce, není vhodná aplikace v této koncentraci. Při použití 250 μM roztoku TDZ listy usychaly až ke konci měření a abscise byla účinnější než u 500 μM roztoku (viz. graf č.3). Ostatní látky při této koncentraci vykazovaly vyšší účinnost na defoliaci rostlin, která byla srovnatelná s účinkem 250 μM roztoku TDZ. Další dvě měření byla provedena s odstupňovanými, nižšími koncentracemi látek a byla hledána hranice jejich účinku na defoliaci. Při 300 μM koncentraci byla nejúčinnější látka LGR-950. Pořadí aktivity zbylých látek bylo následující. LGR-950 >

LGR-951 > BAP > LGR-2210 > LGR-1042 (viz. graf č.4). Při 400 μ M koncentraci byla nejúčinnější látka LGR-950 a pořadí aktivity ostatních látek bylo následující. LGR-950 > LGR-951 > LGR-2210 > BAP > LGR-1042 (graf č.5). Látky při těchto koncentracích nedosahovaly účinku 250 μ M roztoku TDZ.

Pokud hodnotíme testované látky můžeme říci, že se zvyšující se koncentrací roste úměrně jejich účinek na opad listů u bavlníku. I při nejvyšší koncentraci rostlinám schopnost regenerace a opětovného růstu zůstává zachována. Potěšitelné je, že v porovnání s komerčně používanou látkou TDZ jsou látky LGR-950 a LGR-951 v 500 μ M koncentraci účinnější. Při porovnání látek mezi sebou jsou tyto látky nejaktivnějšími cytokininy defoliace u bavlníku. Zajímavé je, že produkce etylenu terčíkovou metodou, kterou dělala moje kolegyně nekoreluje s výsledky testování rostlin bavlníku v podmínkách *in vivo*.

5 Závěr

Závěrem lze říci, že byla optimalizována metoda testování defoliace u rostlin bavlníku (*Gossypium herbaceum*) *in vivo*. Byly nalezeny látky, jejichž účinek na defoliaci listů bavlníku byl vyšší, než u komerčně používané látky cytokininové povahy thidiazuronu. Látky byly testovány ve čtyřech různých koncentracích pro stanovení optimální koncentrace pro defoliaci. Z testovaných látek cytokininové povahy byly nejúčinnější látky LGR-950 a LGR-951, které při 500 μM koncentraci vykazovaly vyšší účinnost při defoliaci listů bavlníku, než v praxi používaný thidiazuron. Modifikované benzylaminopuriny jsou tedy účinnými defolianty, ale ve vyšších, dvojnásobných koncentracích než thidiazuron.

6 Seznam použitých zkratek

IAA	kyselina indolyl-3-octová
IBA	kyselina indolyl-3-másečná
4-Cl-IAA	kyselina 4-chlorindolyl-3-octová
PAA	kyselina fenylactová
2,4-D	kyselina 2,4-dihydrochlorfenoxycetová
NAA	kyselina α -naftylactová
DNA	deoxyribonukleová kyselina
RNA	ribonukleová kyselina
mRNA	mediátorová ribonukleová kyselina
tRNA	transferová ribonukleová kyselina
Δ^2-IPP	Δ^2 -isopentenylpyrofosfát
AMP	adenosinmonofosfát
ABA	kyselina abscisová
MACC	N-malonyl-ACC
ACC	kyselina 1-aminocyklopropan-1-karboxylová
SAM	S-adenosylmetionin
ETR1	ethylene resistant
CEPA	kyselina 2-chloretylfosfonová
Silwet 806	heptamethyltrisiloxan modifikovaný polyalkylenoxidem
DMSO	dimethylsulfoxid
TDZ	thidiazuron
BAP	6-benzylaminopuryn
HK	histidinové kinázy
HP	fosfotransferové proteiny
RR	konečné regulátory
IPT	isopentenylalylidifosfát
DMAPP	dimethylalylidifosfát
HMBDP	hydroxymethylbutenyl-difosfát

7 Seznam použité literatury

1. KINCL M., FAUST, L. Základy fyziologie rostlin. 1.vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1978. 168 s.
2. HESS, D. Fyziologie rostlin. 1.vyd. Praha: Academia, 1983. 341 s.
3. ŠEBÁNEK, J. A KOL. Fyziologie rostlin. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 1983. 558 s.
4. PROCHÁZKA, S. A KOL. Fyziologie rostlin. 1. vyd. Praha: Academia, 1998. 484 s. ISBN 80-200-0586-2.
5. ŠVIHRA, J, A KOL. Fyziológia rastlin. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1981. 383 s.
6. PASTÝRIK, L. Fyziológia rastlín. 1. vyd. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1979. 310 s.
7. NOVÁČEK, F. Fytochemické základy botaniky, 1.vyd. Olomouc: UP, 1986.
8. KOVÁČ, J. Kapitoly z rostlinné fyziologie, Ústí nad Labem: Pedagogická fakulta, 1991.
9. PAVLOVÁ, L. Fyziologie rostlin. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2005. 253 s. ISBN 80-246-0985-1.
10. KINC, M., KRPEŠ, V. Základy fyziologie rostlin. 2. dopl. vyd. Ostrava: Montanex, 2000. 221 s. ISBN 80-7225-041-8.
11. LUŠTINEC, J., ŽÁRSKÝ, V. Úvod do fyziologie vyšších rostlin. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2005. 261 s. ISBN 80-246-0563-5.

12. FIŠEROVÁ, H. A KOL. Estimation of ethylene production and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in plants by means of gas chromatography. Plant soil environ. Brno: Mendel University of Agriculture and Forestry, 2008, s. 55-60.
13. TAIZ, L., ZEIGER, E. *Plant Physiology*. 4. vyd. Lincoln: University of California, 2006.
14. ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ PRO ZEMĚDĚLSTVÍ., Naučný slovník zemědělský. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1966. 1102 s., 64 s. barev. A map. příl.
15. VALÍČEK, P. A KOL. Užitkové rostliny tropů a subtropů. 2. vyd. Praha: Academia, 2002. 486 s.
16. HYAMS, E., Rostliny ve službách člověka. 1. vyd. Praha: Orbis, 1976.
17. JIRÁSEK, F., Pěstujeme teplomilné rostliny. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1955.
18. KUHN, V. Pestovanie rastlín špeciálne pestovanie. 2. vyd. Bratislava: Slovenské nakladateľství podohospodárskej literatúry, 1957.
19. NOVÁK, J., SKALICKÝ, M. Botanika II. Systém rostlin. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. ISBN 978-80-213-1688-1.
20. BAVLNA [online]. [cit. 2010-3-21.] Dostupný z < URL: <http://oko.yin.cz/12/bavlna>.
21. BAVLNÍK BYLINNÝ-GOSSYPIUM HERBACEUM [online]. [cit. 2010-3-21.] Dostupný z < URL: <http://listnate-kere.atlasrostlin.cz/bavlnik-bylinny>.
22. TRANSPORT_FYTOHORMONU_V_ROSTLINE-2.jpg [online]. [cit. 2010-3-24.] Dostupný z < URL: http://etext.czu.cz/img/skripta/64/transportfytohormonu_v_rostline-2.jpg.

23. GROSSMANN, K. Induction of Leaf Abscission in Cotton Is a Common Effect of Urea-and Adenine-Type Cytokinins. Plant Physiol. Germany: BASF Agricultural Research Centre, 6703 Limburgerhof, Federal Republic of Germany, 1990, s. 234-237.
24. BASRA, S. A. Plant regulators in Agriculture and Horticulture: Their Role and Commercial Uses. 1. vyd. New Yourk: Food Products press, 2000. ISBN 1-56022-891-1.
25. COTTON DEFOLIATION [online]. [cit. 2010-4-5.] Dostupný z < URL: <http://msucares.com/pubs/infosheets/is0529.pdf>.
26. COTTON-COMMONLYUSED HARVES-AID MATERIALS [online]. [cit. 2010-4-5.] Dostupný z < URL:<http://msucares.com/crops/cotton/materials.html>.
27. DEFOLIATING COTTON UNDER ADVERSE CONDITIONS: Drought stress, Cool temperatures and Rank Growth-Virginia Cooperative Extension [online]. [cit. 2010-4-5.] Dostupný z < URL: <http://www.pubs.ext.vt.edu/427/427-208/427-208.html>.
28. HIGUCHI, M. A KOL. In planta functions of the Arabidopsis cytokinin receptor family. Plant. Nat. USA: Academia, 8821-886, 2004
29. SAKAKIBARA, H. Cytokinins: Activity, Biosynthesis and Translocation. Plant Biologi. Yokohama: Plant Science Center, 2006, s.431-449.
30. WERNER, T., Schmölling, T. Cytokinin action in plant development. Current Opinion in Plant Biology. Berlin: Institute of Biology/Applied Genetics, 2009, s.1-12.