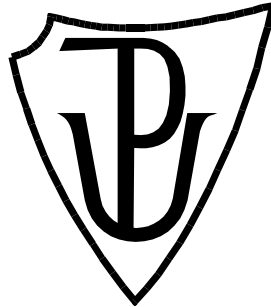


UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Možnosti regulace odnoží obilnin pomocí aplikace
látek ovlivňujících obsah cytokininů**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:	Michal Mikulec
Studijní program:	B1501 Biologie
Studijní obor:	Biologie - Geografie
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	Ing. Radoslav Koprna, Ph.D.
Rok:	2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

V Olomouci dne:

.....

Chtěl bych velmi poděkovat svému vedoucímu práce - Ing. Radoslavu Koprnovi, Ph.D. za odborné vedení, a hlavně ohromnou trpělivost se mnou při tvorbě této práce.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Michal Mikulec
Název práce	Možnosti regulace odnoží obilnin pomocí aplikace látek ovlivňujících obsah cytokininů
Typ práce	Bakalářská
Pracoviště (zadávací téma)	Centrum Regionu Haná – oddělení chemické biologie a genetiky
Vedoucí práce	Ing. Radoslav Koprna, Ph.D., CRH – Oddělení chemické biologie a genetiky
Rok obhajoby práce	2018

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na zhodnocení působení vybraných originálních látek na bázi cytokininů na odnožování a výnos zrna u ječmene jarního (*Hordeum vulgare L.*) a pšenice ozimé (*Triticum aestivum L.*). Látky byly ověřovány v podmínkách maloparcelních pokusů v letech 2011 až 2017 na lokalitách v Olomouci a v Kroměříži. Testovány byly jednak CK deriváty, CK antagonisté a močovinnové deriváty s CK účinkem. Výraznější vliv testovaných látek na výnos zrna a výnosotvorné parametry byl zjištěn u ječmene jarního.

Klíčová slova: cytokininy, ječmen jarní, pšenice ozimá, odnožování, výnos zrna

Počet stran	76
Počet příloh	2
Jazyk	Český

Bibliographic identification

Author's first name and surname	Michal Mikulec
Title of thesis	The possibilities of tillers number regulation using of substances influenced cytokinins content in plants
Type of thesis	Bachelor
Department	Centre of Region Haná – Department of chemical biology and genetics
Supervisor	Ing. Radoslav Koprna, Ph.D., CRH – Department of chemical biology and genetics
The year of presentation	2018

Abstract

This thesis is focused on assessment of the effect of several original cytokinin-based substances on tillering and grain yield in spring barely (*Hordeum vulgare L.*) and winter wheat (*Triticum aestivum L.*). The substances were tested in small-plot experiment conditions from 2011 to 2017 in Olomouc and Kroměříž. CK derivatives, CK antagonists and urea derivatives with CK's effect were tested. Substances had stronger effect on grain yield and yield-forming traits in spring barley.

Keywords: cytokinins, spring barely, winter wheat, tillering, grain yield

Number of pages	76
Number of appendices	2
Language	Czech

Obsah

1	Úvod a cíle práce.....	4
2	Teoretická část	5
2.1	Rostlinné hormony:.....	5
2.1.1	Auxiny.....	6
2.1.2	Gibereliny	8
2.1.3	Kyselina abscisová.....	10
2.1.4	Ethylen	12
2.1.5	Brassinosteroidy.....	14
2.1.6	Cytokininy.....	16
2.2	Ječmen jarní (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	22
2.3	Pšenice ozimá (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	23
2.4	Fenologické fáze růstu obilnin.....	24
3	Materiál a metodika	27
3.1	Použité látky.....	27
3.1.1	CK derivát.....	27
3.1.2	CK Antagonista.....	27
3.1.3	Močovinnové deriváty s CK účinkem	27
3.2	Rostlinný materiál.....	27
3.2.1	Odrůdy ječmene jarního.....	27
3.2.2	Odrůdy pšenice ozimé.....	28
3.3	Použitá technika	29
3.4	Maloparcelové pokusy	29
3.4.1	Založení maloparcelového pokusu	30
3.4.2	Hodnocené znaky.....	30
3.4.3	Hodnocení biometrických dat.....	32
3.5	Meteodata.....	33

4	Výsledky a diskuze	35
4.1	Ječmen jarní, látka RR-G	35
4.2	Pšenice ozimá, látka RR-G	37
4.3	Ječmen jarní, látka RR-D	38
4.4	Pšenice ozimá, látka RR-D	40
4.5	Ječmen jarní, látka RR-H	41
4.6	Pšenice ozimá, látka RR-H	42
4.7	Ječmen jarní, látka RR-J	43
4.8	Ječmen jarní, látka RR-K	45
4.9	Ječmen jarní, látka RR-L	47
4.10	Pšenice ozimá, látka RR-L	48
4.11	Ječmen jarní, látka RR-P	48
4.12	Pšenice ozimá, látka RR-P	50
5	Závěr	53
6	Didaktická analýza odborného tématu	56
7	Zdroje	57
8	Seznam tabulek	61
9	Seznam obrázků	62
10	Přílohy	63

1 Úvod a cíle práce

Cílem této bakalářské práce je vyhodnocení účinku originálních látek ovlivňujících odnožování obilnin v podmínkách maloparcelových polních pokusů a zhodnocení možnosti využití těchto látek k regulaci odnožování obilnin. Jako testovací plodiny byly vybrány ječmen jarní (*Hordeum vulgare L.*) a pšenice ozimá (*Triticum aestivum L.*). Pokusy probíhaly v letech 2011–2017 v Olomouci, na dvou lokalitách.

Látky, jejichž vliv je v této práci porovnáván, byly cytokininové deriváty (látky RR-D, RR-G) na bázi BAP (N⁶ benzylaminopurin), antagonisté cytokininů (látky RR-P, RR-L) a močovinné deriváty (látky RR-H, RR-J a RR-K).

Po aplikaci látek mořením na osivo a postřikem na listy byly pozorovány tyto parametry: počet slabých, středních a silných odnoží, počet klasů na jeden metr čtverečný a výnos zrna z jednoho metru čtverečného při 14% vlhkosti. Všechny tyto hodnoty byly porovnány s hodnotami kontrolních vzorků z daných let.

2 Teoretická část

2.1 Rostlinné hormony:

Rostliny mají vysokou růstovou plasticitu během celého života, což jim poskytuje velkou schopnost adaptace na nepříznivé podmínky a výkyvy v prostředí. Koordinaci tohoto růstu zajišťují všechny rostlinné hormony společně, zejména tedy cytokininy, auxiny, gibereliny a ethylen (Stamm, 2010).

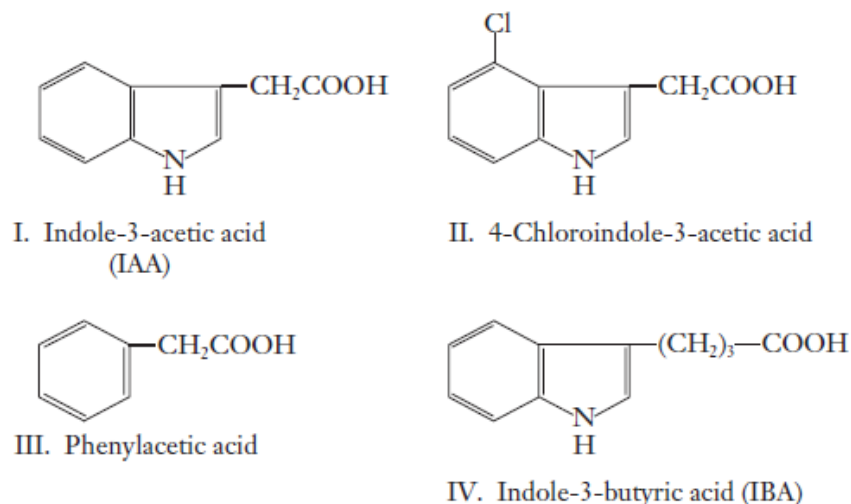
Rostlinné hormony jsou signální molekuly, které jsou v rostlinách přítomny ve stopovém množství. Změny v jejich koncentraci a citlivost rostlinných tkání na tyto změny zasahují širokou škálu procesů vývoje rostlin, z nichž je mnoho spojeno i s působením vnějších faktorů (Bishop, 2015). Analogicky k živočišným hormonům se u rostlin rozdělují rostlinné hormony (fytohormony) do pěti skupin endogenních růstových regulátorů. Jsou jimi auxiny, cytokininy, gibereliny, kyselina abscisová a ethylen. Jsou však výrazně méně specifické než živočišné hormony. Dále v rostlinách existuje řada látek s růstově regulační aktivitou, které však mezi hormony řazeny nejsou. Na rozdíl od hormonů jsou účinné až při vyšších koncentracích nebo není ještě dostatečně známa podstata jejich působení. Těmito látkami jsou brassinosteroidy, polyaminy, kyselina jasmínová, kyselina salicylová, oligosacharidy a velká skupina fenolických látek (Procházka, 1998; Bishop 2015).

Všechny tyto látky působí na vývoj rostlin na molekulární úrovni v buněčném cyklu, čímž ovlivňují například míru růstu a směr rostlinného vývoje. Některé z fytohormonů regulují expresi genů kódujících CDK (cyklinindependentní kinázy) a cykliny (látky regulující dělení buňky v buněčném cyklu). Jiné působí na vývoj rostliny nepřímo – ovlivněním aktivity proteinů, jako je např. CKI (inhibitor cyklinových kináz), které regulují hladinu aktivity CDK–cyklinových komplexů. V některých případech mohou fytohormony ovlivňovat aktivitu proteolytických komplexů (bílkovintvorných), které degradují regulátory buněčného cyklu s inhibiční funkcí (Smith, 2010). Tím je například inhibitor cyklinových kináz p21, který může vyvolat zastavení buněčného cyklu v G1 fázi a znemožnění vstupu do S-fáze inaktivací CDK nebo inhibicí aktivity jaderného antigenu dělicích se buněk (PCNA), (Gartel, 1996).

2.1.1 Auxiny

Jedná se o nejdéle známé rostlinné hormony objevené již ve 20. letech minulého století při studiu fototropismu a gravitropismu Fritzem Wentem. Ten při svých studiích získal z koleoptyle ovsu látku podporující růst, nazvanou auxin (Bishop, 2015).

Nejvyšší koncentrace auxinů je v semenech rostlin. Strukturně se jedná o indolyl-3-octovou kyselinu (IAA) a její deriváty (Bewley a Black, 1983). Auxiny vycházejí ze strukturně podobných látek – aminokyseliny tryptofanu a jeho prekurzoru indol-3-glycerolfosfátu, které mohou sloužit právě jako prekurzory pro biosyntézu IAA (Taiz, 2010). Konjugované auxiny jsou většinou bez hormonální aktivity, ovšem k jejich uvolnění (to je způsobeno odštěpením substituentu) dochází snadno enzymatickou aktivitou. Takovéto konjugáty proto v rostlině slouží jako reverzibilní zásobárna auxinů (Taiz, 2010).



Obrázek 1: Struktura některých přírodních auxinů.

Zdroj: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0009_Levai_Laszlo_Veres_Szilvia-Applied_Plant_Physiology/ch12s02.html

2.1.1.1 Biosyntéza

Výchozí látkou pro syntézu auxinů je aminokyselina tryptofan (Bishop, 2015). Biosyntéza auxinů probíhá zejména v dělicích se buňkách meristematických pletiv, jako třeba ve vzrostných vrcholech stonku a kořene, popřípadě u intenzivně se dělicích buněk v mladých listech. Vysoké koncentrace auxinů jsou také v embryích, semenech a mladých plodech (Taiz, 2010). Jejich syntézu však mohou ovlivnit i bakterie. *Agrobacter tumefaciens* je příkladem bakterie, která navyšuje produkci auxinů přenosem dvou svých genů do rostlinné T-RNA, což často vede k tvorbě rostlinných nádorů či hálek (Bishop, 2015).

2.1.1.2 Transport

Pokud se jedná o transport na krátké vzdálenosti, probíhá transport auxinů přes buněčné membrány. Pokud jsou transportovány na větší vzdálenosti, mohou být jako jediné z rostlinných hormonů transportovány polárně přes buňky pomocí proteinových přenašečů v plasmatické membráně. Tento transport probíhá směrem od vrcholu ke kořeni, tedy bazipetálně (Bewley a Black, 1983). To hraje důležitou roli v gravitropismu rostliny. Jinak jsou na dlouhé vzdálenosti přenášeny pasivně floémem s proudem asimilátů směrem ke kořenům (Pavlová, Fischer, 2011).

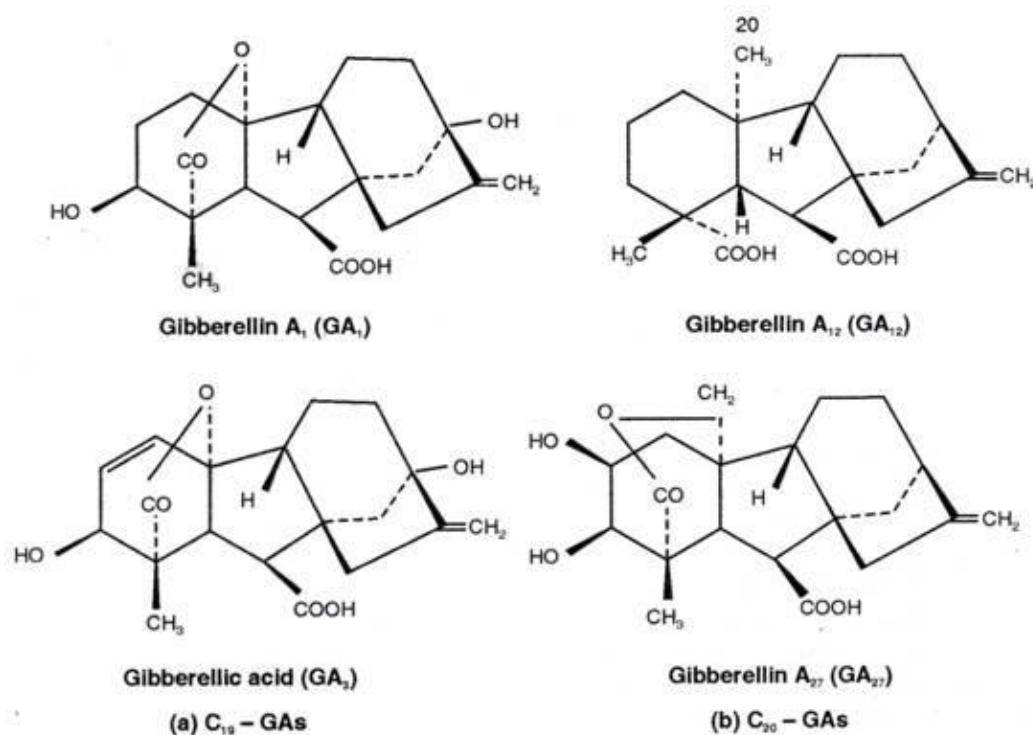
2.1.1.3 Účinek na rostlinu

Jejich koncentrační gradient ustanovený polárním transportem je klíčovým mechanismem vzniku základů rostlinných orgánů a jejich dalšího vývoje. Polární transport má také zásadní vliv na polarizaci embrya během jeho vývoje (rozdělení na kořenový a stonkový pól). V dalším vývoji rostliny auxiny ovlivňují dělení buněk a jejich prodlužování (a tím i růst internodií), stimulují diferenciaci vodivých pletiv z prokambia a ovlivňují aktivitu kambia, růst plodů i adventivních kořenů. U listů, kde se auxiny hromadí během růstu v okrajových částech, jsou zodpovědné za zakládání hydrotod, které dále slouží pro gutaci (uvolňování vody z rostliny v kapalném stavu). Zároveň i kontrolují regeneraci vodivých pletiv, kdy jsou auxiny produkovány v mladých listech přímo nad místem poškození a jejich vyšší koncentrace brzdí opad listů a plodů (Taiz, 2010). Z těchto důvodů se zejména syntetické auxiny hojně využívají v zahradnictví na vyvolání zakořenění, při řízkování a na podporu zakládání plodů a jejich vývoje. Syntetických auxinů se využívá i pro tvorbu bezsemenných plodů (partenokarpických), jejichž aplikace často spustí endogenní syntézu auxinů v rostlině. Vysoké koncentrace syntetických auxinů se naopak komerčně používají jako účinné herbicidy (Bishop, 2015; Taiz, 2010).

2.1.2 Gibereliny

Tyto hormony byly poprvé objeveny roku 1926 v houbě *Gibberella fujikuroi* japonským vědcem Eiichi Kurosawou. Ten se snažil zjistit podstatu nemoci Bakanae (nemoc „šílených semenáčků“) u rýže seté (*Oryza sativa*). Tato nemoc byla zodpovědná za výrazné poklesy výnosu rýže, protože napadené rostliny, které přežily až do produkčního období, byly výrazně vyšší, etiolované a většinou bez semen. Kurosawa prokázal, že houba produkovala látky způsobující výraznou elongaci oddenků. Zaznamenal, že tato látka podporovala růst i u dalších rostlin, například *Zea mays*, *Avena sativa* a dalších. Ve 30. letech byla tato růst podporující látka izolována a nazvána Giberelin. Stejně jako u auxinů je nejvyšší koncentrace giberelinů v semenech (Bishop, 2015; Koratkar, 2016).

Strukturně se jedná o tetracyklické diterpeny a dnes jich je známo již 136, ovšem jen několik z nich má biologicky aktivní hormonální funkci (Bishop, 2015).



Obrázek 2: Struktura některých vybraných giberelinů.

Zdroj: <http://www.biologydiscussion.com/plants/gibberellins-discovery-chemical-nature-and-biosynthesis-plants/23404>

2.1.2.1 Biosyntéza

Biosyntéza giberelinů probíhá v aktivně rostoucích orgánech (mladé listy, pupeny, internodia a mladá semena) a má tři prostorově oddělené fáze. První fáze probíhá v plastidech, druhá na plastidových membránách a na endoplazmatickém retikulu.

Tyto dvě fáze jsou společné všem rostlinám. Třetí fáze probíhá v cytosolu a její metabolity se liší u různých druhů rostlin i v různých orgánech jedné rostliny (Pavlová, Fischer, 2011). Výchozí látkou je při tom isopentenyl difosfát (Bishop, 2015).

2.1.2.2 Transport

Z místa syntézy v nadzemní části rostliny jsou gibereliny transportovány sítkovicemi lýka. V kořenech vzniklé gibereliny jsou pak transportovány cévními svazky dřeva do nadzemních částí rostliny (Pavlová, Fischer, 2011).

2.1.2.3 Účinek na rostlinu

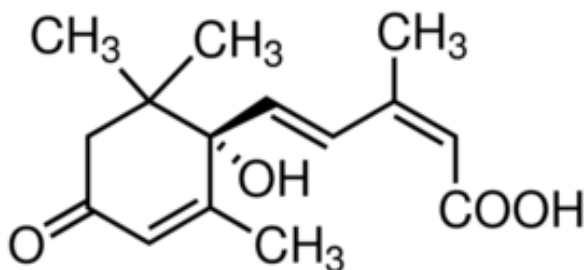
Jejich účinky jsou velmi různorodé a druhově specifické. Jednou z jejich hlavních funkcí je ukončení dormance semen, a také urychlení klíčení u semen, které dormanci nemají (Bewley a Black, 1982). U semen způsobují novotvorbu α -amylázy a dalších enzymů v aleuronové vrstvě obilovin. Tohoto se využívá ve sladovnictví pro urychlení tvorby sladu (Bishop, 2015).

Dále mají výrazný vliv na stimulaci růstu stonku a růst listů. Tento růst je zapříčiněn zvětšováním buněk a aktivací dělení buněk rostlinných dělivých pletiv (meristémů) (Taiz, 2010). Vliv giberelinů je silnější u buněk stonku než buněk kořene. Během klíčení gibereliny regulují mobilizaci zásobních látek v endospermu, ukončují juvenilní fázi růstu rostliny a ovlivňují její přechod do fáze generativní. Mohou ale juvenilní fázi ještě prodloužit. U některých rostlin mohou nahradit vliv jarovizace (Pavlová, Fisher, 2011). U mnohých rostlinných druhů jsou gibereliny zodpovědné dokonce za vývoj plodu, aniž by došlo k předchozímu opylení (partenokarpie) (Bishop, 2015).

Inhibitory giberelinů se pak používají na ochranu obilovin proti poléhání, ať už způsobenému přirozeným sklonem rostlin k poléhání nebo působením nepříznivých abiotických podmínek (Pavlová, Fischer, 2011). Dále umožňují zvýšení produkce cukru v cukrové třtině. Inhibitory jejich biosyntézy se používají na cílenou redukci růstu u rostlin pro snadnější pěstování v uzavřených prostorách či ve sklenících, kde může být vyšší vzrůst problematický pro hospodaření s rostlinou (Taiz, 2010).

2.1.3 Kyselina abscisová

Byla objevena v rostlinách v 50. letech a je obvykle označována jako inhibitor růstu. Při zkoumání kyseliny abscisové se totiž ukázalo, že na rozdíl od jiných rostlinných hormonů potlačuje elongaci koleoptile, dormanci pupenů nebo klíčení hlíz (např. u *Solanum tuberosum*). Kyselinu abscisovou umí syntetizovat i houba skvrnatička růžová (*Cercospora rosicola*) z třídy Ascomycetes. Struktura kyseliny abscisové (ABA) obsahuje 15 atomů uhlíku, ale jen jeden uhlík je chirální (umožňuje volnou rotaci molekuly a na každé vazbě má jiný substituent) a v přírodě se vyskytuje pouze jako (S)-enantiomer (cis- forma), který stáčí rovinu polarizovaného světla do leva (Bishop, 2015).



Obrázek 3: Strukturální vzorec kyseliny abscisové.

Zdroj: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/a4906>

2.1.3.1 Biosyntéza

Samotná biosyntéza v rostlině probíhá v plastidech a vychází z pyruvátu a 3-fosfoglyceraldehydu (Pavlová, Fischer, 2011). Z těchto molekul se tvoří isoprenyl difosfát, který je prekurzorem i pro cytokininy, gibereliny či brassinosteroidy. Působením stresových podmínek a enzymů se štěpí na 15uhlíkatý xanthoxin, který již přechází do cytoplazmy a zde podléhá dalším reakcím až na konečný produkt, kterým je kyselina abscisová (Taiz, 2010).

2.1.3.2 Transport

Transport ABA z listů dále do rostliny se děje prostřednictvím floému i xylému směrem do kořenů. Ve floému se ale nachází v mnohem vyšší míře (Taiz, 2010).

2.1.3.3 Účinek na rostlinu

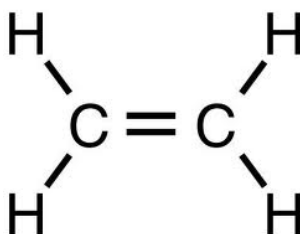
Účinek kyseliny abscisové je antagonistický k působení giberelinů, cytokininů, auxinů, ethylenu i brassinosteroidů. Navzdory označení ABA za inhibitor růstu, má řadu stimulačních účinků, např. při zavírání průduchů. Její primární funkce je regulace nástupu a délky trvání dormance embryí a pupenů (Pavlová, Fischer, 2011), kdy působením kyseliny abscisové dochází k inhibici předčasného klíčení či vývoje

rostlinného embrya. Také brání viviparii, tedy aby semena začala klíčit už v době, kdy jsou stále ještě součástí mateřské rostliny. Významnou roli hraje i v rostlinných odpovědích na stresové podmínky, zejména pak vodní stres, kdy právě stimulací zavírání průduchů reguluje výpar vody. Dále reguluje produkci ethylenu při vodním stresu, čímž zlepšuje růst kořenů (Taiz, 2010). Podporuje ukládání zásobních bílkovin a tvorbu ochranných strukturních proteinů LEA (Late Embryogenesis Abundant = „hojný v pozdní embryogenezi“) v embryu. (Pavlová, Fischer, 2011).

2.1.4 Ethylen

Ethylen byl objeven už v roce 1886 Dimitry Nikolajevich Neljubowem, který se snažil objasnit, proč etiolované semenáčky hrachu rotou v laboratoři horizontálně a mimo laboratoř vertikálně. Jako důvod se nakonec ukázal být ethylen, který se tehdy používal na svícení v lampách. Většina jeho dalších účinků na rostlinu však byly objeveny až zejména ve 40. letech minulého století (Bishop, 2015).

Chemicky se jedná o plynný uhlovodík (sumární vzorec C_2H_4), který má hydrofobní povahu a má veliký význam hlavně v procesech obrany rostlin proti působení stresorů, ve vývoji a zrání plodů a při opadávání listů (Pavlová, Fischer, 2011). Za normálních podmínek je lehčí než vzduch a snadno podléhá oxidaci (Taiz, 2010).



Obrázek 4: Strukturální vzorec ethylenu. Zdroj: <http://planthormones.info/ethylene.html>

2.1.4.1 Biosyntéza

Syntéza ethylenu může probíhat ve všech rostlinných pletivech. Základem pro ni jsou aminokyselina methionin a molekula ATP, kdy v Yangově cyklu dochází působením několika enzymů k přeměně methioninu přes několik meziproduktů až na ethylen. (Taiz, 2010; Pavlová, Fischer, 2011).

2.1.4.2 Transport

K transportu ethylenu v rostlině dochází prostou difúzí. Nejvyšší produkce je v meristematických pletivech a jeho koncentrace narůstá s nástupem senescence, opadu listů, zrání plodů či stresových podmínkách. K odbourávání ethylenu dochází jeho uvolňováním z těla rostliny do ovzduší, či přímo v rostlině jeho oxidací na ethylenoxid a z něj dále na kyselinu šťavelovou a oxid uhličitý (Pavlová, Fischer, 2011).

2.1.4.3 Účinek na rostlinu

Hlavními účinky ethylenu jsou tedy jeho vliv na urychlení nástupu senescence (z tohoto důvodu je potlačována jeho tvorba při skladování řezaných rostlin) (Pavlová, Fischer, 2011) a opad listů. Má hojně využití i pro urychlování zrání dužnatých plodů,

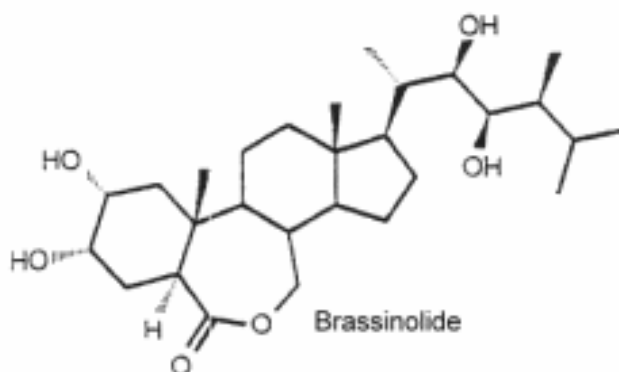
což se aplikuje při skladování plodů a jejich dozrávání v halách (Taiz, 2010). Dále zkracuje dormanci některých semen a pupenů, u některých rostlin, např. *Spergula arvensis* nebo *Striga lutea* vyvolává klíčení semene (Bewley, 1982). Zajímavý je i účinek na dvoudomé rostliny, kde ethylen může změnit pohlaví vyvíjejících se květů (Taiz, 2010).

Je několik látek, které účinky ethylenu inhibují, jako např. CO₂, který při koncentraci 5-10 % inhibuje většinu účinků ethylenu. Ještě silnější vliv má stříbrný iont Ag⁺, který se do rostliny může dostat v podobě dusičnanu stříbrného (AgNO₃) nebo thiosíranu stříbrného [Ag(S₂O₃)₂³⁻] z půdy nebo hnojiva (Taiz, 2010).

2.1.5 Brassinosteroidy

V 60. letech minulého století se objevily myšlenky, že klíčení a růst pylových zrn je spojen s přítomností určitého růstového promotoru. Tím se ukázal být brassinolid – první růstový regulátor, který dal název i celé této skupině (Bishop, 2015). Brassinolid byl izolován z pylu brukve řepky (*Brassica napus*). Brassinosteroidy jsou skupina více než 60 modifikovaných sterolů, které při velmi nízkých hladinách dokáží ovlivňovat vývojové a růstové procesy rostlin (Pavlová, Fischer, 2011). Základem struktury těchto hormonů je steroidní lakton (Taiz, 2010). Nejvyšší biologickou aktivitu má právě brassinolid (Bishop, 2015).

Brassinosteroidy byly nalezeny v nízkých koncentracích prakticky ve všech rostlinných orgánech (Taiz, 2010). Byly nalezeny dokonce v buňkách všech testovaných rostlin od zelených řas až po krytosemenné rostliny (Pavlová, Fischer, 2011). U mikroorganismů však jejich přítomnost zatím nebyla prokázána (Bishop, 2015).



Obrázek 5: Strukturální vzorec molekuly brassinolidu. Zdroj: <http://www.cyberlipid.org/simple/simple0008.htm>

2.1.5.1 Biosyntéza

Syntéza brassinosteroidů probíhá podobnou cestou jako u giberelinů a kyseliny abscisové. Brassinosteroidy jako takové jsou syntetizovány v endoplazmatickém retikulu z campesterolu, sitosterolu a cholesterolu (Taiz, 2010). Většina v rostlinách běžných sterolů ovšem jen obtížně podléhá reakcím vedoucím k tvorbě brassinosteroidů. Syntéza proto vyžaduje přítomnost mnoha různých enzymů a vede přes řadu meziproductů (Bishop, 2015).

2.1.5.2 Transport

Endogenní brassinosteroidy účinkují většinou již přímo na místě jejich syntézy nebo v jeho blízkém okolí. Zatím co v xylému je transport těchto hormonů snadný a probíhá i na větší vzdálenosti (například z kořenů do odnoží nebo listů), floémem probíhá jen velmi slabě. Za přenos hormonů v buňkách pak zodpovídají specializované membránové proteiny (Taiz, 2010; Pavlová, Fischer, 2011).

2.1.5.3 Účinek na rostlinu

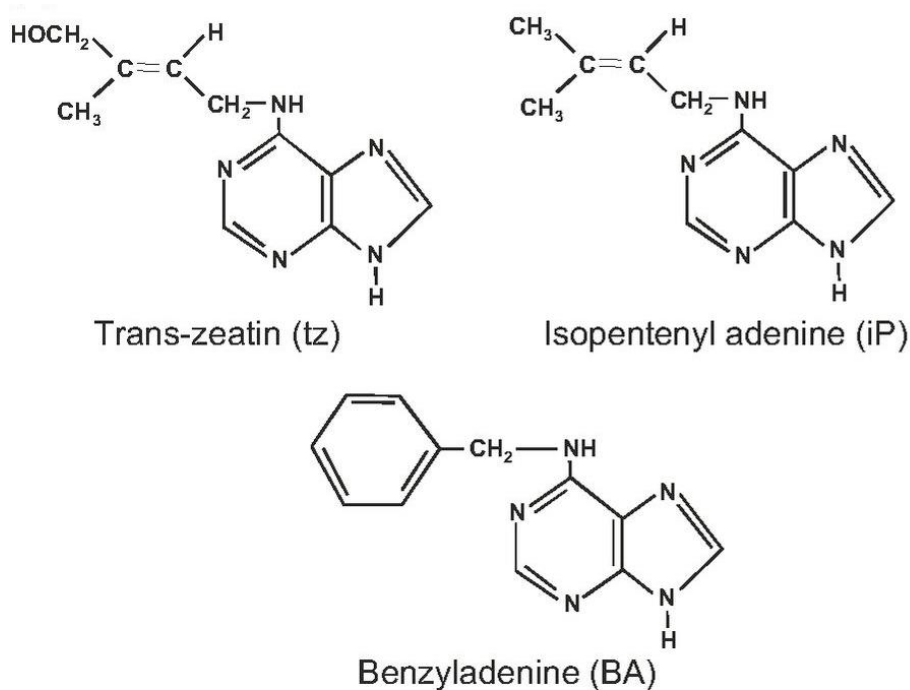
Od doby jejich objevení se postupně ukázalo, že brassinosteroidy jsou zapojeny v široké škále procesů rostlinného vývoje. Jejich fyziologickými účinky jsou především stimulace diferenciací xylému, působí pozitivně na růst a vývoj kořenového systému (zejména postranních kořenů) a stimulují i syntézu ethylenu, čímž ovlivňují zrání plodů a nástup senescence. Podporují transkripci genů pro cyklin D3, který podporuje dělení buněk a jejich prodlužování (včetně buněk pylové láčky). Jejich účinek pomáhá udržovat apikální dominanci (Pavlová, Fischer, 2011; Taiz, 2010). Důležitý je jejich účinek na obranu rostliny proti různým infekcím a patogenům, čehož se využívá např. při řízkování rostlin. Využívají se také pro zvýšení výnosu fazolí či hmotnosti listů různých variet salátu (Taiz, 2010).

2.1.6 Cytokininy

Objev cytokininů má své kořeny už ve 30. letech 20. století, kdy se hledaly chemické látky umožňující pěstování rostlinných pletiv v syntetickém médiu. V 50. letech se podařilo izolovat a vykrytalizovat látku, která silně stimulovala buněčné dělení tkáňových kultur tabáku (*Nicotiana tabacum*). Tato látka – N⁶-furfurylaminopurin – byla nazvána kinetin. Kinetin zatím nebyl nalezen v žádné živé rostlině a má se za to, že vznikl jako vedlejší produkt vlivem rozpadu DNA. Přírodně se vyskytující látka podobná kinetinu byla izolována v 60. letech z nezralého endospermu kukuřice (*Zea mays*) a byla nazvána zeatin (konkrétně izomer trans-zeatin). Označení „cytokininy“ bylo vytvořeno jako obecné označení látek podporujících buněčné dělení a vyvolávajících další růstovo-regulační funkce stejným způsobem jako kinetin (Bishop, 2015; El-Showk, 2013). V genomu ječmene, který je popsán z více než 90 % (zveřejnění přehledu genů na Mezinárodním konsorciu o sekvenování genomu ječmene v roce 2012), bylo popsáno celkem 11 genů kódujících produkci cytokininů v rostlinách (Mrízová, 2013).

Cytokininy jsou jedny z rostlinných hormonů, které ovlivňují a jsou dokonce nezbytné pro dělení buněk v kořenech, oddencích a pupenech. Celkově je známo přibližně na 200 přírodních i syntetických cytokininů (Procházka, 1998). Jejich účinek může být jak lokální (tedy v místě syntézy), tak distální (ve vzdálených částech rostliny, mimo místo syntézy) (Taiz, 2010). Cytokininy se dají rozdělit dle chemické struktury na několik skupin. Jednou z nich jsou N⁶-deriváty adeninu (aminopurinu) substituované pětiuhlíkatým řetězcem nebo aromatickým jádrem, které může být dále modifikováno (Pavlová, Fischer, 2011). Tato substituovaná skupina v pozici N⁶ je podmínkou jejich biologické aktivity. Modifikace adeninového skeletu či změna počtu atomů uhlíku na postranních řetězcích vede ke značnému snížení až ztrátě biologické aktivity (Procházka, 1998). Nejvyšší fyziologickou aktivitu vykazuje trans-zeatin, který se vyskytuje u mnoha rostlin i bakterií a byl právě tím prvním objeveným přírodním cytokininem, izolovaným z kukuřičného endospermu (Pavlová, Fischer, 2011).

Od objevení cytokininů byly syntetizovány různé heterocyklické sloučeniny, strukturně podobné cytokininům. Některé byly s agonistickými i antagonistickými účinky, jako například v 70. let 20. století pyrazolo(4,3-d)pyrimidin či pyrrolo(2,3-d)pyrimidin a další (Hecht, 1971). Tyto látky se váží na reakční místa cytokininů, chovají se ale spíše jako inhibitory cyklinových kináz (Spíchal, 2007).



Obrázek 6: Struktura některých významných cytokininů. Zdroj: <http://dev.biologists.org/content/140/7/1373>

2.1.6.1 Močovinové deriváty

Další skupinou cytokininů jsou močovinové deriváty, kam spadají látky jako difenylmočovina nebo thidiazuron (Arata, 2010). Močovinové deriváty jsou látky strukturně odlišné od adeninových derivátů cytokininů. Přesto mají některé tyto syntetické sloučeniny větší účinek než purinové deriváty. Například při testování zeatinu a thidiazuronu na stonky sójových bobů se ukázalo, že zeatin má lineární závislost stimulace růstu na koncentraci látky, tedy čím koncentrovanější roztok zeatinu použijeme, tím intenzivněji růst stimuluje, a to v koncentracích od 2×10^{-8} do 5×10^{-5} mol/l. U thidiazuronu tato závislost byla jen u koncentrace 0 – 4×10^{-7} mol/l. Kombinací těchto dvou látek nebyly při porovnání s užitím jen samostatného thidiazuronu pozorovány žádné kumulativní účinky (Thomas, Katterman, 1986). Thidiazuron byl původně testován jako látka napodobující vlastnosti cytokininu BA (benzylaminopurin) a cytokininů adeninového typu obecně. Krom výše zmíněné stimulace růstu stonků stimuluje i produkci ethylenu v rostlině (Yip, 1986).

2.1.6.2 Cytokininoví antagonisté

Antagonisté cytokininů jsou látky, jejichž vlastností je utlumení účinku cytokininů a cytokininových derivátů. To je způsobeno vytěsněním cytokininů z vazebných míst receptorů cytokininovými antagonisty, což snižuje vnímavost rostliny na hladinu cytokininů (Niesler, 2010). Této vlastnosti se dá využít i cíleně. Příkladem antagonisty cytokininů je 6-(2-hydroxy-3-methylbenzylamino)purin (PI-55), který má svou strukturu odvozenou od aromatického cytokininu 6-benzylaminopurinu (6-BA). Modifikovaná analoga sloučeniny PI-55 - 6-(2,5-dihydroxy-benzylamino)purin se ukázala být cytokininovým antagonistou se širší specifikou, tedy inhibuje více cytokininových receptorů. Toho lze využít pro urychlení klíčení semen, podporu růstu kořenů a tvorbu postranních kořenů (Spíchal, 2009).

2.1.6.3 Anticytokininy

Látky, které přímo inhibují fyziologickou funkci cytokininů, jsou nazývány anticytokininy. Byly identifikovány při snaze inhibovat právě aktivitu cytokininů u tvorby kalusu u rostliny tabáku. Další výzkumy pak ukázaly, že anticytokininy se neváží přímo na receptory pro cytokininy (jako je tomu u CK antagonistů), ale inhibují cyklin-dependentní kinázy (Arata, 2010).

2.1.6.4 Biosyntéza

Hlavní místo syntézy cytokininů jsou kořeny, dále jsou syntetizovány v embryu a plodech (Pavlová, Fischer, 2011). Iniciačním krokem biosyntézy může být prenylace (posttranslační modifikace proteinů, kdy je na ně navázána hydrofobní molekula s prenylovou skupinou) uhlíko-dusíkatých bází mechanismem bimolekulární nukleofilní substituce (SN₂). Druhou cestou biosyntézy cytokininů je degradace tRNA (Bishop, 2015). Fyziologickou aktivitu mají pouze volné cytokininy. Ty, které jsou konjugované (většinou na sebe váží sacharidy), jsou reverzibilně inaktivované. Enzym cytokininoxidáza pak zodpovídá za jejich odbourání, které je už nevratné (Pavlová, Fischer, 2011).

2.1.6.5 Transport

Z kořenů jsou cytokininy transportovány v míze do nadzemních částí rostliny cévami dřeva (xylémem). Důležitou roli hraje v jejich transportu i prostá difuze (Pavlová, Fischer, 2011; El-Showk, 2013). Transport cytokininů je navíc selektivní a v závislosti na typu cytokininu se může jeho směr lišit. Např. trans-zeatinový typ je transportován ve směru od kořenů do stonku, zatím co isopentenyl-adeninový typ je transportován přesně obráceně (El-Showk, 2013). Nejvyšší hladiny cytokininů nalezneme v intenzivně se dělicích a rostoucích pletivech. Jejich přítomnost je například naprosto nezbytná pro tvorbu buněk listů, kdy snížením produkce cytokininů v rostlině může tvorba těchto buněk klesnout na pouhé 3-4 % přirozené produkce (Werner, 2001).

2.1.6.6 Účinky na rostlinu

Cytokininy jsou rostlinné hormony, které v přítomnosti auxinu stimulují buněčné dělení ve všech intenzivně se dělicích pletivech. Ovlivňují růst a diferenciaci kořenů jak při působení gravitropismu, tak fototropismu. Stimulují růst a dělení buněk, klíčení, zpomalují proces stárnutí buněk inhibicí rozpadu bílkovin. Mají pozitivní vliv na syntézu RNA a bílkovin a shromažďování živin z okolních tkání (Šebánek, 2004; Taiz, 2010, Yang, 2016). Oddalují nástup senescence. Ten je vyvolán dosažením určitého poměru CO₂ a dusíku, což vede ke žloutnutí a stárnutí (Sýkorová, 2008). Podněcují tvorbu některých kináz, např. aktivují expresi genu kódujícího cyklin typu D, který je jedním z regulačních proteinů buněčného cyklu eukaryot (Pavlová, Fischer, 2011). Dále mají vliv na replikaci DNA v S-fázi mitózy. V rostlinách je podpora buněčného dělení uskutečněna na úrovni transkripce a translace (hlavně při klíčení semene, kdy cytokininy působí v elongační zóně kořenové špičky a podporují tak

rychlejší růst kořinek, tedy i rychlejší dosažení rostliny k živinám) (Bishop, 2015). Při nízkých teplotách je u rostliny zpomalen buněčný cyklus a její růst je tím zpomalen. Cytokininy ale pomáhají zvyšovat rychlost růstu rostliny i při teplotách kolem 4 °C. Navýšení množství cytokininů probíhalo jak aplikací postřiku, tak vyšlechtěním rostlin s upravenými geny na produkci cytokininů, tedy aby jich rostlina produkovala vyšší množství (Xia, 2009).

Na druhou stranu pomáhají odolávat účinkům teplotního stresu vyvolaného vysokými teplotami. Teplotní stres působící během fáze kvetení vede ke snížení počtu zrn v klasech, a tedy i ke snížení výnosů. Jeho působení snižuje obsah zeatin-ribosy, ale zvyšuje obsah giberelinů i auxinů a kyseliny abscisové. Přidáním cytokininů (6-benzylaminopurin) se účinky tepelného stresu snížily (Yang, 2016).

Cytokininy stimulují tvorbu chloroplastů při deetiolaci rostliny i syntézu dalších fotosyntetických barviv a bílkovin fotosystému I a II. Samotné množství chlorofylu v listech během temností fáze růstu rostlin přímo koreluje s hladinou cytokininů v rostlinách. Cytokininy tak ovlivňují celkový vzhled rostliny (Pavlová, Fischer, 2011; Banowetz, 1997). Konkrétně jsou to antagonisté auxinů – potlačují apikální dominanci a stimulují větvení stonku. Je-li koncentrace cytokininů a auxinů v rovnováze, zůstává v pletivech část buněk nediferencovaných – tzv. kalus. Při nárůstu koncentrace cytokininů se z kalusu začnou tvořit pupeny nadzemních výhonů. Naproti tomu při zvýšení koncentrace auxinů se z kalusu diferencují kořeny a nízká hladina cytokininů vede ke zpomalení růstu rostliny (Campbell, Reece, 2006). Při velmi vysoké hladině auxinů (při nízké hladině cytokininů) dochází k přímé inhibici tvorby odnoží, navíc se v buňkách rostliny zpomaluje tok protoplazmy. Při takové koncentraci se stávají auxiny pro rostlinu již toxickými (Arata, 2010; Arrington, 2015).

Ve spojení s účinkem auxinů jsou základem regeneračních procesů rostlin (Campbell, Reece, 2006). Vzájemný poměr mezi cytokininy a gibereliny pak rozhoduje mezi tím, jestli se buňky vzrostných vrcholů mají dále dělit nebo jestli má dojít k jejich diferenciaci na listová primordia (Taiz, 2010). Cytokininy dále stimulují tvorbu škrobu, zvyšují kapacitu sinku (místa spotřeby), díky čemuž se zvyšuje konečná biomasa. Ovlivňují totiž proud živin v rostlinách (tomuto jevu se říká „*cytokinin-induced nutrient mobilization*“, tedy něco jako cytokininy vyvolaná mobilizace živin), kdy živiny proudí intenzivněji do tkání s vyšším obsahem cytokininů, které takto navyšují prioritu daného sinku (Taiz, 2010). Jejich působením se zvyšuje tolerance vůči extrémním podmínkám prostředí. Přerušují dormanci semen – mohou tedy

nahradit účinek světla u semen, pro které je účinek světla jinak nezbytným faktorem pro klíčení (Stamm, 2010).

Využití nacházejí cytokininové deriváty s auxiny jako složky kultivačních médií v rostlinných biotechnologiích. Jako stimulanty větvení u okrasných rostlin; v kombinaci s gibereliny ke tvarování plodů např. některých odrůd jabloní (Romanovský, 1985). Cytokininy se testují na zvyšování výnosů a zlepšování růstu rostlin už od 70. let. Přes to se zatím pro jejich širokospektrální účinek na rostliny na trhu moc regulátory růstu na bázi cytokininů neobjevují (Koprna, 2016). V raných fázích vývoje obilovin lze pomocí cytokininů zvýšit odnožování rostlin, v době kvetení zvyšují počet zrn v klasech a prodlužují období fotosyntetické produktivity rostliny. Zpomalují totiž rozpad chloroplastů, čímž prodlužují její produktivní fázi a měly by tím zvýšit celkovou produkci biomasy rostliny, popř. při využití v zemědělství by jejich účinek mohl zvýšit výnosy plodin (Sýkorová, 2008; Spíchal, 2009). Cytokininy mohou na druhou stranu produkovat i některé patogenní bakterie nebo hmyz napadající rostliny. V takovém případě může dojít i k výraznému navýšení produkce cytokininů, čímž dochází ke vzniku struktur, jako jsou různé tumory či hálky a čarovějíky. Cytokininy hrají i významnou roli v symbióze s hlízkovými bakteriemi, kde stojí právě za tvorbou hlízek (Pavlová, Fischer, 2011). Příkladem je využití bakterie *Agrobacterium tumefaciens* na úpravu ipt (isopentenyl transferáza) genu regulujícího stárnutí rostliny a hladinu cytokininů v ní (Sýkorová, 2008).

2.2 Ječmen jarní (*Hordeum vulgare* L.)

Je krytosemenná rostlina z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a je jednou z nejvíce pěstovaných plodin u nás. Původem je ječmen z oblasti Přední a východní Asie. V současnosti se ječmen v ČR pěstuje přibližně na 400 tisících ha. Většina jeho produkce se spotřebovává jako krmivo pro zvířata, kolem 30 % jde na výrobu sladu a jen malé procento se používá na potravinářské účely (selgen.cz).

Přibližně do přelomu 60. let a 70. let 20. století se u nás pěstoval převážně dvouřadý sladovnický jarní ječmen. Ten byl pak z velké části nahrazen krátkostébelnou odrudou Diamant, která je však nevhodná pro sladování. V současnosti jsou k dispozici ozimé dvouřadé ječmeny, které mají i podobné sladovnické vlastnosti jako původní dlouhostébelné odrůdy. Zatím ale ozimý ječmen zabírá mezi 20-30 % celkové výměry ječmenem osetých ploch (Černý, 2007).

Ideální prostředí pro pěstování ječmene jsou nížiny (v případě České Republiky např. Polabí, Haná a Střední Morava), s oteplováním se ale zlepšují podmínky pro jeho pěstování i v pahorkatinách kolem 500 m n. m. Ječmen není moc náročný na vláhu (při dlouhodobém suchu ale narůstá množství dusíku uloženého v zrnech), ani na teplotu. Má ale značné nároky na půdu vzhledem k tomu, že většina jeho kořenového systému se nachází v hloubce do 30 cm. Ideální je pro něj hlubší černozem, hnědozem, případně půdy hlinité, které dobře zadržují vláhu (Černý, 2007). Nejvhodnějšími předplodinami z hlediska dodání živin pro následný růst ječmene jsou okopaniny (brambor, cukrovka). Dají se použít i olejniny a luskoviny, ale narůstá pak riziko většího poléhání ječmene (selgen.cz).

Výnosotvorné prvky jsou ovlivněny kvalitou použitého osiva, způsobu setí (šířka řádkování, hustota osevu, termín a hloubka setí), použitou předplodinou a pochopitelně abiotickými podmínkami (srážkové úhrny a jejich rozložení v průběhu vegetačního roku, teplota a další). Jejich navýšení může napomoci i použití dusíkatých hnojiv, a to nejen v případě, že je půda na dusík chudá (Černý, 2007). Globální průměrné výnosy ječmene jarního se pohybují za příznivých podmínek kolem 7,0 t/ha. Nejvyšší výnosy pak dosahovaly u ječmene jarního až ke 13 t/ha (Verstegen, 2014).

2.3 Pšenice ozimá (*Triticum aestivum* L.)

Je krytosemenná rostlina z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), která má svůj původ na Blízkém východě (Arabský poloostrov, Turecko...) a v Severní Africe v oblasti Egypta. Na hlubokých úrodných půdách je schopná prorůstat kořínky až do hloubky jednoho metru. Jedná se o v globálním měřítku nejvýznamnější a nejvíce pěstovanou plodinu. Přes to se řadí mezi nejnáročnější obilniny. Hlavní využití pšenice je v pekárenství, případně jako krmivo pro živočišnou produkci. Kolem 200 tis. Tun pšenice ročně je u nás použito pro další technologické zpracování na výrobu škrobu, lepku a ethanolu (zf.jcu.cz).

Pro pěstování pšenice jsou nejvhodnější černozemě, případně hnědozemě nebo rendziny, ideálně s neutrálním pH. Z půdních druhů jsou pak nejvhodnější půdy střední – hlinité, až hlinito-jílovité (zf.jcu.cz). Ideální předplodinou jsou luskoviny, jetel nebo brzy sklizené brambory. Dnes je ale nejčastěji používána řepka. Z hlediska termínu zásevu je pšenice vcelku nenáročná a může se zasévat od konce srpna až do začátku listopadu. Pozdě vyseté rostlinky ale nemusí stihnout dostatečně zakořenit a nabrat živiny pro přezimování (Horčíčka, 2012).

Na vláhu je pšenice nejnáročnější v období od začátku dubna až po začátek července (přibližně BBCH 31-61). Důležité je při tom nejen celkové množství srážek, ale i jejich rozložení (zf.jcu.cz).

Průměrné výnosy zrna u pšenice v České Republice se podle dat ČSÚ z let 2014-2017 pohybovaly kolem 6,24 t/ha (Políšenská, 2017).

2.4 Fenologické fáze růstu obilnin

Fenologická fáze je konkrétní okamžik v ontogenetickém vývoji rostliny, který jednou nastane a po určité době pomine (Reitschläger, 2014). Tyto fáze se periodicky opakují v závislosti na podmínkách a působení určitých faktorů vnějšího prostředí (délka slunečního svitu, teplota, srážkové úhrny...) (Coufal, 2004).

Růst obilnin se dá rozdělit do několika dílčích fenologických fází. Ty popisují průběh základních životních projevů v závislosti na biotických i abiotických faktorech (fenofaze.cz). V České republice je zavedený systém na sledování polních plodin Českým hydrometeorologickým ústavem. Od roku 2004 je Česká Republika zapojena do projektu COST 725 - „Zřízení evropské fenologické databáze pro klimatologické aplikace“, kdy pro možnou mezinárodní spolupráci bylo nutno sjednotit použitou terminologii. K tomu byla vybrána stupnice BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) (Kožnarová, 2012; Reitschläger, 2014).

Tabulka 1: Fenologická stupnice pro obilniny (BBCH, podle Enz a Dachler, 1997)

Růstová fáze	Mezinárodní značení (BBCH)
Klíčení	00–07
Vzcházení	10
První listy	11–19
Odnožování	20–29
Sloupkování	30–39
Zduřování listové pochvy	43–49
Metání	51–59
Kvetení	61–69
Zrání:	
mléčná zralost	71–77
vosková zralost	83–85
žlutá zralost	87
Plná zralost	91–99

Klíčení (BBCH 0) – jedná se o první fázi růstu obilnin. Klíčení nastává při vystavení semene vhodným podmínkám (teplota, vlhkost), které aktivují hormony iniciující klíčení. Nejprve klíčí radikula a adventivní kořeny, následně začíná růst koleoptyle – blanitý obal zárodku jednoděložných rostlin (první list) (Fowler).

Vzcházení (BBCH 10) – při vzcházení jsou obaly obilky proraženy hlavním pupenem. Jakmile koleoptyle proroste na povrch půdy, začíná se tvořit první asimilační list (Reitschläger, 2014; Drosse, 2014).

Odnožování (BBCH 21) – je část fenologického vývoje rostliny, kdy se začínají vytvářet další stébla rostliny a dochází tak k zahušťování porostu. Odnože se mohou tvořit v místě prvního listu na hlavním stéble rostliny nebo i na dalších odnožích (tzv. sekundární odnože). Vznikající odnože si musí vytvořit alespoň 3 listy, jinak přestávají být kompetitivní a většinou odumírají, jakmile započne fáze sloupkování. V této fázi dochází také k inicializaci klasu na hlavním stéble a produktivních odnožích. Klas je v této fázi mikroskopický, přesto má již vytvořenou část, ze které se později diferencují květní struktury a zrno (Drosse, 2014; Fowler, 2018). Tvoření odnoží (a tedy začátek této fáze) může začít ještě pod povrchem půdy. Začátek fáze se v takovém případě zaznamenává až po proniknutí prvního listu první odnože nad povrch půdy, kdy se stává viditelným (Reitschläger, 2014).

Sloupkování (BBCH 30) – zde začíná generativní fáze fenologického vývoje rostliny, kdy je vrchol ještě nevyvinutého květenství minimálně jeden centimetr od paždí nejbližší odnože. Samotné květenství je v tuto dobu ale ještě skryto v pochvě nejvyššího listu a není tedy dobře viditelné (Reitschläger, 2014). Během sloupkování dále dochází k napřimování nepravého stébla, tvorbě kolének a internodií. Je to fáze nejrychlejšího růstu rostliny. Také probíhá diferenciacce a růst klasu. Začíná probíhat synchronizace jednotlivých vývojových stádií odnoží rostliny (kompenzace vývojových nerovností mezi hlavním stéblem a odnožemi, které vznikaly s odstupem času) (Fowler, 2018).

Zduřování listové pochvy (BBCH 45) – začíná objevením listové pochvy na posledním (praporcovém) listu a jejím naduřením vlivem rostoucího květenství v ní. Pochva ale ještě není nikde rozevřená a není vidět ani osiny (Reitschläger, 2014). Těsně před fází metání se dokončuje synchronizace vývoje odnoží, aby všechny klasy dozrávaly v rozpětí maximálně několika dní od sebe (Fowler, 2018).

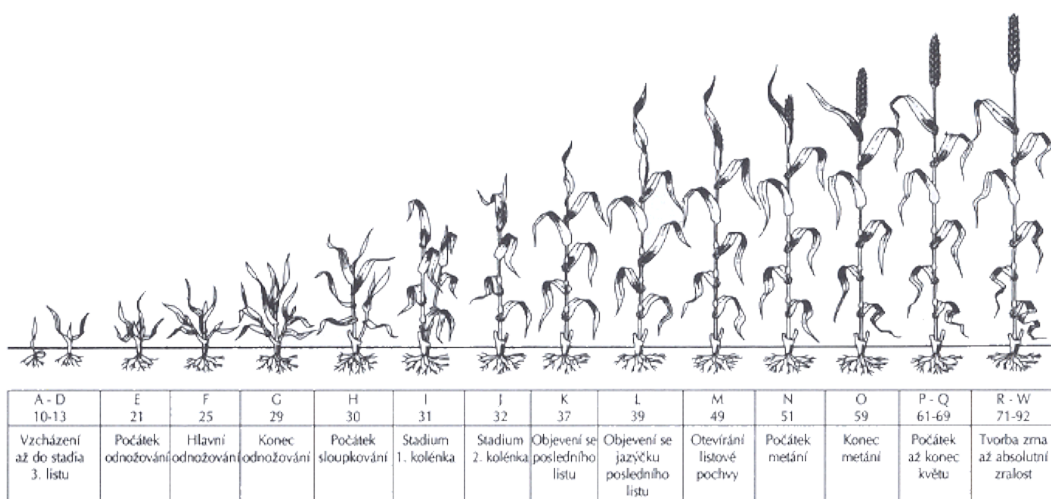
Metání (BBCH 55) – je fáze, kdy zduřená listová pochva praská a květenství právě z poloviny vyčnívá z listové pochvy posledního listu, tzv. praporcového listu (Reitschläger, 2014).

Kvetení (BBCH 61) – tato fáze u obilovin začíná probíhat v centrální části klasu a postupně se rozšiřuje směrem nahoru i dolů. Kvetení je spojeno s vytlačováním prašníků ven z květů. Za začátek kvetení považujeme období, kdy se prašníky přebarvují ze zelené barvy na žlutou až sivou a končí, jakmile jsou všechny klásky odkvetlé. Délka kvetené jednoho klasu se přitom pohybuje přibližně kolem 4 dní. Během této fáze dochází k opylení a oplodnění (Fowler, 2018; Reitschläger, 2014).

Zrání (BBCH 71) – začínají se po opylení tvořit zrna. Nejprve je obsah vodnatý a zrna jsou malá. Postupně dorůstají do plné velikosti a mají zelenou barvu – mléčná zralost (BBCH 73). Jeden až dva týdny po ukončení kvetení se začínají v zrnech akumulovat proteiny, škrob, zrno je měkké, ale suché, deformace tvaru zrna je nevratná – vosková zralost (BBCH 83) (Reitschläger, 2014).

Plná zralost (BBCH 89) – v této fázi jsou zrna již tvrdá a těžko rozlomitelná, deformace působením tlaku nehtem je nevratná. Dochází ke snadnému uvolnění zrn z klasu (Reitschläger, 2014).

Odumírání (BBCH 95) – jedná se o poslední fázi vývoje. Zezačátku při této fázi zrna ještě více ztvrdnou – tzv. mrtvá zralost. Následně se začínají uvolňovat z klasu. Rostlina usychá, obilky se dostávají do období dormance (Fowler, 2018).



Obrázek 7: Nákres fenologických fází vývoje obilnin.

Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hmojeni_plodin/images/obilniny/psenice_ozima/v_fenofaze_psenice.bmp [online 14.10.2016, upraveno]

3 Materiál a metodika

3.1 Použité látky

3.1.1 CK derivát

- RR-D
Původ použité látky: Karel Doležal
- RR-G
Původ použité látky: Marek Zatloukal

3.1.2 CK Antagonista

- RR-P
Původ použité látky: Igor Popa
- RR-L
Původ použité látky: Jaroslav Nisler

3.1.3 Močovinové deriváty s CK účinkem

- RR-H
Původ použité látky: Jaroslav Nisler
- RR-J
Původ použité látky: Jaroslav Nisler
- RR-K
Původ použité látky: Jaroslav Nisler

3.2 Rostlinný materiál

3.2.1 Odrůdy ječmene jarního

- Amulet – poloraná odrůda s kratší délkou stébla, díky čemuž má vysokou odolnost vůči poléhání. Není náročná na půdu a dobře snáší i kyselejší půdy. Dává vysoké výnosy zrna a je vhodná zejména pro sladovnické účely pro výrobu českého piva. Nevýhodou je menší odolnost vůči houbovým patogenům (Agromanual.cz). Použita byla u variant v Olomouci v roce 2012.
- Bojos – tato odrůda se označuje jako polopozdní, středně vysoká s nadprůměrnými výnosy zrna. Je velmi odolná vůči poléhání a má

vynikající odolnost proti padlí travnímu. Odrůda je ideální pro sladovnické účely na výrobu českého piva (Černý, 2007). Použita byla u variant v Olomouci v roce 2013 a 2014.

- Francin – jedná se o poloranou odrůdu, která má střední délku stébla a je velmi odolná vůči poléhání, má vyšší míru odnožování a je vhodná pro sladovnické účely na výrobu piva (Selgen.cz). Použita byla u variant v Olomouci v roce 2015 a 2016.

3.2.2 Odrůdy pšenice ozimé

- Bohemia – tato raná až poloraná odrůda je vyšší délky, má dobrou odolnost proti poléhání, ale nižší odnoživost. Při nižších hustotách klasů dává vyšší hmotnost zrna. Je tolerantní k pozdnímu výsevu a má vysokou mrazuvzdornost a odolnost proti houbovým nemocem. Je vhodná pro pekárenské využití (Selgen.cz). Použita byla u variant RR-P v Olomouci v roce 2012.
- Etana – jedná se o polopozdní odrůdu střední výšky (kolem 92 cm) a střední odnoživostí. Předností je dobrá odolnost vůči vymrzání (ÚKZÚZ, 2015). Použita byla u variant v Olomouci v roce 2014 a dvou variant v roce 2015 (varianta RR-G s výnosem zrna 103,01 % a RR-H s výnosem zrna 105,60 %).
- Golem – polopozdní odrůda s vysokým výnosem ve všech výrobních oblastech. Rostliny jsou střední výšky (kolem 94 cm) a mají střední míru odnoživosti. Předností této odrůdy je vysoká mrazuvzdornost a odolnost proti plísni sněžné a rzi pšeničné (ÚKZÚZ, 2010). Použita byla u variant v Olomouci v roce 2015.
- Turandot – tato odrůda dobře snáší pozdní výsev (např. i po kukuřici), není náročná na půdu a je vhodná na intenzivní pěstování. Dává vysoký výnos, má střední odnoživost, střední délku stébla a má velmi dobrou odolnost proti významným chorobám listu a klasu (Hořčíčka, 2012). Použita byla u variant v Olomouci v roce 2016 a 2017.

3.3 Použitá technika

- Maloparcelní secí stroj Haldrup SB-25
- Maloparcelní sklízecí mlátička Hege 160
- Fenotypizační platforma Plantscreen XY



Obrázek 8: Maloparcelní secí stroj Haldrup SB-25 (foto: R. Koprna).



Obrázek 9: Maloparcelní sklízecí mlátička Hege 160 (foto: R. Koprna).

3.4 Maloparcelové pokusy

V letech 2011 až 2017 byly prováděna pozorování vlivu cytokininových derivátů, jejich antagonistů a močovinných derivátů na možnost regulace odnožování obilnin

na rostlinách ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.) a pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.) na lokalitách v Olomouci a Kroměříži. Pokusy probíhaly formou maloparcelových polních pokusů aplikace jednotlivých variant látek během těchto fenologických fází růstu:

1. Formou moření osiva před výsevem (v dávce 9,0 ml na 1 kg osiva) při koncentraci látky 10 a 50 $\mu\text{mol/l}$. Poté bylo osivo vysušeno i s nanesenou látkou.

2. Foliární aplikací (na list) ve fázi BBCH 22-25 (plné odnožování) při dávce postřiku 300 l/ha, což odpovídá dávce 2,16 l postřikové liché na šest opakování (celkem 60 m², včetně rezervy 72 m²).

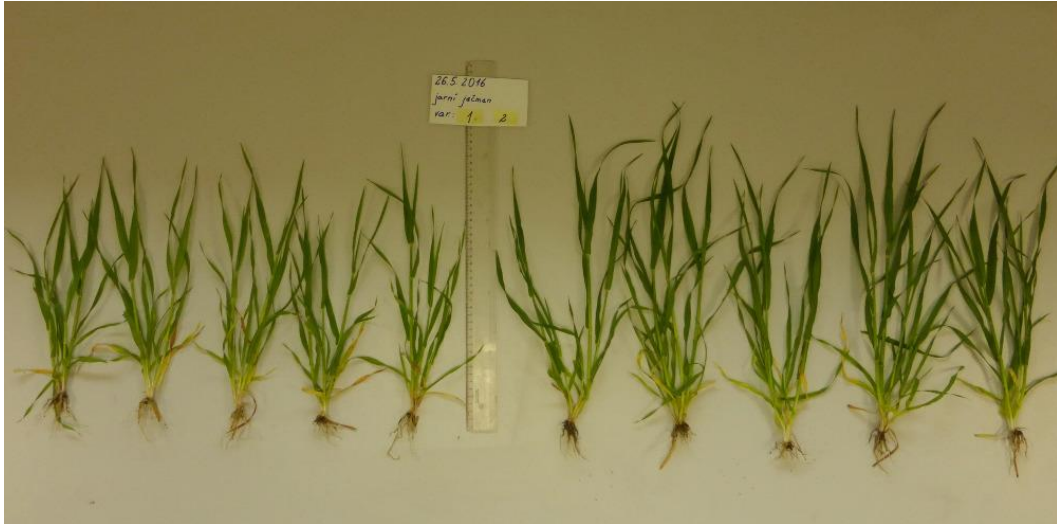
3. Foliární aplikací (na list) ve fázi BBCH 30-33 (začátek sloupkování), a dávce postřiku 300 l/ha, což odpovídá dávce 2,16 l postřikové liché na šest opakování (celkem 60 m², včetně rezervy 72 m²).

3.4.1 Založení maloparcelového pokusu

Maloparcelové pokusy byly založeny výsevem při hustotě osevu 3,5 MKS (milionů klíčících semen na 1 ha). Velikost jedné parcely byla 10 m² a každá varianta byla prováděna minimálně ve 4 opakováních. Pokud nebylo použito již namořené osivo, byly na rostliny testované látky nanášeny formou foliárního postřiku během plného odnožování (BBCH 23-25) nebo na začátku sloupkování (BBCH 30-33).

3.4.2 Hodnocené znaky

Hodnocení jednotlivých odnoží probíhalo odběrem 30 rostlin z každé varianty (tedy po 15 rostlinách ze 2 opakování) a rozborem jednotlivých typů odnoží na každé hodnocené rostlině (silné – produktivní, střední, a slabé – neproduktivní odnože). Kategorie „středních odnoží“ byla vytvořena z důvodu, že v této fázi odběru je na rostlinách velké množství odnoží, u kterých není zcela jasné, jestli se z nich vyvinou produktivní odnože zakončené klasem a zrny, nebo dojde k odumření odnoží v závislosti na nepříznivých podmínkách prostředí (dostatek srážek, teplota atd.).



Obrázek 10: Rostliny ječmene hodnocené ve fázi odnožování (foto: R. Koprna).

Výsledky a průměry z měření z jednotlivých let jsou prezentovány v tabulkách v přílohách na konci této práce. Porovnávány byly ty varianty, kdy byla použita pouze jedna daná látka na regulaci odnožování, tedy nebyly při aplikaci použity kombinace dvou a více látek a hnojiva.

Metodika testování vycházela z metody GEP – Good Experimental Practice a metodiky ÚKZÚZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský) pro testování užité hodnoty obilnin, tedy v minimálně 4 randomizovaných opakováních a v souladu s těmito metodikami.



Obrázek 11: Maloparcelní pokusy variant ječmene ve fázi metání (foto: R. Koprna).

3.4.3 Hodnocení biometrických dat

Probíhající výzkum a tato práce se zaměřila především na pozorování změn v produkci jednotlivých typů odnoží obilnin, následného vývoje a produkce klasů z těchto odnoží, včetně redukce jejich počtu, a dále změn ve výnosu zrna na jednotku plochy. Za každý rok byly vypočítány průměry pro varianty s aplikací testovaných látek ve stejné fenologické fázi. Tyto průměrné hodnoty byly porovnávány s hodnotami neošetřené kontrolní varianty. Hodnota kontrolní varianty v tabulkách odpovídá hodnotě 100 % počtu odnoží, počtu klasů na 1 m² a výnosu zrna z plochy 1 ha (po přepočtu z 10 m²). Takto jsou data uvedena zvlášť pro ječmen a zvlášť pro pšenici podle jednotlivých použitých látek. Pro část dat byla vypočítána statistická průkaznost formou T-testu na hladině průkaznosti $p=0,05$. Data jsou uvedena jak za Olomouc – areál Univerzity Palackého – Centrum regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský výzkum, tak za Kroměříž – pracoviště Agrotest Fyto s.r.o.

Biometrická data, která byla získána z jednotlivých pokusů, byla statisticky zpracována ve statistickém programu PAST v 3.20. Výsledky byl poté statisticky zpracovány v programu PAST v. 2.17c a jednotlivé průkaznosti byly počítány při statisticky průkazném rozdílu $p \leq 0,05$ [v tabulkách označen *] a statisticky vysoce průkazném rozdílu $p \leq 0,01$ [v tabulkách označen **].

3.5 Meteodata

Jak je možné vidět v tabulce s přehledem srážkových úhrnů za jednotlivé měsíce v letech, během nichž probíhala jednotlivá měření (vegetační roky 2011-2017), jednalo se spíše o období srážkově chudší. Zejména pak období dubna až června s výjimkou roku 2013. Pro správný růst a vývoj rostlin ječmene a pšenice je velice důležitý dostatek vody zejména v období od března do května (u pšenice i období od května do července), kdy rostliny nejvíce rostou a potřebují vodu pro růst odnoží a následně klasů. Nejméně srážek bylo za tyto měsíce naměřeno v roce 2012, kdy za období březen až květen spadlo pouhých 57,3 % srážkových úhrnů oproti srážkovému průměru naměřeném za roky 2011-2017. Podprůměrný byl ve srážkových úhrnech i rok 2014, kdy za období březen až květen srážkové úhrny dosáhly 71,7 % hodnoty srážkového průměru. V roce 2015 pak sice nebylo období od března do května tolik srážkově podprůměrné, ale srážkový deficit přetrvával i v následujících měsících.

Tabulka 2: Roční chod srážek v Olomouci ve vegetačních letech 2011-2017.

Měsíc	Průměrný měsíční úhrn srážek [mm]	Vegetační rok					
		2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
IX	44,2	15,8	55,8	64,4	74,6	23,1	40,8
X	40	26,0	73,7	44,2	28,7	28,3	35,7
XI	40,4	1,0	25,1	29,1	18,9	24,3	39,8
XII	30,3	20,3	31,8	12,2	32,1	17,0	8,2
I	27,5	33,3	26,5	33,5	42,6	23,0	18,6
II	25,5	13,3	32,4	14,1	10,1	74,5	12,8
III	27,2	6,5	48,3	19,8	43,3	21,8	22,7
IV	37,8	24,8	28,3	34,1	21,4	56,9	50,7
V	73,3	47,9	82,3	45,3	45,7	36,3	27,6
VI	78,4	89,6	133,9	40,1	43,3	37,9	54,8
VII	76,4	71,0	1,9	91,9	35,2	168,5	116,7
VIII	68,8	84,0	87,3	90,6	42,1	59,8	31,7
% na součet III-V	138,3 mm (100,0 %)	57,3 %	114,9 %	71,7 %	79,8 %	83,2 %	73,0 %

Pozn.: červeně jsou označeny měsíce vegetačního období testovaných plodin.

Teplotně byly roky 2011-2017 relativně vyrovnané a spíše teplejší. Na hodnotách průměrných měsíčních teplot v tabulce 3 je vidět, že zejména zimy byly spíše mírné a průměrné teploty se držely často téměř celoročně nad nulou. Z průměrných hodnot ale nejde vyčíst krátkodobé teplotní výkyvy (např. teploty pod bodem mrazu během vegetačního období, kdy mohlo docházet k pomrznutí rostlin.

Tabulka 3: Roční chod teplot v Olomouci ve vegetačních letech 2011-2017.

Měsíc	Průměrná teplota [°C]	Vegetační rok					
		2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
IX	15,5	16,4	15,3	13,4	14,3	15,9	17,5
X	9,3	9,1	8,9	10,4	9,1	9,1	8,9
XI	4,7	2,5	6,6	5,5	3,7	5,9	4,3
XII	0,7	2,1	-2,0	2,2	-0,4	2,9	-0,4
I	-1,6	0,6	-1,7	1,3	-2,4	-1,6	-5,7
II	0,9	-4,3	0,4	3,4	-0,2	4,9	1,0
III	5,4	6,6	1,1	8,1	3,8	5,2	7,5
IV	9,9	10,3	10,3	11,5	9,1	9,7	8,8
V	15,2	16,5	14,6	14,4	14,2	15,6	15,9
VI	18,8	18,9	18,0	18,4	17,2	19,9	20,3
VII	20,7	20,9	21,9	21,5	18,6	20,7	20,5
VIII	19,4	20,4	20,2	17,8	18,0	19,0	21,1

Pozn.: červeně jsou označeny měsíce vegetačního období testovaných plodin.

4 Výsledky a diskuze

4.1 Ječmen jarní, látka RR-G

Při aplikaci látky RR-G ve fázi odnožování (BBCH 23-25) byl znatelný nárůst především slabých odnoží vůči neošetřené kontrole, a to v průměru na 118,58 %. Navýšil se i počet středních odnoží v průměru na 105,42 % a výnos zrna na 104,20 %. Počet klasů na 1 m² mírně vzrostl na 102,25 % a počet silných odnoží zůstal v průměru téměř na stejné hodnotě jako u neošetřené kontroly. Při aplikaci látky RR-G ve fázi sloupkování (BBCH 30-33) již nebyl zaznamenán nárůst počtu slabých odnoží, ale naopak pokles oproti neošetřené kontrole, a to v průměru na 62,16 %.

Nejvyšší nárůst počtu slabých odnoží byl u varianty ošetřené v roce 2016 během odnožování (BBCH 23-25), kde to konkrétně byl nárůst na 151,18 % vůči neošetřené kontrole. Zde byla zjištěna vysoká statistická průkaznost ($p=3 \times 10^{-4}$). U varianty v roce 2014 byl zaznamenán nárůst počtu slabých odnoží na 138,34 % vůči neošetřené kontrole, navíc byla zjištěna statistická průkaznost ($p=0,0261$). Nejvyšší nárůst středních a silných odnoží byl pak naměřen u variant v roce 2015 s aplikací během odnožování (BBCH 23-25), kdy pro střední odnože byl nárůst vůči neošetřené kontrole na 139,73 % při koncentraci testované látky 5 $\mu\text{mol/l}$ a 136,99 % při koncentraci testované látky 25 $\mu\text{mol/l}$. V případě silných odnoží byl nárůst vůči neošetřené kontrole na 105,33 % při koncentraci testované látky 5 $\mu\text{mol/l}$ a na 104,33 % při koncentraci testované látky 25 $\mu\text{mol/l}$. Na tyto hodnoty měly pravděpodobně vliv i právě nízké srážkové úhrny v tom roce. Nedostatek vláhy snižuje schopnost rostliny tvořit odnože. Cytokiny a jejich deriváty ale právě snižují účinky vodního stresu na rostlinu a zvyšují její odolnost na sucho. Všechna tato měření však vyšla jako statisticky neprokazatelná ($p>0,05$). Naproti tomu u aplikace látky RR-G při koncentraci 25 $\mu\text{mol/l}$ v roce 2014 při aplikaci během odnožování (BBCH 23-25) došlo k výraznému poklesu středních odnoží na 64,56 % hodnoty neošetřené kontroly při hodnotě $p=0,0137$, což je statisticky prokazatelná hodnota. U této varianty byla naměřena i nejvyšší hodnota výnosu zrna pro látku RR-G u ječmene jarního. Výnos zde po aplikaci látky během odnožování (BBCH 23-25) při koncentraci látky 25 $\mu\text{mol/l}$ vzrostl dokonce na 113,10 %. Při koncentraci testované látky 5 $\mu\text{mol/l}$ byl nárůst výnosu u varianty ve stejném roce na 107,67 %. Pro výnosy zrna u těchto měření ale nebyla zjištěna statistická průkaznost.

U první varianty z roku 2012 s aplikací látky během sloupkování (BBCH 30-33) dosahoval počet slabých odnoží 74,85 % hodnoty neošetřené kontroly při hodnotě $p=0,0108$ vycházející jako statisticky prokazatelná. Počet středních odnoží dosáhl 87,98 % hodnoty neošetřené kontroly, počet silných odnoží pak vzrostl na 112,52 % a výnos zrna vzrostl na 117,45 % hodnoty neošetřené kontroly. U druhého vzorku ze stejného roku s aplikací látky během sloupkování (BBCH 30-33) dosahoval počet slabých odnoží hodnoty 49,47 % hodnoty neošetřené kontroly, kdy byla zjištěna vysoká statistická prokazatelnost ($p=2 \times 10^{-8}$). Počet středních odnoží dosahoval 29,16 % hodnoty neošetřené kontroly, a i zde byla zjištěna vysoká statistická prokazatelnost $p=7 \times 10^{-7}$. Počet silných odnoží poklesl na 92,82 % hodnoty neošetřené kontroly, ale výnos zrn se zde zvýšil vůbec nejvíc ze všech testovaných variant uvedených v této práci, a to na 120,11 % hodnoty neošetřené kontroly a byla zde zjištěna i statistická průkaznost ($p=0,0123$).

Tabulka 4: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-G (% na kontrolu) pro ječmen.

Skřížový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2014	Olomouc	RR-G 5	23-25	101,76	88,46	108,00	101,37	107,67
2014	Olomouc	RR-G 5	23-25	102,92	64,56 *	138,34 *	104,57	113,10
2015	Olomouc	RR-G 5	23-25	105,33	139,73	111,36	87,71	98,43
2015	Olomouc	RR-G 25	23-25	104,33	136,99	110,23	104,32	102,99
2016	Olomouc	RR-G 5	23-25	88,89	93,01	151,18 **	104,40	101,05
2016	Olomouc	RR-G 5	23-25	101,11	109,79	92,35	111,11	101,96
Průměr				100,73	105,42	118,58	102,25	104,20
2012	Olomouc	RR-G	30-33	112,52	87,98	74,85 *	105,93	117,45
2012	Olomouc	RR-G	30-33	92,82	29,16 **	49,47 **	92,49	120,11 *
2013	Olomouc	RR-G	30-33	103,31	–	–	107,55	102,49
Průměr				102,88	58,57	62,16	101,99	113,35

4.2 Pšenice ozimá, látka RR-G

Při aplikaci cytokininového derivátu označeného RR-G na pšenici během odnožování (BBCH 23-25) byl zaznamenán vůči neošetřené kontrole silný pokles počtu slabých odnoží – v průměru na 82,99 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet středních odnoží v průměru vzrostl na 108,91 %, počet silných odnoží dokonce na 113,59 %. Počet klasů na 1 m² zůstal v průměru prakticky stejný a výnos zrna mírně vzrostl v průměru na 102,61 %.

Nejsilnější pokles slabých odnoží byl u variant z roku 2014 při koncentraci látky 25 µmol/l na 61,41 % hodnoty neošetřené kontroly. Pro varianty s koncentrací aplikované látky 5 µmol/l pak počet slabých odnoží v roce 2014 dosahoval 69,58 % a 69,61 % hodnoty neošetřené kontroly. Jediná varianta, u které vyšel pokles počtu slabých odnoží jako statisticky vysoce prokazatelný ($p=0,0056$), byla v roce 2015 (BBCH 23-25), kde bylo dosaženo 83,77 % hodnoty počtu slabých odnoží neošetřené kontroly. U středních odnoží byl nejvyšší nárůst zaznamenán v roce 2017 na 127,27 % a v roce 2015 u varianty s aplikací během odnožování (BBCH 23-25) na 124,42 %. Tyto varianty však nevycházely jako statisticky prokazatelné. Právě u variant z roku 2015 se mohl projevit na nárůstech oproti neošetřené kontrole srážkový deficit trvající od dubna do srpna. Ten mohl zvýraznit účinky testovaných látek u ošetřených rostlin oproti neošetřené kontrole. U varianty z roku 2014 s koncentrací látky 25 µmol/l byl naměřen nárůst počtu středních odnoží na 114,40 %, který vycházel jako statisticky prokazatelný ($p=0,015765$). U této varianty byl naměřen i nejvyšší nárůst počtu silných odnoží ze všech variant testovaných pro látku RR-G na pšenici, a to nárůst na 136,13 %. Další výrazné nárůsty silných odnoží byly také u variant z roku 2014, konkrétně na 122,84 % a 115,55 % hodnoty neošetřené kontroly. Žádný z nárůstů či poklesů počtu silných odnoží u těchto měření nevyšel jako statisticky prokazatelný nebo statisticky vysoce prokazatelný. Ačkoliv byly u těchto variant naměřeny nárůsty počtů silných odnoží, na výnosu zrna se to v průměru výrazněji neodrazilo. Největší výnos zrna byl naměřen u jedné varianty z roku 2015, kdy se přesto jednalo o nárůst výnosu zrna na 110,35 %. Nebyla zde ale zjištěna statistická prokazatelnost.

Tabulka 5: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-G (% na kontrolu) pro pšenici.

Sklizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2013	Olomouc	RR-G 5	23-25	–	–	–	96,49	101,99
2014	Olomouc	RR-G 5	23-25	115,55	105,59	69,61	96,80	96,94
2014	Olomouc	RR-G 5	23-25	122,84	96,49	69,58	97,53	96,62
2014	Olomouc	RR-G 25	23-25	136,13	114,40 *	61,41	95,41	99,83
2015	Olomouc	RR-G 5	23-25	93,62	100,06	105,00	102,94	103,01
2015	Olomouc	RR-G 5	23-25	115,22	124,42	83,77 **	111,87	110,35
2016	Olomouc	RR-G 5	23-25	111,76	94,12	93,96	95,35	107,90
2017	Olomouc	RR-G 5	23-25	100,00	127,27	97,62	100,28	104,16
Průměr				113,59	108,91	82,99	99,58	102,60

4.3 Ječmen jarní, látka RR-D

Při aplikaci látky RR-D během fáze odnožování (BBCH 23-25) se u počtu slabých odnoží vyskytovaly určité výkyvy, ale v průměru se jejich počet prakticky nelišil od hodnot neošetřené kontroly. U středně silných odnoží došlo v průměru ke snížení počtu na 90,18 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží se v průměru zvýšil na 104,56 %, počet klasů na 1 m² mírně vzrostl v průměru na 103,88 % a výnos zrna vzrostl na 101,52 %.

Nejsilnější pokles počtu středních odnoží byl naměřen u varianty z Kroměříže z roku 2014, kdy počet středních odnoží dosahoval 73,26 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží se v průměru zvýšil na 104,56 %, nejvíce v roce 2014 v Kroměříži na 111,22 %, respektive u druhé varianty na 107,96 % oproti neošetřené kontrole. Výnos zrna byl navýšený pouze u varianty z roku 2012 v Olomouci, kde došlo k výraznému nárůstu na 119,29 %. Varianta však vyšla jako statisticky neprůkazná.

U variant s aplikací látky RR-D ve fázi sloupkování (BBCH 30-33) došlo v průměru ke snížení počtu slabých odnoží na 94,94 % a počtu středních odnoží jen na 83,08 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží naopak vzrostl v průměru na 111,79 %. Ne u všech variant ale byly počty odnoží v roce 2012 měřeny. Výnos zrna vzrostl v průměru na 107,14 %.

U první uvedené varianty (BBCH 30-33) v Olomouci v roce 2012 byl zaznamenán statisticky prokazatelný ($p=0,0132$) pokles počtu středních odnoží na 61,04 % hodnoty neošetřené kontroly. U této varianty byl také naměřen vysoký nárůst výnosu zrna na 114,94 %, počet silných odnoží byl však nižší než u neošetřené kontroly. Počet silných odnoží byl výrazně navýšen u vzorku z Kroměříže z téhož roku. Konkrétně se jednalo o nárůst silných odnoží na 128,06 % hodnoty neošetřené kontroly. U druhé uvedené varianty z Olomouce z roku 2012 byl pak naměřen nejvyšší nárůst výnosu zrna pro tuto skupinu měření, a to na 118,71 % hodnoty neošetřené kontroly.

Tabulka 6: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-D (% na kontrolu) pro ječmen.

Sklizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2012	Olomouc	RR-D	23-25	100,70	80,02	85,71	102,37	119,29
2012	Kroměříž	RR-D	23-25	95,90	–	110,83	111,63	99,27
2013	Kroměříž	RR-D	23-25	107,04	101,42	99,12	98,33	97,52
2014	Kroměříž	RR-D	23-25	111,22	106,01	97,94	103,54	93,69
2014	Kroměříž	RR-D	23-25	107,96	73,26	108,80	103,54	97,81
Průměr				104,56	90,18	100,48	103,88	101,52
2012	Olomouc	RR-D	30-33	96,02	61,04 *	90,38	97,89	114,94
2012	Kroměříž	RR-D	30-33	128,06	–	100,20	98,80	96,22
2012	Kroměříž	RR-D	30-33	–	–	–	110,44	100,87
2012	Olomouc	RR-D	30-33	–	–	–	105,53	118,71
2013	Kroměříž	RR-D	30-33	111,29	105,11	94,25	92,30	104,95
Průměr				111,79	83,08	94,94	100,99	107,14

4.4 Pšenice ozimá, látka RR-D

V případě aplikace této látky u pšenice během odnožování (BBCH 23-25) bylo dosaženo podobných výsledků, jako u ječmene. Počet slabých odnoží značně kolísal, ale v průměru se trochu snížil na 98,70 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet středních odnoží v průměru klesl na 89,85 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží se mírně navýšil na 101,96 %. Počty klasů na 1 m² a výnos zrna se prakticky nezměnily oproti hodnotě neošetřené kontroly.

U varianty z roku 2012 došlo k výraznějšímu poklesu počtu střeňích odnoží na 78,94 %, zatím co počet silných odnoží se zvýšil na 115,05 %. Přesto se ale počet klasů na 1 m² snížil na 94,02 a výnos zrna na 92,17 % hodnoty neošetřené kontroly. Svůj podíl na tom mohlo mít suché jaro toho roku, kdy bylo období března až května srážkově vůbec nejnepříhodnějším za sledované roky. Varianta z Olomouce z roku 2013 měla dokonce velmi snížený počet silných odnoží jen na 63,91 % hodnoty kontroly, výnos zrna se ale téměř nezměnil (100,27 %). Varianty v Kroměříži zaznamenaly výrazné nárůsty počtu silných odnoží. Konkrétně v roce 2013 na 110,98 %, v roce 2014 dokonce na 120,16 % a 106,17 %. I u počtů klasů na 1 m² došlo k nárůstu, ale výnos zrna se prakticky nezměnil. Všechna měření navíc vyšla statisticky neprokazatelná.

Tabulka 7: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-D (% na kontrolu) pro pšenici.

Skizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2012	Olomouc	RR-D 5	23-25	115,05	78,94	103,30	94,02	92,17
2012	Kroměříž	RR-D 5	23-25	95,48	90,98	109,92	97,85	100,00
2013	Olomouc	RR-D 5	23-25	63,91	–	60,17	91,28	100,27
2013	Kroměříž	RR-D 5	23-25	110,98	88,17	113,93	104,48	100,53
2014	Kroměříž	RR-D 5	23-25	120,16	103,38	105,73	103,24	100,44
2014	Kroměříž	RR-D 25	23-25	106,17	87,80	99,13	105,11	101,08
Průměr				101,96	89,95	98,70	99,33	99,08

4.5 Ječmen jarní, látka RR-H

Při aplikaci látky RR-H ve fázi odnožování (BBCH 23-25) došlo k nárůstu počtu zejména slabých odnoží, a to v průměru na 144,43 % oproti neošetřené kontrole. Počet středních odnoží se snížil na 94,13 % hodnoty neošetřené kontroly, počet silných odnoží se v průměru navýšil na 108,86 %. Počet klasů na 1 m² se u těchto variant snížil v průměru na 93,70 % hodnoty neošetřené kontroly a výnos zrna se v průměru lehce zvýšil na 102,82 %.

U varianty z roku 2014 s aplikací látky během odnožování (BBCH 23-25) byl nárůst počtu slabých odnoží na 142,08 %, kdy byla zjištěna statistická prokazatelnost ($p=0,02595$). Počet středních odnoží se u této varianty snížil na 76,95 % hodnoty neošetřené kontroly, počet silných odnoží vzrostl na 113,54 %, ale výnos zrna vyšel jen 102,34 % hodnoty neošetřené kontroly. Žádná z těchto hodnot navíc nebyla statisticky prokazatelná. U varianty z roku 2015 byl nárůst slabých odnoží na 146,78 %, počet středních odnoží vzrostl na 111,30 %, počet silných odnoží vzrostl na 104,17 % a výnos zrna se zvýšil na 103,30 % hodnoty neošetřené kontroly. Tyto hodnoty ale nevyšly jako statisticky prokazatelné.

U aplikace látky RR-H ve fázi sloupkování (BBCH 30-33) byly měřeny pouze počty silných odnoží, kterých byl u těchto měření v průměru nárůst na 105,06 %. Výnosy zrna byly mírně snižené v průměru na 97,48 % hodnoty neošetřené kontroly. Výkyvy hodnot v jednotlivých letech byly u těchto vzorků minimální, ale žádná hodnota nevyšla jako statisticky prokazatelná.

V Kroměříži bylo provedeno měření na variantě ječmene, na který byla látka RR-H aplikována formou moření při koncentraci látky 50 $\mu\text{mol/l}$. U této varianty byl také naměřen značný nárůst počtu slabých odnoží, konkrétně na 146,76 %, kdy se jednalo o statisticky vysoce prokazatelnou hodnotu ($p=0,00506$). Počet středních odnoží vzrostl na 117,87 % a počet silných odnoží byl navýšen na 105,85 % hodnoty neošetřené kontroly. Výnos zrna vzrostl na 105,00 %. Tyto hodnoty už ale vyšly jako statisticky neprokazatelné.

Tabulka 8: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-H (% na kontrolu) pro ječmen.

Sklizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2015	Kroměříž	RR-H 50	moření	105,85	117,87	146,76 **	865,33	105,00
2014	Olomouc	RR-H 5	23-25	113,54	76,95	142,08 *	739,60	102,34
2015	Olomouc	RR-H 5	23-25	104,17	111,30	146,78	659,20	103,30
Průměr				108,86	94,13	144,43	699,40	102,82
2013	Olomouc	RR-H 5	30-33	102,80	–	–	630,00	98,10
2013	Olomouc	RR-H 5	30-33	107,62	–	–	648,00	97,01
2013	Olomouc	RR-H 5	30-33	104,75	–	–	605,00	97,33
Průměr				105,06	83,08		627,67	97,48

4.6 Pšenice ozimá, látka RR-H

Látka RR-H byla aplikována formou foliárního postřiku během odnožování (BBCH 23-25) při koncentraci 5 µmol/l. Při její aplikaci u pšenice se výrazný nárůst počtu slabých odnoží (jako tomu bylo u ječmene) prakticky neopakoval. Jejich počet v průměru klesl na 97,55 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet středních odnoží se v průměru zvýšil na 104,89 %, počet silných odnoží se naopak snížil na 90,02 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet klasů zůstal téměř beze změny a výnos zrna se v průměru mírně zvýšil na 101,86 %.

U varianty z roku 2013 byl naměřen pokles na 85,76 % hodnoty neošetřené kontroly. Snížený byl i počet středních odnoží, a to na 75,00 % hodnoty neošetřené kontroly, počet silných odnoží pak dosáhl 94,42 %. Počet klasů i výnos zrna zůstal prakticky nezměněný. Varianta z roku 2014 měla nárůst slabých odnoží na 106,53 % a nárůst počtu středních odnoží na 112,06 %. Počet silných odnoží ale dosáhl jen 81,54 % hodnoty neošetřené kontroly a počet klasů a výnos zrna se nepatrně zvýšily. U varianty z roku 2015 byl počet slabých odnoží prakticky totožný s počtem u neošetřené kontroly. Počet středních odnoží byl ale navýšen na 127,61 %, kdy tato hodnota vyšla jako statisticky prokazatelná ($p=0,02867$). Počet silných odnoží byl stejně jako u ostatních variant snížený, konkrétně na 94,11 % hodnoty k neošetřené kontroly. Jako jediná varianta ale měl znatelnější nárůst výnosu zrna, a to na 105,59 %. Jednalo se téměř o statisticky prokazatelnou hodnotu ($p=0,05217$).

Tabulka 9: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-H (% na kontrolu) pro pšenici.

Sklizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2013	Olomouc	RR-H 5	23-25	94,42	75,00	85,76	100,77	98,45
2014	Olomouc	RR-H 5	23-25	81,54	112,06	106,53	101,15	101,54
2015	Olomouc	RR-H 5	23-25	94,11	127,61 *	100,35	100,98	105,59
Průměr				90,02	104,89	97,55	100,96	101,86

4.7 Ječmen jarní, látka RR-J

Látka RR-J byla aplikována jednak formou moření osiva při koncentraci 50 µmol/l a jednak formou foliárního postřiku během odnožování (BBCH 23-25) při koncentraci 5 µmol/l. U mořených variant došlo v průměru k vysokému nárůstu počtu slabých odnoží na 124,42 %. Počet středních odnoží zůstal v průměru prakticky stejný jako u neošetřených variant, ale byly zde mezi jednotlivými lety výrazné rozdíly. Počet silných odnoží pak vzrostl na 109,96 %. Na počet klasů na 1 m² a na výnos zrna ale tato látka neměla v průměru prakticky žádný vliv.

Konkrétně varianta z roku 2014 měla nárůst počtu slabých odnoží na 156,48 %, přičemž zde byla zjištěna statisticky vysoká průkaznost ($p=0,00608$). Počet středních odnoží se naopak výrazně snížil na 59,20 % hodnoty neošetřené kontroly a byla zde zjištěna statisticky vysoká průkaznost ($p=0,00838$). Počet silných odnoží pak vzrostl na 119,96 % a tento nárůst byl zjištěn jako statisticky prokazatelný ($p=0,03269$). Výnos zrna ale klesl na 92,02 % hodnoty neošetřené kontroly. Varianta v následujícím roce (2015) měla také nárůst počtu slabých odnoží, a to na 124,01 %. Navýšil se i počet středních odnoží, a to na 116,72 %, přičemž nárůst byl zjištěn jako statisticky prokazatelný ($p=0,04883$). Počet silných odnoží vzrostl na 118,44 % a navíc se u této varianty navýšil i výnos zrna na 107,31 %. U dalších dvou ročníků již nebyla výrazná změna počtu silných odnoží oproti neošetřeným kontrolám. Zato navýšení výnosu zrna se opakovalo v roce 2016 na 103,67 %, v roce 2017 už byl nárůst nepatrný (100,36 %).

U variant s foliární aplikací látky RR-J během odnožování (BBCH 23-25) došlo v průměru k nárůstu počtu slabých odnoží na 109,60 %, středních odnoží na 105,02 %

a počet silných odnoží vzrostl v průměru na 109,64 %. Počet klasů na 1 m² se sice snížil na 95,19 % hodnoty neošetřené kontroly, ale výnos zrna se zvýšil na 104,87 %.

Nejsilnější pozitivní efekt byl u varianty z roku 2014, kdy počet slabých odnoží vzrostl na 106,43 %, počet středních odnoží se snížil na 95,66 % hodnoty neošetřené kontroly a počet silných odnoží vzrostl na 124,53 %, přičemž zde byla zjištěna statisticky vysoká průkaznost ($p=0,00740$). Navíc se zvýšil počet klasů na 1 m² na 110,28 % a výnos zrna u této varianty výrazně vzrostl na 111,29 %. U varianty z roku 2016 byly naměřeny podobné výsledky. Počet slabých odnoží vzrostl na 105,88 %, počet středních odnoží se nezměnil a počet silných odnoží vzrostl na 108,64 %. Výnos zrna vzrostl na 107,98 %. U varianty z Kroměříže z roku 2015 došlo ke zvýšení počtu slabých odnoží na 121,15 %, středních odnoží na 111,06 % a silných odnoží na 111,54 %, kdy u tohoto nárůstu byla zjištěna statistická průkaznost ($p=0,03203$). Tyto výrazné hodnoty počtu odnoží mohly být spojeny i s tím, že právě jaro 2015 bylo srážkově dost podprůměrné a neošetřené kontrolní rostliny mohly produkovat méně odnoží jako reakci na nedostatek vody. Počet klasů se prakticky nezměnil, ale výnos zrna se u ošetřené varianty zvýšil na 104,74 %.

Tabulka 10: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-J (% na kontrolu) pro ječmen.

Sklizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2014	Olomouc	RR-J	moření	119,96 *	59,20 **	156,48 *	103,66	92,02
2015	Olomouc	RR-J	moření	118,44	116,72 *	124,01	96,46	107,31
2016	Olomouc	RR-J	moření	97,53	130,23	94,12	96,69	103,67
2017	Olomouc	RR-J	moření	103,92	97,37	123,08	104,52	100,36
Průměr				109,96	100,88	124,42	100,33	100,84
2014	Olomouc	RR-J	23-25	124,53 **	95,66	106,43	110,28	111,29
2015	Olomouc	RR-J	23-25	95,65	134,16	106,83	85,71	99,58
2015	Kroměříž	RR-J	23-25	111,54 *	111,06	121,15	99,78	104,74
2016	Olomouc	RR-J	23-25	108,64	100,00	105,88	86,38	107,98
2017	Olomouc	RR-J	23-25	107,84	84,21	107,69	93,80	100,75
Průměr				109,64	105,02	109,60	95,19	104,87

4.8 Ječmen jarní, látka RR-K

Látka RR-K byla stejně jako RR-J aplikována jednak formou moření osiva při koncentraci 50 $\mu\text{mol/l}$ a jednak formou foliárního postřiku během odnožování (BBCH 23-25) při koncentraci 5 $\mu\text{mol/l}$. U variant, kde byla aplikace látky mořením osiva, došlo k nárůstu počtu slabých odnoží v průměru na 119,10 %, počet středních odnoží se pak navýšil na 108,40 %. Nejmenší nárůst byl u počtu silných odnoží, kde došlo v průměru k nárůstu na 103,17 %. Počet klasů na 1 m^2 zůstal prakticky nezměněn a výnos zrna vzrostl v průměru jen na 102,15 %. Nebyla zde zjištěna statistická průkaznost.

Nejvyšší nárůst počtu silných odnoží u látky RR-K byl zaznamenán u varianty z roku 2014, kde jejich počet vzrostl na 114,03 %, počet středních odnoží zde klesl na 91,17 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet slabých odnoží zde ale také nejvíce vzrostl (nárůst na 130,64 %). Ačkoliv zde byl nejvyšší nárůst počtu silných odnoží z variant mořených látkou RR-K, výnos zrna se téměř nezměnil. Nejvyšší nárůst výnosu zrna byl zaznamenán u varianty z roku 2015, u které počet slabých odnoží vzrostl na 128,57 %, počet středních odnoží dokonce na 131,43 %, ale počet silných odnoží mírně klesl na 97,92 % hodnoty neošetřené kontroly. Přesto výnos zrna vzrostl na 109,04 %. U zbylých variant nebyl pozorován žádoucí dopad na počet silných odnoží nebo výnos zrna.

U variant s aplikací látky RR-K formou foliárního postřiku o koncentraci 5 $\mu\text{mol/l}$ ve fázi odnožování (BBCH 23-25) došlo také k nárůstu počtu slabých odnoží, a to v průměru na 123,38 %. Počet středních odnoží se v průměru téměř nezměnil, ale počet silných odnoží vzrostl na 107,49 %, výnos zrna vzrostl v průměru na 106,28 %.

Varianta z roku 2014 měla nárůst počtu slabých odnoží na 155,26 %, kdy byla zjištěna statisticky vysoká průkaznost ($p=0,00442$). Počet středních odnoží naopak výrazně klesl na 51,75 % hodnoty neošetřené kontroly, a i zde byla zjištěna statisticky vysoká průkaznost. Počet silných odnoží vzrostl na 113,25 %. Vzrostl i počet klasů na 1 m^2 na 109,19 % a výnos zrna se značně zvýšil na 109,26 %. U varianty z roku 2015 došlo k vysokému nárůstu počtu slabých odnoží na 138,10 %, v případě středních odnoží se počet navýšil dokonce na 171,43 %. Počet silných odnoží se ovšem snížil na 92,36 % hodnoty neošetřené kontroly, a i výnos zrna se nepatrně snížil. Varianta z roku 2016 měla nárůst počtu všech odnoží – slabých na 107,84 %, středních na 109,30 % a silných odnoží na 108,64 %. Výnos zrna se pak zvýšil na 103,20 %. Nebyla zde

zjištěna statistická průkaznost. Nejsilnější pozitivní efekt na odnožování a výnos zrna byl u varianty z roku 2017, kdy počet slabých odnoží klesl na 92,31 % a počet středních odnoží na 71,05 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží přitom vzrostl na 115,69 %, a i když se počet klasů na 1 m² snížil na 90,07 %, tak výnos zrna se značně zvýšil na 112,69 %. Ani zde nebyla zjištěna statistická průkaznost.

Tabulka 11: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-K (% na kontrolu) pro ječmen.

Sklizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2014	Olomouc	RR-K	moření	114,03	91,17	130,64	102,01	100,29
2015	Olomouc	RR-K	moření	97,92	131,43	128,57	97,12	109,04
2016	Olomouc	RR-K	moření	98,77	116,28	94,12	107,90	101,57
2017	Olomouc	RR-K	moření	101,96	94,74	123,08	95,20	97,68
Průměr				103,17	108,40	119,10	100,56	102,15
2014	Olomouc	RR-K	23-25	113,25	51,75 **	155,26 **	109,19	109,26
2015	Olomouc	RR-K	23-25	92,36	171,43	138,10	92,58	99,96
2016	Olomouc	RR-K	23-25	108,64	109,30	107,84	101,90	103,20
2017	Olomouc	RR-K	23-25	115,69	71,05	92,31	90,07	112,69
Průměr				107,49	100,88	123,38	98,43	106,28

4.9 Ječmen jarní, látka RR-L

Účinky této látky byly testovány na ječmeni v roce 2012, přičemž látka byla aplikována formou moření při koncentraci 10 $\mu\text{mol/l}$ a 50 $\mu\text{mol/l}$. U obou vzorků při tom došlo k velkému snížení počtu slabých a středních odnoží, a k nárůstu počtu silných odnoží. Počet slabých odnoží klesl v průměru na 50,50 % a počet středních odnoží dokonce jen na 1,36 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží vzrostl v průměru na 119,79 %. Počet klasů na 1 m^2 se ale snížil na 98,24 % a výnos zrna v průměru výrazně klesl na 80,83 % hodnoty neošetřené kontroly.

U vzorku s méně koncentrovanou látkou byl pokles počtu slabých odnoží na 41,97 %, kdy byla zjištěna statisticky vysoká prokazatelnost ($p=1 \times 10^{-7}$) a počet středních odnoží klesl na 2,73 %, kdy byla také zjištěna statisticky vysoká prokazatelnost ($p=2 \times 10^{-9}$). Počet silných odnoží vzrostl na 119,55 % a byla zjištěna statistická prokazatelnost ($p=0,0222$). Výnos zrna přesto výrazně poklesl na 78,16 % hodnoty neošetřené varianty. U vzorku s koncentrovanější látkou bylo snížení počtu slabých odnoží na 59,03 % hodnoty neošetřené kontroly, a i zde byla zjištěna statisticky vysoká prokazatelnost ($p=7 \times 10^{-4}$). Střední odnože byly u této varianty potlačeny zcela (tedy 0,00 % hodnoty neošetřené kontroly), kdy byla zjištěna opět statisticky vysoká prokazatelnost ($p=5 \times 10^{-9}$). Počet silných odnoží se u této varianty také zvýšil, a to na 120,04 %, kdy byla zjištěna statistická prokazatelnost ($p=0,014$). Pro výnos zrna zde byl pokles na 83,49 % hodnoty neošetřené kontroly.

Tabulka 12: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-L (% na kontrolu) pro ječmen.

Sklizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m^2	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2012	Olomouc	RR-L 10	moření	119,55 *	2,73 **	41,97 **	99,34	78,16
2012	Olomouc	RR-L 50	moření	120,04 *	0,00 **	59,03 **	97,14	83,49

4.10 Pšenice ozimá, látka RR-L

Zde byla jediná varianta v roce 2013, kdy látka RR-L byla aplikována formou moření při koncentraci 10 $\mu\text{mol/l}$. Počet slabých odnoží byl u tohoto vzorku zvýšen na 123,20 %, počet silných odnoží na 145,32 %. Nebyla však zjištěna statistická prokazatelnost. Počet středních odnoží se u tohoto vzorku neměřil. Počet klasů na 1 m^2 mírně klesl na 98,35 % a výnos zrna nepatrně vzrostl na 101,15 % hodnoty neošetřené kontroly.

Tabulka 13: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-L (% na kontrolu) pro pšenici.

Skřížový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m^2	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2013	Olomouc	RR-L 10	moření	145,32	–	123,20	98,35	101,15

4.11 Ječmen jarní, látka RR-P

Aplikace derivátu RR-P byla provedena pouze formou moření osiva při koncentraci látky 10 $\mu\text{mol/l}$ a 50 $\mu\text{mol/l}$. U variant ošetřených látkou RR-P s koncentrací 10 $\mu\text{mol/l}$ vzrostl počet slabých odnoží v průměru na 104,79 %, počet středních odnoží naopak klesl na 72,06 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží vzrostl na 110,88 %. Počet klasů na 1 m^2 a výnos zrna zůstal v průměru prakticky nezměněný. V případě počtu odnoží byly naměřeny mezi jednotlivými lety velké rozdíly, pouze u počtu silných odnoží byl u všech variant zjištěn nárůst.

U varianty v roce 2012 byl naměřen veliký pokles počtu slabých odnoží na 40,44 % hodnoty neošetřené kontroly, kdy byla zjištěna statisticky vysoká prokazatelnost ($p=1,72 \times 10^{-8}$). Počet středních odnoží dosáhl pouze 6,95 % hodnoty neošetřené kontroly. I zde byla zjištěna statisticky vysoká prokazatelnost ($p=5,96 \times 10^{-10}$). Počet silných odnoží této varianty vzrostl na 116,34 % a byla u něj naměřena statistická prokazatelnost ($p=0,03845$). Výnos zrna ale zůstal prakticky nezměněn. Varianta z roku 2013 měla počet slabých odnoží zvýšený na 126,82 %. Počet středních odnoží nebyl snížen tak výrazně jako u předchozí varianty a dosáhl 77,95 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží vzrostl na 112,33 %, ale výnos zrna byl snížen na 94,37 % hodnoty neošetřené kontroly.

Všechny tyto hodnoty vyšly jako statisticky neprokazatelné. Pro variantu v roce 2015 v Olomouci nebyly počty odnoží měřeny a výnos zrna zůstal prakticky nezměněný. V Kroměříži byl u dané varianty v témže roce naměřen nárůst počtu slabých odnoží na 147,12 %, který vyšel jako statisticky vysoce prokazatelný ($p=0,00207$). Počet středních odnoží byl navýšen na 131,29 % a silných odnoží na 103,98 %. Výnos zrna vzrostl na 104,93 %. Tyto hodnoty vyšly jako statisticky neprokazatelné.

Podobné kolísání hodnot bylo naměřeno i u variant, u kterých byla použita látka RR-P v koncentraci 50 $\mu\text{mol/l}$. Pouze počet silných odnoží vzrostl opět u všech variant, a to v průměru na 119,95 %. Počet slabých odnoží v průměru klesl na 85,98 % a počet středních odnoží na 64,70 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet klasů na 1 m^2 se v průměru snížil na 97,98 %, výnos zrna pak na 96,50 % hodnoty neošetřené kontroly.

Konkrétně u vzorku v roce 2012 bylo naměřeno snížení počtu slabých odnoží na 37,37 % hodnoty neošetřené kontroly, kdy byla zjištěna statisticky vysoká prokazatelnost ($p=3,86 \times 10^{-7}$) a poklesu počtu středních odnoží na pouhých 4,09 %, kde byla také zjištěna statisticky vysoká prokazatelnost ($p=8,01 \times 10^{-7}$). Počet silných odnoží se naopak výrazně zvýšil na 128,67 % a byla zjištěna statisticky vysoká prokazatelnost ($p=0,00239$). Přes to byl u této varianty naměřen pokles výnosu zrna na 86,87 % hodnoty neošetřené kontroly. U varianty z roku 2014 byl u počtu slabých odnoží naměřen nárůst na 113,18 %. Počet středně silných odnoží byl snížen na 62,16 % hodnoty neošetřené kontroly a byla u něj zjištěna statistická prokazatelnost ($p=0,01102$). Počet silných odnoží vzrostl na 123,16 % a byla u něj zjištěna statisticky vysoká prokazatelnost ($p=0,00593$). Výnos zrna se ale lehce snížil na 97,94 % hodnoty neošetřené kontroly. Poslední měření bylo z roku 2015 z Kroměříže, kde počet slabých odnoží vzrostl na 107,40 %, počet středních odnoží na 127,84 % a počet silných odnoží na 108,03 %. Výnos zrna byl navýšen na 104,70 %. Všechny tyto hodnoty vyšly statisticky neprokazatelné.

Tabulka 14: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-P (% na kontrolu) pro ječmen.

Sklizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2012	Olomouc	RR-P 10	moření	116,34 *	6,95 **	40,44 **	105,80	100,81
2014	Olomouc	RR-P 10	moření	112,33	77,95	126,82	104,45	94,37
2015	Olomouc	RR-P 10	moření				98,23	101,21
2015	Kroměříž	RR-P 10	moření	103,98	131,29	147,12 **	92,56	104,93
Průměr				110,88	72,06	104,79	100,26	100,33
2012	Olomouc	RR-P 50	moření	128,67 **	4,09 **	37,37 **	102,59	86,87
2014	Olomouc	RR-P 50	moření	123,16 **	62,16 *	113,18	104,11	97,94
2015	Kroměříž	RR-P 50	moření	108,03	127,84	107,40	87,24 *	104,70
Průměr				119,95	64,70	85,98	97,98	96,50

4.12 Pšenice ozimá, látka RR-P

Stejně jako u variant ječmene byla i zde aplikace látky RR-P pouze formou moření osiva při koncentraci 10 $\mu\text{mol/l}$ a 50 $\mu\text{mol/l}$. U variant ošetřených méně koncentrovanou látkou došlo v průměru k poklesu počtu slabých odnoží na 94,92 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet středních odnoží vzrostl na 106,92 %, počet silných odnoží dokonce na 119,64 %. Počet klasů na 1 m² zůstal v průměru prakticky totožný, výnos zrna vzrostl na 103,72 %.

Konkrétně varianta z roku 2012 (koncentrace 10 $\mu\text{mol/l}$) měla nárůst počtu slabých odnoží na 106,78 % a silných odnoží na 110,24 %. Počet středních odnoží byl snížen na 80,50 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet klasů na 1 m² klesl na 87,13 % hodnoty neošetřené kontroly. Výnos zrna byl v podstatě nezměněný. U varianty z roku 2014 byl počet slabých odnoží snížen na 87,51 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet středních odnoží vzrostl na 109,82 % a silných odnoží na 106,86 %. Výnos zrna vzrostl na 105,09 %, ale u žádné z těchto hodnot nebyla zjištěna statistická prokazatelnost. U varianty z roku 2015 byl počet slabých odnoží snížen na 82,72 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet středních odnoží byl ale zvýšen na 111,77 %, počet silných odnoží pak dokonce na 125,17 %. Počet klasů zde byl navýšen vůbec nejvíce ze všech sledovaných variant, a to na 118,11 %. Výnos zrna byl také značně navýšen

na 108,42 %. Na těchto výsledcích se mohl podepsat srážkový deficit, který byl během měření v roce 2015 v období duben až srpen. Statistická průkaznost u těchto měření nebyla zjištěna. Varianta z roku 2016 měla jen mírně snížený počet slabých odnoží, počet středních odnoží byl zvýšený na 109,80 % a počet silných odnoží na 125,49 %. U počtu klasů na 1 m² byl pokles na 86,59 % hodnoty neošetřené kontroly, přičemž byla zjištěna statistická průkaznost ($p=0,03002$). Výnos zrna byl pak navýšen jen na 103,05 %. U varianty z roku 2017 se počet slabých odnoží prakticky nezměnil, ale počet středních odnoží vzrostl na 122,73 % a počet silných odnoží dokonce na 130,43 %. U nárůstu počtu silných odnoží byla zjištěna statisticky vysoká průkaznost ($p=0,00854$). Počet klasů se zvýšil na 106,50 % a výnos jen na 102,64 %.

Poslední hodnocenou skupinou byly varianty pšenice ošetřené formou moření osiva koncentrovanější látkou RR-P (50 $\mu\text{mol/l}$). V průměru byl u těchto variant výraznější jen pokles počtu slabých odnoží na 87,23 % a počtu středních odnoží v průměru na 88,54 % hodnoty neošetřené kontroly. Výnos zrna byl pak v průměru navýšen na 104,69 %. Počet silných odnoží byl v průměru navýšen na 103,30 % a počet klasů na 1 m² se lišil jen minimálně od hodnot neošetřených kontrol.

U varianty z roku 2012 byl počet slabých odnoží téměř nezměněný. Počet středních odnoží byl ale snížen na 85,94 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží byl pak navýšen na 107,01 %. Na výnosu zrna byl naměřen jen nepatrný pokles oproti neošetřené kontrole. Statistická průkaznost nebyla zjištěna. Varianta z roku 2013 měla všechny sledované znaky velmi blízko hodnotám kontrolního vzorku. Největší rozdíl byl v počtu slabých odnoží, kde došlo k poklesu na 96,54 % hodnoty neošetřené kontroly. Výraznější změny byly naměřeny až u varianty z roku 2014, kde byl počet slabých odnoží snížen na 82,81 % hodnoty neošetřené kontroly a byla u něj zjištěna statistická průkaznost ($p=0,03581$). Počet středních odnoží byl lehce snížen na 97,62 %, počet silných odnoží dokonce jen na 80,42 % hodnoty neošetřené kontroly. U počtu silných odnoží byla zjištěna statistická průkaznost ($p=0,017899$). U výnosu zrna zde došlo k nárůstu na 105,49 %.

U poslední varianty hodnocené v této práci byl naměřen pokles počtu slabých odnoží na 68,45 % hodnoty neošetřené kontroly. Byla u něj zjištěna statistická průkaznost ($p=0,02699$). Počet středních odnoží byl také snížen, a to na 82,08 % hodnoty neošetřené kontroly. Počet silných odnoží byl naopak zvýšen na 126,24 % a výnos zrna byl navýšen na 110,35 %. Nebyla zde však zjištěna statistická průkaznost.

Tabulka 15: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-P (% na kontrolu) pro pšenici.

Sklizňový rok	Lokalita	Varianta – látka a koncentrace	Forma a termín aplikace	Počet silných odnoží	Počet středních odnoží	Počet slabých odnoží	Počet klasů na 1 m ²	Výnos zrna při 14% vlhkosti
2012	Olomouc	RR-P 10	moření	116,34 *	6,95 **	40,44 **	105,80	100,81
2014	Olomouc	RR-P 10	moření	112,33	77,95	126,82	104,45	94,37
2015	Olomouc	RR-P 10	moření				98,23	101,21
2015	Kroměříž	RR-P 10	moření	103,98	131,29	147,12 **	92,56	104,93
Průměr				110,88	72,06	104,79	100,26	100,33
2012	Olomouc	RR-P 50	moření	128,67 **	4,09 **	37,37 **	102,59	86,87
2014	Olomouc	RR-P 50	moření	123,16 **	62,16 *	113,18	104,11	97,94
2015	Kroměříž	RR-P 50	moření	108,03	127,84	107,40	87,24 *	104,70
Průměr				119,95	64,70	85,98	97,98	96,50

V případě Sýkorové (2008), kdy došlo u ječmene jarního k ovlivnění ipt genu na produkci cytokininů pomocí *A. tumefaciens*, byl zaznamenán nárůst obsahu cytokininů v listech až o 65 % a nárůst obsahu chlorofylu v praporcovém listě až o 32 % oproti kontrolní variantě. Došlo k celkovému oddálení nástupu senescence a degradace chlorofylu a chloroplastů v rostlině. Morfologické změny oproti kontrolní variantě se ale projevovaly pouze za nízkého stavu dusíku a celkově byl dopad na výnos zrna a ostatní výnosotvorné prvky prakticky minimální a neprůkazný. Naproti tomu v našem případě se u většiny testovaných variant projevila výrazný efekt na změny počtu odnoží, u mnohých variant pak i na výnos zrna. Ten v některých případech zaznamenal nárůst až kolem 20 % oproti kontrolní variantě.

U pšenice ozimé Yang (2016) prováděl pokusy v letech 2011-2013 na účinky cytokininů (6-Benzylaminopurinu) na zvýšení tolerance teplotního stresu a navýšení výnosu. U variant ve zvýšené teplotě přitom došlo k výraznému, statisticky průkaznému poklesu počtu zrn v klase i výnosu zrna. Aplikací 6-BA došlo ke statisticky průkaznému zvýšení počtu zrn v klase i k celkovému zvýšení výnosu zrna oproti kontrolnímu vzorku u variant s nezměněnou teplotou i se zvýšenou teplotou. Tento účinek 6-BA koresponduje s účinky látek testovaných v Olomouci u ječmene jarního, kde nejvyšších nárůstů výnosů bylo dosaženo s CK deriváty na bázi benzylaminopurinu (látky RR-D a RR-G). U pšenice ozimé nejvíce navýšila výnos zrna látka RR-P působící jako CK antagonist.

5 Závěr

V této práci jsou prezentovány výsledky několika let měření účinků šesti originálních látek ovlivňujících hladinu cytokininů v rostlinách na odnožování ječmene jarního (*Hordeum vulgare L.*) a pšenice ozimé (*Triticum aestivum L.*). Předmětem výzkumu bylo mimo jiné stanovení nejvhodnějšího termínu aplikace dané látky s ohledem na produkci produktivních odnoží a výnos zrna.

Nejvýraznější pozitivní efekt na odnožování a výnos zrna u ječmene jarního byl zjištěn u látky RR-G (cytokininový derivát) s aplikací formou foliárního postřiku během raného sloupkování (BBCH 30-33). U této látky došlo v průměru k velmi výraznému snížení počtu slabých a středních odnoží. Počet silných odnoží se v průměru zvýšil jen na 102,88 %, ale výnos zrna vzrostl na 113,35 %. U mnohých z těchto měření navíc byla zjištěna statistická průkaznost nebo statisticky vysoká průkaznost.

Silný pozitivní efekt na výnos zrna měla u ječmene i látka RR-D (cytokininový derivát) s aplikací formou foliárního postřiku během raného sloupkování (BBCH 30-33). Zde bylo dosaženo průměrného navýšení počtu silných odnoží na 111,79 %, přičemž počty středních a slabých odnoží se snížily. Výnos zrna se u této látky zvýšil v průměru na 107,14 %. U těchto měření ale nebyla zjištěna statistická průkaznost.

Podobně pozitivní efekt měla na ječmen také látka RR-K (močovinový derivát) aplikovaná jako foliární postřik o koncentraci 5 $\mu\text{mol/l}$ během fáze odnožování (BBCH 23-25). Sice docházelo k vysokému nárůstu počtu slabých odnoží (nárůst na 123,38 %), ale zvýšil se i počet silných odnoží (konkrétně na 107,49 %) a výnos zrna vzrostl v průměru na 106,28 %.

Pozitivní efekt na odnožování i výnos zrna měla ještě látka RR-J (močovinový derivát) aplikovaná formou foliárního postřiku při koncentraci 5 $\mu\text{mol/l}$. Došlo zde v průměru k navýšení všech typů odnoží, nejvíce ale vzrostl počet silných odnoží na 109,64 %. Výnos zrna se pak v průměru navýšil na 104,87 %.

Látka RR-L aplikovaná formou moření osiva při koncentraci 10 $\mu\text{mol/l}$ i 50 $\mu\text{mol/l}$ měla velmi pozitivní efekt na odnožování ječmene. Počet slabých odnoží klesl na polovinu (50,50 %), střední odnože byly zredukovány téměř zcela (pokles na 1,36 %), zatím co počet silných odnoží vzrostl na 119,79 %. U těchto měření navíc byla zjištěna statistická průkaznost nebo statisticky vysoká průkaznost. Na výnos zrna byl ale efekt negativní a došlo u něj k poklesu v průměru na 80,83 % hodnoty neošetřené kontroly.

Podobně se projevila i ječmene i látka RR-P aplikovaná formou moření. U variant s aplikací látky RR-P o koncentraci 10 $\mu\text{mol/l}$ došlo v průměru k mírnému zvýšení počtu slabých odnoží. Počet středních odnoží sice byl v průměru snížen na 72,06 %, ale mezi jednotlivými roky byly velké rozdíly. Počet silných odnoží vzrostl na 110,88 %, ale výnos zrna zůstal prakticky nezměněn. Při použití látky RR-P v koncentraci 50 $\mu\text{mol/l}$ na moření osiva bylo dosaženo už i snížení počtu slabých odnoží na 85,98 %, středních odnoží na 64,70 %. I zde ale byly mezi jednotlivými roky velké rozdíly a nejednotnost. Stabilní byl pouze nárůst počtu silných odnoží v průměru na 119,95 %. U výnosu zrna ale došlo v průměru k mírnému poklesu na 96,50 %. U obou koncentrací látky RR-P byl zjištěn statisticky průkazný nebo statisticky vysoce průkazný vliv na odnožování.

U vybraných originálních látek ovlivňujících hladinu cytokininů měly na odnožování a výnos zrna u ječmene jarního největší pozitivní efekt CK deriváty RR-D a RR-G při foliární aplikaci látky během fáze raného sloupkování (BBCH 30-33) a močovinné deriváty s CK účinkem RR-J a RR-K při foliární aplikaci během odnožování (BBCH 23-25). Ostatní varianty měly pozitivní efekt pouze na odnožování, ale výnos zrna nezvyšovaly nebo měly efekt negativní.

V případě pšenice byl celkově nejsilnější pozitivní vliv na odnožování a výnos zrna zjištěn u látky RR-P (CK antagonist) aplikované formou moření osiva při koncentraci 50 $\mu\text{mol/l}$. Zde došlo v průměru ke snížení počtu slabých odnoží na 87,23 % (přičemž u některých variant byla zjištěna statistická průkaznost). Snížil se i počet středních odnoží, přitom počet silných odnoží mírně vzrostl na 103,30 %. Výnos zrna vzrostl v průměru na 104,69 %. Při použití látky RR-P na moření osiva při koncentraci 10 $\mu\text{mol/l}$ došlo v průměru také ke snížení počtu slabých odnoží. Počet středních odnoží se už ale zvýšil v průměru na 106,92 % počet silných odnoží dokonce na 119,64 %. Výnos zrna se pak zvýšil na 103,72 %.

U látky RR-G aplikované na pšenici formou foliárního postřiku ve fázi odnožování (BBCH 23-25) bylo také dosaženo vcelku pozitivních výsledů. Počet slabých odnoží v průměru klesl na 82,99 %, počet středních odnoží vzrostl na 108,91 % a počet silných odnoží vzrostl na 113,59 %. Toto lze považovat z hlediska ovlivňování výnosotvorných ukazatelů za přínosné, protože došlo k žádoucímu zvýšení produktivních odnoží na úkor středních a neproduktivních odnoží. Výnos zrna zde ale v průměru vzrostl jen na 102,61 %. Navíc nebyla většinou zjištěna žádná statistická průkaznost.

Ostatní testované látky měly na odnožování a výnos zrna u pšenice indiferentní nebo i negativní efekt.

Pro pšenici se u vybraných originálních látek ovlivňujících hladinu cytokininů ukázalo být nejúčinnější použití CK antagonisty RR-P s aplikací formou moření osiva při koncentraci látky 50 $\mu\text{mol/l}$, popřípadě 10 $\mu\text{mol/l}$. Pozitivního efektu bylo dosaženo i při použití CK derivátu RR-G, který byl na pšenici aplikován formou foliárního postřiku během fáze odnožování (BBCH 23-25). Celkově však tyto vybrané látky měly na regulaci odnožování a výnos zrna u pšenice menší efekt než u ječmene.

6 Didaktická analýza odborného tématu

Problematika zkoumaná v této práci by se dala zařadit ve výuce do tematického celku Biologie rostlin, konkrétně fyziologie rostlin a rostliny jako primární producenti biomasy podle RVP MŠMT ČR. Formou experimentu by žáci / studenti mohli pozorovat vývoj rostliny ze semene, tvorbu listů, stonku, květu a následnou tvorbu klasu a zrání semen, přičemž by pozorovali míru odnožování rostlin při různé hustotě osevu. Jednalo by se o dlouhodobější pozorování (řádově měsíce), kdy by žáci/studenti zaznamenávali svá pozorování do pracovního listu. Jednak by mohli porovnat závislost míry odnožování na hustotě osevu a jednak pozorovat morfologické rozdíly mezi různými druhy obilnin. Bylo by tedy možné třídu rozdělit do více skupin – každá skupina by měla jinou plodinu (ječmen jarní, pšenice ozimá, popř. oves setý, žito seté).

Založily by se pokusy s hustotou osevu 1, 3, 10 a 15 semen na květináč. Pokud by byly prostory a materiál, mohlo by se založit po více opakováních (2-3 pro každou hustotu osevu).

Na tomto experimentu by se pozorovala růst a kompenzační schopnost vybraných obilnin. V závislosti na hustotě osevu by se totiž měl lišit počet odnoží, které by rostliny vytvořily. Zatím co v květináčích s menší hustotou osevu by odnoží na jedno semeno mělo být více, u květináčů s hustým osevem by rostliny neměly tvořit již takový počet odnoží. Rostliny by se navíc ovlivňovaly navzájem fytohormony, které by produkovaly a do jisté míry je uvolňovaly do prostředí kolem sebe.

Na tomto experimentu by se tak dalo pozorovat jak odnožování, tak i působení fytohormonů na rostliny samotné, dále fyziologie rostlin a ukázka jednotlivých fenologických fází. Pokus by se mohl případně dle potřeb modifikovat i množstvím nebo periodou závlahy. Každá skupina by mohla jednotlivá opakování zalévat v jiných intervalech a dalo by se pozorovat, jaký by byl dopad na experimenty s řídkým osevem a s hustým osevem. Po několika měsících by se udělalo zhodnocení nasbíraných dat.

Návrh na pracovní list je zařazen na konci práce v přílohách.

7 Zdroje

- Agromanuál (2018): Ječmen jarní. [online, cit. 19.8.2018]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/plodiny/plodina/jecmen-jarni>
- Arata Y., Nagasawa-Iida A., Uneme H., Nakajima H., Kakimoto T., Sato R. The Phenylquinazoline Compound S-4893 is a Non-Competitive Cytokinin Antagonist that Targets Arabidopsis Cytokinin Receptor CRE1 and Promotes Root Growth in Arabidopsis and Rice. *Plant and Cell Physiology*. December 2010, Volume 51, Issue 12, 2047-2059.
- Arrington D. (2015): Cytokinins in Plants: Function & Concept. [online, cit. 8.4.2016]. Dostupné z: <https://study.com/academy/lesson/cytokinins-in-plants-function-lesson-quiz.html>
- Banowitz G. M. (1997): Cultivars of Hexaploid Wheat of Contrasting Stature and Chlorophyll Retention Differ in Cytokinin Content and Responsiveness [online]. *Annals of Botany*, February 1997, Volume 7, Issue 2, 185-190. [cit. 19.3.2017]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/aob/article/79/2/185/2587577>
- Bewley J. D., Black M. (1983): *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination: Development, Germination and Growth*. 1. vyd. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bewley J. D., Black M. (1983): *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination: Viability, Dormancy and Environmental Control*. 1. vyd. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bishop G., Sakakibara H., Seo M., Yamaguchi S. (2015): *Biochemistry & Molecular Biology of Plants: Biosynthesis of Homones*. 2. vyd. USA: John Wiley & sons, s.769-833.
- Campbell N. A., Reece, J. B. (2006): *Biologie*. 1. vyd. Brno: Computer Press.
- Coufal L. *Fenologický atlas*. (2004): 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- Černý L. a kol. (2007): *Jarní sladovnický ječmen – Pěstitelský rádce*. 1. vyd. České Budějovice: Kurent, s.r.o.
- Drosse B., Campoli Ch., Mulki A., von Korff M. (2014): Genetic Control of Reproductive Development. In: Kumlehn J., Stein N. (ed.) *Biotechnological Approaches to Barley Improvement*. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. 2014, Volume 69, s. 81-100. Springer, Berlin, Heidelberg.

- El-Showk S., Ruonala R., Helariutta Y. (2013): Crossing Paths: cytokinin signalling and crosstalk. [online]. *Development*, 2013, Volume 140, Issue 7, 1373-1383. [cit. 18.7.2018]. Dostupné z: <http://dev.biologists.org/content/140/7/1373>
- Fowler D. B. (2018): Growth Stage of Wheat. [online]. University of Saskatchewan. [cit. 18.7.2018]. Dostupné z: https://www.usask.ca/agriculture/plantsci/winter_cereals/winter-wheat-production-manual/chapter-10.php
- Gartel A. L., Serfas M. S., Tyner A. L. (1996): p21–Negative Regulator of the Cell Cycle. *SAGE journals*. 1996, Volume 213, Issue 2, 138-149.
- Hořčíčka P. (ed.), Čapek J., Kocourková Z., Bížová I., Veškrna O., Bláha T., Skala R., Sedláček T. (2012): Pšenice s jistotou: pěstební doporučení k odrůdám ozimé pšenice. 1. vyd. České Budějovice: Kurent, s.r.o.
- Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích: Zemědělská fakulta. Pšenice obecná (*Triticum aestivum* L.). [online, cit. 19.7.2018]. Dostupné z: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Psenice.htm>
- Koprna R, De Diego N., Dundálková L., Spíchal L. (2016): Use of cytokinins as agrochemicals. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. February 2016, Volume 24, Issue 3, 484-492.
- Korotkar S. (2016): Gibberelins: Discovery, Chemical Nature and Biosynthesis. [online]. *Biology Discussion*. [cit. 18.7.2018]. Dostupné z: <http://www.biologydiscussion.com/plants/gibberellins-discovery-chemical-nature-and-biosynthesis-plants/23404>
- Kožnarová V., Sulovská S., Hájková L., Richterová D. (2012) Časová variabilita fenologických fází ječmene jarního. In: Hnilička F. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Praha: ČZU v Praze. 2012, s. 13-20.
- Mrízová K., Jiskrová E., Vyroubalová Š., Novák O., Ohnoutková L., Pospíšilová H., Frébort I., Harwood W. A., Galuszka P. (2013): Overexpression of Cytokinin Dehydrogenase Genes in Barley (*Hordeum vulgare* cv. Golden Promise) Fundamentally Affects Morphology and Fertility [online]. *Plos One*. November 2013, Volume 8, Issue 11. [cit. 22.10.2017]. Dostupné z: <http://journals.plos.org/plosone/article/citation?id=10.1371/journal.pone.0079029>
- Niesler J., Zatloukal M, Popa I., Doležal K., Strnad M., Spíchal L. (2010): Cytokinin receptor antagonists derived from 6-benzylaminopurine. *Phytochemistry*. May 2010, Volume 71, Issue 7, 823-830.

- Pavlová L., Fischer L. (2011): Růst a vývoj rostlin. 1.vyd. Praha: Karolinum.
- Políšenská I., Jirsa O., Sedláčková I., Agrotest fyto s.r.o. (2017): Kvalita potravinářské pšenice sklizně 2017 v České republice. Mlynářské noviny. [online]. 2017, Volume 28, Issue 3, s. 6-9.
- Procházka S, Macháčová I., Krekule J., Šebánek J. (1998): Fyziologie rostlin. 1. vyd. Praha: Academia.
- Reitschläger J.D., Šerá B., Hájková L. (2014): Fenologické fáze zemědělských plodin ve vztahu k vědecko-výzkumné činnosti. Praha: Powerprint, s. 63-69.
- Romanovský A. a kol. (1985): Obecná biologie. 1. vyd. Praha: SPD – pedagogické nakladatelství, s. 376.
- Rosypal S. a kol. (2003): Nový přehled biologie. 1. vyd. Mníšek pod Brdy: Scientia.
- Smith M. A., Coupland G., Dolan L., Harberg N., Jones J., Martin C., Sablowski R., Amey A. (2010): Plant biology. 1. vyd. New York: Garland Science.
- Stamm P., Kumar P. P. (2010): The phytohormone signal network regulating elongation growth during shade avoidance. Journal of experimental botany. [online]. Oxford: Oxford university press, June 2010, Volume 61, Issue 11, 2889-2903. [cit. 29.11.2016]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jxb/article/61/11/2889/439716>
- Sýkorová B., Kurešová G., Daskalova S., Trčková M., Hoyerová K., Raimanová I., Motyka V., Trávníčková A., Elliott M. C., Kamínek M. (2008): Senescence-induced ectopic expression of the *A. tumefaciens ipt* gene in wheat delays leaf senescence, increases cytokinin content, nitrate influx, and nitrate reductase activity, but does not affect grain yield. Journal of experimental botany. [online]. Oxford: Oxford university press, February 2008, Volume 59, Issue 2, 377-387. [cit. 22.7.2018]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jxb/article/59/2/377/539757>
- Šebánek J. (2004): Harmonie v rostlinách. Praha: Academia, s. 175.
- Thomas J. C., Katterman F. R. (1986): Cytokinin Activity Induced by Thidiazuron. Plant physiology. June 1986, Volume 81, Issue 2, 681-683.
- University of Helsinki. Plant Regulatory Network Simulations Reveal a Mystery in Cytokinin Patterning. [online]. Science Daily Helsinki, 2015 [cit. 19.2.2016]. Dostupné z: <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/10/151027154927.htm>
- Ústřední Kontrolní a Zkušební Ústav Zemědělský (2015): Seznam doporučených odrůd 2015: pšenice ozimá. [online, cit. 20.7.2018].

- Verstegen H., Köneke O., Korzun V., von Broock R. (2014): The World Importance of Barley and Challenges to Further Improvements. In: Kumlehn J., Stein N. (ed.) *Biotechnological Approaches to Barley Improvement. Biotechnology in Agriculture and Forestry*. 2014, Volume 69, p. 3-20. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Werner T., Motyka V., Strnad M., Schmülling T. (2001): Regulation of plant growth by cytokinin. *PNAS*, August 2001, Volume 98, Issue 18, 10487-10492.
- Yang D., Li Yong, Shi Y., Cui Z., Luo Y., Zheng M. Chen J., Li Yanxia, Yin Y., Wang Z. (2016): Exogenous Cytokinins Increase Grain Yield of Winter Wheat Cultivars by Improving Stay-Green Characteristics under Heat Stress. [online]. *PLoS ONE*, May 2016, Volume 11, Issue 5. [cit. 20.7.2018]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4874672/>
- Yip W.-K., Yang S. F. (1986): Effect of Thidiazuron, a Cytokinin-Active Urea Derivative, in Cytokinin-Dependent Ethylene production System. *Plant Physiology*. February 1986, Volume 80, Issue 2, 515-519.
- Xia J., Zhao H., Liu W., Li L. He Y. (2009): Role of cytokinin and salicylic acid in plant growth at low temperatures. *Plant Growth Regulation*. April 2009, Volume 57, Issue 211.

8 Seznam tabulek

Tabulka 1: Fenologická stupnice pro obilniny.....	24
Tabulka 2: Roční chod srážek v Olomouci ve vegetačních letech 2011-2017.	33
Tabulka 3: Roční chod teplot v Olomouci ve vegetačních letech 2011-2017.	34
Tabulka 4: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-G (% na kontrolu) pro ječmen.	36
Tabulka 5: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-G (% na kontrolu) pro pšenici.	38
Tabulka 6: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-D (% na kontrolu) pro ječmen.	39
Tabulka 7: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-D (% na kontrolu) pro pšenici.	40
Tabulka 8: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-H (% na kontrolu) pro ječmen.	42
Tabulka 9: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-H (% na kontrolu) pro pšenici.	43
Tabulka 10: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-J (% na kontrolu) pro ječmen.	44
Tabulka 11: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-K (% na kontrolu) pro ječmen.	46
Tabulka 12: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-L (% na kontrolu) pro ječmen.	47
Tabulka 13: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-L (% na kontrolu) pro pšenici.	48
Tabulka 14: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-P (% na kontrolu) pro ječmen.	50
Tabulka 15: Výnos zrna a hodnocení aplikace látky RR-P (% na kontrolu) pro pšenici.	52
Tabulka 16: Účinek látky RR-G na ječmen jarní.....	64
Tabulka 17: Účinek látky RR-G na pšenici ozimou	65
Tabulka 18: Účinek látky RR-D na ječmen jarní.....	66
Tabulka 19: Účinek látky RR-D na pšenici ozimou	67
Tabulka 20: Účinek látky RR-H na ječmen jarní.....	68

Tabulka 21: Účinek látky RR-H na pšenici ozimou	69
Tabulka 22: Účinek látky RR-J na ječmen jarní	70
Tabulka 23: Účinek látky RR-K na ječmen jarní.....	71
Tabulka 24: Účinek látky RR-L na ječmen jarní	72
Tabulka 25: Účinek látky RR-P na ječmen jarní	73
Tabulka 26: Účinek látky RR-P na pšenici ozimou	74

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Struktura některých přírodních auxinů.....	6
Obrázek 2:Struktura některých vybraných giberelinů.	8
Obrázek 3: Strukturní vzorec kyseliny abscisové.	10
Obrázek 4: Strukturní vzorec ethylenu.	12
Obrázek 5: Strukturní vzorec molekuly brassinolidu.....	14
Obrázek 6: Rstruktura některých významných cytokininů.	17
Obrázek 7: Nákres fenologických fází vývoje obilnin.....	26
Obrázek 8: Maloparcelní secí stroj stroj Haldrup SB-25	29
Obrázek 9: Maloparcelní sklízecí mlátička Hege 160.	29
Obrázek 10: Rostliny ječmene hodnocené ve fázi odnožování	31
Obrázek 11:Maloparcelní pokusy variant ječmene ve fázi metání	31

10 Přílohy

- Tabulky s hodnotami měření za jednotlivé testované látky
- Pracovní list pro aplikaci tématu práce ve výuce

Tabulka 16: Účinek látky RR-G na ječmen jarní v letech 2012 až 2016 v Olomouci.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2012	Olomouc	kontrola		2,44	100,00		0,81	100,00		1,69	100,00		759,00	100,00		6,08	100,00	
2013	Olomouc	kontrola		2,47	100,00		–	–		–	–		649,00	100,00		4,77	100,00	
2014	Olomouc	kontrola		2,88	100,00		0,88	100,00		0,85	100,00		700,40	100,00		7,65	100,00	
2015	Olomouc	kontrola		3,00	100,00		0,73	100,00		0,88	100,00		722,40	100,00		7,02	100,00	
2016	Olomouc	kontrola		2,70	100,00		1,43	100,00		1,70	100,00		655,20	100,00		7,64	100,00	
Průměr				2,70	100,00		0,96	100,00		1,28	100,00		697,20	100,00		6,63	100,00	
2014	Olomouc	23-25	5	2,93	101,76	0,98	0,78	88,46	0,45	0,92	108,00	0,65	710,00	101,37		8,24	107,67	0,62
2014	Olomouc	23-25	25	2,97	102,92	0,85	0,57	64,56	0,01 *	1,17	138,34	0,03 *	732,40	104,57		8,66	113,10	0,45
2015	Olomouc	23-25	5	3,16	105,33	0,53	1,02	139,73	0,11	0,98	111,36	0,72	633,60	87,71	0,19	6,91	98,43	0,79
2015	Olomouc	23-25	25	3,13	104,33	0,60	1,00	136,99	0,14	0,97	110,23	0,64	753,60	104,32	0,72	7,23	102,99	0,82
2016	Olomouc	23-25	5	2,40	88,89	0,10	1,33	93,01	0,62	2,57	151,18	0,00 **	684,00	104,40	0,57	7,72	101,05	0,91
2016	Olomouc	23-25	5	2,73	101,11	0,87	1,57	109,79	0,54	1,57	92,35	0,53	728,00	111,11	0,17	7,79	101,96	0,81
Průměr				2,89	100,73		1,04	105,42		1,36	118,58		706,93	102,25		7,76	104,20	
2012	Olomouc	30-33	5	2,75	112,52	0,12	0,71	87,98	0,50	1,27	74,85	0,01 *	804,00	105,93	0,34	7,14	117,45	0,08
2012	Olomouc	30-33	5	2,26	92,82	0,30	0,24	29,16	0,00 **	0,84	49,47	0,00 **	702,00	92,49	0,18	7,30	120,11	0,01 *
2013	Olomouc	30-33	5	2,55	103,31		–	–		–	–		698,00	107,55	0,19	4,89	102,49	0,84
Průměr				2,52	102,88		0,47	58,57		1,05	62,16		734,67	101,99		6,44	113,35	

Tabulka 17: Účinek látky RR-G na pšenici ozimou v letech 2013 až 2017 v Olomouci.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2013	Olomouc	kontrola		3,15	100,00		–	–		4,19	100,00		716,50	100,00		9,66	100,00	
2014	Olomouc	kontrola		2,62	100,00		1,68	100,00		3,34	100,00		552,33	100,00		10,72	100,00	
2015	Olomouc	kontrola		2,24	100,00		1,72	100,00		4,28	100,00		544,67	100,00		11,42	100,00	
2016	Olomouc	kontrola		1,70	100,00		1,70	100,00		2,77	100,00		584,80	100,00		9,52	100,00	
2017	Olomouc	kontrola		2,30	100,00		1,10	100,00		4,20	100,00		566,40	100,00		12,80	100,00	
Průměr				2,40	100,00		1,55	100,00		3,75	100,00		592,94	100,00		10,82	100,00	
2013	Olomouc	23-25	5	–	–		–	–		–	–		691,33	96,49	0,56	9,86	101,99	0,62
2014	Olomouc	23-25	5	3,03	115,55	0,71	1,78	105,59	0,07	2,33	69,61	0,40	534,67	96,80	–	10,39	96,94	0,95
2014	Olomouc	23-25	5	3,22	122,84	0,88	1,62	96,49	0,27	2,32	69,58	0,45	538,67	97,53	–	10,36	96,62	0,97
2014	Olomouc	23-25	25	3,56	136,13	0,25	1,92	114,40	0,02 *	2,05	61,41	0,06	527,00	95,41	–	10,70	99,83	0,98
2015	Olomouc	23-25	5	2,10	93,62	0,54	1,73	100,06	1,00	4,49	105,00	0,45	560,67	102,94	0,38	11,77	103,01	0,20
2015	Olomouc	23-25	5	2,58	115,22	0,17	2,15	124,42	0,09	3,58	83,77	0,01 **	609,33	111,87	0,33	12,60	110,35	0,21
2016	Olomouc	23-25	5	1,90	111,76	0,61	1,60	94,12	0,23	2,60	93,96	1,00	557,60	95,35	0,67	10,27	107,90	0,42
2017	Olomouc	23-25	5	2,30	100,00	1,00	1,40	127,27	0,30	4,10	97,62	0,79	568,00	100,28	0,96	13,33	104,16	0,30
Průměr				2,67	113,59		1,74	108,91		3,07	82,99		573,41	99,58		11,16	102,60	

Tabulka 18: Účinek látky RR-D na ječmen jarní v letech 2012 až 2014 v Olomouci a Kroměříži.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2012	Olomouc	kontrola		2,44	100,00		0,81	100,00		1,69	100,00		759,00	100,00		6,08	100,00	
2012	Kroměříž	kontrola		1,39	100,00		–	–		1,98	100,00		1255,00	100,00		6,87	100,00	
2013	Kroměříž	kontrola		1,66	100,00		0,77	100,00		0,68	100,00		796,67	100,00		5,72	100,00	
2014	Kroměříž	kontrola		2,32	100,00		0,23	100,00		1,31	100,00		696,67	100,00		8,58	100,00	
Průměr				1,95	100,00		0,60	100,00		1,42	100,00		876,83	100,00		6,81	100,00	
2012	Olomouc	23-25	5	2,45	100,70	0,92	0,65	80,02	0,22	1,45	85,71	0,15	777,00	102,37	0,69	7,25	119,29	0,15
2012	Kroměříž	23-25	5	1,33	95,90		–	–		2,19	110,83		1401,00	111,63		6,82	99,27	
2013	Kroměříž	23-25	5	1,78	107,04		0,78	101,42		0,68	99,12		783,33	98,33		5,57	97,52	
2014	Kroměříž	23-25	5	2,58	111,22		0,24	106,01		1,28	97,94		721,33	103,54		8,04	93,69	
2014	Kroměříž	23-25	5	2,51	107,96		0,17	73,26		1,42	108,80		721,33	103,54		8,39	97,81	
Průměr				2,13	104,56		0,46	90,18		1,40	100,48		880,80	103,88		7,21	101,52	
2012	Olomouc	30-33	5	2,34	96,02	0,58	0,49	61,04	0,01 *	1,53	90,38	0,33	743,00	97,89	0,71	6,98	114,94	0,14
2012	Kroměříž	30-33	5	1,78	128,06		–	–		1,98	100,20		1240,00	98,80		6,61	96,22	
2012	Kroměříž	30-33	5	–	–		–	–		–	–		1386,00	110,44		6,93	100,87	
2012	Olomouc	30-33	5	–	–		–	–		–	–		801,00	105,53	0,22	7,21	118,71	0,08
2013	Kroměříž	30-33	5	1,85	111,29		0,81	105,11		0,64	94,25		735,33	92,30		6,00	104,95	
Průměr				1,99	111,79		0,65	83,08		1,38	94,94		981,07	100,99		6,75	107,14	

Tabulka 19: Účinek látky RR-D na pšenici ozimou v letech 2012 až 2014 v Olomouci a Kroměříži.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2012	Olomouc	kontrola		2,33	100,00		1,60	100,00		1,15	100,00		435,00	100,00		6,65	100,00	
2012	Kroměříž	kontrola		2,21	100,00		2,92	100,00		2,65	100,00		512,00	100,00		7,25	100,00	
2013	Olomouc	kontrola		3,15	100,00		–	–		4,19	100,00		716,50	100,00		9,66	100,00	
2013	Kroměříž	kontrola		2,05	100,00		0,34	100,00		2,73	100,00		759,00	100,00		6,26	100,00	
2014	Kroměříž	kontrola		1,62	100,00		0,46	100,00		2,63	100,00		587,00	100,00		9,93	100,00	
Průměr				2,27	100,00		1,33	100,00		2,67	100,00		601,90	100,00		7,95	100,00	
2012	Olomouc	23-25	5	2,68	115,05		1,26	78,94		1,19	103,30		409,00	94,02		6,13	92,17	0,60
2012	Kroměříž	23-25	5	2,11	95,48	0,71	2,65	90,98		2,92	109,92	0,47	501,00	97,85	0,74	7,25	100,00	0,97
2013	Olomouc	23-25	5	2,01	63,91		–	–		2,52	60,17		654,00	91,28	0,15	9,69	100,27	0,96
2013	Kroměříž	23-25	5	2,28	110,98	0,06	0,30	88,17	0,56	3,11	113,93	0,01 *	793,00	104,48	0,36	6,29	100,53	0,80
2014	Kroměříž	23-25	5	1,95	120,16		0,47	103,38		2,78	105,73		606,00	103,24	0,88	9,98	100,44	0,88
2014	Kroměříž	23-25	25	1,72	106,17	0,72	0,40	87,80	0,57	2,61	99,13	0,94	617,00	105,11	0,66	10,04	101,08	0,66
Průměr				2,12	101,96		1,02	89,85		2,52	98,70		596,67	99,33		8,23	99,08	

Tabulka 20: Účinek látky RR-H na ječmen jarní v letech 2013 až 2015 v Olomouci a Kroměříži.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2013	Olomouc	kontrola		2,47	100,00		–	–		–	–		649,00	100,00		4,77	100,00	
2014	Olomouc	kontrola		2,88	100,00		0,88	100,00		0,85	100,00		700,40	100,00		7,65	100,00	
2015	Olomouc	kontrola		3,00	100,00		0,73	100,00		0,88	100,00		722,40	100,00		7,02	100,00	
2015	Kroměříž	kontrola		2,18	100,00		0,28	100,00		0,67	100,00		913,95	100,00		10,85	100,00	
Průměr				2,63	100,00		0,63	100,00		0,80	100,00		746,44	100,00		7,57	100,00	
2015	Kroměříž	moření	50	2,31	105,85	0,36	0,33	117,87	0,54	0,98	146,76	0,01 **	865,33	94,68	0,24	11,39	105,00	0,21
2014	Olomouc	23-25	5	3,27	113,54	0,14	0,68	76,95	0,12	1,20	142,08	0,03 *	739,60	105,60		7,83	102,34	0,86
2015	Olomouc	23-25	5	3,13	104,17	0,61	0,81	111,30	0,15	1,29	146,78	0,33	659,20	91,25	0,32	7,25	103,30	0,41
Průměr				3,20	108,86		0,75	94,13		1,25	144,43		699,40	93,70		7,54	102,82	
2013	Olomouc	30-33	5	2,54	102,80		–	–		–	–		630,00	97,07	0,67	4,68	98,10	0,85
2013	Olomouc	30-33	5	2,66	107,62		–	–		–	–		648,00	99,85	0,98	4,63	97,01	0,77
2013	Olomouc	30-33	5	2,59	104,75		–	–		–	–		605,00	93,22	0,39	4,64	97,33	0,79
Průměr				2,60	105,06								627,67	96,71		4,65	97,48	

Tabulka 21: Účinek látky RR-H na pšenici ozimou v letech 2013 až 2015 v Olomouci.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2013	Olomouc	kontrola		2,33	100,00		0,56	100,00		3,09	100,00		716,50	100,00		9,66	100,00	
2014	Olomouc	kontrola		2,68	100,00		1,68	100,00		3,34	100,00		552,33	100,00		10,72	100,00	
2015	Olomouc	kontrola		2,24	100,00		1,72	100,00		4,28	100,00		544,67	100,00		11,42	100,00	
Průměr				2,42	100,00		1,32	100,00		3,57	100,00		604,50	100,00		10,60	100,00	
2013	Olomouc	23-25	5	2,20	94,42		0,42	75,00		2,65	85,76		722,00	100,77		9,51	98,45	0,72
2014	Olomouc	23-25	5	2,19	81,54		1,88	112,06		3,56	106,53		558,67	101,15		10,89	101,54	0,43
2015	Olomouc	23-25	5	2,11	94,11	0,55	2,20	127,61	0,03 *	4,29	100,35	0,96	550,00	100,98	0,77	12,06	105,59	0,05
Průměr				2,17	90,02		1,50	104,89		3,50	97,55		610,22	100,96		10,82	101,86	

Tabulka 22: Účinek látky RR-J na ječmen jarní v letech 2014 až 2017 v Olomouci a Kroměříži.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2014	Olomouc	kontrola		2,88	100,00		0,88	100,00		0,85	100,00		700,40	100,00		7,65	100,00	2014
2015	Olomouc	kontrola		3,00	100,00		0,73	100,00		0,88	100,00		722,40	100,00		7,02	100,00	2015
2015	Kroměříž	kontrola		2,18	100,00		0,28	100,00		0,67	100,00		914,00	100,00		10,86	100,00	2015
2016	Olomouc	kontrola		2,70	100,00		1,43	100,00		1,70	100,00		655,20	100,00		7,64	100,00	2016
2017	Olomouc	kontrola		2,13	100,00		1,58	100,00		2,17	100,00		601,61	100,00		7,56	100,00	2017
Průměr				2,58	100,00		0,98	100,00		1,25	100,00		718,72	100,00		8,15	100,00	
2014	Olomouc	moření	50	3,46	119,96	0,03 *	0,52	59,20	0,01 **	1,33	156,48	0,01 **	726,00	103,66		7,04	92,02	0,50
2015	Olomouc	moření	50	3,55	118,44	1,00	0,85	116,72	0,05 *	1,09	124,01	0,44	696,80	96,46	0,64	7,53	107,31	0,99
2016	Olomouc	moření	50	2,63	97,53	0,88	1,87	130,23	0,21	1,60	94,12	0,65	655,20	96,69	1,00	7,92	103,67	0,67
2017	Olomouc	moření	50	2,21	103,92	0,75	1,54	97,37	0,87	2,67	123,08	0,10	628,80	104,52	0,68	7,59	100,36	0,97
Průměr				2,96	109,96		1,20	100,88		1,67	124,42		676,70	100,33		7,52	100,84	
2014	Olomouc	23-25	5	3,59	124,53	0,01 **	0,84	95,66	0,78	0,90	106,43	0,71	772,40	110,28		8,52	111,29	0,35
2015	Olomouc	23-25	5	2,87	95,65	0,52	0,98	134,16	0,09	0,93	106,83	0,13	619,20	85,71	0,07	6,99	99,58	0,49
2015	Kroměříž	23-25	5	2,43	111,54	0,03 *	0,32	111,06	0,68	0,81	121,15	0,16	912,00	99,78	0,97	11,37	104,74	0,28
2016	Olomouc	23-25	5	2,93	108,64	0,23	1,43	100,00	1,00	1,80	105,88	0,78	624,00	86,38	0,58	8,25	107,98	0,44
2017	Olomouc	23-25	5	2,29	107,84	0,59	1,33	84,21	0,33	2,33	107,69	0,61	617,60	93,80	0,54	7,62	100,75	0,74
Průměr				2,82	109,64		0,98	105,02		1,36	109,60		709,04	95,19		8,55	104,87	

Tabulka 23: Účinek látky RR-K na ječmen jarní v letech 2014 až 2017 v Olomouci.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2014	Olomouc	kontrola		2,88	100,00		0,88	100,00		0,85	100,00		700,40	100,00		7,65	100,00	2014
2015	Olomouc	kontrola		3,00	100,00		0,73	100,00		0,88	100,00		722,40	100,00		7,02	100,00	2015
2016	Olomouc	kontrola		2,70	100,00		1,43	100,00		1,70	100,00		655,20	100,00		7,64	100,00	2016
2017	Olomouc	kontrola		2,13	100,00		1,58	100,00		2,17	100,00		601,61	100,00		7,56	100,00	2017
Průměr				2,68	100,00		1,16	100,00		1,40	100,00		669,90	100,00		7,47	100,00	
2014	Olomouc	moření	50	3,29	114,03	0,10	0,80	91,17	0,58	1,11	130,64	0,10	714,50	102,01		7,68	100,29	0,98
2015	Olomouc	moření	50	2,94	97,92	1,00	0,96	131,43	0,07	1,13	128,57	0,58	701,60	97,12	0,75	7,65	109,04	0,95
2016	Olomouc	moření	50	2,67	98,77	0,20	1,67	116,28	1,00	1,60	94,12	0,08	677,60	107,90	0,74	7,76	101,57	0,87
2017	Olomouc	moření	50	2,17	101,96	0,87	1,50	94,74	0,75	2,67	123,08	0,18	619,20	95,20	0,42	7,39	97,68	0,90
Průměr				2,76	103,17		1,23	108,40		1,62	119,10		678,23	100,56		7,62	102,15	
2014	Olomouc	23-25	5	3,26	113,25	0,20	0,46	51,75	0,00 **	1,32	155,26 **	0,00	764,80	109,19		8,36	109,26	0,44
2015	Olomouc	23-25	5	2,77	92,36	0,31	1,25	171,43	0,22	1,21	138,10	0,17	668,80	92,58	0,42	7,01	99,96	0,70
2015	Kroměříž	23-25	5	2,93	108,64	0,26	1,57	109,30	0,54	1,83	107,84	0,48	688,00	101,90	0,49	7,88	103,20	0,73
2016	Olomouc	23-25	5	2,46	115,69	0,19	1,13	71,05	0,10	2,00	92,31	0,51	638,40	90,07	0,74	8,53	112,69	0,36
Průměr				2,86	107,49		1,10	100,88		1,59	123,38		690,00	98,43		7,95	106,28	

Tabulka 24: Účinek látky RR-L na ječmen jarní v roce 2012 v Olomouci a na pšenici ozimou v roce 2013 v Olomouci.

Plodina	Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
Ječmen	2012	Olomouc	kontrola		2,44	100,00		0,81	100,00		1,69	100,00		759,00	100,00		6,08	100,00	
	2012	Olomouc	moření	10	2,91	119,55	0,02 *	0,02	2,73	0,00 **	0,71	41,97	0,00 **	754,00	99,34	0,91	4,75	78,16	0,24
	2012	Olomouc	moření	50	2,92	120,04	0,01 *	0,00	0,00	0,00 **	1,00	59,03	0,00 **	737,33	97,14	0,58	5,07	83,49	0,37
	Prům.				2,92	119,79		0,01	1,36		0,86	50,50		745,67	98,24		4,91	80,83	
Pšenice	2013	Olomouc	kontrola		2,33	100,00		0,56	100,00		3,09	100,00		716,50	100,00		9,66	100,00	
	2013	Olomouc	moření	10	3,39	145,32	0,37	–	–		3,81	123,20	0,25	704,67	98,35	0,74	9,77	101,15	0,82

Tabulka 25: Účinek látky RR-P na ječmen jarní v letech 2012 až 2015 v Olomouci a Kroměříži.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2012	Olomouc	kontrola		2,44	100,00		0,81	100,00		1,69	100,00		759,00	100,00		6,08	100,00	
2014	Olomouc	kontrola		2,88	100,00		0,88	100,00		0,85	100,00		700,40	100,00		7,65	100,00	
2015	Olomouc	kontrola		3,00	100,00		0,73	100,00		0,88	100,00		722,40	100,00		7,02	100,00	
2015	Kroměříž	kontrola		2,18	100,00		0,28	100,00		0,67	100,00		914,00	100,00		10,86	100,00	
Průměr				2,63	100,00		0,67	100,00		1,02	100,00		773,95	100,00		7,90	100,00	
2012	Olomouc	moření	10	2,83	116,34	0,04 *	0,06	6,95	0,00 **	0,69	40,44	0,00 **	803,00	105,80	0,31	6,13	100,81	0,95
2014	Olomouc	moření	10	3,24	112,33	0,13	0,69	77,95	0,13	1,08	126,82	0,14	731,60	104,45		7,22	94,37	0,66
2015	Olomouc	moření	10	–	–		–	–		–	–		709,60	98,23	0,83	7,11	101,21	0,77
2015	Kroměříž	moření	10	2,26	103,98	0,48	0,37	131,29	0,25	0,98	147,12	0,00 **	846,00	92,56	0,11	11,39	104,93	0,12
Průměr				3,03	110,88		0,37	72,06		0,91	104,79		772,55	100,26		7,96	100,33	
2012	Olomouc	moření	50	3,13	128,67	0,00 **	0,03	4,09	0,00 **	0,63	37,37	0,00 **	778,67	102,59	0,58	5,28	86,87	0,08
2014	Olomouc	moření	50	3,55	123,16	0,01 **	0,55	62,16	0,01 *	0,96	113,18	0,45	729,20	104,11		7,50	97,94	0,88
2015	Kroměříž	moření	50	2,35	108,03	0,13	0,36	127,84	0,31	0,72	107,40	0,62	797,33	87,24	0,05 *	11,37	104,70	0,08
Průměr				3,34	119,95		0,31	64,70		0,77	85,98		768,40	97,98		8,05	96,50	

Tabulka 26: Účinek látky RR-P na pšenici ozimou v letech 2012 až 2017 v Olomouci.

Rok	Lokalita	BBCH	c ($\mu\text{mol/l}$)	Silné odnože	% na K	T- test	Středně silné odnože	% na K	T- test	Slabé odnože	% na K	T- test	Počet klasů na 1 m ²	% na K	T- test	Výnos zrna při 14% vlhkosti	% na K	T- test
2012	Olomouc	kontrola		2,33	100,00		1,60	100,00		1,15	100,00		435,00	100,00		6,65	100,00	
2013	Olomouc	kontrola		3,15	100,00		–	–		4,19	100,00		716,50	100,00		9,66	100,00	
2014	Olomouc	kontrola		2,68	100,00		1,68	100,00		3,34	100,00		552,33	100,00		10,72	100,00	
2015	Olomouc	kontrola		2,24	100,00		1,72	100,00		4,28	100,00		544,67	100,00		11,42	100,00	
2016	Olomouc	kontrola		1,70	100,00		1,70	100,00		2,77	100,00		584,80	100,00		9,52	100,00	
2017	Olomouc	kontrola		2,30	100,00		1,10	100,00		4,20	100,00		566,40	100,00		12,80	100,00	
Průměr				2,40	100,00		1,56	100,00		3,32	100,00		566,62	100,00		9,61	100,00	
2012	Olomouc	moření	10	2,56	110,24		1,29	80,50		1,23	106,78		379,00	87,13		6,62	99,41	0,96
2014	Olomouc	moření	10	2,87	106,86	0,46	1,85	109,82	0,50	2,92	87,51	0,16	545,67	98,79		11,27	105,09	0,48
2015	Olomouc	moření	10	2,81	125,17	0,72	1,93	111,77	0,55	3,54	82,72	0,93	643,33	118,11	0,22	12,38	108,42	0,35
2016	Olomouc	moření	10	2,13	125,49	0,06	1,87	109,80	0,79	2,67	96,39	0,84	506,40	86,59	0,03 *	9,81	103,05	0,30
2017	Olomouc	moření	10	3,00	130,43	0,01 **	1,35	122,73	0,40	4,25	101,19	0,91	603,20	106,50	0,16	13,14	102,64	0,49
Průměr				2,67	119,64		1,66	106,92		2,92	94,92		535,52	99,43		10,64	103,72	
2012	Olomouc	moření	50	2,49	107,01		1,38	85,94		1,16	101,13		419,00	96,32		6,79	102,01	0,86
2013	Olomouc	moření	50	3,13	99,52	0,74	–	–		4,04	96,54	0,74	736,00	102,72		9,75	100,91	
2014	Olomouc	moření	50	2,16	80,42	0,02 *	1,64	97,62	0,86	2,77	82,81	0,04 *	543,33	98,37		11,31	105,49	0,80
2015	Olomouc	moření	50	2,83	126,24	0,78	1,42	82,08	0,18	2,93	68,45	0,03 *	564,67	103,67	0,61	12,60	110,35	0,19
Průměr				2,65	103,30		1,48	88,54		2,72	87,23		565,75	100,27		10,11	104,69	

Pracovní list – Obilniny: charakteristika a růst

Jméno:

Třída:

Obilniny (např. pšenice, žito, oves, ječmen...) jsou základními plodinami pro uživení lidské populace. Dokážete naše základní obilniny od sebe rozpoznat podle přiložené charakteristiky? Přiřaďte, která obilka a stéblo patří pšenici ozimé (*Triticum aestivum* L.), ječmeni jarnímu (*Hordeum vulgare* L.), žitu setému (*Secale cereale* L.) a která ovsu setému (*Avena sativa* L.)?



(BioLib.cz)



(Botaska.upol.cz)



(BioLib.cz)



(web2.mendelu.cz)

1).....

2).....



(BioLib.cz)



(Botaska.upol.cz)



(BioLib.cz)



(Botaska.upol.cz)

3).....

4).....

Ječmen – ouška dlouhá (překřížují se), světlá a hladká, obilka pluchatá

Pšenice – ouška dlouhá a chlupatá, obilka nahá

Oves – nemá ouška, ale má dlouhý jazýček, obilka pluchatá

Žito – krátký jazýček, malá ouška, obilka nahá



(Muni.cz)

Růst rostlin ovlivňují samozřejmě rostlinné hormony: auxiny, cytokininy, ethylen, gibbereliny, kyselina abscisová. Růst rostlin ale může ovlivňovat i například hustota porostu, kde působí tzv. kompenzační schopnost rostlin – schopnost regulovat produkci jednotlivých hormonů v závislosti na „životním prostoru“ daném právě hustotou osevu.

Založíme si několik pokusných květináčů s různou mírou osevu. Varianta A bude mít jedno semeno, varianta B 3 semena, varianta C 10 semen a varianta D 15 semen. Do tabulky se bude zapisovat, po kolika dnech od nasazení vyklíčil první list, po kolika dnech se objevila první odnož a po kolika dnech byl pozorován první klas. Na konci experimentu se spočítá počet odnoží na jednotlivé varianty (počet odnoží je roven celkovému počtu stébel v květináči mínus počet zasazených semen), popřípadě spočítat počet klasů.



<http://www.chemapagro.cz/technologie/archiv-2011/aktualni-doporuceni-k-vyrovnani-a-optimalizaci-poctu-produktivnich-odnozi-ozimych-obilnin/>

V závěru zhodnoťte zjištěná data (která varianta měla nejvíc odnoží/klasů na jedno semeno) a porovnejte s ostatními skupinami. O kterou plodinu se jedná ve vašem případě a proč?

Datum založení experimentu:

Varianta	Vyklíčení (dny)	První odnož (dny)	První klasy (dny)	Počet odnoží	Počet klasů
A					
B					
C					
D					

Závěr: