

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra botaniky a fyziologie rostlin

**Vliv vodního deficitu a aplikace 24-epibrassinolidu na obsah
energie v kvěťáku**
Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Hnilička František, Ph.D.
Autor práce: Bc. Michaela Dvořáková

2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv vodního deficitu a aplikace 24-epibrassinolidu na obsah energie v kvěťáku“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Františkovi Hniličkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a vedení při zpracování této práce.

Autorský referát

Cílem této diplomové práce bylo získat nové poznatky účinků vodního deficitu a exogenně dodaného fytohormonu 24-epibrassinolid na aktivitu fotosyntetického aparátu kvěťáku.

V literární rešerši je popsán význam kvěťáku, jeho botanická charakteristika a základní agrotechnická opatření při pěstování. Další kapitola se věnuje vodnímu režimu a problematice působení vodního stresu na rostliny. Protože je zkoumán vliv 24-epibrassinolidu, je jedna kapitola také věnována brassinosteroidům, jejich složení, výskytu a účinkům na rostliny. Jednou z charakteristik aktivity fotosyntetického aparátu je energetická hodnota rostlinného materiálu, které je věnována poslední kapitola literární rešerše.

Jako podklad pro tuto práci slouží výsledky z polního pokusu realizovaného v roce 2008 na pokusné stanici katedry zahradnictví v Praze – Troji. Pokus měl čtyři varianty pěstování:

1. rostliny stresované bez ošetření 24-epibrassinolidem,
2. rostliny stresované ošetřené,
3. rostliny kontrolní s postřikem fytohormonem,
4. rostliny kontrolní bez postřiku.

U odebíraných rostlin byla vážena sušina jednotlivých orgánů – kořen, list, růžice. Dále byla měřena netto energie jednotlivých částí rostlin pomocí spalné kalorimetrie.

Z předběžných výsledků jednoletého polního pokusu vyplývá několik zásadních skutečností:

- Postřik 24-epibrassinolidem působil kladně na přírůstek hmotnosti sušiny stresované varianty u všech sledovaných částí rostlin
- 24-epibrassinolid působil na hmotnost sušiny kontrolních variant negativně
- 24-epibrassinolid zvyšoval obsah energie ve všech sledovaných částech rostlin u všech variant pokusu, kromě energie listů kontrolní varianty

Lze tedy předběžně konstatovat, že 24-epibrassinolid může být považován za antistresový faktor.

Klíčová slova:

Kvěťák, vodní stres, brassinosteroidy, energie, sušina

Author's report

The main aim of the thesis was to gain new knowledge of a water deficit effect and an exogenously supplied phytohormone called 24-epibrassinolide for an activity of cauliflower photosynthesis.

In literature background the importance of cauliflower is described, its characteristics in botanic sector and elementary agrotechnical precautions for its planting. The another chapter taken to brassinolides, its consistence, appearance and its effects on plants. One of the characteristic of the photosynthetic activity is the energy rate of plant material, which has been written in the last chapter of the literature recherche.

The results of field experiment done in 2008 at Prague's research station of Garden Institute have been taken as the basement of this thesis. The experiment includes 4 planting alternatives:

1. plants stressed without 24-epibrassinolide treatment
2. plants stressed treated
3. controlled plants with phytohormone spray
4. controlled plants without spraying

At the detracted plant samples there was dry mass of the individual parts, such as root, leaf and rose measured.

Next I have taken measurements of netto energy of individual plant parts using burning calorimetry.

From the preliminary results of one-year field experiment some important facts arise:

- spray called 24-epibrassinolide has effected positively on an increasing weight of dry mass stressed variety in all researched plant parts
- 24-epibrassinolide had negative effects on the dry mass weight of controlled alternative
- 24-epibrassinolide increased the energy consistence in all researched plant parts in all experiment alternatives, excluding leaf energy of controlled variety

It can be possibility claimed that the hormone called 24-epibrassinolide can be suggested as an antistressed factor.

Keywords:

cauliflower, water deficit, brassinosteroids, energy, dry mass

1.	Úvod.....	1
2.	Cíl práce.....	3
3.	Literární rešerše	4
3.1.	Charakteristika kvěťáku	4
3.1.1.	Biologická charakteristika.....	4
3.1.2.	Význam kvěťáku.....	4
3.1.3.	Odrůdy.....	7
3.2.	Nároky na prostředí	7
3.3.	Vodní režim	8
3.3.1.	Optimalizace vodního režimu	8
3.3.2.	Nároky kvěťáku na vodu	9
3.3.3.	Vodní stres.....	9
3.4.	Brassinosteroidy	12
3.4.1.	Objevení a struktura brassinosteroidů.....	12
3.4.2.	Hlavní fyziologické účinky brassinosteroidů.....	14
3.4.3.	Mechanismus účinku brassinosteroidů.....	15
3.4.4.	Výskyt brassinosteroidů	15
3.4.5.	Metabolismus brassinosteroidů.....	16
3.5.	Energetická hodnota rostlinného materiálu	17
3.5.1.	Využití spalné kalorimetrie	18
4.	Metodika práce	20
4.1.	Rostlinný materiál.....	20
4.2.	Metodika pěstování.....	20
4.2.1.	Půdně – klimatické podmínky pokusné stanice Troja.....	20
4.2.2.	Metodika založení pokusu.....	22
4.3.	Metody.....	23
4.3.1.	Stanovení sušiny.....	23
4.3.2.	Kalorimetrické stanovení spalného tepla	23
4.3.3.	Hodnocení výsledků pokusů	24
5.	Výsledky	25
5.1.	Sušina kořenů.....	25
5.2.	Sušina listů.....	27
5.3.	Sušina růžic.....	28
5.4.	Energie kořenů.....	30
5.5.	Energie list.....	32
5.6.	Energie růžice	34
6.	Diskuse.....	36
6.1.	Hmotnost sušiny kořenů	36
6.2.	Hmotnost sušiny listů	36
6.3.	Hmotnost sušiny růžic	37
6.4.	Obsah energie v kořenech.....	37
6.5.	Obsah energie v listech.....	38
6.6.	Obsah energie v růžici	38
7.	Závěr	40
8.	Seznam literatury	41

1. Úvod

Zelenina je velice důležitou a prakticky nezbytnou součástí výživy člověka. Má významnou nutriční hodnotu. Spotřeba zeleniny u nás stále stoupá a v posledních letech činila přibližně 80 kg na osobu a rok, toto množství však zdaleka nedosahuje spotřeby, která je doporučována zdravotníky – 130 kg na osobu a rok.

V České republice je trh celoročně zásoben čerstvou zeleninou, ale jedná se především o dovozovou zeleninu, která bývá často přepravována na velké vzdálenosti, sklízena předčasně a proto má nižší nutriční hodnoty. V ČR se zelenina produkčně pěstuje přibližně na 16 tisících ha. Každoročně však bohužel dochází ke snižování produkce a to především kvůli levným zahraničním dovozům.

Květák patří mezi jednu z nejvíce pěstovaných a žádaných zelenin v celé Evropě. V České republice se udává spotřeba květáku přibližně 4 kg na osobu ročně.

Květák patří mezi jednu z nejnáročnějších zelenin na vodu. Voda všeobecně je nezbytnou ekologickou podmínkou pro úspěšné pěstování zeleniny. Důležité je tady optimalizovat zásobování vodou vzhledem k požadavkům jednotlivých zelenin, protože voda výrazně ovlivňuje nejen fyziologické funkce, ale také hospodářský výnos.

Voda je základní vegetační faktor, který působí na růst a vývoj rostlin, jelikož voda je nedílnou součástí rostlinného těla. Účastní se asimilace, rozpouští a rozvádí živiny, ovlivňuje napětí rostlinných pletiv a osmotický tlak v buňkách atd. Nedostatek vody způsobuje vadnutí rostlin, zakrnělý růst a snížení kvality i objemu sklizně. Intenzivní pěstování zeleniny nelze provádět bez umělých závlah, protože většina zelenin má nevhodný vodní režim a velice citlivě reaguje na výkyvy v zásobení vodou.

Kromě provádění umělých závlah, které jsou finančně a technicky náročné, lze také nedostatky vody regulovat správným výběrem odrůd, které by byly odolné nebo přizpůsobené suchu. Další možností omezení negativního vlivu vodního deficitu je aplikace antistresových nebo antitranspiračních látek mezi které patří i brassinosteroidy.

Brassinosteroidy jsou fytohormony, tedy rostlinné hormony, které roznášejí po rostlinném organismu signál vyvolávající fyziologickou odezvu. V současné době jsou označovány jako regulátory růstu a proto mezi ně může zařadit i uměle připravené fytohormony. Brassinosteroidy mají dva druhy účinku, jeden z nich je podporující růst a druhý je protistresový. Brassinosteroidy ovlivňují růstové i reprodukční procesy, stimulují

růst i dělení buněk. Již při velmi nízkých koncentracích je podporován dlouhivý růst (10^{-8} – 10^{-11} mol.l⁻¹).

Cílem této diplomové práce bylo získat nové poznatky účinků vodního deficitu a exogenně dodaného fytohormonu 24-epibrassinolid na tvorbu sušiny a obsah energeticky bohatých látek v jednotlivých orgánech kvěťáku.

2. Cíl práce

Nezbytným předpokladem úspěšného přežívání rostlin při stresu vyvolaném vodním deficitem je efektivní regulace transpirace a výměny CO₂ a O₂ s okolním prostředím. Hlavním cílem této práce bylo obohatit komplexní pohled o nové poznatky účinku vodního deficitu a exogeně dodaného hormonu 24 – epibrassinolidu na tvorbu sušiny a obsah energeticky bohatých látek v jednotlivých rostlinných orgánech.

Byly stanoveny následující hypotézy:

1. existují rozdíly v hmotnosti sušiny v jednotlivých rostlinných orgánech v průběhu ontogeneze a pod vlivem vodního stresu;
2. existují rozdíly v množství naakumulované energie do 1 gramu sušiny jednotlivých rostlinných orgánů během ontogeneze vlivem působení abiotických stresorů;
3. existuje vztah odrůdy a aplikace 24 – epibrassinolidu k její odolnosti vůči stresu suchem.

Jako modelová rostlina byl použit květák, neboť ze zelenin patří mezi velmi náročné na vodu.

3. Literární rešerše

3.1. Charakteristika květáku

Květák (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) patří do čeledi *Brassicaceae* – Brukvovité. Radíme ho mezi nejstarší kulturní rostliny. Za místo původu je považována Malá Asie a Kypr. Do Evropy byl květák rozšířen přes Itálii v 16. století. V dnešní době je jednou z nejrozšířenějších zelenin. K tomu přispívá i fakt, že jej lze nejen krátkodobě skladovat, ale i mrazírensky a konzervářsky zpracovávat (Malý a kol., 1998).

3.1.1. Biologická charakteristika

Květák je rostlina dvouletá, dlouhodobní. V druhém roce prorůstá květenství v silně větvenou květní lodyhu s květy. Většina kulturních odrůd, především raných, je charakteristická krátkým jarovizačním stádiem, které probíhá i při vyšší teplotě. Jen pozdní odrůdy mají jarovizační stádium delší a vyznačují se tedy menší vybíhavostí. Tato biologická vlastnost umožňuje pěstovat květák jako rostlinu jednoletou (Stehlík, 1971).

Charakteristický je mohutný kořenový systém, jedná se o rostlinu hluboko kořenící. Ze zkráceného stonku se vytváří silný košťál, na kterém vyrůstá květenství. Listy má velké, přisedlé, podlouhlé, celokrajné a ojiněné. Zdužnatělé fascinované květenství bílé barvy nahlučené do typické růžice je v tomto případě konzumní částí. V pozdější době vegetace prorůstají na okraji růžice květní lodyhy a na nich žluté květy. Semena jsou velice drobná (HTS = 3,0 – 3,5 g), jsou klíčivá 4 – 5 let (Kropáč a kol., 1982).

3.1.2. Význam květáku

Květák je velmi oblíbená zelenina v celé Evropě. Na území České republiky se začal pěstovat v polovině 18. století a byl v té době po hlávkovém zelí druhou nejpěstovanější košťálovinou. Dnes patří mezi běžnou zeleninu mírného i tropického pásma všech světadílů. V Evropě je největším producentem Francie, Itálie a je také hojně rozšířen v Moldávii a Dánsku. Průměrná světová spotřeba květáku činí 2 kg na osobu za rok, v České republice je to 4,1 kg na osobu a rok (2001) (Malý, 2003).

Nutriční hodnota: 91,5 % vody, 2,5 % bílkovin, 0,3 % lipidů, 4,4 % sacharidů, 1,8 % vlákniny a 0,82 % popelovin. Obsahuje také poměrně významné množství vitamínu C: 400 mg na 1000 g čerstvé hmoty. Z minerálních látek jsou významné: K 3300 mg, Ca 500 mg, P 540 mg, Mg 120 mg, Na 220 mg, Fe 7 mg a S 336 mg na 1000 g čerstvé hmoty (Malý a kol., 1998).

Z tabulky 1 je patrné, že produkce květáku v ČR v posledních letech klesá, zmenšují se sklizňové plochy a narůstá dovoz ze zahraničí. Vysoký podíl květáku z dovozu pochází z Polska, což je způsobeno nízkou dovozní cenou.

Tab. 1: Český trh kvěťáku v letech 1993 – 2000

Ukazatel	Měrná jednotka	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Sklizňová plocha	ha	2634	2355	2261	2189	3130	2140	2099	2040
Celková sklizeň	t	42 832	40 128	37 987	35 984	34 252	35 268	33 606	28 558
- z toho tržní produkce	t	32 124	30 096	28 484	26 988	24 289	27 510	26 775	23 420
Vývoz	t	35	89	18	25	79	43	18	72
Dovoz	t	10 525	11 816	11 269	12 043	11 312	14 705	11 538	14 085
Celková nabídka trhu	t	42 614	41 823	39 735	39 006	35 522	42 172	38 295	37 433
Podíl dovozu na nabídce	%	24,70	28,25	28,36	30,87	31,84	34,87	30,12	37,63
Dovoz z Polska	t	4 962	2 560	3 961	3 844	2 819	3 545	2 894	4 449
Podíl Polska na dovozu	%	47,14	21,67	35,14	31,92	24,92	24,11	25,08	31,59
Průměrná dovozní cena kvěťáku z Polska	Kč/kg	3,25	4,73	4,98	6,31	8,98	6,70	6,80	5,90
Průměrná dovozní cena kvěťáku celkem	Kč/kg	7,28	9,77	9,72	10,28	11,08	11,77	12,49	11,49
Průměrné odbytové ceny kvěťáku (CZV)	Kč/kg	8,43	8,93	9,67	10,30	11,89	10,44	11,79	11,71
Průměrná spotřebitelská cena	Kč/kg	15,11	17,43	23,93	25,92	28,32	27,49	29,56	28,33

Přepočet: 1 kus = 1 kg v_x..... variabilita

Zdroje: ČSÚ, GŘC, MZe ČR

Bartoš, J. Český a polský trh kvěťáku [online]. 31. července 2003, [cit. 2009-03-15]. Dostupné z <<http://www.zahradaweb.cz/projekt/clanek.asp?pid=2&cid=1424>>.

3.1.3. Odrůdy

Rozdělení odrůd podle délky vegetační doby:

- rané (vegetační doba 100 – 120 dní),
- polorané (vegetační doba 130 – 150 dní),
- pozdní (vegetační doba 160 – 200 dní) (Kropáč a kol., 1982).

V současné době se objevují pozdní odrůdy typu Romanesco, které mají barvu žlutou, světle zelenou nebo nafialovělou. Mají klenuté růžice složené z růžiček věžičkovitého tvaru (Malý a kol., 1998).

Rané odrůdy květáku jsou šlechtěny tak, aby vytvořily rychle růžice, které však nemusí mít tak velké růžice. Při opoždění slizně je pak velice obtížné velikostní třídění. Proto se nejčastěji pěstují odrůdy polorané a polopozdní, které mají sice delší vegetační dobu, ale vytvářejí větší, těžší růžice (Petříková a kol., 2006).

3.2. Nároky na prostředí

Květák patří mezi nejnáročnější zeleniny z hlediska nároků na prostředí. Bývá zařazován do první trati, protože má nejvyšší nároky na obsah humusu a pohotových živin v půdě. Je vysoce náročný také na další vegetační faktory jako jsou teplo a vlhko (Melichar a kol., 1997).

Jako předplodiny se využívají jeteloviny, luskoobilní směsky, listová a kořenová zelenina. Naprosto nevhodnými předplodinami jsou všechny brukvovité rostliny. Je také třeba vyhnout se pozemkům, které byly v předchozím roce zapleveleny rostlinami z čeledi *Brassicaceae*. Je také nutné vyhnout se pozemku, který byl infikován hlenkou kapustovou (*Plasmodiophora brassicae*) (Melichar a kol., 1997).

Podzimní příprava pozemku je shodná jako pro zelí. Květák je velice citlivý na nedostatek mikrobiogenních prvků – důležitý je především dostatečný obsah molybdenu. Při jeho nedostatku dochází k deformaci listů a vyslepnutí růžic. Dalším důležitým prvkem je bór – nedostatek způsobuje srdéčkovou hnilobu (Melichar a kol., 1997).

Květák vyžaduje úrodné humózní půdy, hlinité a vododržné. Těžší řepařské půdy jsou ideální pro pěstování letních a podzimních odrůd. Rané květáky je možné pěstovat i v lehčích záhřevných, písčitohlinitých půdách. Důležitým faktorem je obsah humusu v půdě, má významný vliv na kvalitu květáku. Obsah humusu v půdě také úzce souvisí se schopností

lepšího využití srážkové i závlahové vody a lepšího využití minerálních hnojiv. Neměl by být pěstován na půdách, které mají obsah humusu nižší než 3 % (Malý a kol., 1998).

Nejstabilnější výnosy raného kvěťáku jsou nezáhřevných lehčích půdách pod závlahami (Bartoš, 1994).

V České republice jsou čtyři nejvýznamnější oblasti produkce kvěťáku a to Vsetatsko, Litoměřicko, Hradecko a oblast Brněnska (Petříková, 1997).

3.3. Vodní režim

Život se vyvinul ve vodě a voda znamená základní medium, ve kterém probíhají biochemické procesy.

Rostliny jsou složeny především z vody. V průměru protoplazmy obsahují 85 – 90 % vody, chloroplasty a mitochondrie obsahují 50 % vody. Obsah vody v kořenech se pohybuje mezi 70 a 95 %. Nejméně vody se nachází ve zralých semenech, obvykle jen 10 - 15 %.

Rostliny mohou přijímat vodu celým svým povrchem, ale největší část vody je do rostliny přijímána z půdy. U vyšších rostlin dochází k příjmu vody z půdy skrz kořenový systém. Výdej vody rostlinou a příjem vody skrz kořeny jsou neoddělitelně spojené procesy (Larcher, 1995).

Většina půdní vody se do rostliny dostává pomocí kořenového vlášení, které má rozsáhlý povrch a nemá zkorkovatělý povrch. Voda proniká do kořenů díky tomu, že jejich buňky mají záporný vodní potenciál oproti půdnímu roztoku. Jsou zde také faktory, které snižují vodní potenciál půdního roztoku, jedná se především o vysoké pH, zasolení půd nebo zmrznutí půdního roztoku, čímž dochází k inhibici příjmu vody rostlinami (Nilsen and Orcutt, 1996).

3.3.1. Optimalizace vodního režimu

Dostatek vláhy v půdě je základním předpokladem pro dobrý růst a vývin všech rostlin. Hlavním zdrojem půdní vláhy jsou srážky. Nedostatek srážek snižuje výnosy téměř všech plodin, omezuje úspěšné pěstování plodin, které jsou na vláhu náročné – zeleniny, rané brambory aj. V místech, kde je jejich nedostatek je nutné doplnit je závlahou (Slavík, 2002).

Každá zelenina vyžaduje různě velkou zásobu vody v půdě pro správný růst a vývin. Pokud ale zásoba vláhy v půdě klesne pod 50 % relativní vlhkosti, trpí všechny zeleniny nedostatkem vody (Duffek a Dolejší, 1998).

Vliv prostředí na intenzitu závlahy se vyjadřuje ekologickými faktory zjištěnými při rajonizaci, jsou to průměrná roční teplota, průměrná teplota za vegetační období, minimální a maximální teplota v roce, průměrné roční srážky, průměrné srážky během vegetace, délka slunečního svitu a další. Ze vzájemného poměru uvedených faktorů se určuje vhodnost umístění jednotlivých druhů zeleniny do určitých oblastí a nejvhodnější závlahový režim podle různých metod:

1. hydropedologické metody – zavlažování se řídí sledováním půdní vláhy,
2. klimatické metody – závlahy se řídí podle ideálních srážek a vláhové potřeby zelenin,
3. biologické metody – závlahy se řídí podle stavu rostlin, sací síly kořenů, koncentrace buněčné šťávy a podobně (Kropáč a kol., 1983).

3.3.2. Nároky kvěťáku na vodu

Kvěťák je na vodu náročnější než ostatní košťáloviny, ale až po výsadbě na trvalé stanoviště. Nejnáročnější je nejen na dostatek vláhy v půdě, ale také na vyšší vzdušnou vlhkost v době tvorby růžic. Celkově patří kvěťák k zeleninám nejnáročnějším na vodu. Potřeba vody činí 120 – 300 mm za vegetační období. U rané kultury potřeba činí 120 – 200 mm, u letní 200 – 300 mm a u podzimní 150 – 260 mm. Nejnáročnější na vláhu je kvěťák v době zakládání růžice. Nejvyšší kvěťáky s velkými, těžkými růžicemi jsou u nás dopěstovávány v období podzimní sklizně, kdy je vzdušná vlhkost zpravidla vysoká (Petříková, 2006).

3.3.3. Vodní stres

Období sucha je udáváno jako perioda beze srážek, během které je příjem vody z půdy natolik redukován, že rostliny jejím nedostatkem trpí. Oblasti, kde je pravidelný dlouhodobý nedostatek srážek se nazývají aridní a jsou pravým opakem humidního klimatu, kde je naopak přebytek srážek. Asi jedna třetina povrch země trpí srážkovým deficitem a polovina z této

plochy je tak suchá, že roční srážky jsou nižší než 250 mm. Suché oblasti se nacházejí především mezi 15° a 30° zeměpisné šířky na severní i jižní polokouli (Larcher, 1995)

Nedostatek vody je pro rostliny nejvíce limitujícím faktorem, protože zpomaluje aktivitu všech enzymů a růst rostlin. Nejčastějším důvodem nedostatku vody bývají klimatické poměry a nedostatek srážek. Avšak příjem vody rostlinou je závislý i na obsahu živin a solí v půdě a také na půdní reakci. Často je vodní stres způsoben zasolením půd (Bláha a kol., 1993).

Během doby působení vodního stresu se zpomaluje růst a fotosyntéza. Voda je také velice důležitá pro udržení turgoru buněk, ten má u rostlin hlavní funkci při růstu a prodlužování buněk. Je také velice důležitý při otvírání průduchů a pohybu listů a květních obalů. Při snížení turgoru se nejdříve redukuje růst listů a teprve později rychlost fotosyntézy. Nejcitlivěji tedy na nedostatek vody reaguje prodlužovací růst buněk. K měřitelnému zpomalení růstu dochází v případě, že turgor klesne jen o 0,1 až 0,2 MPa. K úplnému zastavení růstu dojde při poklesu turgoru na -0,3 až -0,4 MPa. K zastavení růstu tedy dochází dříve než k viditelnému vadnutí listu nebo k ovlivnění hlavních metabolických procesů včetně fotosyntézy (Bláha a kol., 1993).

Při poklesu vodního potenciálu buněk přibližně na hodnotu -0,2 až -0,8 MPa se velice rychle mění aktivita enzymů. Snižuje se aktivita enzymů nitrátreduktázy, naopak se zrychluje činnost alfa amylázy, ribonukleázy a hydrolázy. Snižuje se syntéza proteinů a cytokininů a zpomaluje se buněčné dělení (Bláha a kol., 1993).

Při poklesu vodního potenciálu k hodnotám okolo -1,0 MPa dochází u řady druhů k tvorbě aminokyseliny prolinu, cukrů, alkoholů a dalších sloučenin. Při dalším nedostatku vody se začínají projevovat další metabolické změny, zejména u fotosyntézy a transportních pochodů v buňce (Bláha a kol., 1993).

Během vodního stresu dochází k poklesu turgoru a zpomaluje se buněčný růst. Pokles tkáňového turgoru a zároveň nárůst volné kyseliny abscisové v listech způsobí zavření průduchů. Tímto způsobem rostlina reguluje tok vody systémem a snižuje vnitrobuněčný stav CO₂ (Nilsen and Orcutt, 1996).

Při nedostatku vody patří kyselina abscisová také k významným mediátorům exprese genů pro stresové proteiny. Regulací genové aktivity se zvyšuje nebo snižuje tvorba enzymů a strukturálních proteinů, nepřímo i ostatních metabolitů. Zavírání průduchů způsobuje omezení výměny plynů (kyslík a oxid uhličitý) a tím se snižuje rychlost fotosyntézy i dýchání (Bláha a kol., 1993).

Při postupném vysychání se snižuje hydratace protoplazmy a tím i fotosyntetická kapacita. Příjem CO₂ dosahuje normální rychlosti jen v úzkém rozsahu dostatečného zásobování vodou (Bláha a kol., 1993).

Na křivce závislosti výměny plynů na úbytku vody jsou dva důležité kritické body: první odpovídá takovému nedostatku vody, při kterém se průduchy začínají zavírat. Pokud po dosažení tohoto bodu rostlina opět získá vodu, nastane rychlá obnova výměny CO₂. Druhý kritický bod nastává v době, kdy jsou průduchy úplně uzavřeny, a projevuje se i přímý účinek nedostatku vody na protoplazmu. Po dosažení tohoto bodu už obnovený přísun vody nevede k okamžitému obnovení fotosyntézy, obnova se zpožďuje a za určitých podmínek se už nemůže po silném vyschnutí obnovit (Bláha a kol., 1993).

S výměnou plynů rostlinou souvisí i transpirace. V počátečních fázích stresu dochází ke snížení transpirace v poledních hodinách a později se opět obnovuje. Při déletrvajícím nedostatku vody přestane docházet k odpolednímu opětovnému zvýšení transpirace a ještě později se průduchy otevírají jen ráno při relativním ochlazení. Nakonec, ale ještě když mají rostliny dostatečný obsah vody, zcela přestává fungovat průduchová transpirace a rostliny transpirují jen kutikulou (Bláha a kol., 1993).

Během vodního stresu je vyšší degradace chlorofylu a snižuje se jeho koncentrace. Omezuje se transport látek, akumulace sušiny a hromadění energeticky bohatých látek. Hromadí se toxické látky. Při příliš silném vodním stresu může dojít až k porušení membrán a k uhynutí rostliny (Bláha a kol., 1993).

Rozhodujícím faktorem je také skutečnost, zda sucho nastalo během vegetace nebo jestli rostlina roste v relativním suchu již od počátku vegetace. První případ ovlivňuje rostlinu silněji, protože pokud roste rostlina od začátku vegetace v suchu, její kořenový systém proniká hlouběji, má silnější kutikulu, méně průduchů a relativně i menší listovou plochu (Bláha a kol., 1993).

Příjem vody, tedy i živin, je dán schopností kořenů zabezpečit stálý příjem do nadzemních orgánů. Pokud se jedná o dlouhodobý nedostatek vody od počátku vegetace je inhibována i tvorba kořenového systému, zvláště u některých rostlin. Nejdříve dochází k prodlužování kořenů do větších hloubek, ale není tak silná tvorba postranních kořenů a kořenového vlášení. Při pokračování vodního stresu se přestává vytvářet kořenové vlášení a nakonec se zcela zastaví růst kořenů a kořen uhyne (Bláha a kol., 1993).

Jinak na nedostatek vody reagují nadzemní orgány. Pokud k nedostatku vody dojde na začátku vegetačního období bude listová plocha redukována a stejně tak i uhlíkový přírůstek po celou dobu růstového období. Pokud se snižuje turgor během kvetení, dochází k redukcii

počtu květů, čímž je ohrožena i celá reprodukce. Při nedostatku vody až během dozrávání plodů, dosavadní rostlinný vývoj nebude ovlivněn, sníží se ale hmotnost semen a může se zvýšit opad plodů. Tvorba plodů a semen se omezuje tak, aby byl zajištěn reprodukční potenciál rostliny. Semena bývají menší, s nižší klíčivostí a s menším množstvím zásobních látek (Bláha a kol., 1993).

3.4.Brassinosteroidy

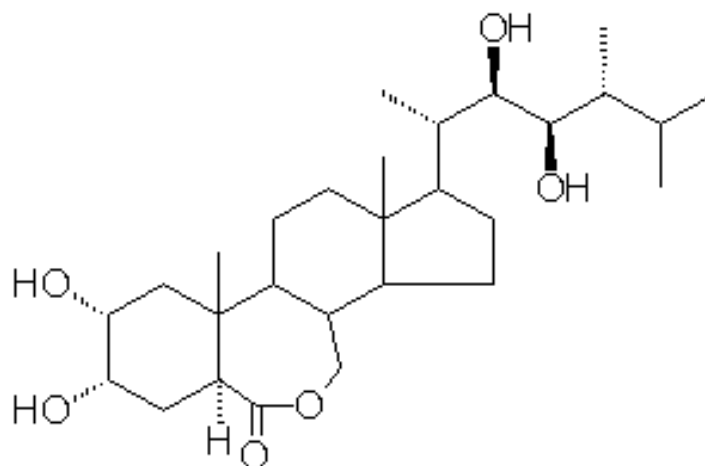
Brassinosteroidy jsou fytohormony, tedy rostlinné hormony, které roznášejí po rostlinném organismu signál vyvolávající fyziologickou odezvu (odpověď). V posledních letech je používanější název regulátory růstu rostlin a pod něj můžeme řadit i syntetické fytohormony. Brassinosteroidy jsou tedy jedním z regulátorů růstu rostlin (Kohout, 2001).

3.4.1. Objevení a struktura brassinosteroidů

V roce 1979 byl izolován první rostlinný steroid s regulačním účinkem (Procházka a kol., 1997). Tento steroid byl pojmenován *brassinolid* podle řepky olejky (*Brassica napus*), ze které byl poprvé izolován z jejího pylu (Kohout, 2001).

Steroid byl objeven na základě pokusu skupiny vědců z USA, kteří izolovali a studovali aktivní látky z pylu rostlin. V sedmdesátých letech se podařilo z pylu řepky izolovat brassin, o kterém bylo zjištěno, že stimuluje růst rostlin. V roce 1979 však bylo zjištěno, že brassin je vlastně směsí látek, ve které je aktivní látka obsažena jen v minimálním množství. Podařilo se tuto složku izolovat a to 4 mg ze 40 kg pylu řepky olejky. Tato látka byla nazvána brassinolid (Kohout, 2001).

Tato sloučenina je první steroidní látkou vyskytující se v přírodě, která má sedmičlenný laktonový B kruh. Její struktura byla stanovena pomocí krystalografické analýzy jako (22*R*,23*R*,24*S*)-2alfa,3alfa,22,23- tetra-hydroxy -24-methyl- B-homo-7-oxa-5alfa-cholestan-6-on, viz obr. 1 (Kohout, 2001) (Brassinosteoidy [online]. Cs.wikipedia.org, 4. března 2009 [cit. 2009-03-6]. Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Brassinosteroidy>>).



Obr. 1: Struktura brassinolidu

Pro fyziologii rostlin je velice důležitá skutečnost, že tato sloučenina má odlišné vlastnosti než jiné rostlinné hormony, které již byly známy (např. auxiny, cytokininy, gibbereliny) jedná se tedy o nový typ regulátoru růstu rostlin a proto se mu od samého počátku až dodnes věnuje značná pozornost (Kohout, L. Brassinosteoidy [online]. Ústav organické chemie a biochemie, Akademie věd ČR, Praha, leden 1998 [cit. 2009-03-6]. Dostupné z <<http://www.uochb.cas.cz/Zpravy/Tisk/brasino.html>>).

Během dalšího výzkumu bylo zjištěno, že brassinosteroidy jsou velice širokou skupinou látek a dodnes bylo objeveno a popsáno více než 70 přirozených brassinosteroidů a stále s pokračujícím výzkumem přibývají další (Procházka a kol., 1997).

Během výzkumu byly některé brassinosteroidy nejdříve syntetizovány a teprve později objeveny v rostlinách. Stále probíhají izolace nových steroidů z rostlin. Tyto sloučeniny jsou v rostlinách identifikovány klasickými postupy (izolace mg množství a důkaz struktury nebo spektroskopický důkaz v případě výskytu velmi malých množství, zpravidla GC-MS boritanových esterů), nejnověji pak imunoanalýzou. Podařilo se také získat antibrassinosteroidní protilátky, charakterizovat geny regulované brassinolidem, byl izolován také první inhibitor brassinolidu a byl studován metabolismus brassinolidu a brassinosteroidu. Veškerý výzkum se směřuje k pochopení principu působení brassinosteroidů a podmínkám důležitým pro jejich účinnost (Kohout, L. Brassinosteoidy [online]. Ústav organické chemie a biochemie, Akademie věd ČR, Praha, leden 1998 [cit. 2009-03-6]. Dostupné z <<http://www.uochb.cas.cz/Zpravy/Tisk/brasino.html>>).

3.4.2. Hlavní fyziologické účinky brassinosteroidů

Kohout (2001) rozděluje účinky brassinosteroidů na účinky podporující růst a na protistresové účinky. Oba tyto účinky jsou velice významné, první z nich může ovlivňovat kvalitu a kvantitu rostlin a druhý pak kvalitu životního prostředí. Oba jsou tedy pro náš život velice důležité.

Brassinosteroidy ovlivňují růstové i reprodukční procesy, stimulují růst i dělení buněk. U rostlin se tedy nejen zvyšuje počet květů, ale také suchá a čerstvá hmotnost zelené hmoty, zvyšuje se také počet a velikost semen či plodů (Kohout, 2001).

Již při velmi nízkých koncentracích je stimulován dlouhý růst, tato koncentrace se pohybuje v rozmezí $10^{-8} - 10^{-11}$ mol.l⁻¹. Jako testovací systém se používají epikotyly zakrslého i normálního hrachu, apikální segmenty zakrslých fazolů, hypokotyly okurky a slunečnice. Brassinosteroidy jsou růstově aktivní pouze na světle. Výrazná je interakce s IAA. Jsou-li aplikovány jako první, působí synergicky, pokud jsou aplikovány následně, mají spíše inhibiční účinek. Brassinosteroidy neovlivňují metabolismus ani transport IAA, ale pravděpodobně zvyšují citlivost pletiv vůči IAA. Brassinosteroidy v některých případech retardují opad listů a plodů, zvyšují gravitropický ohyb, inhibují zakládání adventivních kořenů a podílejí se na diferenciaci tracheálních elementů (xylogenezi) (Procházka a kol., 1997). Ovlivňují fotosyntézu, asimilaci uhlíku a fixaci dusíku (Brassinosteroidy [online]. Cs.wikipedia.org, 4. března 2009 [cit. 2009-03-6]. Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Brassinosteroidy>>).

Velice důležitý je antistresový účinek, který zvyšuje odolnost vůči působení herbicidů, chloridu sodného, chladu, sucha, nedostatku živin apod. Po aplikaci brassinosteroidů jsou u rostlin mnohem menší ztráty v důsledku prodělaného stresu (Kohout, 2001; Procházka a kol., 1997).

Účinek brassinolidu je pozorovatelný již při aplikaci $4 \cdot 10^{-12}$ g na jednu rostlinu, což například při počtu 250 rostlin na 1 m² znamená spotřebu $1 \cdot 10^{-5}$ g na hektar. Maximální účinek se ale projeví při množství 1000x vyšším, což je v ideálním případě přibližně 0,01 g na hektar. Brassinolid zvyšuje výnosy např. u ředkviček o 84 %, rajčat o 40 %, fazole o 35 %. Kladný účinek při pěstování byl také prokázán i u okurek, pšenice, rýže, ječmene, brambor, hořčice a dalších (Kohout, 2001).

3.4.3. Mechanismus účinku brassinosteroidů

Jako ochranu působící proti stresům brassinosteroidy indukují syntézu některých proteinů teplotního šoku (heat shock proteins) i při normálních teplotách a také indukují tvorbu specifických granul v cytoplazmě. Toto souvisí s ochranou struktury důležitých bílkovin. Brassinosteroidy ovlivňují stabilitu příslušných mRNA (Procházka a kol., 1997). Receptorem brassinosteroidů jsou serin/threoninové dinasy (Luštinec a Žárský, 2005).

Podle Kohouta (2001) má tento nový typ regulátoru růstu rostlin velkou perspektivu, a to hned z několika důvodů: a) je vysoce účinný,

b) lze ho používat v malých množstvích,

c) je obsažen v mnoha přírodních materiálech.

Proto je zřejmé, že látkám tohoto typu je nutné věnovat se s vyšší pozorností, protože jsou to látky, které jsou vysoce účinné a jsou přírodě vlastní.

3.4.4. Výskyt brassinosteroidů

Brassinosteroidy se vyskytují ve velkém množství rostlin a ve všech jejich orgánech s výjimkou kořenů, kde se jejich výskyt ještě nepodařilo dostatečně zdokumentovat. Obvykle bývá nejvyšší obsah brassinosteroidů v reprodukčních orgánech (květy, pyl, semena) (Procházka a kol., 1997). Tyto hormony se podařilo izolovat rostlinného materiálu například z fazole, rýže, slunečnice, borovice, čajovníku, mořských řas a vyskytují se také ve včelím medu apod. V rostlinách se ale nevyskytuje pouze brassinolid (Kohout, 2001). Kromě brassinolidu jsou mezi nejrozšířenějšími brassinosteroidy také castasteron a typhasterol (Procházka a kol., 1997).

Kromě volných brassinosteroidů se v rostlinách nachází také jejich glukosidy, u kterých je glukóza vázána v poloze 23. Pro biologickou aktivitu je nutný 7-oxolaktonový či 6-ketonový kruh a sousední hydroxylové skupiny jak v kruhu A, tak v postranním řetězci (Procházka a kol., 1997).

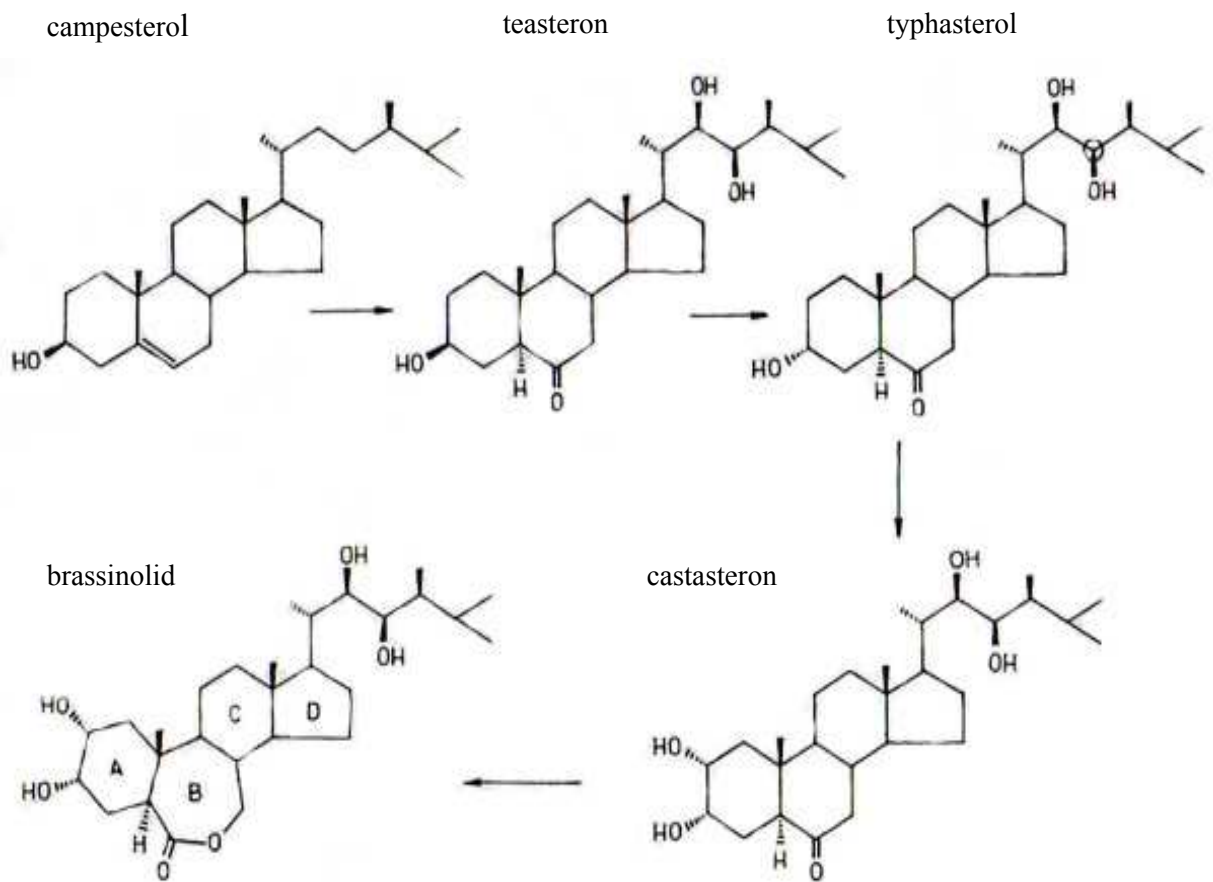
Brassinolid se v přírodě v rostlinných materiálech vyskytuje jen ve velmi malém množství. Například v pylu řepky je jeho obsah v koncentraci přibližně 0,1 ppm, v hálkách kaštanu asi 0,001 ppm a v čínském zelí dokonce jen asi 0,0003 ppm. Vzhledem k tomu, že se brassinolid v přírodě vyskytuje v tak nízkých koncentracích (pod 0,1 ppm) je jeho izolace

z přírodních materiálů zcela vyloučena. Bylo proto provedeno několik pokusů jak brassinolid vyrobit synteticky. Do dnešního dne bylo publikováno již několik možností jak připravit brassinolid synteticky, ale všechny tyto způsoby mají jednu zcela zásadní nevýhodu – jsou příliš dlouhé a především drahé. Proto bylo syntetizováno mnoho analogů brassinolidu, brassinosteroidů, tedy látek, které mají účinky podobné jako brassinolid, ale jsou mnohem dostupnější nejen z hlediska výroby, ale také finančně (Kohout, 2001).

3.4.5. Metabolismus brassinosteroidů

Syntéza brassinosteroidů probíhá obdobně jako u všech ostatních steroidů, tj. kondenzací izopentenylpyrofosfátových jednotek a cyklizací příslušného lineárního nenasyčeného meziprojektu, viz obr. 2. Prvním biologicky aktivním produktem u rostlin je campesterol, který je modifikován hydrogenací a opakovanými oxidacemi a hydroxylacemi na teasteron, typhasterol, castasteron a konečně na brassinolid (Procházka a kol., 1997; Luštinec a Žárský, 2005). Při pokusech s radioaktivně značeným brassinolidem se zjistilo, že je v rostlině transportován a že jeho degradace je velice pomalá. Hlavními produkty jeho metabolismu jsou konjugáty, především různé sulfoestery, tvoří je také glukosidy (Procházka a kol., 1997).

Metabolismus brassinosteroidů byl studován u různých druhů rostlin a množství typů metabolitů již bylo identifikováno jako produkty degradace nebo inaktivace (hydroxylací, oxidací, glykosylací, acylací nebo degradací postranního řetězce). Nejčastějším produktem po ošetření rajčete (*Lycopersicon esculentum*) radioaktivním 24-epibrassinolidem byl 25-hydroxy-24-epibrassinolid a 25 β -D-glukosyloxy-24-epibrassinolid. Brassinolid ve fazolových explantátech byl metabolizován na jeho 23-O- β -glukosid. V rýžových explantátech a sazenicích byl exogenně aplikovaný brassinolid metabolizován na neznámé polární, ale neglykosidické metabolity. 24-epimery brassinolidu a castasteronu jsou přeměňovány na různé metabolity a jejich konjugáty v suspenzní kultuře buněk rajčete. Mezi metabolity fazolu byl brassinolid bez 26- a 28-metylových skupin, který byl identifikován jako 26-norbrassinolid. Vzniká pomocí brassinolid demetylasy. U mnohých podobných experimentů ani produkty metabolismu nebyly přesně určeny (Brassinosteoidy [online]. Cs.wikipedia.org, 4. března 2009 [cit. 2009-03-6]. Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Brassinosteoidy>>).



Obr. 2: Schéma biosyntézy brassinolidu (Cutler 1991 in Procházka a kol., 1997)

Nejvíce pokusů se uskutečňuje na huseníčku (*Arabidopsis thaliana*) a podařilo se pozměnit jeden z genů tak, že pozměněná rostlina není schopna syntetizovat brassinolid. Mutace enzymů biosyntézy brassinosteroidů dokazují, že jsou to nezbytné látky pro vývoj rostliny, bez jejich přítomnosti není rostlina schopna žít (Kohout 2001; Luštinec a Žárský, 2005).

3.5. Energetická hodnota rostlinného materiálu

S metabolismem rostlin úzce souvisí také tvorba sušiny a energeticky bohatých látek. Vysoký podíl na energetickém obsahu rostlinné produkce má především fotosyntéza.

Obsah energie ve stavebních látkách rostlin

Sacharidy mají nižší obsah energie než proteiny a lipidy. V jednom gramu glukózy je obsaženo 15,4 kJ a ve stejném množství sacharózy 16,5 kJ energie. Škrob má okolo 17,4 kJ, celulóza 17,6 kJ a lignin 26,3 kJ energie.g⁻¹. Obecně mají sacharidy 17,2 kJ, proteiny 23,7 kJ a lipidy 39,6 kJ energie.g⁻¹ (Paine 1971 in Hejnák, 2003).

Energie, která je vázána v rostlinné hmotě se stanovuje z reprezentativních vzorků. Velký obsah energie odpovídá velkému obsahu uhlíku v organické sušině. Obsah uhlíku se liší podle druhu a orgánu rostliny a také podle ročního období (Larcher 1988 in Hejnák, 2003).

Změny obsahu energie v orgánech rostlin jsou spojeny s růstem a mají v průběhu vegetace dynamický charakter. Vzhledem k syntéze některých energeticky bohatých zásobních látek zpravidla energetická hodnota rostlin ke konci vegetace stoupá (Golley, 1961).

Semena obsahují v chemických sloučeninách ukrytou energii, která zajišťuje rozběhnutí fyziologických procesů. Do vzejití rostlina energii vydává, ale po vzejití přechází na autotrofní výživu a příjem energie se stává vyšší než výdej (Novák a kol. 1998 in Hejnák, 2003).

Obsah energie v sušině stonků a listů kolísá méně než v reprodukčních orgánech. Toto je především způsobeno obsahem a zastoupením jednotlivých látek v těchto orgánech. Nejnižší obsah brutto energie (spalné teplo jednotky sušiny bez odečtení popelovin) mají ze zemědělských plodin okopaniny (průměrně 16,43 kJ.g⁻¹ sušiny), protože obsahují v bulvách nebo hlízách velké množství cukru nebo škrobu. Střední obsah této energie mají v hlavním produktu pícniny, obiliny a luskoviny. Nejvyšší obsah brutto energie mají semena olejnin (průměrně 26,12 kJ.g⁻¹ sušiny), protože obsahují velké množství mastných kyselin (Hejnák, 2003).

3.5.1. Využití spalné kalorimetrie

Spalná kalorimetrie je rychlá, analyticky na obsluhu nenáročná fyziologická metoda, která umožňuje hodnocení fotosyntetické a produkční výkonnosti rostlin v průběhu vegetace a ve vztahu k podmínkám vnějšího prostředí.

Možnosti využití spalné kalorimetrie:

1. v produkční, stresové a ekologické fyziologii rostlin při posuzování fotosyntetické výkonnosti (stanovení obsahu netto energie, tj. energie v gramu sušiny bez popelovin),
2. v pícninářství a krmivářství při studiu energetické (výživné) hodnoty krmení
3. při posuzování biologických materiálů jako alternativních paliv, resp. jako zdrojů obnovitelné energie,
4. v ekologických studiích při zjišťování energetické bilance ekosystémů a rostlinných společenstev (Hejnák, 2003).

Energetická analýza umožňuje lépe pochopit ekosystém z hlediska vstupů, transformací a výstupů energie (Kováčová a kol. 1998 in Hejnák, 2003).

Pro produkční proces dané fytoocenózy je významný především příkon energie do biologické soustavy, která podmiňuje růst a vývoj rostlin v procesu fotosyntetické asimilace. Při studiu koloběhu hmoty a energie v určité fytoocenóze je nutné stanovit, jaká je účinnost porostu ve využití dopadající energie slunečního záření. Ekologickou účinnost (E) je možné podle Šimonoviče (1993) definovat jako schopnost rostliny nebo celého rostlinného společenstva využít sluneční záření pro tvorbu fytomasy.

$$\text{Ekologická účinnost (E)} = (\text{energie biomasy} \cdot 100) / \text{energie záření}$$

Roční energetický obsah biomasy vyprodukovaný na určitou plochu za vegetační období je při výpočtu ekologické účinnosti dosazován ve vzorci do čitatele. Do jmenovatele se dosazuje dopadlá energie globálního záření (Hejnák, 2003).

Energetická hodnota biomasy se určuje kalorimetricky, energie dopadlého záření za vegetační období je měřena solarimetrem. Koeficient využití slunečního záření a také množství vytvořené biomasy v porostu jsou závislé na klimatických faktorech, struktuře porostu atd. Zjišťování biomasy primární produkce rostlin a jejího energetického ekvivalentu je jedním ze způsobů kvantitativního popisu vegetace, analýzy funkcí a struktury ekosystémů a pomůckou při posuzování produkční schopnosti různých společenstev (Kováčová a kol. 1998 in Hejnák, 2003).

4. Metodika práce

4.1. Rostlinný materiál

Jako pokusný materiál byla vybrána odrůda kvěťáku Chambord F1.

Chambord F1

Chambord F1 (Rijk Zwaan) je hlavní odrůda v sortimentu. Vhodný termín setí je od začátku dubna. Vegetační doba je cca 85 dní. Vyniká výbornou vitalitou a přizpůsobivostí. Má bohaté olistění, výborné krytí a odolnost ke stresu, způsobeného vlivem např. vysokých teplot a nepříznivých půdních podmínek. Velké růžice jsou kompaktní, těžké, klenuté, hladké, bílé a velmi kvalitní (Chambord F1 [online]. Reprosam, 2008 [cit. 2009-03-20]. Dostupné z <http://www.reposam.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=38>).

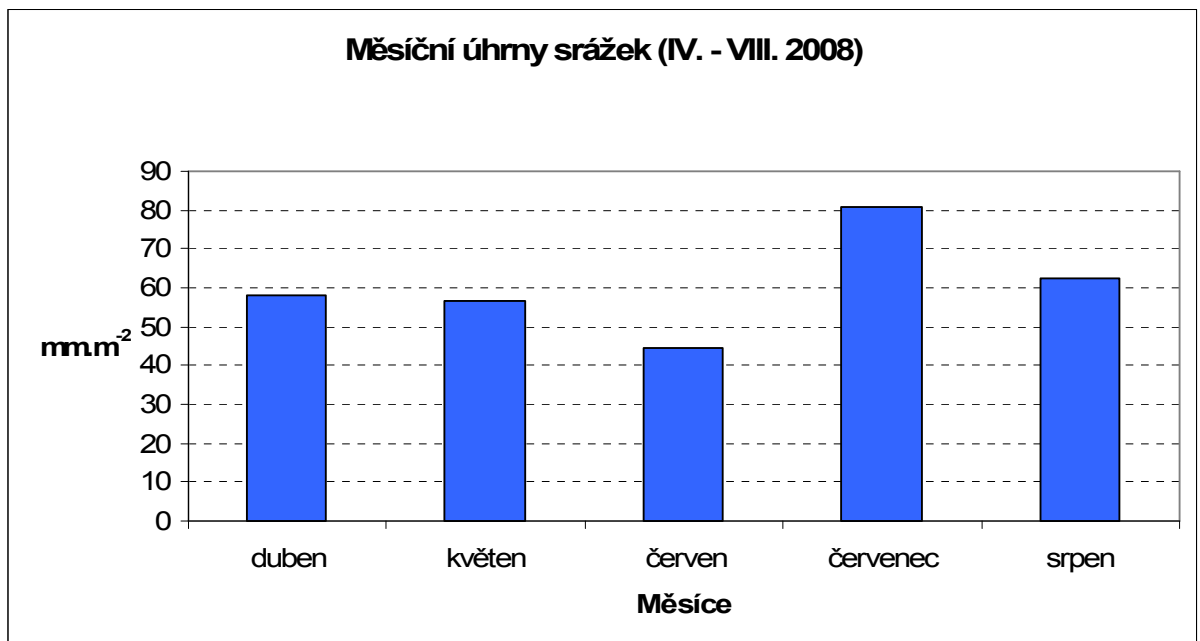
4.2. Metodika pěstování

4.2.1. Půdně – klimatické podmínky pokusné stanice Troja

Pokusná stanice katedry zahradnictví se nachází v nadmořské výšce 196 m n.m. v úzkém hlubokém údolí na pravém břehu Vltavy v Praze – Troji. Pozemek se nachází na mírném svahu s jihozápadní expozicí. Mikroklimatické podmínky se blíží podmínkám jižní Moravy. Průměrná roční teplota zde dosahuje 9 °C a dlouhodobý průměr srážek činí 476 mm, na vegetační období připadá 325 mm. Vegetační doba zde trvá průměrně 176 dnů. Jedná se však o inverzní polohu, kde minimální teploty jsou o 1 až 2 °C nižší než v okolí.

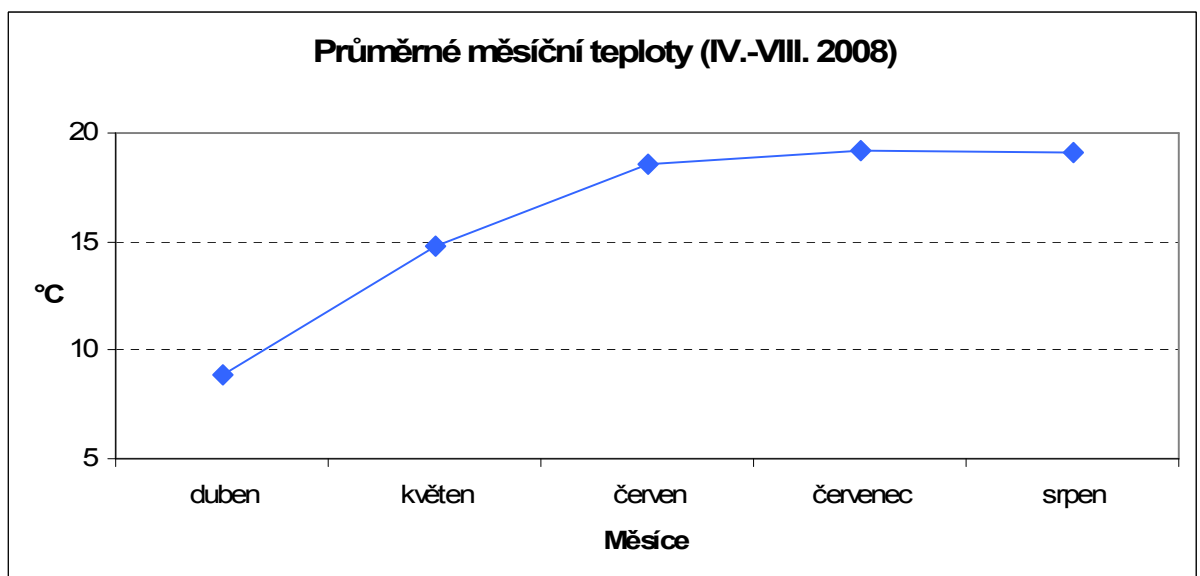
Půda je humózní, velmi záhřevná. Jedná se o půdy lehké až středně těžké, hlinitopísčité. Orniční vrstva má na většině pozemku hloubku 0,25 m.

Obr. 1: Měsíční úhrny srážek ($\text{mm}\cdot\text{m}^{-2}$) za sledované období (IV.-VIII. 2008)



(Meteorologická stanice ČZU v Praze, <http://meteostanice.agrobiologie.cz>)

Obr. 2: Průměrné měsíční teploty ($^{\circ}\text{C}$) za sledované období (IV.-VIII. 2008)



(Meteorologická stanice ČZU v Praze, <http://meteostanice.agrobiologie.cz>)

4.2.2. Metodika založení pokusu

Pokusy byly realizovány na pozemcích FAPPZ ČZU v Praze – Tróji. Předpěstování sadby se uskutečnilo ve sklenících FAPPZ ČZU v Praze (Suchdol), v sadbovačích T 160, v substrátu RKS I.. Pokus byl veden jako polní pokus na pokusných parcelách umístěných ve Výzkumné stanici v Tróji.

Výsledky půdních rozborů na pokusných plochách v Troji (fluvizem modální)

Troja	P (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	N _{min} (mg.kg ⁻¹)	pH
Obsah	289,84	2671,1	206,68	599,98	5,56	6,57
	velmi vysoký	dobrý	dobrý	velmi vysoký	-	-

(P, Ca, Mg, K, pH – Mehlich III, laboratoř katedry agroenvironmentální chemie FAPPZ ČZU v Praze, N_{min} – reflektometricky, laboratoř katedry zahradnictví FAPPZ ČZU v Praze)

Poměr K : Mg = 2,9 (vyhovující)

Pokusná plocha byla na skladě půdních rozborů vyhnojena:

- ORGANICA K 5-3-8 100 kg na 1000 m²
- LAV (27 % N) 23 kg na 1000 m²
- DOLOMITICKÝ VÁPENEC 200 kg na 1000 m²

Závlaha byla prováděna mikropostřikem na základě aktuálních hodnot využitelné vodní kapacity (VVK). Hodnota VVK byla u optimálně zavlažované varianty udržována na 80 % a u stresované na 65 %.

Schéma pokusu zahrnovalo čtyři varianty pokusu: kontrola, omezená zálivka, kontrola ošetřená 24-epibrassinolidem a varianta se sníženou zálivkou a aplikací 24-epibrassinolidu.

Zálivka byla řízena na základě výsledků získaných přístrojem VIRIB (Litchmann, Česká republika). Vodní deficit byl navozen od 19.6. 2008 (týden po výsadbě) do sklizně (6.8. 2008). Zavlažování bylo vždy nižší u této varianty v porovnání s kontrolní variantou.

Třetí a čtvrtá varianta byla představována variantou kontrolní a stresovanou s aplikací postřiku fytohormonální látkou 24-epibrassinolidu. Fytohormon 24-epibrassinolid byl na stresované rostliny aplikován postřikem na list 25.6. 2008, čtrnáct dnů po výsadbě na pozemek. Použitá koncentrace byla 10⁻⁹ M. Fytohormon v dané koncentraci dodala firma PHPchem, s.r.o.

Rostliny kvěťáku byly odebírány, rozděleny na jednotlivé orgány (kořen, listy a růžice) a analyzovány na obsah energie v jednotlivých orgánech, obsah sušiny, v týdenních intervalech: 11.6.2008, 19.6.2008, 25.6.2008, 2.7.2008, 9.7.2008, 16.7.2008, 23.7.2008, 30.7.2008 a 6.8.2008.

4.3. Metody

4.3.1. Stanovení sušiny

Podle metodických pokynů Šestáka, Čatského a kol (1966) bylo odebíráno v příslušné vývojové fázi po 10 rostlinách z jednotlivých opakování všech variant. Čerstvá biomasa byla sušena při 80 °C do konstantní hmotnosti. Rostliny byly váženy celé s přesností na 2 desetinná místa. Poté byly rozděleny na jednotlivé orgány a byla zjišťována hmotnost sušiny v kořenech, nadzemní biomasy a růžic.

4.3.2. Kalorimetrické stanovení spalného tepla

Vysoký podíl energie ze slunečního záření na energetickém obsahu rostlinné produkce umožňuje pro sledování translokace asimilátů využít metodu spalné kalorimetrie. Principem této metody je úplné spálení vzorku ve 100% kyslíkové atmosféře. Vzorek se suší do konstantní hmotnosti při 80 °C. Při vyšších teplotách při sušení vzorku dochází k degradaci energeticky bohatých látek. Výsledek je poté přepočítán na jednotku hmotnosti sušiny – kJ g⁻¹. Pro měření spalného tepla byl použit automatický adiabatický spalný kalorimetr MS 10 A, německé firmy LAGET. Hodnota tepelného skoku je poté přepočtena na hodnoty brutto a netto energie bez oprav na spalné teplo kyseliny sírové a kyseliny dusičné. Pro výpočet byly použity normy (ČSN ISO 1928). Bez korekce na obsah popelovin se jedná o brutto energii. V případě odečtu hmotnosti popelovin, zbylých po spálení vzorku, se jedná o netto energii.

Výpočet brutto energie:

$$BE [kJ g^{-1}] = [(9\,768,3 \cdot \text{hodnota tepelného skoku} - 1\,673,45) / \text{navážka}] / 1\,000$$

Výpočet netto energie:

$$NE [kJ g^{-1}] = [(9\,768,3 \cdot \text{hodnota tepelného skoku} - 1\,673,45) / (\text{navážka} - \text{hmotnosť popela})] / 1\,000$$



Obr. 4: Suchý adiabatický spalný kalorimetr LAGET MS 10A (foto J. Martinková)

4.3.3. Hodnocení výsledků pokusů

Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Statistická hodnocení byla zpracována pomocí počítačového programu „Statistica Cz verze 7.0“.

5. Výsledky

Pokus pěstování zahrnoval 4 varianty, první varianta byla stresovaná bez ošetření 24-epibrassinolidem, varianta druhá byla stresovaná s ošetřením fytohormonem, třetí varianta byla kontrolní s postřikem 24-epibrassinolidem a čtvrtá varianta byla kontrolní bez ošetření, viz. tab. 2. Na rostliny byl aplikován postřikem 24-epibrassinolid o koncentraci 10^{-9} M. Tento fytohormon byl aplikován ve 3. termínu měření.

Tab. 2: Schéma pokusu pěstování

Varianta	Postřik	označení
Stres	ne	1
Stres	ano	2
Kontrola	ano	3
Kontrola	ne	4

5.1. Sušina kořenů

Hmotnost sušiny kořenového systému sledovaných rostlin kvěťáku byla ovlivněna variantou pokusu, protože nejvyšší průměrnou hmotnost kořenů mají rostliny z kontrolní varianty bez ošetření fytohormonem – 13,22 g. Oproti tomu nejnižší průměrná hmotnost sušiny kořenů byla u varianty stresované bez postřiku – 7,28 g. Z výsledků měření vyplývá, že po aplikaci 24-epibrassinolidu se zvýšila hmotnost kořenů ošetřených stresovaných rostlin v porovnání s rostlinami neošetřenými. U varianty stresované ošetřené byl nárůst průměrné hmotnosti o 1,23 %, naopak u kontrolního pokusu se hmotnost kořenů snížila o 8,33 %, viz tab. 3.

Hmotnost kořenů se měnila i v průběhu ontogenetického vývoje rostlin. Nejnižší hmotnost byla na začátku sledovaného období, a to v rozmezí od 0,56 g (varianta 3 a 4) do 0,65 g (varianta 1 a 2), jak je patrné na obr. 3. Z grafu je zřejmé, že ke konci sledovaného období se hmotnost kořenového systému zvyšuje. U kontrolních variant (varianta 3) byla nejvyšší hmotnost v 7. termínu měření 34,46 g a varianta 4 – 32,82 g. U stresovaných rostlin bylo maximální hmotnosti dosaženo později. U rostlin neošetřených stresovaných v 8. termínu – 19,08 g a u rostlin s aplikací 24-epibrassinolidu až v době sklizně – 15,65 g. Z

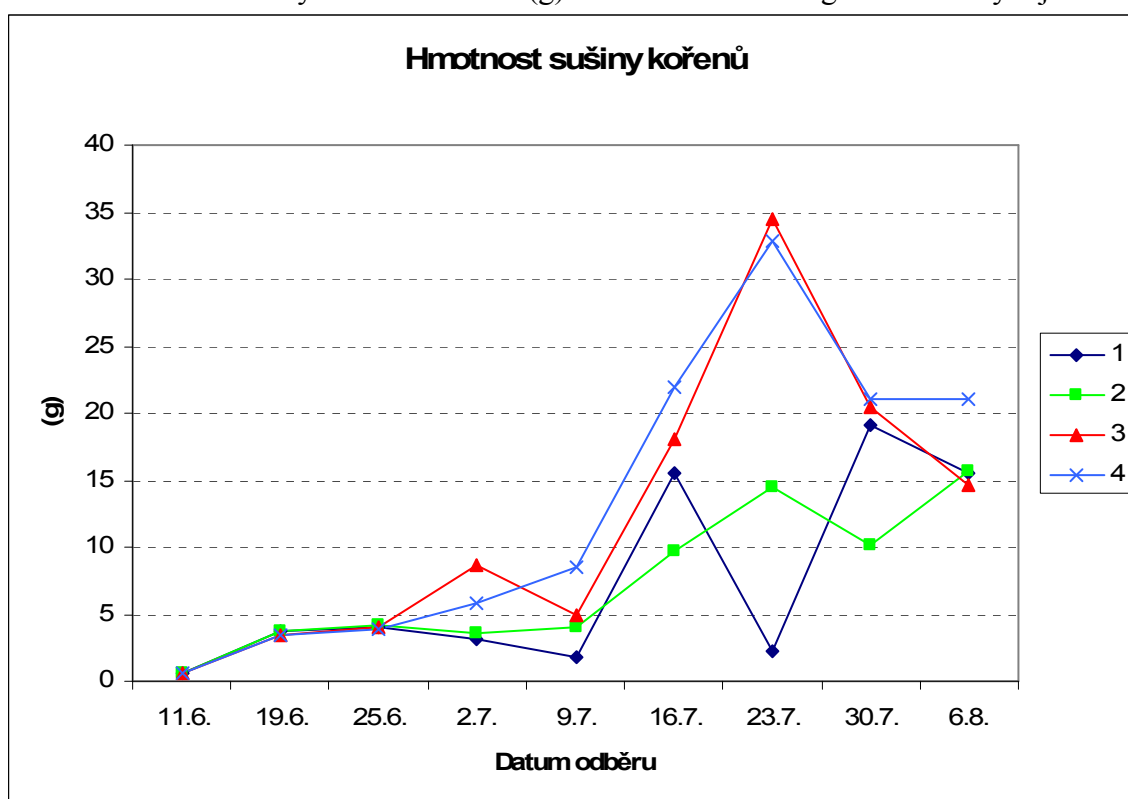
grafu 3 je dále patrné, že na počátku vegetace byl u všech variant pokusu podobný trend v nárůstu sušiny kořenů. Po aplikaci 24-epibrassinolidu ve třetím termínu měření se zvýšil nárůst sušiny u obou ošetřených variant. U stresované ošetřené varianty se hmotnost sušiny oproti neošetřené stresované zvýšila o 5 % a u kontrolní ošetřené v porovnání s neošetřenou bylo toto navýšení jen 1,8 %. Později se ale tento zvyšující se trend pravděpodobně v důsledku dále trvajících nedostatku vody u stresovaných rostlin zpomalil a až do doby sklizně byla hmotnost sušiny kořenů stresovaných variant v porovnání s kontrolními nižší.

Tab. 3: Průměrné hodnoty sušiny kořenů v závislosti na variantě pokusu

Varianta pokusu	Průměr (g)	Sm. odchylka	-95,00%	+95,00%	Chyba
stres	7,23009 ^a	6,87684	4,50970	9,95048	1,323449
stres + 24-epibrassinolid	7,31716 ^a	5,08367	5,30613	9,32819	0,978352
kontrola + 24-epibrassinolid	12,02884 ^b	10,38322	7,92138	16,13631	1,998252
kontrola	13,11446 ^b	10,67039	8,89340	17,33553	2,053517

a, b - statisticky významné rozdíly mezi variantami pokusu.

Obr. 3: Hmotnost sušiny kořenů kvěťáku (g) v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin



Z výsledků měření je patrné, že rostliny stresované mají průkazně nižší hmotnost kořenů v porovnání s rostlinami kontrolními, ošetřené stresované rostliny měly oproti kontrolním hmotnost sušiny kořenů o 39,2 % nižší a neošetřené stresované oproti kontrolním o 44,94 %. 24-epibrassinolid působil u stresovaných rostlin kladně a hmotnost sušiny zvýšil o 0,09 g, u kontrolní varianty však 24-epibrassinolid působil na hmotnost sušiny kořenů negativně a snížil ji o 1,1 g.

5.2. Sušina listů

Obdobně jako hmotnost sušiny kořenů byla i hmotnost sušiny listů ovlivněna variantou pokusu, kdy rostliny stresované měly hmotnost prokazatelně nižší v porovnání s rostlinami kontrolními. Nejnižší průměrnou hmotnost listů měly rostliny stresované bez ošetření 24-epibrassinolidem – 41,75 g. Naopak nejvyšší hmotnost měly rostliny z kontrolní varianty bez postřiku – 77,12 g. Po aplikaci 24-epibrassinolidu nastalo průkazné zvýšení hmotnosti listů u varianty stresované o 2,2 %. Naopak u kontrolní varianty se hmotnost listů snížila o 15,44 %, jak je patrné z tab. 4.

Vedle vlivu varianty pokusu se hmotnost sušiny listů měnila v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin. Statisticky průkazně nejnižší hmotnost sušiny listů byla na začátku sledovaného období, kdy byla hmotnost sušiny nižší u stresovaných variant – 4,43 g a vyšší u kontrolních variant – 4,9 g. Nejvyšší hmotnosti sušiny listů dosáhly stresované rostliny až na konci sledovaného období (118,65 g), kdežto rostliny kontrolní dosahovaly maximální hmotnosti již v 7. termínu měření (124,61 g), jak je patrné z obr. 4.

Z uvedeného grafu je dále patrné, že v prvních termínech odběru vykazovaly vyšší hmotnost sušiny listů obě stresované varianty oproti kontrolním, ve druhém termínu měření byla hmotnost sušiny listů stresovaných variant o 33,36 % vyšší. Ještě ve třetím termínu měření byly naměřené hodnoty sušiny listů vyšší u stresovaných variant. Ve čtvrtém termínu však dochází ke změně trendu vývoje a hmotnost sušiny listů stresovaných rostlin je od tohoto měření až do doby sklizně vždy nižší v porovnání s kontrolními variantami.

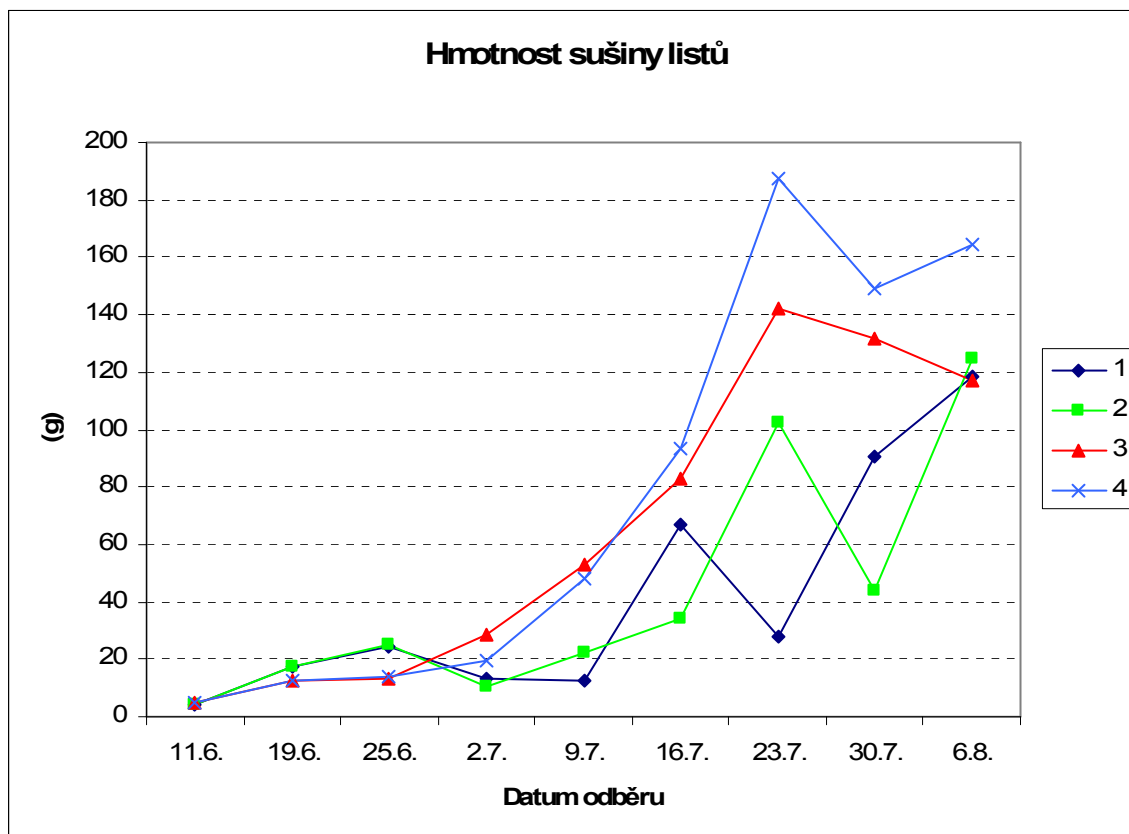
Po ošetření rostlin kvěťáku 24-epibrassinolidem se hmotnost sušiny stresovaných rostlin zvýšila ve srovnání s neošetřenými rostlinami o 5,02 %, naopak u kontrolní varianty u ošetřených rostlin hmotnost sušiny listů klesla o 28,6 %, viz. obr. 4.

Tab. 4: Průměrné hodnoty sušiny listů v závislosti na variantě pokusu

Varianta pokusu	Průměr (g)	Sm. odchylka	-95,00%	+95,00%	Chyba
stres	41,4176 ^a	38,58763	26,1529	56,6824	7,42619
stres + 24-epibrassinolid	42,3324 ^a	40,19209	26,4329	58,2319	7,73497
kontrola + 24-epibrassinolid	64,7005 ^b	52,24735	44,0321	85,3689	10,05501
kontrola	76,5067 ^b	69,65969	48,9503	104,0632	13,40601

a, b - statisticky významné rozdíly mezi variantami pokusu.

Obr. 4: Hmotnost sušiny listů kvěťáku (g) v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin



5.3. Sušina růžic

Obdobně jako v předcházejících případech byla také hmotnost sušiny růžic – zdužnatělého květenství kvěťáku, ovlivněna variantou pokusu jak vyplývá z tab. 5. Z výsledků měření uvedených v této tabulce lze konstatovat, že nižší hmotnost sušiny růžic byla u stresovaných variant ve srovnání s rostlinami kontrolními. Po postřiku 24-epibrassinolidem se hmotnost růžic stresované ošetřené varianty průkazně zvýšila. Nejnižší hmotnost sušiny růžic

byla u varianty č.1 (23,87 g). Naopak nejvyšší hmotnost byla u varianty kontrolní bez postřiku (36,44 g).

U všech variant je zřejmé, že hmotnost sušiny růžic se zvyšuje během ontogenetického vývoje, jak je patrné z obr. 5. Nejvýraznější nárůst hmotnosti sušiny růžice byl stanoven u kontrolní varianty bez postřiku 24-epibrassinolidem. U této varianty byla v době objevení růžice její hmotnost 1,42 g a v době sklizně 85,34 g. Nejnižší nárůst byl zaznamenán u stresované neošetřené varianty. U této varianty byla hmotnost sušiny růžice v době jejího objevení 0,98 g a při devátém odběru 52,21 g.

U kontrolních rostlin se po aplikaci 24-epibrassinolidu snížila hmotnost sušiny růžice oproti neošetřené kontrole o 0,17 g na počátku tvorby růžic a o 23,23 g v době sklizně, viz. obr. 5.

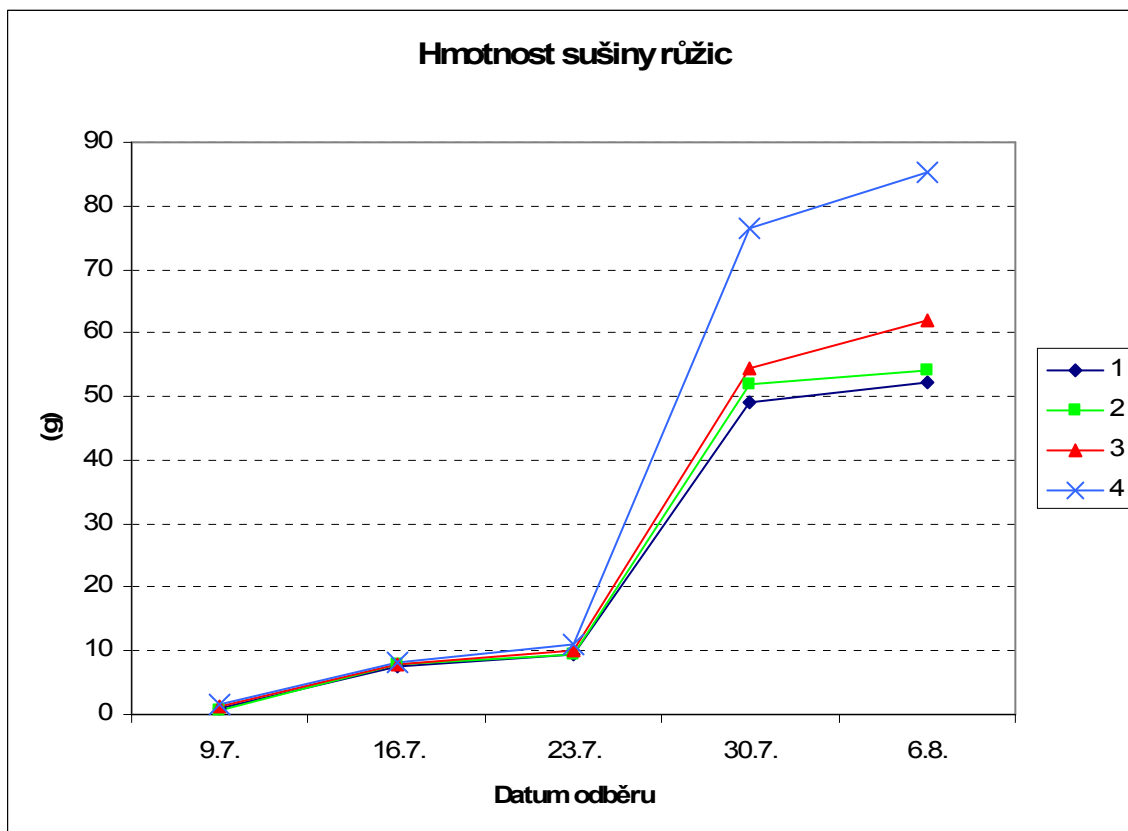
Z něho je patrný postupný vývoj sušiny růžic. Od doby objevení růžice – 5. termín měření, byl nárůst u všech variant poměrně vyrovnaný, pozvolný. U stresovaných rostlin byla při prvním měření vyšší hmotnost sušiny u neošetřené varianty, a to o 55 % oproti variantě ošetřené fytohormonem. Již v příštím termínu však došlo k obrácení situace a po celý zbytek sledovaného období byla vyšší hmotnost sušiny varianty ošetřené. V posledním termínu měření byla hmotnost sušiny ošetřené stresované varianty o 3,7 % vyšší oproti neošetřené variantě. U kontrolních variant byla situace opačná, od začátku objevení růžice až do konce sledovaného období měly vyšší hmotnost sušiny rostliny bez postřiku 24-epibrassinolidem v porovnání s kontrolní variantou ošetřenou. V době sklizně byla hmotnost sušiny kontrolní varianty o 37,4 % vyšší než u rostlin postříkaných fytohormonem.

Tab. 5: Průměrné hodnoty sušiny růžic v závislosti na variantě pokusu

Varianta pokusu	Průměr (g)	Sm. odchylka	-95,00%	+95,00%	Chyba
stres	23,67348 ^a	22,71758	11,09291	36,25406	5,865653
stres + 24-epibrassinolid	24,61582 ^a	23,84851	11,40896	37,82268	6,157658
kontrola + 24-epibrassinolid	26,92107 ^a	26,34348	12,33254	41,50960	6,801856
kontrola	36,15200 ^b	37,49500	15,38796	56,91604	9,681167

a, b - statisticky významné rozdíly mezi variantami pokusu.

Obr. 5: Hmotnost sušiny různých květáku (g) v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin



5.4. Energie kořenů

Z tab. 6 je patrné, že obsah netto energie v kořenech sledovaných rostlin květáku byl průkazně ovlivněn variantou pokusu. Nejnižších hodnot dosahovala varianta stresovaná bez postřiku 24-epibrassinolidem - $11,79 \text{ kJ.g}^{-1}$. Nejvyšší obsah energie v kořenech byl u kontrolní varianty ošetřené 24-epibrassinolidem ($11,86 \text{ kJ.g}^{-1}$).

Z obr. 6 vyplývá, že energie kořene je také ovlivněna ontogenetickým vývojem rostlin. S přibývajícím stářím rostlin se také zvyšuje hodnota netto energie kořenů. Z obr. 6 je patrné, že nejvýraznější zvýšení energie bylo zaznamenáno u varianty stresované ošetřené mezi druhým a třetím měřením, a to o $0,67 \text{ kJ.g}^{-1}$. Po aplikaci fytohormonu se ale nárůst zmírnil. Od třetího termínu až do doby sklizně již hodnota energie kořene druhé varianty stoupla jen o $0,28 \text{ kJ.g}^{-1}$ na konečnou hodnotu $12,17 \text{ kJ.g}^{-1}$.

Nejvyšší naměřené hodnoty dosáhly rostliny kontrolní varianty ošetřené 24-epibrassinolidem ($11,29 \text{ kJ.g}^{-1}$), které měly nejvyšší obsah energie již na počátku měření ($11,21 \text{ kJ.g}^{-1}$), avšak ve třetím termínu se obsah energie kořenů oproti ostatním variantám snížil na hodnotu $11,59 \text{ kJ.g}^{-1}$. Jedná se o 1,37 % snížení, v energetickém vyjádření oproti kontrolní variantě bez postřiku. Nejnižší obsah energie měly rostliny stresované bez postřiku fytohormonem – $11,02 \text{ kJ.g}^{-1}$ na počátku sledovaného období a $12,1 \text{ kJ.g}^{-1}$ v době sklizně.

Z obr. 6 je možno vysledovat trend nárůstu energie jednotlivých variant. U stresovaných variant jsou vyšší hodnoty u rostlin ošetřených fytohormonem po celé sledované období s výjimkou druhého termínu měření, kde jsou obě stresované varianty shodné. U kontrolních variant není působení fytohormonu jednoznačné. V prvním a druhém termínu měření je obsah energie vyšší u rostlin ošetřených oproti neošetřeným a to o 1,6 % při prvním měření a o 1,25 % při druhém měření. Ve třetím termínu se tento trend mění a až do šestého měření naopak vyšší obsah energie u rostlin nepostříkaných fytohormonem. Ve třech posledních termínech měření opět vykazují vyšší hodnoty rostliny ošetřené stejně jako na začátku sledovaného období. V době sklizně je obsah energie ošetřených rostlin o 0,36 % vyšší než energie rostlin bez ošetření.

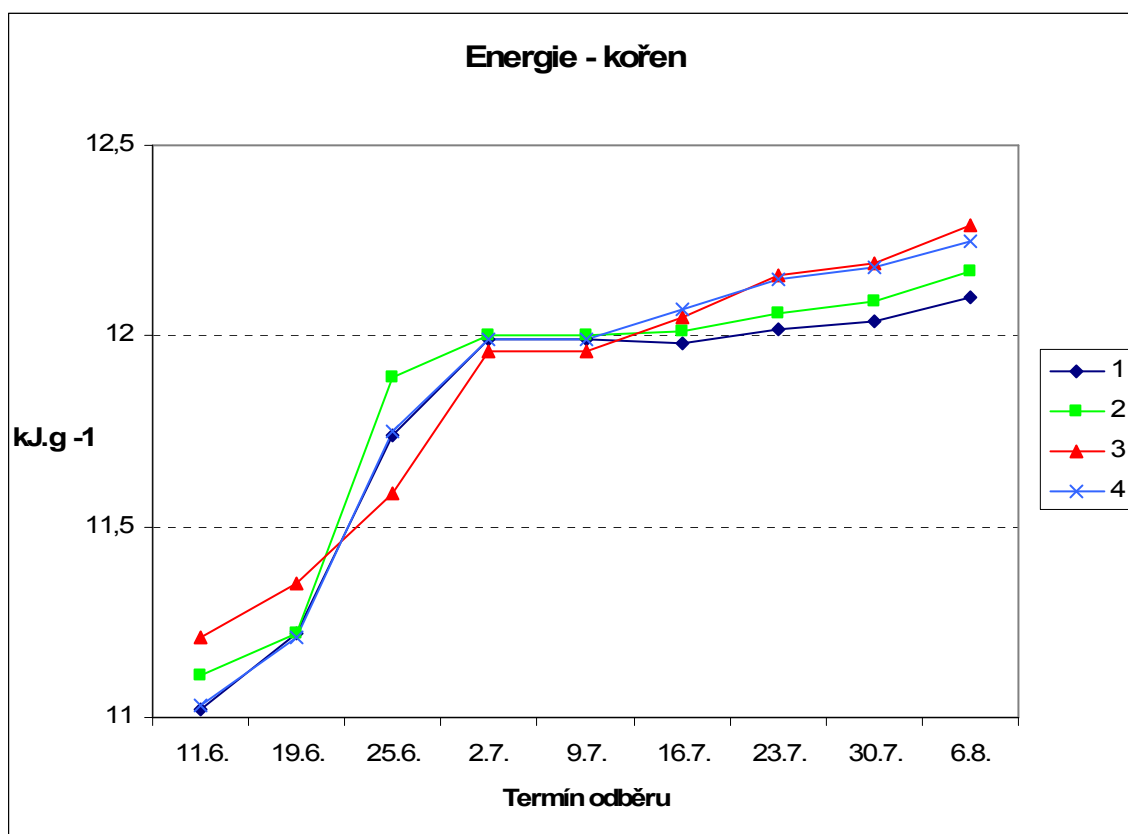
Z měření vyplývá, že postřik 24-epibrassinolidem má kladný vliv na obsah energie v kořenech sledovaných rostlin. Kladný vliv fytohormonu se projevil u obou ošetřených variant nárůstem energie o 0,42 % a o 0,17 % oproti neošetřeným variantám. Toto navýšení však není statisticky průkazné.

Tab. 6: Průměrné hodnoty energie kořene v závislosti na variantě pokusu

Varianta pokusu	Průměr (kJ.g-1)	Sm. odchylka	-95,00%	+95,00%	Chyba
stres	11,48343 ^c	0,704145	10,94218	12,02469	0,234715
stres + 24-epibrassinolid	11,57230 ^a	0,788254	10,96639	12,17821	0,262751
kontrola + 24-epibrassinolid	11,58883 ^a	0,828672	10,95186	12,22581	0,276224
kontrola	11,66013 ^b	0,853370	11,00417	12,31609	0,284457

a, b, c - statisticky významné rozdíly mezi variantami pokusu.

Obr. 6: Energie kořene kvěťáku (kJ.g^{-1}) v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin



5.5. Energie list

Z tab. 7 vyplývá, že obsah energie v listech kvěťáku byl ovlivněn variantou pokusu, kdy nejvyšších hodnot dosahovala kontrolní varianta bez ošetření 24-epibrassinolidem ($12,53 \text{ kJ.g}^{-1}$). U kontrolní varianty ošetřené fytohormonem se obsah energie v listech snížil o 0,56 %, na hodnotu $12,46 \text{ kJ.g}^{-1}$. Stresované rostliny ošetřené fytohormony dosahovaly vyšších hodnot ($12,44 \text{ kJ.g}^{-1}$) oproti rostlinám neošetřeným ($12,34 \text{ kJ.g}^{-1}$). U kontrolních variant se také projevil negativní vliv postřiku 24-epibrassinolidem, neošetřené rostliny měly o 0,56 % vyšší obsah netto energie ($12,53 \text{ kJ.g}^{-1}$) ve srovnání s rostlinami ošetřenými ($12,46 \text{ kJ.g}^{-1}$).

Energie v listech kvěťáku také závisí na ontogenetickém vývoji rostlin, což je patrné z obr. 7. Protože se zvyšuje fotosyntéza a transport asimilátů. Všechny varianty pokusu vykazovaly během ontogenetického vývoje přibližně stejný nárůst energie. Mezi šestým a sedmým odběrem byl zaznamenán u všech rostlin ze všech variant pokusu nejvýraznější nárůst obsahu energie. Nejvyšší energetické hodnoty dosáhly rostliny kontrolní bez ošetření

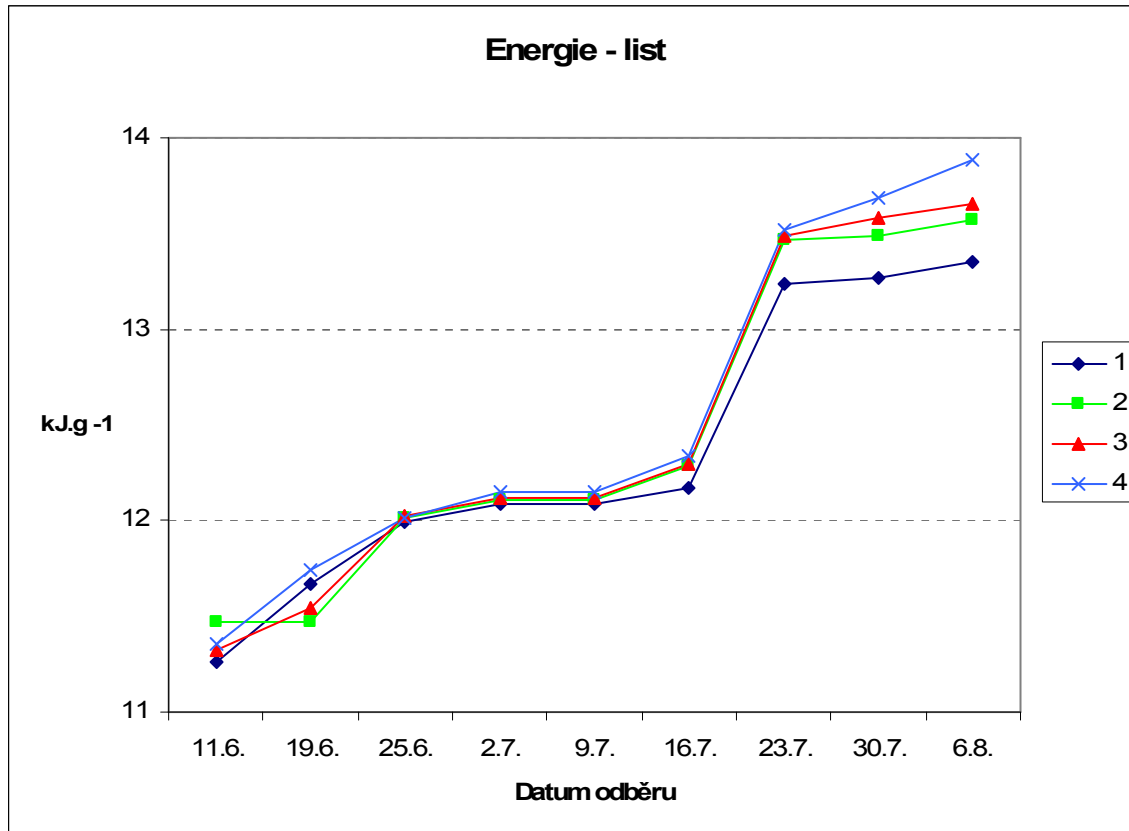
fytohormonem ($13,88 \text{ kJ.g}^{-1}$), u kterých také byl od začátku vegetace zaznamenán nejvyšší nárůst (o $2,52 \text{ kJ.g}^{-1}$). Nejnižších hodnot opět obdobně jako u předchozích měření dosahovaly rostliny stresované bez postřiku 24-epibrassinolidem ($13,35 \text{ kJ.g}^{-1}$), oproti těmto nastalo u ošetřené varianty ke zvýšení energetické hodnoty na $13,57 \text{ kJ.g}^{-1}$. Naopak u kontrolních rostlin byl zaznamenán pokles o $1,59 \%$. Od počátku sledovaného období byl až do šestého termínu odběru nárůst energie pozvolný. Mezi šestým a sedmým odběrem nastal prudký nárůst u všech variant pokusu, přibližně o $1,1 \text{ kJ.g}^{-1}$, během dalších měření byl přírůstek energie opět pozvolný.

Tab. 7: Průměrné hodnoty energie listů v závislosti na variantě pokusu

Varianta pokusu	Průměr (kJ.g^{-1})	Sm. odchylka	-95,00%	+95,00%	Chyba
stres	11,78889 ^a	0,394951	11,48530	12,09247	0,131650
stres + 24-epibrassinolid	11,83889 ^a	0,390463	11,53875	12,13903	0,130154
kontrola + 24-epibrassinolid	11,86222 ^a	0,386548	11,56510	12,15935	0,128849
kontrola	11,84667 ^a	0,438520	11,50959	12,18374	0,146173

a - statisticky významné rozdíly mezi variantami pokusu.

Obr. 7: Energie listů kvěťáku (kJ.g^{-1}) v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin



Obsah energie listů stresovaných rostlin ošetřených fytohormonem byl během ontogeneze kromě druhého termínu měření vyšší než u rostlin neošetřených. Snížení ve druhém termínu v porovnání s neošetřenou variantou bylo 1,71 %. Při posledním měření byl obsah energie ošetřené stresované varianty o 1,65 % vyšší než u varianty neošetřené. U kontrolních variant byl trend opačný. Kromě třetího měření byl vyšší obsah energie u varianty bez postřiku 24-epibrassinolidem. Pokles energie varianty neošetřené zde činil 0,1 %. V době sklizně byl obsah energie kontrolní neošetřené varianty o 1,61 % vyšší než u varianty ošetřené.

Z výsledků měření je patrné, že 24-epibrassinolid působil u stresovaných rostlin pozitivně na zvýšení jejich energetické hodnoty. Naopak u kontrolní varianty došlo k jejímu snížení.

5.6. Energie růžice

Obsah energie růžice byl ovlivněn variantou pokusu jak je patrné z tab. 8. Nejvyšší obsah energie v růžici měly kontrolní rostliny ošetřené fytohormonem ($14,33 \text{ kJ.g}^{-1}$). Nejnižších hodnot opět dosáhly rostliny stresované bez postřiku 24-epibrassinolidem ($14,03 \text{ kJ.g}^{-1}$).

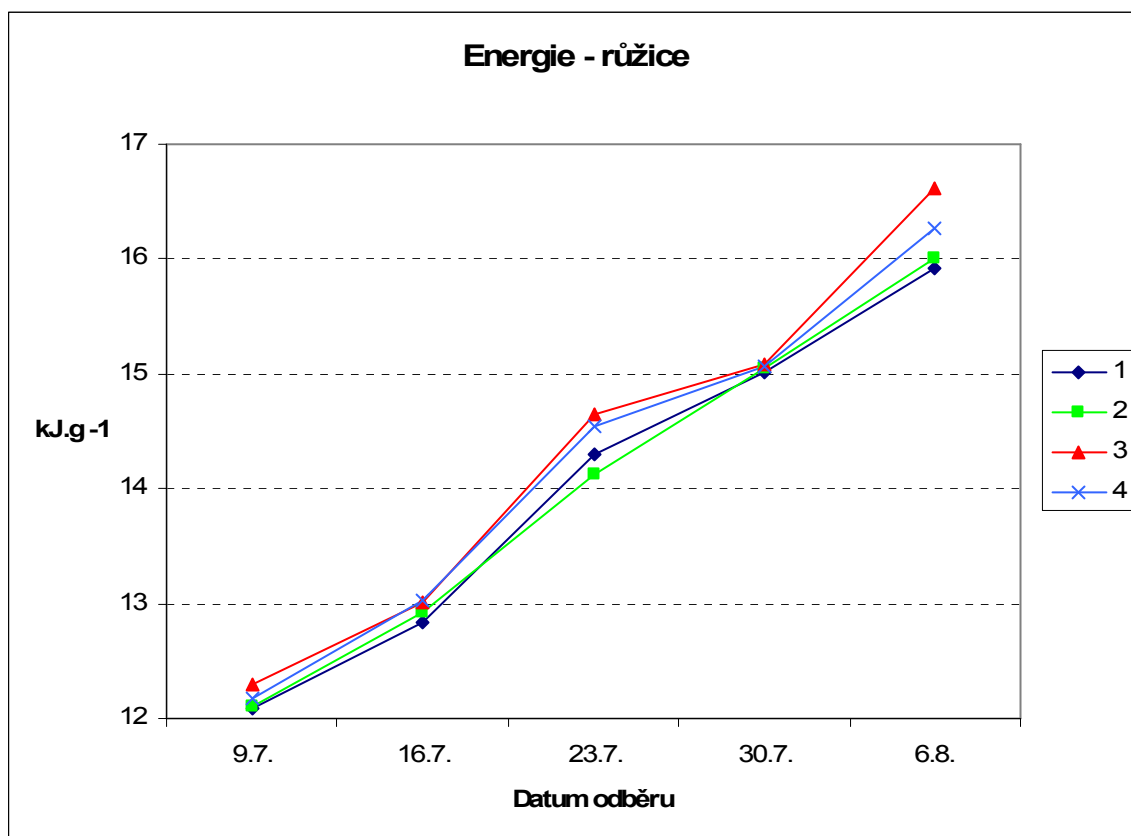
Z obr. 8 je zřejmé, že obsah energie také závisí na ontogenetickém vývoji rostlin. Obsah energie se zvyšoval s rostoucím stářím rostlin. K nejprudšímu nárůstu energie byl zaznamenán u varianty č.3 mezi odběry 16.7. a 23.7., a to o $1,64 \text{ kJ.g}^{-1}$. Obsah energie byl však u všech variant během sledovaného období v jednotlivých termínech měření poměrně vyrovnaný. V době sklizně byl nejvyšší obsah energie u rostlin kontrolní varianty ošetřených fytohormonem ($16,61 \text{ kJ.g}^{-1}$) a nejnižší u rostlin stresovaných bez ošetření ($15,92 \text{ kJ.g}^{-1}$).

Během ontogeneze vykazovaly vyšší obsah energie růžice obou ošetřených variant. U stresovaných rostlin byl obsah energie v době objevení růžice u postříkané varianty o 0,25 % vyšší. V termínu 23.7. se projevil pokles ošetřené stresované varianty o 0,18 g v porovnání s neošetřenou. V posledním termínu měření byl obsah energie stresovaných rostlin postříkaných 24-epibrassinolidem 16 kJ.g^{-1} , což je 0,5 % nárůst oproti variantě neošetřené. U kontrolních rostlin byl v době objevení růžice obsah energie u neošetřených $12,18 \text{ kJ.g}^{-1}$ a u ošetřených $12,3 \text{ kJ.g}^{-1}$. Také u kontrolních variant měly vyšší obsah energie rostliny na které byl aplikován 24-epibrassinolid. Pokles energie v porovnání s neošetřenou variantou byl

zaznamenán 16.7. o $0,02 \text{ kJ.g}^{-1}$. tento pokles byl však statisticky neprůkazný. Na konci sledovaného období byl obsah energie ošerených rostlin o 2,15 % vyšší než u neošetřených.

Ze zjištěných výsledků je patrné, že rostliny stresované mají nižší obsah energie v růžici oproti kontrolním rostlinám.

Obr. 8: Energie růžic kvěťáku (kJ.g^{-1}) v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin



Tab. 8: Průměrné hodnoty energie růžic v závislosti na variantě pokusu

Varianta pokusu	Průměr (kJ.g-1)	Sm. odchylka	-95,00%	+95,00%	Chyba
stres	13,78777 ^a	1,397887	12,71326	14,86228	0,465962
stres + 24-epibrassinolid	13,90182 ^a	1,396561	12,82833	14,97531	0,465520
kontrola + 24-epibrassinolid	14,05837 ^a	1,489214	12,91366	15,20308	0,496405
kontrola	14,08642 ^a	1,417208	12,99706	15,17578	0,472403

a - statisticky významné rozdíly mezi variantami pokusu.

6. Diskuse

6.1. Hmotnost sušiny kořenů

V důsledku působení vodního stresu již od začátku vegetace dochází k inhibici tvorby kořenového systému. Nejdříve se nedostatek vody projeví prodlužováním kořenů do větších hloubek, ale tím se snižuje tvorba postranních kořenů a kořenového vlášení (Bláha a kol., 2003). Tento závěr byl také potvrzen v pokusech s květákem, kdy u rostlin stresovaných byla hmotnost sušiny kořenů při dlouhodobém vodním stresu 7,29 g, tedy o 44,94 % nižší než u rostlin kontrolních.

Z výsledků pokusu na *Lepidium sativum* vyplývá, že brassinosteroidy působí kladně na růst kořenů v prostředí vodního deficitu (Jones-Held et al., 1996).

Pokusy prováděné na okurkách (*Cucumis sativus* L.) vykazovaly po aplikaci epibrassinolidu zvýšení hmotnosti sušiny kořenů až na 186 % (Pustovoitova, 2000). V pokusech prováděných na kvěťáku nebylo působení fytohormonu jednoznačně kladné. V souladu s literárními zdroji podpořila aplikace 24-epibrassinolidu tvorbu kořenového systému u stresovaných rostlin a to o 1,1 %. Naopak u kontrolní varianty byla aplikace 24-epibrassinolidu negativní a vyvolala snížení hmotnosti sušiny kořenů o 8,25 %. U kontrolních variant byla průměrná hmotnost rostliny ošetřené brassinosteroidy 12,13 g a u neošetřené 13,22 g.

6.2. Hmotnost sušiny listů

Kohout (2001) uvádí, že brassinosteroidy ovlivňují růstové i reprodukční procesy, stimuluje růst a dělení buněk, tvorbu a růst kořenů a růst mladých vegetativních pletiv. Při pokusech prováděných na okurkách (*Cucumis sativus* L.) bylo zjištěno, že aplikace epibrassinolidu zvyšuje čerstvou i suchou hmotnost nadzemních částí rostlin. A to až na 125 % oproti neošetřeným rostlinám (Pustovoitova, 2000). Toto tvrzení bylo potvrzeno v pokusu s kvěťáky jen částečně. Stejně tak jako u sušiny kořenů působil i na sušinu listů stresovaných rostlin fytohormon kladně a neprůkazně zvýšil hmotnost sušiny listů o 2,21 % oproti variantě neošetřené. U kontrolní varianty naopak došlo ke snížení hmotnosti sušiny ošetřených rostlin o 15,43 %.

U všech variant pokusu prováděného na kvěťáku byla hmotnost sušiny listů průkazně ovlivněna ontogenetickým vývojem, na počátku sledovaného období byla hmotnost sušiny nejnižší. V prvních termínech měření byla vyšší hmotnost sušiny stresovaných rostlin oproti kontrolní variantě a to o 33,36 % ve druhém termínu. Při třetím měření po aplikaci 24-epibrassinolidu se ještě zvýšila hmotnost sušiny listů stresovaných ošetřených i neošetřených rostlin oproti kontrolním variantám. Od čtvrtého odběru došlo k obrácení trendu a rostliny stresované vykazovaly oproti kontrolním rostlinám hmotnost sušiny nižší až do konce vegetačního období.

6.3.Hmotnost sušiny růžic

Hunková (2005) uvádí, že uměle vyvolaný vodní stres během pokusu na ledovaných odrůdách pšenice ozimé výrazně negativně ovlivňuje hlavní výnosotvorné charakteristiky. Toto lze odvodit i z výsledků získaných z pokusu prováděného na kvěťáku, kde hmotnost sušiny stresovaných neošetřených rostlin oproti kontrolním neošetřeným byla nižší o 34,52 %. Během celého sledovaného období vykazovala stresovaná varianta bez ošetření nejnižší hmotnost sušiny růžic. V době sklizně byla hmotnost sušiny stresovaných rostlin bez ošetření vlivem dlouhodobého vodního deficitu o 38,82 % snížena oproti kontrolní variantě. U všech variant pokusu byl zaznamenán začátek tvorby růžic v 5. termínu měření.

Pokusy prováděnými na chmelu byl prokázán kladný vliv ošetření růstovými látkami (brassinosteroid BR-1, brassinosteroid BR-5, Lexin) na produktivní stav rostlin. (Hradecká a kol., 2007). Při pokusu prováděném na kvěťáku nebyl prokázán jednoznačně kladný vliv 24-epibrassinolidu na výnos kvěťákových růžic. U stresované ošetřené varianty se hmotnost sušiny růžic zvýšila o 3,98 %. Obdobně jako hmotnost sušiny listů a kořenů kontrolních rostlin byla i hmotnost sušiny zdužnatělého květenství po aplikaci 24-epibrassinolidu o 74,47 % snížena oproti variantě kontrolní bez postřiku.

6.4.Obsah energie v kořenech

Změny obsahu energie v orgánech rostlin jsou spojeny s růstem. Vzhledem k syntéze některých energeticky bohatých zásobních látek zpravidla energetická hodnota rostlin ke konci vegetace stoupá (Golley, 1961). Z výsledků pokusu prováděného na kvěťáku lze konstatovat, že předchozí tvrzení je platné pro zkoumané rostliny ve všech variantách pokusu.

Z výsledků výzkumu prováděného na pšenici jarní a ozimé vyplývá, že 24-epibrassinolid působil u většiny zkoumaných odrůd pozitivně na snížení následků vodního deficitu a tepelného stresu. Po aplikaci 24-epibrassinolidu došlo k eliminaci působení stresoru na obsah energie v kořenech (Hnilička, 2006). Tyto závěry byly prokázány i na pokusech prováděných na kvěťáku. Kladný vliv fytohormonu se projevil u obou ošetřených variant nárůstem energie o 0,42 % (kontrola) a o 0,17 % (stres) oproti neošetřeným variantám. Nejnižších hodnot dosahovala varianta stresovaná bez postřiku 24-epibrassinolidem - 11,79 kJ.g⁻¹. Nejvyšší obsah energie v kořenech byl u kontrolní varianty ošetřené fytohormonem (11,86 kJ.g⁻¹). Z měření je zřejmé, že postřik 24-epibrassinolidem má kladný vliv na obsah energie v kořenech sledovaných rostlin.

6.5. Obsah energie v listech

Hradecká (2007) uvádí, že pokusy prováděné na rostlinách chmele prokázaly výrazně příznivý vliv všech testovaných růstových látek (brassinosteroid BR-1, brassinosteroid BR-5, Lexin) na fyziologický stav rostlin.

24-epibrassinolid působí kladně na snížení vlivu vodního deficitu a tepelného stresu jak vyplývá z výsledků výzkumu prováděného na pšenici jarní a ozimé. Po aplikaci 24-epibrassinolidu byl zvýšen obsah energie v nadzemní biomase u většiny sledovaných odrůd (Hnilička, 2006). U pokusu prováděného na kvěťáku nebylo působení 24-epibrassinolidu na obsah energie v listech jednoznačně kladné. Zvýšení energetické hodnoty po aplikaci fytohormonu se projevilo pouze u stresované varianty, kdy došlo k navýšení o 0,73 % oproti rostlinám neošetřeným. U kontrolních variant působil postřik 24-epibrassinolidem negativně, neošetřené rostliny měly o 0,56 % vyšší obsah netto energie (12,53 kJ.g⁻¹) ve srovnání s rostlinami ošetřenými (12,46 kJ.g⁻¹). Nejvyšší energetické hodnoty dosáhly rostliny kontrolní bez ošetření fytohormonem (13,88 kJ.g⁻¹).

6.6. Obsah energie v růžici

Pozitivní vliv 24-epibrassinolidu uvádí také Hnilička a kol. (2005) ve výzkumu změn obsahu energie v generativních orgánech různých plodin (pšenice jarní, pšenice ozimá, sléz krmný, svazenka vratičolistá) po působení stresoru – vodní deficit a vysoká teplota. U většiny sledovaných odrůd byl zjištěn pozitivní vliv aplikace 24-epibrassinolidu na snížení působení stresoru (Hnilička, 2005). Tento výsledek lze potvrdit i z výzkumu vlivu 24-epibrassinolidu

na vliv energie v růžici kvěťáku. Postřik fytohormonem zvyšoval obsah energie u stresovaných ošetřených rostlin o 0,07 % a u kontrolních o 0,77 % oproti rostlinám neošetřeným. V době sklizně byl nejvyšší obsah energie u rostlin kontrolní varianty ošetřených fytohormonem ($16,61 \text{ kJ.g}^{-1}$) a nejnižší u rostlin stresovaných bez ošetření (16 kJ.g^{-1}).

7. Závěr

V polních pokusech byl sledován vliv omezené zálivky na tvorbu sušiny a obsah energie kvěťáku a působení 24 – epibrassinolidu jako antistresové látky. Ze získaných jednoletých pokusů vyplývají následující předběžné závěry:

- Postřik 24-epibrassinolidem působil kladně na přírůstek hmotnosti sušiny stresované varianty u všech sledovaných částí rostlin, u kořene zvyšoval hmotnost sušiny o 1,1 %, u listu o 5,02 % a u růžice o 3,98 %.
- 24-epibrassinolid působil na hmotnost sušiny kontrolních variant negativně, u kořene se hmotnost sušiny snížila o 8,25 %, u listu o 15,43 % a u růžice o 74,47 %.
- 24-epibrassinolid zvyšoval obsah energie ve všech sledovaných částech rostlin u všech variant pokusu, kromě energie listů kontrolní varianty
 - kořen – stresovaná varianta + 0,42 %
 - kořen – kontrolní varianta + 0,17 %
 - list – stresovaná varianta + 0,73 %
 - list – kontrolní varianta – 0,64 %
 - růžice – stresovaná varianta + 0,07 %
 - růžice – kontrolní varianta + 0,77 %

Lze tedy předběžně konstatovat, že 24-epibrassinolid může být považován za antistresový faktor.

8. Seznam literatury

Bartoš, J., Holík, K., Jarošová, J., 1994. Pěstování zeleniny v tržním hospodářství ČR, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 60 s.

Bláha, L., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Möllerová, J., Štolcová, J., Zieglerová, J., 2003. Rostlina a stres, VÚRV, Praha, 156 s.

Duffek, J., Dolejší, J., 1998. Zelinářství – obecná část, Česká zemědělská univerzita v Praze, Agronomická fakulta, Praha, 112 s.

Golley, F. B. 1961. Energy values of ecological materials. *Ecology*, 42, 581.

Hejnák, V., 2003. Využití izotopové metody (^{15}N), spalné kalorimetrie a gazometrie v produkční fyziologii ječmene jarního a špenátu setého. ČZU, Praha, 152 s.

Hnilička, F., Hniličková, H., Bláha, L., Gottwaldová, P. 2005. Změny obsahu energie v generativních orgánech různých plodin po působení stresoru, in, Bláha, L., (ed.), Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2005 (sborník příspěvků), Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, s. 122 – 126.

Hnilička, F., Bláha, L., Hniličková, H. 2006. Vliv aplikace 24-epibrassinolidu na obsah energie v rostlinách pšenice, in, Bláha, L., (ed.), Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2006 (sborník příspěvků), Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, s. 241 – 245.

Hradecká, D., Štranc, J., Štranc, P., Štranc, D., Kohout, L., Kubatko, T., Libich, V., Šnajdauf, R. 2007. Výsledky ověřování brassinosteroidů a přípravku Lexin ve chmelnicích, *Agromanuál*, červen 2007, s. 52 – 55.

Hunková, E., Brestič, M., Živčák, M., Ferencová, J. 2005. Vplyv vodného stresu na úrodnostné prvky vybraných odrôd pšenice letnej, forma ozimná, in, Bláha, L., (ed.), Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2005 (sborník příspěvků), Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, s. 145 – 149.

Kohout, L., 2001. Brassinosteroidy. *Chemické listy*, 95, 583

Kropáč, A., Cisár, L., Laušman, F., 1983. Zelinářstvo, Příroda, Bratislava, 441 s.

Larcher, W., 1995. *Physiological Plant Ecology*, Springer, Berlin, p. 506

Luštinec, J., Žárský, V., 2005. Univerzita Karlova, Praha, 261 s.

Malý, I., 2003. Pěstujeme květák, zelí a další košťálové zeleniny, Grada Publishing a. s., Praha, 87 s.

Malý, I., Bartoš, J., Hlušek, J., Kopec, K., Petříková, K., Rod, J., Spitz, P., 1998. Polní zelinářství, Agrospoj, Praha, 196 s.

Melichar, M., Kostrhounová, M., Vaško, Š., 1997. Zelinářství, Český zahrádkářský svaz, Praha, 165 s.

Nilsen, E. T., Orcutt, D. M., 1996. Physiology of Plants under Stress, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, p. 689

Petříková, K., 1997. Zelinářství (obecná část), Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 58 s.

Petříková, K., Jánský, J., Malý, I., Peza, Z., Poláčková, J., Rod, J., 2006. Zelenina – pěstování, ekonomika, prodej, Profi Press, s. r. o., Praha, 240 s.

Procházka, S., Šebánek, J., Macháčková, I., Krekule, J., Kamínek, M., Borkovec, V., Hradilík, J., Havel, L., Ondřej, M., Psota, V., Luxová, M., Rauscherová, L., Sladký, Z., Vizárová, G., Čížková, R., Klíčová, Š., Rozkošová, V., 1997. Regulátory rostlinného růstu, Academia, Praha, 395 s.

Slavík, L., 2002. Závlahy pro pěstitele speciálních plodin a zahrádkáře, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 45 s.

Stehlík, V., 1971. Naučný slovník zemědělský, díl 3 K-L, Ústav vědeckotechnických informací, Praha, 1253 s.

Šeták, Z., Čatský, J., Šetlík, J., Květ, J., Smetánková, M., Slavík, B., Janáč, J., Vozněsenskiij, V. L., Bartoš, J., Avrataščuková, N., Kubín, Š., 1966. Metody studia fotosyntetické produkce rostlin, Academia, Praha, 394 s.

Elektronické zdroje:

Bartoš, J. Český a polský trh kvěťáku [online]. 31. července 2003, [cit. 2009-03-15]. Dostupné z <<http://www.zahradaweb.cz/projekt/clanek.asp?pid=2&cid=1424>>.

Brassinosteoidy [online]. Cs.wikipedia.org, 4. března 2009 [cit. 2009-03-6]. Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Brassinosteroidy>>.

Chambord F1 [online]. Reprosam, 2008 [cit. 2009-03-20]. Dostupné z <http://www.reprosam.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=38>.

Jones-Held, S., VanDoren, M., Lockwood, T. 1996. Brassinolide Application to *Lepidium sativum* Seeds and the Effects on Seedling Growth [online] [cit. 2009-04-02]. Dostupné z <<http://www.springerlink.com/content/twt757k7t7148648/>>.

Kohout, L. Brassinosteoidy [online]. Ústav organické chemie a biochemie, Akademie věd ČR, Praha, leden 1998 [cit. 2009-03-6]. Dostupné z <<http://www.uochb.cas.cz/Zpravy/Tisk/brasino.html>>.

Pustovoitova T. N., Zhdanova, N. E., Zholkevich. 2001. Epibrassinolide Increases Plant Drought Resistance [online] [cit. 2009-04-02], in, Doklady Akademii Nauk, 376 (5), *Russian Academy of Sciences*, pp. 697 – 700, také dostupné z: <<http://www.springerlink.com/content/h433033344u08100/>>.