

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**BRNO 2015**

**Hynek Tvrdý**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agromická fakulta**  
**Ústav Agrosystémů a bioklimatologie**

---



**Využití regulátorů růstu v ječmeni jarním k omezení  
poléhání**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Bc. Hynek Tvrký

---

Brno 2015



# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Bc. Hynek Tvrđý**

Studijní program: Fytotechnika

Obor: Fytotechnika

Název tématu: **Využití regulátorů růstu v ječmeni jarním k omezení poléhání**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte odbornou literaturu k zadanému tématu, zpracujte literární rešerši.
2. Seznamte se s variantami pokusu v jarním ječmeni.
3. Vyhodnoťte poléhání, výnosotvorné prvky a výnos u různých variant v maloparcelním pokusu
4. Zpracujte výsledky do grafů a tabulek.
5. Proveďte statistické vyhodnocení výsledků.



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: „Využití regulátorů růstu v ječmeni jarním k omezení polehání“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat panu doc. Ing. Vladimíru Smutnému Ph.D. za vedení mé diplomové práce a za pomoc při řešení pokusu. Za cenné rady děkuji i panu Ing. Karlu Fuksíkovi. V neposlední řadě děkuji rodině a svým blízkým za podporu po celou dobu studia.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá použitím regulátorů růstu k omezení poléhání jarního ječmene (*Hordeum vulgare* L.). Polní pokus byl veden v kukuřičné výrobní oblasti na jílovitohlinité fluvizemi glejové od roku 2012 do roku 2014. V pokusu byl vliv regulátorů růstu sledován na odrůdě jarního ječmene Bojos. K regulaci porostu byly vybrány přípravky Retacel extra R 68 (chlormequat chlorid), Moddus (trinexapac-ethyl) a Cerone 480 SL (etephon). Hlavním úkolem práce bylo vést intenzivní porost ječmene se zaměřením se na správnou aplikaci regulátorů růstu dle pěstitelských metodik. Přípravky regulátorů růstu se využívaly v různých vzájemných kombinacích a dávkách ve třech aplikačních termínech. Proto byly sledovány a hodnoceny délky klasů, počty semen v klasu, výnos zrna a vybrané kvalitativní parametry pro sladovnický ječmen. Při sledování a vyhodnocování těchto parametrů, nebyl zjištěn žádný negativní vliv různých kombinací a dávek regulátorů růstu na produkci a kvalitu jarního ječmene i při efektu celkového zkrácení stébla. V ročníku 2014 bylo dosaženo 20 % efektu zkrácení délky stébla. Nejvíce byla délka stébla krácena u variant s vyšší dávkou Cerone. V ročníku 2013 došlo u variant s regulátory růstu k navýšení výnosu až o 1,95 t.ha<sup>-1</sup>.

## **Klíčová slova:**

Regulátory růstu rostlin, Poléhání, Ječmen jarní, Gibereliny, Etylen, Trinexapac-ethyl, Etephon, Chlormequat-chlorid

## **Abstrakt**

This thesis deals with use of growth regulators to reduce lodging of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). The field trial was conducted in corn production area on a clay-loamy glue fluvisol since 2012 to 2014. An effect of growth regulators was monitored on spring barley of the variety *Bojos*. Preparations Retacel extra R 68 (chlormequat chloride), Moddus (trinexapac-ethyl) and Cerone 480 SL (ethephon) were chosen to crop regulation. The aim of the thesis was to carry intensive crop barley focused on correct application of growth regulators according to the cultivation methodologies. Growth regulators were used in various combinations with one another in three dose and dosage times. From this reason cob length, number of seeds per spike, grain yield and selected parameters of malting barley quality were monitored and evaluated. There was no negative effect of different combinations and does of growth regulators on production and quality of spring barley while the aim of crop shortening was achieved. In 2014 up to 20% of the effect of stalk length shortage was achieved. The greatest shortening was achieved on the stalks with higher dose of Cerone. In 2013 the yield increased of 1,95 t.ha<sup>-1</sup> in variants with growth regulators.

## **Keywords:**

Plant Growth Regulators, Lodging, Spring Barley, Gibberellins, Ethylene, Trinexapac.ethyl, Ethephon, Chlormequatchlorid

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>13</b>
3.1	SEZNAM ZKRATEK .....	13
3.2	REGULÁTORY RŮSTU .....	13
3.3	PŘIROZENÉ FYTOHORMONY VZTAHUJÍCÍ SE K REGULACI POLÉHÁNÍ JEČMENE JARNÍHO ( <i>HORDEUM VULGARE L.</i> ) ...	16
3.3.1	<i>Princip působení fytohormonů</i> .....	16
3.3.2	<i>Gibereliny</i> .....	17
3.3.2.1	Hlavní fyziologické účinky giberelinů .....	17
3.3.2.2	Stimulace prodlužovacího růstu .....	17
3.3.2.3	Biosyntéza giberelinů .....	17
3.3.3	<i>Etylen</i> .....	18
3.3.3.1	Popis etylenu .....	18
3.3.3.2	Růstové účinky etylenu .....	19
3.3.3.3	Mechanismus účinku etylenu na molekulární úrovni .....	19
3.3.3.4	Biosyntéza etylenu .....	20
3.3.3.5	Působení etylenu .....	21
3.4	SYNTECKÉ RŮSTOVÉ REGULÁTORY VYUŽÍVANÉ K OMEZENÍ POLÉHÁNÍ OBILNIN. ....	23
3.4.1	<i>Inhibitory biosyntézy giberelinů</i> .....	23
3.4.2	<i>Regulátory růstu inhibující první fáze biosyntézy giberelinu v jarním ječmeni (<i>Hordeum vulgare</i>)</i> 24	
3.4.2.1	Chlormequat-chlorid (CCC) .....	24
3.4.2.2	Mepiquat-chlorid (MCH) .....	26
3.4.3	<i>Regulátory růstu inhibující transformací neaktivních forem GA na aktivní formy</i> .....	27
3.4.3.1	Trinexapac-ethyl (TXE) .....	27
3.4.3.2	Prohexadion-kalcium (PCa) .....	28
3.4.4	<i>Regulátory růstu uvolňující etylen</i> .....	29
3.4.4.1	Etephon (EP) .....	29
3.5	JEČMEN JARNÍ ( <i>HORDEUM VULGARE L.</i> ) .....	30
3.6	PROBLEMATIKA POLÉHÁNÍ JARNÍHO JEČMENE .....	31
3.6.1	<i>Vliv rajonizace pěstování na poléhání ječmene jarního</i> .....	34
3.6.2	<i>Vliv předplodiny na poléhání jarního ječmene</i> .....	35
3.6.3	<i>Zpracování půdy a příprava před setím jarního ječmene</i> .....	36
3.6.3.1	Termín setí jarního ječmene .....	37
3.6.3.2	Setí jarního ječmene .....	37
3.6.3.3	Výsev jarního ječmene .....	37
3.6.4	<i>Vliv odrůdy sladovnického ječmene na poléhání</i> .....	38



3.6.5	<i>Vliv výživy na poléhání ječmene jarního</i> .....	40
3.6.6	<i>Vliv pesticidů na poléhání porostů jarního ječmene</i> .....	42
3.6.7	<i>Výnosotvorné prvky jarního ječmene</i> .....	42
3.7	<b>RŮST A VÝVOJ JEČMENE JARNÍHO VE VZTAHU K PROBLEMATICE POLÉHÁNÍ</b> .....	43
3.7.1	<i>Růstové fáze jarního ječmene</i> .....	43
3.7.2	<i>Stéblo jarního ječmene</i> .....	44
3.7.3	<i>Odnožování jarního ječmene</i> .....	44
3.7.4	<i>Sloupkování</i> .....	45
3.7.5	<i>Anatomie stébla</i> .....	46
3.7.5.1	Podpůrné a zpevňovací pletiva ve stéble.....	47
3.7.5.2	Stavba buněčné stěny.....	48
3.7.5.3	Růst buněčné stěny.....	49
3.7.5.4	Vliv inhibitoru růstu na lignifikaci buněčné stěny.....	49
3.7.5.5	Růst stonku.....	51
3.7.5.6	Regulačních vlivy fytohormonů ve stonku.....	51
3.7.6	<i>Květenství ječmene jarního</i> .....	52
3.8	<b>POUŽITÍ SYNTETICKÝCH REGULÁTORŮ RŮSTU V JEČMENI JARNÍM</b> .....	52
3.8.1	<i>Dávky regulátorů růstu</i> .....	55
3.8.1.1	Dělené dávky regulátorů růstu.....	55
3.8.2	<i>Termín použití regulátorů růstu</i> .....	56
3.8.3	<i>Stresové podmínky a aplikace regulátorů růstu</i> .....	59
3.8.4	<i>Interakce použití regulátorů růstu v ječmeni jarním v tankmixu</i> .....	60
<b>4</b>	<b>MATERIÁLY A METODIKA</b> .....	<b>62</b>
4.1	CHARAKTERISTIKA POKUSNÉ LOKALITY.....	62
4.2	CHARAKTERISTIKA POLNÍHO POKUSU.....	64
4.3	METODIKA STANOVENÍ SLEDOVANÝCH ZNAKŮ.....	66
4.3.1	<i>Metodika stanovení výnosu</i> .....	66
4.3.2	<i>Laboratorní rozbory</i> .....	66
4.3.3	<i>Kvalitativní ukazatelé sladovnického ječmene</i> .....	67
4.4	METODY ZPRACOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH DAT.....	68
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>69</b>
<b>6</b>	<b>DISKUSE</b> .....	<b>93</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>108</b>
<b>8</b>	<b>PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>110</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>120</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>121</b>

<b>11</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>122</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>125</b>

## 1 ÚVOD

Problematika použití regulátorů růstu (RR) je poměrně velmi složitá. Použitím regulátorů růstu nepůsobíme na rostlinu přímo, ale prostřednictvím jejího hormonálního systému a navíc je toto působení ovlivněno mnohými faktory. Poléhání jarního ječmene je jedním z nejvýznamnějších faktorů limitujících dosažení vysokého výnosu v intenzivních technologiích pěstování. Při nesprávném použití RR může při souhře různých faktorů dojít k výraznému ovlivnění porostu, případně k jeho poškození. Z tohoto důvodu musí být hledání správného použití RR neoddělitelnou součástí intenzivní pěstitelské technologie, která přímo souvisí s modelováním porostu a následnou ekonomikou pěstování. V první řadě je cílem použití RR zabránit polehnutí porostu, které může při silném výskytu znehodnotit všechny předcházející vstupy a dále přímo ovlivnit snížení výnosu, zhoršit kvalitu úrody či zvýšit náklady na sklizeň. Sekundárními cíli může být zvýšení hmotnosti klasů, počtu odnoží a odolnosti proti chorobám a škůdcům.

## **2 CÍL PRÁCE**

- Sestavit literární přehled o problematice poléhání jarního ječmene a o působení, využívání a aplikaci růstových regulátorů rostlin, s praktickým zaměřením se na jarní ječmen.
- Řešit problematiku použití konkrétních regulátorů růstu v jarním ječmeni v maloparcelkovém pokusu, s cílem zjistit jejich vliv na růst, výnos a kvalitativní parametry uvedené plodiny.
- Zpracovat získaná data z pokusu, a ze získaných informací vysledovat možné faktory ovlivňující působení, účinnost a negativní vlivy RR použitých proti poléhání ječmene jarního na lokalitě Žabčice.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Seznam zkratk

RR – regulátor růstu

Přestože je v titulu diplomové práce uveden pojem „morforegulátor růstu“, bude nadále v této práci nahrazován synonymním pojmem „regulátor růstu“, protože je takto rozšířen v zahraniční literatuře.

CCC – chlormequat chlorid, TXE – trinexapac-ethyl, EP – etephon, MCH – mepiquat – chlorid, PCa – prohexadione calcium, FH – fytohormon, GA – gibereliny, GA<sub>3</sub> – kyselina giberelová, mRNA – mediátorová ribonukleonová kyselina, DNA – deoxyribonukleonová kyselina, 2,4 – D – kyselina dichlorfenoxyoctová,

### 3.2 Regulátory růstu

Regulace růstu a diferenciační aktivity rostlin jsou ovlivňovány podmínkami vnějšího prostředí. Příkladem nejvlivnějších vnějších podmínek je teplo a záření, a zároveň vnitřním systémem regulace. Prozatím nejvíce prostudován je vnitřní systém regulace rostlin, který je zajišťován rostlinnými hormony - fytohormony (FH), (Davies 2004).

Pro zemědělskou praxi je velmi významné studium tzv. rostlinné celistvosti (integrity), neboť tuto integritu je mnohdy třeba regulovat. Jde především o větvení a růst lodyh a kořenů, o podněcování tvorby květů, hlíz nebo kořenů na stonkových či kořenových řízcích atd. V praxi se tato regulace provádí různou hustotou setby, nebo mechanicky (řez, zaštipování, vláčení), popřípadě chemicky (RR). Tvorba regulátorů může být ovlivněna také šlechtitelskými metodami založenými na znalosti genů odpovědných za tvorbu FH (Procházka 1998).

Růst a vývoj byly dlouhou dobu spojovány jen s vlivy trofickými. Koncem 19. století však vyslovil německý botanik Julius Sachs hypotézu, že jsou rostlinou vytvářeny specifické orgánotvorné látky. Domníval se, že za růst orgánů rostliny

(kořene, stonku, listu, květu atd.) jsou zodpovědné specifické látky – růstové regulátory (Hopkins 1999).

Hormony byly nejprve objeveny v lidském těle zásluhou fyziologa Starlinga v roce 1904, jako velmi jemné látky schopné regulovat růst. Po tomto objevu vznikla hypotéza o existenci hormonu v rostlinách (fytohormonů) a následně zásluhou zejména holandské fyziologické školy F. W. Went (1928), Američanů F. Skooga a K. V. Thimanna (1934), R. Snowa (1932), organického chemika F. Kögla (1932), F. Laibacha (1934), H. Fittinga (1936) a dalších objevena a potvrzena existence fytohormonů (Procházka, Šebánek 1997).

Definice fytohormonů (FH) je analogická s definicí hormonů živočišných: Rostlinný hormon je organická látka vytvářená v jedné části rostliny a translokována do jiné části, kde vyvolává fyziologické reakce již při velmi nízkých koncentracích (okolo  $1 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ), (Hota 2007).

Přirozeným FH nemůže být považován RR, který nebyl vytvořen v samotné rostlině, v níž působí, a taktéž ani organické RR, které byly syntetizovány jen chemiky, nebo byly vytvořeny v jiných organizmech, než jsou rostliny (Procházka, Šebánek 1997).

Obecně se FH dělí na stimulanty a inhibitory růstu. Stimulanty mají stimulační vliv na vývoj a růst rostliny, mezi ně patří FH náležící do skupin auxinu, gibberelinu a cytokininu. Inhibitory brzdí růst rostlin, do této skupiny patří etylen a kyselina abscisová (Kincl, Krpeš 2000).

Nováček (2008) popisuje ethylen jako FH s amfoterní povahou a do skupiny inhibitoru růstu při fyziologické koncentraci řadí ještě kumariny, kyselinu jasmínovou a blastokoliny. Ze sledování účinků FH vyplývá, že každý stimulant může mít v určitých případech i inhibiční účinek. Také inhibitor může brzdit jeden druh procesu a zároveň jiný jím může být povzbuzen. Interakce těchto látek vytváří harmonickou celistvost rostlin. V takovém případě může být bráno toto rozdělení za nepřesné (Kincl, Krpeš 2000).

Dalšími významnými RR jsou brassinosteroidy, polyaminy, fenolické látky a oligosachariny, avšak tyto látky nemohou být nazvány hormony, neboť jsou účinné ve vyšších koncentracích nebo neznáme dostatečně jejich působení (Procházka 1998).

Je důležité si uvědomit, že neexistuje růstový proces, který by byl řízen pouze jedním fytohormonem a na druhé straně neexistuje fytohormon, který by ovlivňoval pouze jediný růstový proces (Hota 2007).

Obecně se FH váže na proteinový receptor na membráně buňky a informace, neboli signál je přenášen systémem posílů (second messenger) anebo FH přímo proniká do buňky, kde se váže na tzv. vazebné místo v cytoplazmě. Vzniklý komplex po přechodu do buněčného jádra vyvolá změnu exprese některých genů (Kincl, Kirpeš 2000).

### **3.3 Přírodní fytohormony vztahující se k regulaci poléhání ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.)**

Zásadní vztah k regulaci poléhání porostů ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.) mají podle současného přehledu literatury FH ze skupiny giberiliny (GA) a FH etylen, jejichž průběh biosyntéz a účinek v rostlinách je zásadní pro omezení poléhání.

#### **3.3.1 Princip působení fytohormonů**

Velmi zásadní poznatkem pro regulaci poléhání stébel je identifikace místa a způsobu, jak a kde FH mění morfologii rostlin. Procházka s Šebánkem (1997) tvrdí, že rostlinné hormony kromě jiného kontrolují i genovou aktivitu, přestože mechanismus tohoto účinku není zatím úplně odhalen. Jak je známo z výzkumu genetiky rostlin, je vyjádření se genů do výsledné fenotypové podoby široký amplifikační proces, neboť opakovaná transkripce DNA (deoxyribonukleonová kys.) do mRNA (mediatorová ribonukleonová kys.), po které následuje translace mRNA do enzymů, může směřovat k mnoha kopiím buněčných modulací. Z těchto produktů pak vzniká výsledný model organismu a jeho morfologické utváření. Míst působení hormonu je podle dosavadních poznatků více, avšak nejdůležitější je na úrovni transkripce (Procházka, Šebánek 1997).

Další možné místo, které mohou ovlivňovat hormony, je v buněčném jádře a týká se tvorby mRNA. Než mRNA opustí jádro, je částečně degradována a má některé úseky řetězce přestavěny. Tyto přestavby jsou způsobeny vlivy enzymů, jejichž fungování musí být regulováno, a právě hormony mohou být za tuto regulaci zodpovědné. Po opuštění jádra buňky se mRNA dostává do cytosolu, kde může docházet k translaci na ribozomech nebo může být degradována ribonukleázou. Pokud bude tato mRNA využita k translaci do enzymu, může následovat posttranslační modifikace enzymu na základě procesů, které mohou být taktéž ovlivněny FH, stejně jako světlem či jiným vjemem z prostředí. Mezi ovlivnitelné procesy posttranslační modifikace enzymů patří fosforylace, metylace, acetylace, glykosidace atd. Pro poznání místa působení jsou zatím klíčové poznatky o kontrole aktivity určitých enzymů po počáteční vazbě FH a dále účast sekundární nebo terciální posílů, jako jsou IP<sub>3</sub>, DAG a Ca<sup>2+</sup> (Procházka, Šebánek 1997).



### 3.3.2 Gibereliny

Procházka (1998) uvádí, že je v současné době známo více než 100 různých molekul s giberelinovou strukturou, což potvrzuje i Pavlová a Fischer (2011), když uvádí, že je známo 136 přirozených giberelinů. Gibereliny (GA) jsou tvořeny pravděpodobně ve všech orgánech rostliny, avšak nejvyšší hladiny GA jsou nacházeny v částech rostlin s aktivním růstem a nově se tvořících orgánů. Převážně jsou GA transportovány ve floému, ale někdy byly detekovány i v xylému, což potvrzuje jejich tvorbu v kořenech. Význam transportu těchto hormonů není doposud objasněn (Procházka et al. 1998).

#### 3.3.2.1 Hlavní fyziologické účinky giberelinů

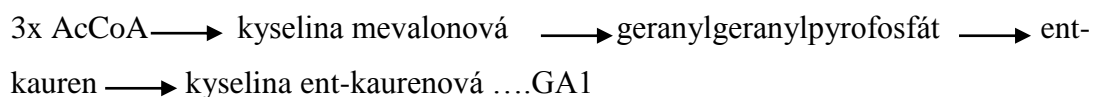
Fyziologické efekty působení GA jsou různé a často druhově specifické. Mezi základní a obecné projevy patří stimulace růstu stonku, klíčení semen, překonávání dormance, nahrazení jarovizace u některých druhů rostlin. Dále stimulují přechod z juvenilní fáze rostliny do fáze generativní a mají i druhově specifický vliv na pohlaví květu (Pavlová, Fischer 2011).

#### 3.3.2.2 Stimulace prodlužovacího růstu

Jak již bylo řečeno, GA podobně jako auxiny výrazně stimulují prodlužovací růst. Od auxinu se odlišují tím, že neovlivňují růst podzemní části rostliny. Další odlišností od auxinu je aktivace prodlužovacího růstu stonku u inaktivních rostlin, zatímco auxiny stimulují růst pouze u segmentů. K důkazu působení GA v regulaci dlouhivého růstu posloužily zakrslí mutanti rýže, hrachu či kukuřice, u nichž mutace zasáhla některé enzymy biosyntézy GA. Tím bylo způsobeno, že se u těchto mutantů vyskytovala jen nízká hladina GA. Jejich zakrslý růst byl po aplikaci GA kompenzován na úroveň rostlin kontrolních (Hopkins 1999). Sekundárně bylo také zjištěno, že nejaktivnější ve stimulaci dlouhivého růstu GA ve formě GA<sub>1</sub>. GA ovlivňují růst rostlin také stimulací buněčného dělení v přechodu z fáze G1 do fáze S, která je obvykle zkrácená, takže díky tomuto působení zvětšuje velikost a počet buněk (Procházka, Šebánek 1997).

#### 3.3.2.3 Biosyntéza giberelinů

Biosyntéza GA, podobně jako všech terpenů, vychází s kyseliny mevalonové, která vzniká kondenzací 3 molekul acetylkoenzymu A. Kyselina mevalonová reaguje s ATP za současné dekarboxylace a vzniká základní stavební jednotka všech terpenoidů a steroidů, dimetyllylpyrofosfát (DMAPP), který snadno izomerizuje na izopentenylpyrofosfát (IPP), (Hopkins 1999). Kondenzací těchto jednotek vznikají postupně molekuly C-10, C-15 a C-20. Geranylgeranylpyrofosfát (C-20) je za účasti specifických enzymů cyklizován na přímý prekurzor giberelinů, *ent*-kauren. Ten prochází řadou 3 následných oxidací a vzniká GA<sub>12</sub> - aldehyd a nakonec GA<sub>12</sub> lze různými cestami odvodit všechny známé GA. Dekarboxylací kteréhokoli z giberelinů C-20 lze získat příslušný derivát C-19. Oba typy mohou být hydroxylovány, nejčastěji v poloze 3 a 13 nebo v obou těchto polohách (Procházka, Šebánek 1997).



### 3.3.3 Etylen

Etylen (eten) je zatím jediný plynný FH a je produktem metabolismu samotných rostlin. Jeho koncentrace v buňkách je velmi slabá, neboť velmi snadno difunduje do mezibuněčných prostor a odtud dále průduchy do atmosféry a také disponuje nízkou rozpustností v cytoplazmě. Rostliny ovlivňuje díky specifickým vazebným místům v cytoplazmě tvořených bílkovinou. Etylen vyloučený průduchy může ovlivňovat rostliny ve svém okolí (Hopkins 1999).

#### 3.3.3.1 Popis etylenu

Z fyzikálního hlediska se jedná o velmi stálý bezbarvý hořlavý plyn. Rozpustnost ve vodě je vyšší než ve vodných roztocích solí. Etylen má jednu dvojnou vazbu a je tak nejjednodušším uhlovodíkem ze skupiny alkenů s touto vazbou. Vazba je nepolární a je nositelem chemické reaktivity. Etylén snadno oxiduje a vzniká z něj etylenoxid, etylenglykol až formaldehyd. Při reakci s CO<sub>2</sub>, s kterým často reaguje, vytváří komplexy s některými těžkými kovy. Kovy jako Ag<sup>+</sup> jeho působení účinně blokují (Pavlová, Fischer 2011).

### 3.3.3.2 *Růstové účinky etylenu*

Etylen při nízkých koncentracích působí na klíčící rostliny tzv. trojnou odezvou, což v důsledku znamená, že je u rostlin potlačen dlouhivý růst. Místo něj nastane růst radiální a je potlačena gravitropická reakce. Změnu růstu z longitudiálního na radiální zapříčiní změna roviny buněčného dělení, což způsobí reorientaci mikrotubulů a celulózových mikrofibril. Tyto změny jsou nejčastěji pozorovány u dvouděložných rostlin. Tento FH inhibuje také růst kořenů. Jeho tvorba je ovlivňována auxiny, jejichž vysoká lokální koncentrace vede k lokálnímu výskytu etylenu. Etylen pak mimo jiné řídí transport auxinů z buňky (Bleecker a Schaller, 1996).

Ve své fyziologické koncentraci má etylén tak nejednoznačné účinky, že jej nelze pokládat ani za inhibitor, ani za stimulant (Šebánek 1983), spíše může být nazván růstovým modulátorem. Může stimulovat, ale také inhibovat růst kořenů a stonků, indukovat tvorbu kořenového vlášení, květů, nebo zrání plodů, podobně může stimulovat senescenci a abscisi okvětních lístků a listů rostlin. Autoři Dugardeyn a van der Straeten (2008) uvádí, že neexistuje prokazatelně jednoznačná predikce o způsobu reakce pletiva rostlin na exogenní aplikaci etylénu.

Procházka a Šebánek (1997) uvádí, že po dekapitování dvouděložných rostlin a následné aplikaci etylenu byl nahrazen účinek IAA (auxin) a udržena apikální dominance. To samé se však nepotvrdilo u jednoděložných rostlin, proto se předpokládá, že etylen stimuluje pouze první růstovou fází axilárního pupenu uvolněného z dormance. Stejně nejasná se jeví situace s úlohou etylenu v regulaci gravitropismu. U klíčících dvouděložných rostlin s hypogeickým či epigeickým klíčením etylen řídí průběh prvních růstových fází.

### 3.3.3.3 *Mechanismus účinku etylenu na molekulární úrovni*

Jelikož má etylen plynný charakter a nízkou rozpustnost v cytoplazmě, je studium jeho vaznosti v metabolismu ztíženo, avšak i přesto byly vyizolovány vazebné bílkoviny, které vážou etylen velmi pevně. Tyto vazebné bílkoviny se nacházejí na endoplazmatickém retikulu a v membránách proteinových tělísek. Při vazbě etylenu s bílkovinou je nutná přítomnost kovu, zřejmě  $\text{Cu}^+$ . Tuto vazbu inhibují ionty  $\text{Ag}^+$ ,

některá strukturální analoga etylenu a některé cykloalkeny, např. norbornadien (Kincl, Krpeš 2000). Kompetitivní inhibici způsobuje i vyšší koncentrace oxidu uhličitého, avšak mechanismus tohoto vlivu je nejasný, neboť v jiných případech může oxid uhličitý působit jako analog etylenu. Tím, že tyto látky ruší i fyziologické účinky etylenu, se dokazuje, že se jedná pravděpodobně o funkční vazebná místa neboli receptory. Samotný receptor je hydrofobní membránová bílkovina a má kinázovou aktivitu (Procházka 1998).

Dále se zjišťuje, jak moc důležitou úlohu hraje fosforylace v přenosu ethylenového signálu. Syntéza etylenu může probíhat ve všech pletivech a následné šíření po rostlině je uskutečňováno difuzí. Nejvíce je etylen produkován v meristematických pletivech a nevyšších hladin je dosahováno během senescence a opadu listů, zrání plodů a při stresu. Při přesunu na větší vzdálenosti od místa svého vzniku je etylen transportován ve formě ACC. Produkce etylenu je v některých fyziologických procesech ovlivňována auxiny cytokininy nebo kys. abscisovou. Vysledována byla i rytmicita obsahu etylenu ve vnitřním prostředí s minimem v noci (Pavlová, Fischer 2011).

#### **3.3.3.4 Biosyntéza etylenu**

Základem biosyntézy etylenu je aminokyselina methioninu a ATP, protože po jejich sloučení vznikne S-adenozylmetionin (AdoMet). Ten je dále štěpen na bezprostřední prekurzor etylenu – kyselinu 1-aminocyklopropan-1-karboxylovou (ACC) a na 5'-methyladenozin, který vstupuje do tzv. Yangova cyklu. Methionin je produkován mitochondriemi, kde je vytvářen z organických kyselin (Burg 1973). Nedávné práce prokázaly, že metabolismus methioninu je u různých rostlinných druhů regulován rozdílně.

Funkcí Yangova cyklu je metabolická cesta, díky níž je uskutečňována regenerace metioninu. Reakce je katalyzována enzymem ACCsyntázou – ACS. Množství ACC nejvíce ovlivňuje průběh a množství tvorby etylenu. Celou reakci přeměny ACC na etylen katalyzuje enzym ACCoxidáza a nezbytnou součástí této přeměny je taktéž přítomnost kyslíku v anaerobních podmínkách je syntéza etylenu úplně potlačena. ACCoxidáza potřebuje ke katalýze  $Fe^{3+}$  kyselinu askorbovou a  $CO_2$ . Enzym

ACCoxidáza stejně jako enzym ACCsyntetáza je kódován početnou rodinou genů, jejichž přepis je řízen různými signálními cestami. Enzym ACCsyntáza se nachází v cytoplazmě, v rostlinách se vyskytuje v nízkém množství a pro svůj účinek potřebuje kofaktor pyridoxalfosfát. Yang a Hoffman (1984) uvádí, že jeho syntéza je indukována působením mnoha vnějších faktorů a také auxinem.

Existuje více možností, jak může být ACC v rostlině metabolizována a to buď na etylen, nebo konjugována s glukózou, kys. glutamovou nebo malonovou. Syntéza ACC a její oxidace či konjugace jsou významnými úrovněmi regulace hladiny etylenu. Etylen je uvolňován rostlinami do prostředí, kde stejně jako v rostlině je odbourán oxidací na etylenoxid a následně na kys. šťavelovou a oxid uhličitý (Pavlová, Fischer 2011).

### 3.3.3.5 *Působení etylenu*

Využití etylenu v zemědělské praxi je omezené jeho plynným charakterem, přímo je využíván jen v řízených atmosférách k dozrávání ovoce nebo k omezení růstu rostlin.

Byly nalezeny dva přírodní faktory regulující rychlost biosyntézy etylenu a to auxin a červené světlo. V případě vysoké lokální hladiny auxinu dochází k lokální biosyntéze etylenu. Při sledování etiolizovaných klíčnicích rostlin je etylen produkován primárně v apexu (místo tvorby auxinu) a pletivech s nejvyšší koncentrací auxinu. Po vystavení rostliny červenému světlu produkce etylenu postupně klesá, protože schopnost auxinu stimulovat tvorbu etylenu byla přerušena (Burg, 1973). Jiao et al. (1987) zjistili, že syntéza etylenu v listech pšenice pěstované ve tmě byla po vystavení bílému světlu snížena. Cytokininy a brassinosteroidy, jejichž stimulační vliv je umocněn ionty  $Ca_2^+$  patří mezi stimulatory syntézy etylenu (Yang, Hoffman 1984).

Při pokusu s exogenní aplikací etylenu ke kořenům huseníčku (*Arabidopsis sp.*) bylo dokázáno, že dochází ke zvýšené syntéze až nadprodukcí auxinu. Tento auxin je následně přenesen do tranzitní zóny, kde v závislosti na zvýšené koncentraci auxinu dochází ke změně longitudiální expanze buněk na radiální. To má za výsledek omezení růstu. Jinou cestou ke zvýšení syntézy etylenu je exogenní aplikace cytokininů. Taktéž proteiny DELLA napomáhají při inhibici prodlužování buněk. Jejich funkce je

indukována etylenem a naopak potlačována gibereliny (Dugardeyn, van der Straeten 2008).

Bylo zjištěno, že u etiolizovaných rostlin *Arabidopsis* byla identifikována inhibice prodlužovacího růstu buněk hypokotylů při aplikaci etylenu v podmínkách tmy (Guzman, Ecker 1990). Naopak v podmínkách, kdy byly rostliny pěstovány v přítomnosti světla a stejně tak při nízké koncentraci živin, etylén nebo jeho prekurzor ACC výrazně podpořily prodlužování hypokotylů (Smalle et al. 1997). Výsledky pokusů prokázaly, že indukce opačných účinků etylenu na expanzi buněk v hypokotylu v závislosti na světelných podmínkách je možná. Je zjištěno, že etylen je fyziologicky aktivní od 0,001 ppm a nejvyšších výkonů dosahuje v rozsahu 1 – 10 ppm. V roce 1992 prokázal Abeles, že etylen působí na klíčící rostliny s odstupem 10 minut po aplikaci. Inhibice růstu po aplikaci v uzavřeném prostoru probíhá více než 10 dnů, nicméně pokud jsou rostliny po ošetření etylénem přemístěny po 1-2 dnech do větraných prostor, je během 8 – 10 hodin obnoven jejich normální růst. Jiná studie prokázala, že etylén, a 0,1 mM IAA, anebo jejich kombinace inhibovala prodloužení kořenů o 60 % během 8 – 24 h.

Dan et al. (2003) studovali vliv etylénu na epidermis hypokotylů okurek (*Cucumis sativus*). Etylén je známý inhibitor buněčného dělení. V této studii bylo prokázáno, že etylén stimuloval syntézu DNA, ale potlačil proces cytokineze. Hypokotyly jsou orgány, které po vyklíčení vyžadují striktně omezené buněčné dělení. Během působení etylénu byla syntéza DNA v kořenech doprovázena inkorporací homologu thyminu 5-brom-2-deoxyuridinu a byla zjištěna u 20 % buněk epidermis, zatímco syntéza DNA na vzduchu byla téměř nedetekovatelná. Cytofluorometrická analýza jader v postižených buňkách vykazovala až osminásobné zvýšení obsahu DNA. Během této doby však nebyla pozorována tvorba buněčné přehrádky, nicméně krátce po odstranění etylénu formace nové buněčné přehrádky významně vzrostla. Výsledky ukazují, že etylén podporuje syntézu DNA a její replikaci, ale inhibuje proces cytokineze, přičemž udržuje některé buňky v G2-fázi. Podobně jako vysoké koncentrace auxinů, tak i vysoké koncentrace cytokininů inhibují růst výhonů a kořenů a zvyšují tvorbu etylénu (Abeles et al. 1992).

### 3.4 Syntetické růstové regulátory využívané k omezení poléhání obilnin.

Při výzkumu FH, především auxinů a cytokininu bylo objeveno mnoho syntetických látek podobných svou biologickou aktivitou přirozeným auxinům a cytokininům. (Procházka 1998). Jak uvádí Šebánek (1983) je mnoho syntetických auxinů používaných jako účinné látky v herbicidech. Syntetické regulátory růstu však podle Procházky (1998) nejsou příbuzné s FH, ale účinek těchto látek různě upravuje metabolismus či transport FH. Retardanty jsou charakterizovány svou schopností potlačit prodlužovací růst rostlin. Využívané růstové retardanty u ječmene jarního (*Hordeum vulgare*) lze rozdělit do 2 skupin:

- a) Inhibitory biosyntézy giberelinů
- b) Sloučeniny uvolňující etylen

#### 3.4.1 Inhibitory biosyntézy giberelinů

V praxi jsou využívány komerční retardanty růstu působící jako inhibitory biosyntézy GA, tohoto efektu inhibitoru se využívá při ochraně obilnin proti poléhání a podpoře odnožování. Na biosyntéze GA se podílí několik skupin enzymů. Inhibitory GA lze dle Sponsel (2006) dělit na 3 skupiny podle stupně, ve kterém biosyntézu GA blokuje, neboli potlačují účinnost příslušných skupin enzymů:

1. Tato skupina retardantu narušuje biosyntézu GA tak, že působí inhibičně na konverzi geranylgeranylpyrofosfátu na *ent*-kauren (Procházka, Šebánek 1997). Inhibice biosyntézy GA nastává na začátku syntetického řetězce. Tyto látky vytvářejí skupinu kvartérních amoniových, fosfoniových a sulfoniových sloučenin. Zásadní charakteristikou pro tuto skupinu je stálý kladný náboj nebo v některých případech terciální N-atom, který je při fyziologickém pH pozitivně nabit. Látky obsahující amonné kvartérní ionty inhibují činnost enzymu *ent*-copalyl digosfatsyntaza, ten katalyzuje syntézu *ent*-copatyl difosfátu a kaurenu, který je výchozí látkou pro GA. Do této skupiny inhibitorů podle místa inhibice zařadil Sponsel (2006) sloučeniny chlormequatchlorid (CCC), mepiquat-chlorid (MCH), chlorfonium a AMO-1618.

2. Enzymy ze skupiny monooxidáz, které oxidují kauren na kaurenovou kyselinu inhibují triazolové sloučeniny. Do této skupiny je zařazen např. pasclobutrazol a uniconazol.
3. Třetí skupinu tvoří sloučeniny, které substituují 2-oxoglutarát. Tuto látku využívají dioxygenázové enzymy jako ko-substrát při oxidaci C<sub>20,19</sub> na růstově aktivnější GA. Regulátory této skupiny jako jsou např. prohexadione-calcium (PCa), trinexapac-ethyl (TXE) nebo diminozol nahradí 2-oxoglutarát. Díky tomu nedojde k oxidaci a GA zůstanou v růstově méně aktivní formě.

### **3.4.2 Regulátory růstu inhibující první fáze biosyntézy giberelinu v jarním ječmeni (*Hordeum vulgare*)**

Tyto retardanty růstu inhibují v jednoděložných (v bazálním interkalárním meristému) ale také v dvouděložných (v subapikálním meristému) rostlinách prodlužování buněk. Tímto snižují výšku rostlin, aniž by ovlivňovaly způsob jejich vývoje.

#### **3.4.2.1 Chlormequat-chlorid (CCC)**

Chemický název: 2-Chloroethyltrimethylammonium chloride

CCC se vyrábí a používá jako vodný roztok chloridu alkylamoniového. V této formě je velmi stabilní a je velmi odolný vůči kyselé hydrolyze. Rozklad ve vodě při pH nižším než 5, je zanedbatelný, při hodnotě pH nad 10 je rozklad významný.

Metabolismus CCC byl studován na různých rostlinách (obilniny, ovocné výsadby, zelenina). Jeho metabolismus je především uskutečněn díky přeměně na cholin (substitucí chloru pomocí hydroxidu) a odtud následuje začlenění do přírodních metabolických drah. Jeho vysoká rozpustnost ve vodě tento proces usnadní a také znemožní biotransformaci (Kutina 1988).

#### **Metabolismus chlormequatu-chloridu v rostlině**

Díky použití radioaktivně ozářeného CCC byl sledován výskyt a průběh metabolismu v rostlině. CCC se pohybuje akropetálně v sazenici mandle, z plně



rozvinutých ošetřených listů do plně nerozvinutých listů a rostoucích bodů. Dále bylo zjištěno, že CCC v ječmeni je oproti listům rychleji absorbován kořeny. Z nich je translokován a dále se akumuluje v meristémovém pletivu. Prozatím byla vysledována pouze malá část metabolismu. Pouze 0,3% aplikovaného radioaktivního CCC byla nalezena v cholinu v fosfatidylcholinu (Roberts, Hutson 1998).

Existuje spousta dalších důkazů, že chlormequat je rozkládán na cholin, např. v kapustě, kvěťáku, rajčatech, pšenici, ječmeni, kukuřici a tabáku. Methylové skupiny chlormequatu o stejné účinnosti jako cholinové byly zjištěny v nicotinu a graminu. Koncentrace volného cholinu byly nízké, většina radioaktivity byla nalezena v fosfatidylcholinu. Dále bylo pozorováno začlenění do dalších přírodních produktů pšenice zahrnující lecitin a lysolecitin. V mandli byla nalezena jablečná a citrónová kyselina a 17 dalších aminokyselin, které vyzařovaly sledovanou radioaktivitu a také byl detekován CO<sub>2</sub> (pouze 0,12%). Navíc byly v ošetřených listech semenáčků mandlí zjištěny cholin a 2-chlorethylamin spolu s neidentifikovaným ninhydrin pozitivním metabolitem (pravděpodobně xenobiotická aminokyselina), (Roberts, Hutson 1998).

Rychlost metabolismu chlormequatu se ukázala být velmi odlišná u brambor a pšenice. Přemístění z listů do hlíz a v opačném směru bylo pozorováno v bramborách, ale také byl pozorován nevýrazný metabolismus. U pšeničných sazenic byla pozorována rychlá přeměna na cholin a odtud na betain, glycin, serin a protein. Je zdokumentováno zapojení glutathionu (nahrazením chloru thiolem) v metabolismu, což může dokazovat vysoce hydrofilní povahu sloučeniny (Roberts 1998).

### **Morforegulační vliv chlormequatu-chloridu na rostliny**

Nepřímo v interakci s GA CCC ovlivňuje aktivitu IAA-oxidázy. Regulátor snižuje apikální dominanci, což podporuje odnožování a vyšší nasazení květů. Dále brzdí klíčení semen, mění růstovou korelaci mezi lodyžním a kořenovým systémem, tak, že upřednostňuje kořenový růst. U ošetřených rostlin zvyšuje tvorbu chlorofylu a karotenu. Dojde-li k předávkování, fytotoxicita se projeví chlorózami a nekrózami na listech. Naopak při nízké dávce CCC může dojít k podpoře prodlužovacího růstu stébla (Macháč 2011).

CCC se používá především pro zvýšení odolnosti vůči poléhání a zvýšení výnosu různých rodů obilnin jako je např. pšenice, žito, oves a ječmen (Roberts, Hutson 1998).

CCC se dále využívá pro zvýšení větvení rostlin. U ovocných stromů, k podpoře kvetení a zabránění opadu nejlepších plodů, může zvyšovat listovou plochu a prodlužuje délku života ošetřených pletiv (Kincl, Krpeš 2000).

Účinná látka CCC má podle Bezdíčkové (2011) následné základní projevy účinku na růst a vývoj ječmene jarního (*Hordeum vulgare*): Brzdí apikální dominanci hlavního stébla a podporuje vývoj vedlejších odnoží, které zvyšují produkci zrn v klase. Aplikace je vhodná v časných termínech v řídkých porostech. Oslabuje redukci odnoží, prodlužuje vegetativní fázi odnožování a zkracuje následné 2-3 prodlužující se internodia.

### **Rozklad chlormequatu-chloridu v půdě**

CCC je v půdě biodegradován na úroveň  $DT_{50}$  během 1 až 28 dní při teplotě 22 °C v závislostech na půdních poměrech. Má nízkou až střední mobilitu v půdě a při jeho poměrně rychlé degradaci je znečištění podzemních vod nepravděpodobné (Roberts, Hutson 1998).

#### **3.4.2.2 Mepiquat-chlorid (MCH)**

Chemický název: (1,1-dimetylpiperidiniumchlorid)

MCH patří mezi onionové sloučeniny, které inhibují v rostlinách syntézu aktivních GA, čímž zamezují dlouživému růstu stonku v ječmeni jarním. Děj probíhá tak, že dochází k blokaci cykleázu kopaktyl-difosfát syntetázy a syntézu ent-kaurenu, což jsou prekurzory GA, v prvotních fázích metabolismu GA (Rademacher 2000). MCH se používá ve velké míře ke snížení poléhání pšenice, ječmene a ke snížení vegetativního růstu bavlny.

U ošetřených porostu MCH dochází ke zpomalování procesu zapojování porostu, což se pozitivně může projevit lepším pronikáním světla do nižších listových pater a lepší cirkulaci vzduchu v porostu. V obilninách má široké využití jako samostatný přípravek nebo v kombinaci s EP (Procházka, Šebánek 1997).

## **Mepiquat-chlorid v životním prostředí**

MCH je stabilní vůči hydrolyze a fotolýze. Fotolýzou v půdě a ve vodě tudíž nehrozí žádné rozptýlení do životního prostředí. Při aerobních podmínkách se MCH rychle rozkládá na CO<sub>2</sub>. V anaerobních podmínkách se zdá, že je MCH stabilní. Ze zkoušek vyplývá, že je tato účinná látka málo mobilní a proto se neočekává, že by se dostávala například až do vodních toků (Roberts, Hutson 1998).

### **3.4.3 Regulátory růstu inhibující transformací neaktivních forem GA na aktivní formy**

Schopnost inhibovat transformaci neaktivních forem GA na aktivní formy mají retardanty ze skupiny cyclohexandionů, s níž jsou pro regulaci růstu ječmene jarního (*Hordeum vulgare*) využívány následující látky:

#### **3.4.3.1 Trinexapac-ethyl (TXE)**

Chemický název: (ethylestr kyseliny 4-(cyklopropyl-hydroxy-metylen)-3,5-dioxocyclohexan-carboxylove)

Rademacher (2000) a Na et al. (2011) uvádí, že TXE inhibuje v ošetřených rostlinách činnost enzymu 3- $\beta$  hydroxylázy, který zajišťuje transformaci růstově neaktivních giberelinů GA<sub>20</sub> na vysoce aktivní gibereliny GA<sub>1</sub>. Neaktivních GA je více skupin. Autor Zhang (2003) popisuje inhibici transformace neaktivního giberelinu GA<sub>19</sub> na aktivní GA. Po aplikaci je TXE přijímán všemi zelenými částmi rostlin a do meristému je rychle rozveden. Jeho účinek se projeví bržděním prodlužovacího růstu a zesílením stěny stébla a následně menším rizikem poléhání rostlin (Espindula et al. 2009). Dále snižuje evapotranspiraci porostu, zvyšuje koncentraci chlorofylu v listech (Ervin, Koski 2001), zvyšuje efektivnost využití živin (McCann, Huang 2008), zvyšuje odolnost k vysoké teplotě (Zhang et al. 2003) a zároveň zvyšuje nárůst kořenové soustavy (Vokřál 2006).

Zhang (2003) při publikování výsledku svého pokusu aplikace TXE na psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera*) uvádí, že mimo zkracování stébla TXE zvyšuje

fotochemickou aktivitu a množství chlorofylu v rostlinách, avšak nijak nezvyšuje fertilitu rostlin. TXE zpomaluje stárnutí porostu, nejsilněji u pšenice, tritikále a žita, méně pak u ječmene (Zimolka 2006).

#### **3.4.3.2 Prohexadion-kalcium (PCa)**

Chemickým názvem: (kalcium-3,5-dioxo-4- propanoylcyklohexankarboxylat)

Struktura PCa je podobná kyselině 2-oxoglutariové, která je ko-substrátem pro katalýzu dioxygenasy hydroxiláz, jejíž účast je potřebná pro pozdní stádia biosyntézy GA. Biosyntéza GA je pravděpodobně PCa inhibována ve fázi 3 $\beta$ -hydroxilace na GA, neboť po použití této účinné látky se začne v dělivých pletivech hromadit předchůdce účinných GA a to neúčinné GA<sub>20</sub> (Rademacher 2000), (Na et al. 2011). Stejně místo inhibice biosyntézy GA PCa bylo sledováno i při účinku prohexadion kalcium v rýži (*Oryza sativa*), kde byla rovněž vysledována inhibice biosyntézy GA touto účinnou látkou ve fázi 3 $\beta$  a 2 $\beta$ -hydroxilace na GA, konkrétně v kroku aktivace a inaktivace (Nakayma et al., 1990).

Konkrétně u ječmene omezuje PCa prodlužovací růst internodií. Při použití v sadařství na modulaci ovocných stromů snižuje potřebu prořezávání koruny, což prospívá lepšímu probarvení rostoucího ovoce a snižuje výskyt ohnisek plísní a bakteriálních onemocnění. Při pěstování arašídů snižuje vegetativní růst, čímž napomáhá mechanické sklizni. (Kim et al. 2007).

#### **Zapojení prohexadion-kalcium do metabolismu rostliny**

Aplikovaná dávka PCa je listy a stéblem ječmene jarního rychle vstřebávána a transportována. Plné přijetí dávky rostlinou trvá přibližně 8 hodin a je transportována akropetálně do rostoucích vrcholů jednotlivých výhonů. Bazipetální pohyb je sledován minimálně. Relativně malý podíl aplikované dávky (15 sledovaných radioaktivních rezidui) je přemístěn do kořene a růstových vrcholů. PCa projde přeměnou do volných acidomických forem, které jsou následně poměrně rychle během jednoho týdne spotřebovány. Nicméně, po tomto počátečním snížení sledovaných rezidui se úbytek ustálí a během následných sledovaných 8 dnů se ve stonku, listech, zrnu či kořenu

úbytek neprojeví. To může naznačovat vazbu volných acidických skupin na nerozpustné rostlinné frakce (Kim et al. 2007).

### **Prohexadion-kalcium v životním prostředí**

PCa degraduje ve vyšších rostlinách v poločase rozkladu několika týdnů. Po deacilaci a cyklickém štěpení se přemění na přirozený propan- 1,2,3-trikarboxilovou kyselinu, která je začleněna do rostliny.

V půdě se PCa rozkládá především na oxid uhličitý s poločasem rozkladu menším sedmi dnů. Ve vodě PCa degraduje podle fotolýzy na oxid uhličitý a jiné přírodní produkty (Rademacher 2000).

### **3.4.4 Regulátory růstu uvolňující etylen**

#### **3.4.4.1 Etephon (EP)**

Jak již bylo řečeno, významem objevem pro zemědělství bylo vytvoření regulátoru v podobě kyseliny 2-chloretylfosfonové, ze které se etylen uvolňuje přímo do rostlinných pletiv. Komerčně je tato látka známá jako Ethrel, Etephon (EP), Camposan, nebo Flordimex. Tento regulátor se v pletivech rozkládá výhradně na přirozené složky a to na etylen, chloridy a fosforečnany (Procházka, Šebánek 1997).

EP je systémový regulátor růstu, který patří do skupiny fosfonátů. EP je snadno absorbovatelný rostlinou. EP je distribuován jako rozpustný koncentrát o koncentraci 20 – 720 g. l<sup>-1</sup>. EP se používá u obilnin (pšenice, ječmen, žito a rýže), za účelem zvýšení odolnosti porostu proti poléhání prostřednictvím zkrácení a posílení stébla (Roberts, Hutson 1998).

#### **Metabolické cesty etephonu**

Průběh zapojení EP do metabolismu rostlin není přesně prozkoumán, přestože příjem a pohyb EP byl popsán u mnoha rostlinných druhů, což odráží jeho široké použití. EP se rozkládá v rostlinách na etylen, fosfát a chloridový iont ve vodném roztoku při pH 4-5. Při pokusu na rostlinách tabáku byla sledována přeměna EP

s radioaktivním C [ $C^{14}$ ] na etylen, avšak při tomto procesu nebyl potvrzen vznik  $CO_2$  ani jiných metabolitu v následném metanolovém výtažku z listu (Roberts, Hutson 1998).

Roberts a Hutson (1998) polemizuje, zda je tvorba etylenu z EP oproštěna od metabolických systémů v rostlině nebo ne. U EP translokovaného do ječmene zřejmě ve formě konjugátu se rozklad uskutečnil jen v mírně kyselém prostředí, v silně kyselém zůstaly konjugáty beze změny. V jabloních či třešních byl potvrzen přenos transformovaného etylenu do jiných částí rostliny, ale taktéž nebyl detekován metabolismus EP ani vznik žádných jiných metabolitů. Naproti tomu bylo detekováno zapojení EP do metabolismu rostlin kaučukovníku (*Hevea brasiliensis*), kde EP usnadňuje tok přírodního kaučuku. Po aplikaci EP s [ $C^{14}$ ] na listy sazenic byl tento EP okamžitě absorbovaný a přeměněn na etylen a translokován do rostliny stejně jako výchozí sloučenina. Metabolity ze sledovaného EP byly detekovány v ošetřených listech ve formě nejméně 12 netěkavých acidických produktu. Jeden produkt byl konjugát z EP a hlavním metabolitem byla 2-hydroxyethylfosfonová kyselina. Toto je však jen jeden z řady produktů, v které se EP v rostlině přemění.

Pohyblivost uvolněného etylenu z EP sledoval pokus s plody oliv, na které byl aplikován EP s [ $C^{14}$ ]. Díky sledování pohybu uhlíku, bylo zjištěno, že ve sklizených plodech je obsah etylenu ve dvacátém dni po sklizni na 37 % oproti obsahu po aplikaci, kdežto u neočesaných oliv je etylen okamžitě odváděn z plodu (Dagen 2010).

### **3.5 Ječmen jarní (*Hordeum vulgare* L.)**

Ječmen a obzvláště jarní ječmen je v českém zemědělství a v navazujícím potravinářském průmyslu plodina se značným významem. Jedním z charakteristických znaků České republiky je české pivo, z čehož také vyplívají vysoké nároky na kvalitní produkci vstupních surovin pro samotnou výrobu piva, jejichž součástí je i sladovnický (jarní) ječmen, slad a jiné důležité ingredience. Díky těmto nárokům má české ječmenářství jednu z nejkvalitnějších produkcí sladovnických ječmenů ve světě. Výroba českého sladu z domácích ječmenů se důležitě podílí na našem průmyslu, jak produkcí sladu pro pivovarský průmysl, tak i pro vývoz do zahraničí.

Ječmen je zřejmě po pšenici seté (*Triticum aestivum*) druhou nejstarší obilninou využívanou od počátku uvědomělého zemědělství z dob před 5. stol. př. n. l. V ČR je dnes ječmen vysoce produktivní plodinou, kde stávající odrůdy jsou schopny v optimálních podmínkách poskytnout výnos zrna až 9 t. ha<sup>-1</sup> za poměrně krátkou vegetační dobu a za celkem malých nároků na ošetření proti škůdcům během vegetace (Zimolka 2006).

V roce 2013 podle Situační a výhledové zprávy Ministerstva Zemědělství ČR byla odhadována celková sklizeň k 15. 9. 2013 na 1 629,7 tis. tun z toho 481,9 tis. tun (29,6%) ječmene ozimého a 1 147,8 tis. tun (70,4%) ječmene jarního.

Stále se zvyšující výroba piva ve světě má také vliv na rozšiřování osevních ploch ječmene jarního. K největšímu rozšíření ploch v poslední době došlo především ve Francii, Kanadě, Indii, Španělsku a Austrálii.

Společně s rozšiřováním pěstitelských ploch je nutné využít výnosový potenciál sladovnického ječmene, toto se řeší v rámci výzkumu a šlechtění ječmene. Především jde o zvýšení výnosu, zlepšení výnosové stability díky zlepšení odolnosti k chorobám, poléhání a lámání stébla. V neposlední řadě je důležitým požadavkem zlepšení sladovnické kvality zrna (Svačina 2009).

Právě poléhání porostu ječmene jarního je jeden z limitujících faktorů pěstování této plodiny v intenzivních technologiích, které způsobuje nejen značné výnosové ztráty, ale také jeho důsledkem může být znehodnocení sladovnické kvality (zahnědlé špičky, porůstání, zvýšená infekce fuzariózami a obsah mykotoxinů, výskyt plísní), které se stávají poměrně významným kvalitativním parametrem (Zimolka 2006).

Proto v této diplomové práci budou výrobní technologie jarního ječmene popsány v úzkém vztahu k faktoru poléhání ječmene či ve vztahu k předcházení poléhání porostů jarního ječmene.

### **3.6 Problematika poléhání jarního ječmene**

Poléhání porostů je komplexní jev, který souvisí se zásobením vodou, příjmem živin a redukovanou absorpcí světla (Ottman 2011). Úroveň poléhání na porostu proto dosahuje

různé variability v závislosti na předplodině, uvolňování minerálního dusíku, průběhu počasí, výživě dusíkem, odrůdě, hustotě výsevu apod. (Klem et al. 2009).

Polehnutí patří mezi limitující faktory především v intenzivních technologiích pěstování sladovnického ječmene hlavně na kvalitních půdách, které omezují dosažení vysokého výnosu. Umírněním výnosových ztrát, které vznikají ještě před sklizní, se snižuje následné zatížení budoucí plodiny plevelným výdrolem. Ječmen je obecně citlivější k poléhání než pšenice, protože stonky ječmene obsahují méně ligninu a regulace poléhání ječmene je oproti ozimé pšenici náročnější a méně účinná (Klem et al. 2011).

Dle Berry et al. (2006) je k omezení poléhání důležitý průměr stonku ve střední části stébla, tam by mělo docházet k zesilování. Jen průměrný vliv na polehnutí mají hmotnost klasu, výška rostliny, hustota porostu a pevnost stěn stébel.

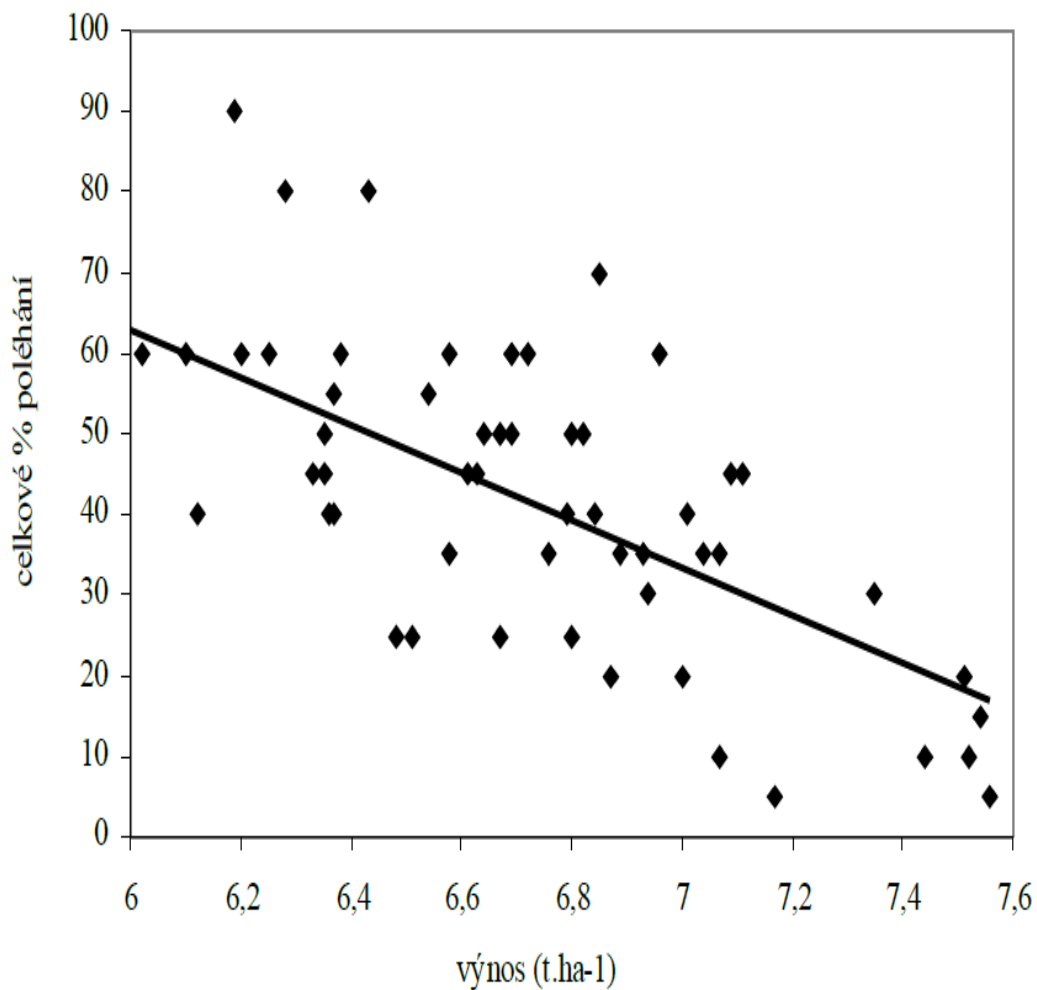
Vyšší kultivary jsou obecně náchylnější na poléhání než kultivary nižší (Ottman 2011). Při intenzivním pěstování ječmene narůstá nebezpečí poléhání, což může mít za následek podrůstání (pozdní odnožování), nerovnoměrné zrání, vyšší náklady na dosoušení zrna, ale také porůstání a v případě polehnutí vegetující rostliny i ke ztrátě na výnosu. V dobře vyvinutých porostech a za příznivých vlhkostních podmínek lze doporučit aplikaci RR, které se dají využít i v pozdní fázi vegetace (Chloupek et al. 2005).

Vhodné použití RR má pozitivní vliv na snížení polehnutí, lámavost stébla, výnos zrna (Rajala, Peltonen-Sainio 2001) a kvalitu zrna. To je umožněno až snížením výskytu porůstání, zahnědlých špiček nebo infekce fuzárií (Klem et al. 2009). Použití RR může usnadnit sklizeň, zvýšit výkonnost sklizňové techniky a redukovat výnosové ztráty (Rajala, Peltonen-Sainio 2001). Špunar (2001) uvádí praktický příklad, ve kterém jsou sledovány výkony sklízecí mlátičky fixními náklady a stupni polehnutí porostu. Výkon výmlatu zcela polehlého pozemku ječmene se může až osminásobně snížit oproti výkonu výmlatu standardního porostu, konkrétně až na pouhých 5 ha. den<sup>-1</sup>. Sekundární výhoda nepolehlých porostů je rychlejší vysychání ranní rosy, tudíž zvýšení potenciálního denního výkonu mlátičky. Zimolka (2006) vyzdvihuje význam použití regulátorů růstu proti poléhání jarního ječmene, neboť samotné poléhání náleží



k nejvýznamnějším škodlivým činitelům a toto mínění podkládá faktem, že zvýšení polehlé plochy o 30% (včetně rostlin nakloněných do úhlu 45° a ostřejšího) způsobuje výnosovou ztrátu přibližně 1t. ha<sup>-1</sup>.

Dle Kulované (2001) je efekt snížení potenciálního výnosu závislý na termínu, ve kterém k poléhání dochází. Polehnutí v období kvetení může způsobit až 40% redukcí výnosu, po odkvětu 30%, v mléčné zralosti 20% a polehnutí krátce před sklizní asi 5% z potenciálního výnosu.



**Obr. 1.** Závislost mezi celkovou intenzitou poléhání (suma relativního podílu plochy se sklonem rostlin nad 45° a do 45°) a výnosem u odrůdy Jersey v roce 2005. (Zdroj: Klem 2011)

Riziko poléhání porostů je variabilní, neboť je ovlivněno různými faktory. Jako zásadní, pro poléhání porostů, uvádí Hozlár a Valčuhová (2013) tyto faktory:

- Odrůda - vzhledem k různé odolnosti odrůd k poléhání - pevnost stěn stébel, velikost a výška rostlin
- Úroveň dusíkaté výživy, sladovnická kvalita – (nejintenzivnější technologie pěstování)
- Hustota porostu
- Půdní podmínky
- Průběh počasí během odnožování a sloupkování (pravidelné srážky)
- Množství a charakter srážek po vymetání

Šilha et al. (2011) k uvedeným faktorům přidává:

- Vliv předplodiny a její vliv na zdravotní stav ječmene, odnožovací schopnosti a souvislost s uvolňováním dusíku mineralizací
- Nerovnoměrnou hloubku setí

Ottman (2011) udává za hlavní příčiny poléhání brzké setí, úzký spon výsevu, vysoké výsevky, vysokou výživu dusíkem a nadměrný přísun vody. Nadbytek dusíkaté výživy a vody v období sloupkování může zvýšit riziko poléhání, stejně jako nedostatek těchto prvků snížit výnos zrna.

### **3.6.1 Vliv rajonizace pěstování na poléhání ječmene jarního**

Jarní ječmen lze díky nenáročnosti na příliš specifické podmínky pěstovat i ve velmi rozdílných podmínkách. Ne tak obecně se to dá říct o pěstování jarního ječmene k sladovnickým účelům, kde je kladen důraz na určité znaky či parametry jakosti. V té chvíli je možno považovat sladovnický ječmen za velmi náročnou plodinu (Svačina 2009).

Pro produkci jakostního jarního ječmene a následného kvalitního sladu z něho se požaduje vysévat ho v úrodných rajonech řepařské oblasti, kde převažují půdy typu černozemního a hnědozemního, dále půdy sprašového charakteru v polohách do 250 m

nad mořem. Nejméně vhodnou oblastí pro sladovnický ječmen je bramborářská, kde nastává již značná nejistota vyprodukování ječmene ve sladovnické kvalitě (Zimolka 2006).

Snížením výnosu a zhoršením kvality reaguje jarní ječmen na utužení půdy a kyselou půdní reakci. V řepařské a kukuřičné oblasti by se měla půdní reakce pohybovat v rozmezí 6,2-7,2 pH, v obilnářské a bramborářské 5,8-6,2 pH. Nevhodné je také pěstovat jarní ječmen v oblastech s častým výskytem mlh a rosy (Černý et al. 2015).

Faktor vlivu půdních podmínek na poléhání dosti souvisí s uvolňováním minerálního dusíku. Na úrodných vysoce humidních půdách může docházet k hlavnímu uvolňování dusíku až během konce odnožování nebo začátku sloupkování. Dusík uvolněný v tomto termínu může být pro následnou úroveň poléhání velmi důležitý (Klem et al. 2011).

Poléhání je zpravidla běžnější na těžkých půdách s relativně vyšším obsahem vody a živin v půdní zásobě (Ottman 2011).

Vliv průběhu počasí ve výrobních oblastech vhodných pro pěstování jarního ječmene je také nezanedbatelný. V obdobích s vyšším úhrnem srážek a optimálních teplot pro růst dochází k intenzivnějšímu vytvoření biomasy. Výška rostlin se prodlužuje a pevnost pletiv se výrazně snižuje. V suchém průběhu počasí dochází k poléhání jen výjimečně, neboť porost je řídký a nižší (Klem 2011).

Vznik poléhání můžou ovlivnit i teploty a intenzita slunečního záření, tyto faktory jsou ale silně ovlivněny jinými významnějšími faktory ovlivňujícími poléhání a větší význam mají při regulaci účinnosti jednotlivých regulátorů (Klem 2011; Rajala et al. 2001).

### **3.6.2 Vliv předplodiny na poléhání jarního ječmene**

Podobně silný vliv jako průběh počasí má na poléhání sladovnického ječmene předplodin.

Dle Šilhy et al. (2011) má vliv předplodiny na vznik rizika poléhání následnou sestupnou tendenci: ozimá řepka > cukrovka > mák > kukuřice na zrno s kvalitní orbou > obilnina > kukuřice na zrno při minimalizaci. I v maloparcelkovém pokusu z let 2001-2004 byla v Žabčicích potvrzena cukrová řepa (*Beta vulgaris*) jako vhodná předplodina pro jarní ječmen, což potvrzuje i časté využívání těchto sledů v praxi (Hřivna, Kotková 2013).

Klem et al. (2009) založil pokus, kde u odrůdy Prestige a Sebastian sledoval úroveň poléhání po předplodinách kukuřice na zrno, ozimé pšenici, cukrovce a ozimé řepce. K porovnání byly vybrány kontrolní nehojené varianty. Pro analýzu byl sledován obsah minerálního dusíku v půdě a rovněž obsah dusíku v rostlině ten se měřil přístrojem N.Pen N 100 (PSI Brno). K měření se používal druhý nejmladší list hlavní odnože. Před sklizní bylo sensoricky zhodnoceno, kolik plochy porostu je procenticky postiženo polehnutím. Za polehlé se považovaly rostliny se sklonem pod 45° včetně. Výsledky tohoto pokusu jsou shrnuty v tab. 2. v přílohách této práce. V tabulce jsou zařazeny i vedlejší parametry, kterými můžeme přesněji predikovat poléhání. Z výsledku pokusu vyplývá, že k výraznému poléhání došlo v roce 2008 jen po předplodině ozimé řepce. Obsah minerálního dusíku v půdě po řepce ozimé byl oproti předplodině cukrovce dvojnásobný a oproti předplodině kukuřici na zrno trojnásobný. Stejně tak i hodnoty dusíku stanovené v rostlině byly po předplodině ozimé řepky výrazně vyšší, než u zbylých předplodin. Rozložení výsledných hodnot pro jednotlivé předplodiny zůstalo pro všechny parametry stejné, v pořadí: ozimá řepka > cukrovka > ozimá pšenice > kukuřice na zrno. Je prokazatelné, že všechny měřené parametry souvisí s úrovní poléhání a tímto byly potvrzeny už dříve zjištěné závislosti mezi obsahem dusíku v sušině rostliny v polovině odnožování a následným poléháním. Hodnota parametru green NDVI zůstává poměrně stabilní v čase, protože je ovlivněna pouze výživným stavem, proto je pro tuto predikci mnohem hodnotnějším měřením, než zbylé, jejichž hodnoty jsou v čase poměrně dosti dynamicky proměnné v závislosti na okolních podmínkách (Klem et al. 2009).

### **3.6.3 Zpracování půdy a příprava před setím jarního ječmene**

Jako optimální zpracování půdy pro pěstování jarního ječmene se jeví orební zpracování půdy na podzim. Po něm následuje střední orba s pěchem nebo přejezd předseťovým kombinátorem na jaře, tak aby se šetřila jarní vláha. Kromě těžkých a slévavých půd je možné provést jarní přípravu již na podzim, což je bezpečnější pro zvládnutí agrotechnických termínů na jaře. Dále se tím urychlí vzcházení o 7-10 dnů a zlepší vyrovnanost porostu. Při porovnání orebního a minimalizačního zpracování půdy nebyly shledány rozdíly ani ve výnosu ani v kvalitě sklizeného zrna (Černý et al. 2013).

### **3.6.3.1 Termín setí jarního ječmene**

Pro jarní ječmen je vhodné zajistit ranou setbu, neboť základním předpokladem pro vysoké výnosy jarního ječmene je co nejdříve doba mezi vzejitím rostlin a jejich metáním. Při zpoždění setí jarního ječmene o jeden den oproti optimálnímu termínu dochází k poklesu výnosu zrna o 40 - 130 kg. ha<sup>-1</sup> za den. Přičemž byla prokázána rozdílná odrůdová citlivost na dobu setí. Obdobně silný vliv zpožděného výsevu a denní ztráty výnosu potvrzují i pokusy v letech 1993-2000, v kterých je možná denní ztráta výnosu vyjádřena procentuálně na 0,6 – 2% (Černý et al. 2015), což se shoduje s předchozími výpočty.

### **3.6.3.2 Setí jarního ječmene**

Hloubka zasetí jarního ječmene je od 3 do 5 cm podle druhu půdy, půdní vlhkosti a termínu setí. Při výsevu do lehčích půd nebo za sucha je dobré set hlouběji. Opakem jsou těžší půdy nebo humidnější podmínky, kde se seje mělčeji (Zimolka 2000). Při porovnávání meziřádkové vzdálenosti 12,5 cm a 6,3 cm se dosáhl vyšší výnos o 0,35 t. ha<sup>-1</sup> u řádku 6,3 cm.

Při mělkém setí může docházet k nerovnoměrnému klíčení a vzcházení. Zase se zvyšuje riziko poléhání způsobené nedostatečným vyvinutím kořenové soustavy. Naopak hluboké zasetí může způsobovat to, že jsou rostliny slabé, vytáhlé, méně odnožují a produktivita klasu je nižší (Špunarová, Míša 2006).

### **3.6.3.3 Výsevek jarního ječmene**

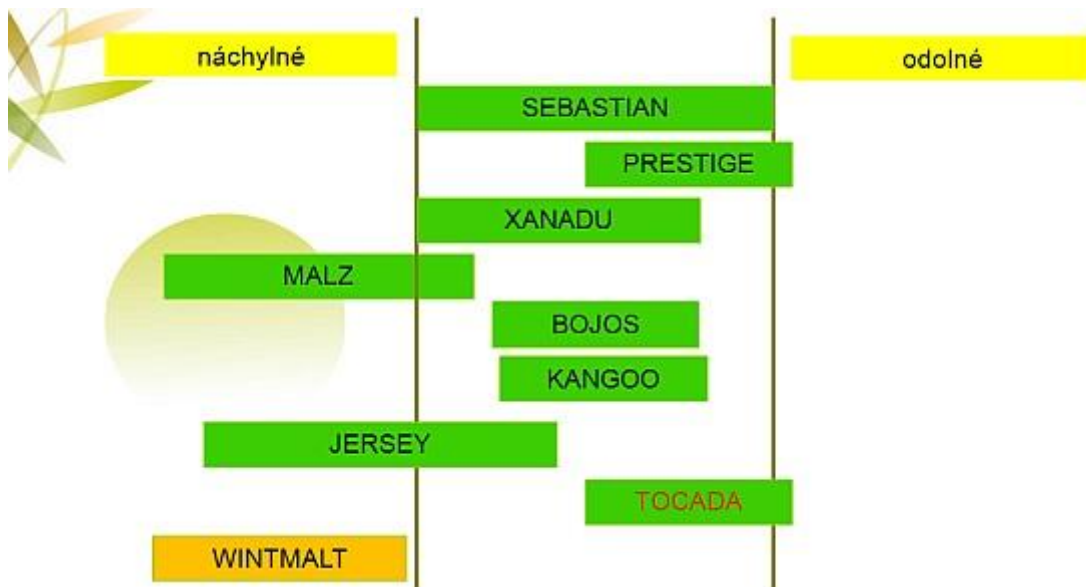
Samotné založení porostu má vytvořit předpoklad pro optimální strukturu porostu pro získání optimálních výnosotvorných prvků. Vyhovujícího výsevku pro podmínky ČR se dosáhne při respektování limitu 3,5 MKS. ha<sup>-1</sup> ve výrobním typu řepařském a do 5 MKS. ha<sup>-1</sup> ve výrobním typu bramborářském a horském. U méně odnoživých odrůd se může výsevek zvýšit o 10 -15% v porovnání s optimem. Dále se takto může výsevek upravovat po méně vhodné předplodině, při opožděném setí či na silně zaplevelených pozemcích.

Míra poléhání je více ovlivněna dusíkatou výživou než velikostí výsevku, ale přesto zde existuje určitý vliv. Odporová síla stébel proti poléhání klesá s rostoucím výsevkem (Svobodová et al. 2014).

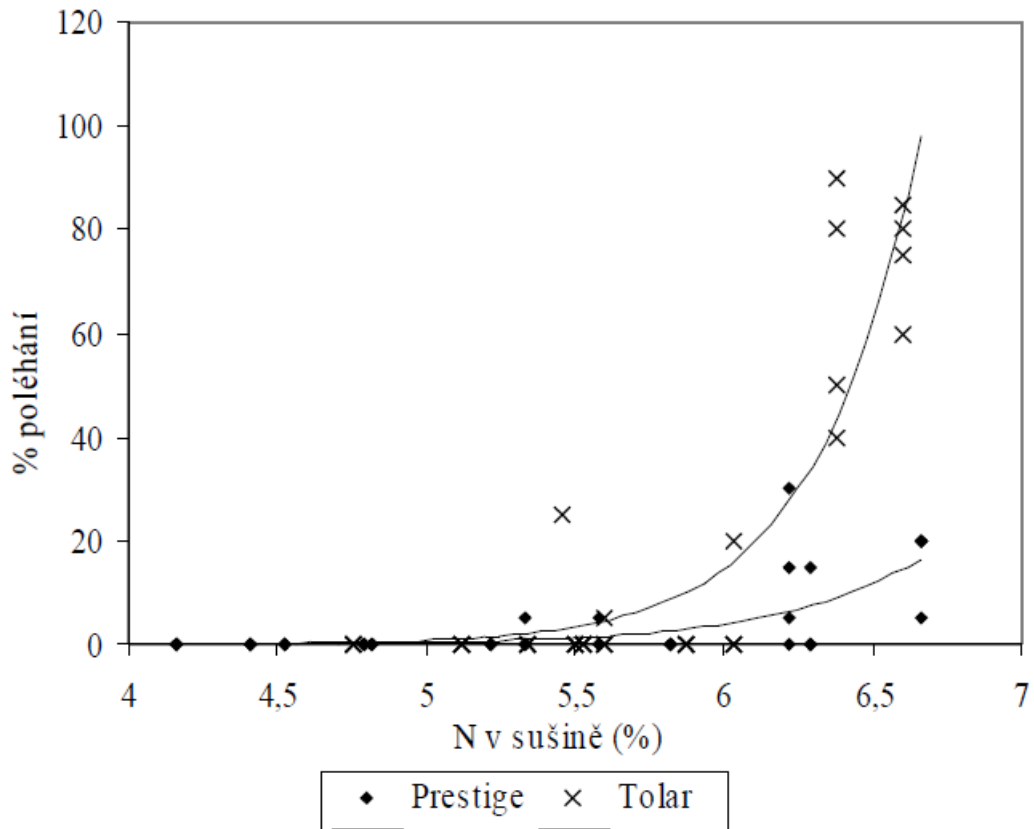
Při neúměrně přehuštěných porostech většinou dochází k nežádoucímu snížení produktivity klasu, HTS a podílu předního zrna. Výrazně se zvyšuje riziko polehnutí porostu (Zimolka 2006). Hustší porosty mají obvykle měkčí pletiva, a proto se výrazně zvyšuje riziko poléhání (Venclová 2015)

#### **3.6.4 Vliv odrůdy sladovnického ječmene na poléhání**

Zvyšující se požadavky na kvalitativní hodnoty jarního ječmene vedou šlechtitele a pěstitele k používání odrůd s dlouhým stéblem a vyšší náchylnosti k poléhání (Malz, Jersey), (Zimolka 2006). Většina sladovnických odrůd se vyznačuje dlouhým stéblem (Klem et al. 2009). V podmínkách s vysokou úrovní rizika poléhání se rozdíly mezi odrůdami zvyšují (Šilha et al. 2011).



**Obr. 2.** Náchylnost odrůd k poléhání. (Zdroj: Šilha et al. 2011)



**Obr. 3.** Závislost mezi intenzitou poléhání a obsahem dusíku v sušnině rostlin na začátku odnožování (DC 21-22) u odrůdy s nízkou úrovní poléhání (Prestige) a vysokou úrovní poléhání (Tolar). (Zdroj: Klem 2011)

### 3.6.5 Vliv výživy na poléhání ječmene jarního

Pro vypěstování kvalitního sladovnického ječmene je nezbytné, aby během vegetace nedošlo k nedostatku přístupných živin. Pokud se jarní ječmen nenachází v optimálním výživném stavu, dochází k nedostatečnému odnožování, výnosotvorné prvky nedosahují svých potenciálů a dochází k výraznému propadu kvality i samotného výnosu. Tyto ztráty mohou nastat především kvůli menší osvojovací schopnosti a krátké vegetační době jarního ječmene (Vaněk 2002).

Většina vědeckých prací se shoduje na tom, že pokud dojde k nedostatku jakéhokoliv prvku minerální výživy do fáze diferenciacce vegetačního vrcholu na klásky



a květy, dojde k výraznému snížení výnosu. Tato ztráta hladověním se během následující vegetace již nedá nahradit (Bízík 1997).

Ječmen je u nás řazen mezi plodiny se střední potřebou živin. Zimolka (2006) uvádí množství živin, které porost jarního ječmene odčerpá při produkci 1 t zrna a odpovídajícímu množství slámy. V čistých živinách: 20-24 kg dusíku, 3,5-6,2 kg fosforu, 16,6-21,0 kg draslíku, 5,7-8,5 kg vápníku, 1,2-2,4 kg hořčíku a 4,0-4,2 kg síry.

Velmi důležitým korelačním faktorem pro množství a objem dávky může být obsah uvolněného minerálního dusíku. Zimolka (2006) uvádí příklad z porostu ječmene v sezóně 2005, kdy se pohybovala kritická hranice pro poléhání v rozmezí 5-5,5 % dusíku v sušině rostlin. Nad tuto hranici docházelo k poléhání i odolných odrůd, ale samozřejmě s nižším nárůstem než u odrůd s vyšší náchylností.

K vytvoření pevného pletiva, zvýšení schopnosti asimilace a urychlení látkové výměny potřebují v prvních dnech růstu rostliny ječmene nadbytek fosforu. Ten musí v prvotních dnech převládat nad dusíkem. Když se tento poměr obrátí, dochází k nadměrnému příjmu dusíku a následně k bohaté tvorbě odnoží, ty však v přehuštěných porostech při nedostatku světla, vláhy a případně živin nevytvoří z těchto odnoží produktivní klasy, nebo při vlhkém průběhu počasí můžou vytvořit řídké pletivo náchylné k poléhání. Dostatek fosforu ve zmíněném období zajišťuje správný průběh látkové výměny, dostatečnou tvorbu cukru, intenzivní asimilaci, tvorbu bílkovin a všech aminokyselin. Zvýšení výživy dusíkem ke konci odnožování je nežádoucí, neboť dochází k evokaci nechtěného odnožování (Bakul'a 1999).

Kumulativní efekt rizikových prvků přehnojeného porostu dusíkem podporuje tvorbu vytáhlých stébel s řídkými dužnatými pletivy, což je příčinou jejich velké náchylnosti k poléhání. Zvýšená dávka dusíku podporuje růst a délku bazálních internodií o 10-25%. Jak již bylo uvedeno výše, vyššího výnosu jarní ječmen dosahuje vyšším počtem produktivních stébel (1000 stébel. m<sup>-2</sup>), při této hustotě porostu se převážně zvyšuje úroveň dusíkaté výživy a regulátory růstu se proto stávají nedílnou součástí pěstební technologie. U pšenice byla zjištěna vysoce průkazná korelace mezi úrovní poléhání, počtem odnoží na m<sup>2</sup> a hmotností klasu. Protože oba tyto znaky jsou

podporovány úrovní dusíkaté výživy, mají největší náchylnost k polehnutí porosty, v kterých z různých příčin dochází k nevyrovnané dusíkaté výživě během vegetace. Největším předpokladem polehnutí porostu je nadbytek přístupného dusíku ke konci odnožování a v první polovině sloupkování ječmene (Klem et al. 2009).

### **3.6.6 Vliv pesticidů na poléhání porostů jarního ječmene**

Použití herbicidů v nesprávné růstové fázi může zvýšit poléhání rostlin, obzvláště ječmene. Např. herbicid s účinnou látkou 2,4-D by se měl používat nejpozději do naduření pochvy praporcového listu, jinak se může na takto ošetřeném porostu začít projevovat zvýšené riziko poléhání. Herbicidy působící díky inhibici syntézy lipidů, např. přípravek Puma aplikovaný po objevení prvního uzlu může oslabit stonek a takto ošetřený porost může být mnohem náchylnější k poléhání (Ottman 2011).

Herbicidy snižující riziko poléhání jsou např. přípravky s účinnou látkou MCPA. Není doporučováno aplikovat herbicidy v rozporu s doporučenými termíny s úmyslem poškodit mírně rostlinu, tak aby snížila své odnožování popřípadě výšku a poléhání. Fungicidy za skupiny strobilurinů dokázaly mírně snížit poléhání jako vedlejší efekt při potlačování houbových chorob. Tyto fungicidy mohou ovlivnit zesílení stěny stébla dolních internodií. S postupující zralostí se dutina stébla zvětšuje (Ottman 2011)

### **3.6.7 Výnosotvorné prvky jarního ječmene**

Ječmen jarní je plodina, která vytváří výnos především počtem klasů na plochu. Pro produkci plodných stébel, podílejících se na konečném výnosu, je důležitá růstová fáze od 2. – 3. listu po polovinu sloupkování. V tomto období dochází k zásadní tvorbě a zároveň i redukci těchto výnosotvorných prvků. Pro dosažení vysokého výnosu okolo 8 - 9 t. ha<sup>-1</sup> by se měl počet klasů pohybovat okolo 1000 ks.m<sup>-2</sup>. Takovéto hustoty klasů se dá dosáhnout i modulací řidších porostů s předpokladem, že odrůda je schopná tvořit více odnoží, ale nesmí se zapomenout na snižující se produktivitu odnoží vyšších řádů. Odnože vyššího řádu způsobují snižování podílu předního zrna a celkovou nevyrovnanost porostu. Důležité je časně jarní setí, dostatek přístupných živin a krátký světelný den pro vytvoření ideálních podmínek pro odnožování a vytvoření

vyrovnaného porostu, kdy je apikální dominance hlavního stébla těmito podmínkami limitována a takto se můžou rovnocenně vytvářet i odnože 1. a 2. řádu, které jsou schopny se podílet na zisku potencionálního výnosu ve sladovnické kvalitě. Pro stimulaci odnožování ječmene je praxí ověřené používání RR v přípravcích Retacel nebo Sunagreen (Zimolka 2006).

### **3.7 Růst a vývoj ječmene jarního ve vztahu k problematice poléhání**

Růst je projevem, který nejcharakterističtěji definuje živé organizmy. Růst chápeme jako nevratné přibývání hmoty nebo velikosti spojené s činností živé protoplazmy. Při růstu mnohobuněčných organismů roste nejen hmota a objem, ale i počet buněk, množství protoplazmy a převážně i celková komplexita orgánů i rostlinného těla (Moore 1995). U ječmene je růst (ontogeneze) vymezen obdobím od nabobtnání a klíčení obilky až po vytvoření nového zrna (Zimolka 2006).

K růstu rostlin je třeba zajistit, aby vegetační faktory (živiny, voda, vzduch, světlo) byly k dispozici rostlinám alespoň v minimálním množství. Kdežto současně probíhající kvalitativní změny přivádějí rostliny z vegetativního do generativního období a vrcholem je vytvoření generativních orgánů (zrno). K provedení těchto změn potřebují rostliny splnění limitovaných požadavků z vnějšího prostředí (abiotické faktory), hlavně teplotní a světelné, působící v určité výši a působící v konkrétním časovém rozsahu. Sledují se faktory jako např. délka světelného dne, suma aktivních teplot (Procházka 1998).

#### **3.7.1 Růstové fáze jarního ječmene**

K rozlišení růstových a vývojových etap z praktického hlediska rozlišujeme dvě základní období:

- vegetativní (klíčení, vzházení, odnožování),
- generativní (sloupkování, metání, tvorba zrna, zrání).

K určení optimálního termínu vstupu (např. ošetření RR) do porostu se používají makrofenologické stupnice, díky nimž lze přesněji určit aktuální stupeň růstu rostlin. Tabulka 1.: Makrofenologické stupnice ječmene, je uvedena v přílohách této práce.

Modelace rostlin RR se provádí především během fáze odnožování a sloupkování ječmene (při BBCH 28 – 39), proto se tato práce podrobněji zabývá jen fázemi odnožování a sloupkování.

### 3.7.2 Stéblo jarního ječmene

U čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) existuje dutý stonek neboli stéblo – *culmus*. Stéblo je v zásadě tvořeno 4 – 8 články (internodii), které jsou odděleny kolénky (nody). Rostliny dosahují celkové výšky 80 až 130 cm (Zimolka 2006).

### 3.7.3 Odnožování jarního ječmene

Odnožování nastává po vzejití rostliny, což je opticky charakterizováno objevením se prvního listu nad povrchem půdy, po kterém se na vzešlých rostlinách postupně tvoří další listy. Z podzemního uzlu vznikají odnože. Boční větve vznikají z pupenů ležících v úžlabí blanitých listenů čímž je charakterizováni tzv. intravaginační větvení. Přeměna tohoto pupenu může nastat za předpokladu vyvážené výživy (dostatek P) a hlavně inhibice růstu listu, jemuž náleží pupen. Proces inhibice růstu listu a stimulace vývoje odnože je řízen fytohormonálně, přesněji je zpomalení růstu listu řízeno snížením produkce giberelinu vlivem stárnutí listu, nižší koncentrace giberelinu umožňuje působení cytokininu, který podporuje větvení (Procházka 1998).

Stejně tak jako se na hlavním stéble tvoří odnože prvního řádu, které se vývojově podobají hlavnímu stéblu, obdobně se i v úžlabí listů těchto odnoží tvoří pupeny a z těchto pupenů se pak dále vytvářejí odnože druhého a třetího řádu, případně dalších. Potenciál tvořit odnože nekončí ani v generativní fázi, nýbrž trvá po celé období růstu, což může být pozorováno jako dodatečná tvorba odnoží při polehnutí porostu či v případě vlhkého průběhu počasí ve fázi sloupkování po dlouhém suchu. V takovýchto podmínkách může dojít k odnožování i z vyšších nodů. Každá odnož si vytvoří svůj adventivní kořínek, takže v průběhu následného života může být autonomní. Chceme-li

předejít dalším komplikacím, je povinností, aby tvorba odnoží byla vyrovnaná, protože velké časové prodlevy mezi vývojem jednotlivých odnoží zapříčiňují vysoké variability velikosti zrna vyznačující se nižším podílem předního zrna a větším výskytem zelených zrn. Na příliš opožděné odnože taktéž působí vyšší tlak houbových chorob (Klem 2011).

Za optimální považujeme porost, který je tvořen 2 – 5 plodnými stébly z jedné rostliny, což zajišťuje hustotu porostu 1000 klasů. m<sup>2</sup>. Toto období ontogeneze je jedna z nejvýznamnějších fenofází, v kterých se různými agrotechnickými opatřeními (regulátory, mechanické zásahy) rozhoduje o hustotě porostu a tím i o stabilitě výnosu zrna a jeho kvalitě (Zimolka 2006).

### **3.7.4 Sloupkování**

Fáze sloupkování je definována především obdobím intenzivního růstu neboli prodlužováním hlavního stébla i postranních odnoží. Jedná se především o vzdalování se stébelných kolének, čímž se vytváří internodia. Prodlužovací růst stébla je zajištěn meristematickým pletivem na horní části kolének. Délka internodií se zvětšuje od bazální části směrem k vrcholu rostliny a v opačném směru průměr stébla zesiluje. Jako započetí fáze sloupkování je bráno objevení se prvního kolénka nad povrchem půdy, což poznáme nahmatáním. Tímto mezníkem přechází rostliny z vegetativního do generativního období. Růst probíhá od nejspodnějšího kolénka k vyšším, pokud se růst prvního spodního internodia zastaví, začíná růst druhého internodia. Z horní části nodů také vyrůstají listové pochvy, které chrání dolní část internodia těsně nad kolénkem a částečně zpevňující stéblo. Z důvodu pomalejšího růstu spodních článků jsou první články kratší než ty následné. V závislosti na vegetačních faktorech začíná prodlužovací fáze růstu asi po 4 – 6 týdnech od vzejití a trvá průměrně 30 – 40 dnů. Tato fáze je charakterizována většími přírůstky sušiny rostliny a zvyšující se hladinou giberelinů (Zimolka 2006).

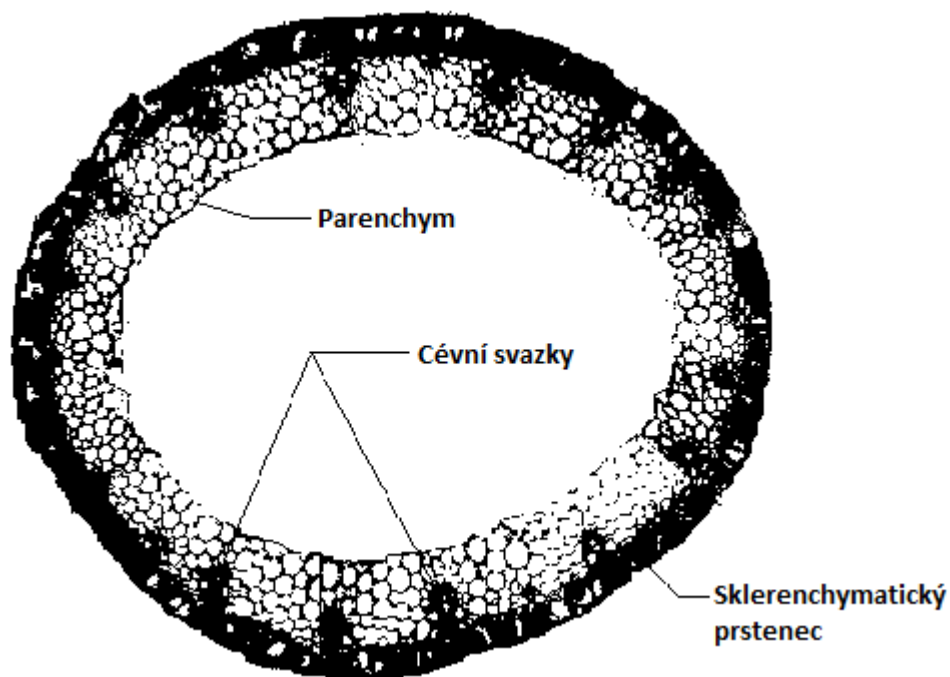
Růst rostlin je v tomto období nejvíce závislý na dobrém zásobení vláhou, teplotou a živinami. V tomto období růstu je vhodné aplikovat inhibiční látky (etephon), protože

právě v této fázi se vytvářejí morfologické i anatomické předpoklady k poléhání porostů (Černý et al. 2015)

Mezi přírůstky sušiny na začátku sloupkování a výnosem zrna byla prokázána pozitivní závislost. Naopak ve fázi maximálního růstu jsou vyšší přírůstky převážně neproduktivních odnoží příčinou negativního působení na výši produkce a kvality zrna (Zimolka 2006).

### **3.7.5 Anatomie stébla**

Stéblo je (stejně jako všechny ostatní orgány) tvořeno třemi systémy pletiv. Tato pletiva vznikají iniciací vzrostného vrcholu a dělí se podle účelu na pletiva krycí, základní a vodivá (Novák, Skalický 2008). Stěny stébel pokrývá pokožka - epidermis, pod níž je vrstva nerozlišeného parenchymatického pletiva, obsahující četné chloroplasty s chlorofylem. Dále směrem do středu se nachází souvislý prsteneček sklerenchymatického pletiva, jeho tlustostěnné buňky jsou ke konci růstu prostoupeny ligninem. Vnitřní část stěny stébla je tvořena parenchymatickým pletivem. Cévní kolaterální uzavřené svazky ječmene jsou rozmístěny ve stěně stébla. Lýková část je objímána sklerenchymatickou pochvou, která zajišťuje pevnost a pružnost stébla (Slabý, Krejčí 2005). Na anatomickou stavbu stébla má do značné míry vliv odrůda, hnojení a vláhota. Celková pevnost a pružnost stébla se odvíjí od poměru ligninu a celulózy zejména v dolních internodiích, v jejich délce, popřípadě záleží na počtu nodů (Dickison 2000).



**Obr. 4.** Příčný řez stonkem ječmene. (Zdroj: MENDELU v Brně)

### 3.7.5.1 *Podpůrné a zpevňovací pletiva ve stéble*

Mechanická pletiva se vytvářela při přechodu rostlin z vody na souš. Z obecného pohledu se mechanická pletiva dělí na živá pletiva neboli kolenchymatická a na pletiva sklerenchymatická, které již nemají vnitřní protoplast (Procházka 2009). Sklerenchymatické pletivo je charakterizováno tím, že má buněčné stěny značně ztloustlé. Sklerenchymatické buňky odumírají a sklerenchymatické pletivo má funkci mechanické opory (Jelínek, Zicháček 1998). Z těchto pletiv je ve stéble ječmene vytvořen i tzv. sklerenchymatický prstenec z vnitřní strany stonku pod epidermis.

U převážné většiny jednoděložných rostlin jsou cévní svazky nahodile rozmístěny v základním pletivu stonku, avšak u ječmene jsou cévní svazky uspořádány ve dvou kruzích, jak je znázorněno na Obr. 4. Mechanickou pevnost zajišťují i sklerenchymatické buňky dřevních vláken v cévních svazcích (Campbell, Reece 2006). Etylen je zodpovědný za zahájení programované smrti (apoptóza) sklerenchymatických pletiv, která je nezbytná pro vytvoření xylému a tracheid. Buňky tvořící xylém a tracheidy jsou za přítomnosti auxinů a cytokininů schopné rediferenciace v tracheální elementy (Fakuda 1997, Obara, Fakuda 2004). Během tohoto

procesu dochází ke ztrátě fotosyntetického aparátu, dediferenciaci a diferenciaci prokambia v tracheální elementy, dojde k vytvoření sekundární buněčné stěny a k její následné lignifikaci. Poté dojde k autolýze vnitřního protoplastu, degradaci buněčných organel a vakuolárnímu kolapsu (Kuriyama 1999).

### 3.7.5.2 *Stavba buněčné stěny*

Buněčnou stěnu má jen rostlinná buňka, kdežto živočišná ji postrádá. Buněčná stěna limituje velikost protoplastu a zabraňuje narušení buňky zvětšováním při příjmu vody do vakuoly. Funkcí buněčné stěny je absorpce, transport a sekrece látek v rostlinách, vnímání například tlakových signálů v interakci s prostředím, patogeny a symbionty (Mauseth 2009).

Buněčná stěna je vybudována ze čtyř skupin polymerů a to proteinů, celulózy, pektinu a hemicelulózy. Základní specifickou složkou pro buněčnou stěnu je celulóza, která určuje její architekturu. Celulóza je tvořena řetězcí molekul glukózy. Tyto dlouhé a tenké celulózové molekuly jsou spojeny v mikrofibrily, široké 10 – 25 nm. Celulóza v buněčných stěnách má krystalické vlastnosti, což určuje uspořádání molekul celulózy v tzv. micelách tvořících mikrofibrily. Další organizací mikrofibrilů se vytvoří praménky tzv. makrofibrily o průměru 0,5  $\mu\text{m}$  a délce až 4  $\mu\text{m}$ . Celulóza tvoří kostru buněčné stěny. Kromě jiných důležitých složek je v buněčné stěně některých buněk zastoupen i lignin, který je kromě celulózy hojně se vyskytujícím polymerem v rostlinách. Z fyzikálního hlediska tvoří lignin pevnostní složku buněčné stěny, a proto jej najdeme ve stěnách buněk, které mají podpůrné nebo mechanické funkce, což jsou mimo jiné i sklerenchymatická pletiva ve stéble ječmene jarního. V závislosti na úloze buňky na celistvosti rostliny se liší tloušťka buněčné stěny. Zkoumáním buněčné stěny bylo zjištěno, že většina rostlinných buněk má dvě vrstvy buněčné stěny a to střední lamelu a primární stěnu, některé buňky mají navíc sekundární stěnu (Dickison, 2000).

Pokud dochází k lignifikaci, pak tento proces začíná ve střední lamelle, dále pak pokračuje na primární stěnu a na sekundární stěnu. Pektinová složka primární stěny má plastické vlastnosti, čehož je využito při prodlužovacím růstu stonku. Aktivně se dělící buňky jsou tvořeny převážně jen primární stěnou. Sekundární stěnu vytváří většinou jen



buňky sloužící ke zpevnování a vedení vody. Sekundární stěny těchto buněk obsahují značný podíl celulózy a ligninu, dále extenzin a postrádají elastické pektinové látky (Procházka 2009).

### **3.7.5.3 Růst buněčné stěny**

Stěny buněk rostou do obou směrů, plošně i do tloušťky. Růst buněčné stěny je složitý a úzce souvisí s biochemickými procesy v protoplastu. Během těchto dějů musí dojít k rozvolnění struktury buněčné stěny, na čemž se dle Taize a Zeigera (2012) podílí FH giberelin, který způsobuje okyselování buněčné stěny a aktivitu hydroláz a dále auxin. Potřebné je také zvýšení syntézy proteinů, intenzity respirace a příjmu vody. Počátečním projevem růstu je vytváření celulózových mikrofibril, podél nichž postupně roste a tloustne buněčná stěna. Se syntézou stěny souvisí činnost mnoha buněčných komponent např. Golgiho aparát a použití základních látek jako je hemicelulóza a pektinové látky. Během prodlužovacího růstu lze pozorovat příčné sestavení mikrofibril, což se liší od klidové fáze nebo primární buněčné stěny, kde jsou mikrofibrily nahodile orientovány. Dalšími procesy pokračuje prodlužovací růst buněčné stěny, a zároveň i buňky (Procházka 2009). V této fázi růstu buněčné stěny může proces ovlivnit etylen, který má velmi specifické vlastnosti, redistribuje longitudinální růst stonku a nahrazuje ho radiálním růstem, přičemž mění mikrotubuly a celulózové mikrofibrily v buněčných stěnách dvou i jednoděložných rostlin (Procházka Šebánek 1997).

### **3.7.5.4 Vliv inhibitoru růstu na lignifikaci buněčné stěny**

Z funkčního hlediska poskytuje lignin buněčným stěnám pevnost, ulehčuje transport vody v cévních pletivech a zabraňuje degradaci polysacharidové stěny. Tímto způsobem působí jako obrana proti patogenům, hmyzu a dalším herbivorům (Sederoff et al. 1999).

Fenylpropanové látky, jedny z prekurzorů ligninu, mají v rostlinách zmapované biosyntetické cesty vzniku. Pro biosyntézu sloučenin, které se odvozují od fenylpropanových látek, je k dispozici více reakčních cest. Jedna z nich vede přes kyselinu skořicovou, ta je tvořena z fenylalaninu eliminací  $\text{NH}_3$ . Tato reakce se

katalyzuje fenyl-amoniak-lyasou, což je enzym řízený aktivitou mnoha faktorů. Biosyntézu tohoto enzymu kontrolují světlo, teplo, hladina cukru a etylen. Z tohoto můžeme usuzovat vliv etylenu na lignifikaci buněčných stěn. Pro další postup syntézy ligninu z fenylalaninu je nutno vzniklou kys. skořicovou dále modifikovat. Dalším postupem biosyntézy vzniká koniferylalkohol, který je předstupněm ligninu (Hýsková 2006).

Autoři Huang et al. (2013) ve svém článku uvádějí výsledky pokusu, ve kterém byl sledován vliv etylenu na prodlužovací růst kořene a růst laterálních kořenů u mungo fazolí (*Vigna radiata*). Při zkracování laterálních kořenů, po aplikaci etylenu, zaznamenali autoři zvyšující se obsah ligninu ve tkáních kořene. Aktivita proteinů měnící buněčnou stěnu (polygalacturonaza a carboxymethyl celulóza) byla redukována, ale obsah  $\alpha$ -expansinu a xyloglucan endotransglukosylaza/hydrolazy byla po aplikaci etylenu zvýšená, tyto enzymy a proteiny jsou důležité pro růst postranních kořenů. Produkce ligninu korelovala se změnou aktivity klíčových enzymů pro biosyntézu ligninu. Pro ověření ovlivňování lignifikace etylenem byl do rostlin vpraven antagonist etylenu  $Ag^+$ . Autoři potvrdili, že etylen ovlivňuje rostlinu zkrácením primárního kořene a je zodpovědný za zvyšující se lignifikaci buněčné stěny. Zabránění růstu postranních kořenů je dle autorů vázáno na aktivitu výše uvedených proteinů a ne přímo na obsahu etylenu. Je otázkou, do jaké míry může takto účinkovat etylen ve stonku. Přímou korelaci zvýšené lignifikace buněčných stěn po náhle zvýšeném obsahu etylenu v pletivu potvrdil i Hoydo et al. (1993).

Základem změny růstu z longitudoálního na radiální je změna orientace tvorby buněčné přehrádky během dělení buňky a přeorganizování mikrotubulů a celulózových mikrofibril, které jsou základními stavebními jednotkami celulózové buněčné stěny. Nejčastěji je tato změna pozorována u dvouděložných rostlin. Samotný růst buněk je ovlivňován orientací kortikálních mikrotubulů v kombinaci s rozpínavostí buněčné stěny a turgorového tlaku uvnitř buněk. Tyto procesy jsou především ovlivňovány světlem a fytohormony.

Syntetické inhibitory zasahující do biosyntézy giberelinů, mohou také pozitivně ovlivnit lignifikaci buněčných stěn v pletivech stonku. Například jak uvádí Šách

(2015), přípravek Medax Top (PCa a MCH) zvyšuje obsah ligninu v buněčných stěnách.

Také autoři Wiersma et al. (2011) při určování optimální dávky a termínu použití účinné látky TXE mimo jiné vysledovali lineárně se zvyšující obsah ADL ligninu ve stéblech tvrdé červené jarní pšenice se zvyšující se dávkou TXE.

Výzkum s RR paclobutrazolem (PP333) dokázal, že exogenní aplikace PP333 podstatně změní riziko poléhání. Došlo nejen ke změně výšky rostlin, ale také ke změně fyzikální pevnosti bazální části internodia, zejména se zvyšuje hromadění ligninu a činnost jeho příbuzných enzymů v bazálních internodiích (Dianliang et al. 2014).

#### **3.7.5.5 *Růst stonku***

Růst stonku je ovlivňován všemi fytohormony, nejdůležitější však je jejich společná interakce u této organogeneze. Giberelin podporuje růst stonku především u inaktivních rostlin, což znamená, že jsou přítomny endogenní auxiny dodávané stonkovým vrcholem, popř. mladými listy. Stimulace růstu působí na prodlužování buněk stonkových internodií a zároveň i na podchyzení subapikální meristematické aktivity. Dle Procházky et al. (1998) má exogenně aplikovaný auxin zpravidla na prodlužování stonků podstatně nižší vliv, což poukazuje na skutečnost, že stonkovým vrcholem je dodáváno dostatečné množství endogenního auxinu. U pokusů, kde byl odepřen přístup endogenního auxinu a ten byl nahrazen exogenním auxinem, postačila tato náhrada na iniciaci růstu stonku. Vysoké dávky exogenního auxinu zřejmě dokazují tvorbu etylenu v pletivech s vysokou koncentrací auxinu, neboť po jejich vyšších aplikacích dochází k inhibici růstu stonku (Kincl, Krpeš 2000).

#### **3.7.5.6 *Regulačních vlivy fytohormonů ve stonku***

Při vegetativní fázi růstu rostlin je ve stonku nejvyšší obsah auxinu v apikální části. V modelové rostlině *Bryophyllum crenatum* (nabut) stoupá obsah auxinu v listech a přilehlých internodiích od báze k vrcholu, a naopak obsah giberelinů stoupá obráceně, od vrcholu k bázi. Podle tohoto modelu je apikální část pod vlivem auxinové inhibice a bazální část pod vlivem giberelinové stimulace růstu. Střední část stonku disponuje

nejvyšší koncentrací cytokininů. Před přechodem k fertilní fázi vegetace, konkrétně před kvetením, se maximum giberelinové a cytokininové aktivity přesouvá do apikální části lodyhy. Ovšem situace striktního zastoupení určitých fytohormonů na určitých místech stonku se mění u trav, mezi které ječmen patří. U pšenice je možné v každém období ontogeneze najít list obsahující dominantní množství giberelinu. Dalším příkladem je kukuřice (*Zea mays*), kde obsah giberelinu stoupá nad palici a k apikálu zase klesá (Procházka 1998).

### **3.7.6 Květenství ječmene jarního**

Květenství ječmene tvoří složený nerozvětvený lichoklas (klas). Středem klasu probíhá smáčknuté větveno, po stranách obrveným a složeným ze článků, na nichž se střídavě po obou stranách zakládají klásky. Ječmen tvoří výjimku mezi obilninami tím, že tvoří tři jednokvěté klásky na každém článku klasového větene. Plodnost či sterilita jednokvětých klásků určuje řadovost ječmene na dvouřadé a víceřadé. Pro sladovnické účely jsou nejvíce využívány odrůdy z variety *nutans* (ječmen nicí - háčkující), které tvoří klas o délce 50 – 130 mm. Osiny jsou souběžné a přilehlé, při zralosti se klas ohýbá (háčkuje), v klase je 18-26 zrn (Bérka 2011).

## **3.8 Použití syntetických regulátorů růstu v ječmeni jarním**

K poléhání porostu ječmene dochází jen v některých letech na některých lokalitách a po některých předplodinách. Abychom se mohli připravit a včas reagovat na hrozbu poléhání, je dobré mít k dispozici spolehlivá rozhodovací pravidla pro použití RR. Riziko ekonomické ztráty hrozí i v případě, že RR použijeme ve chvíli, kdy nejsou zapotřebí a zásah minimálně zvýší výrobní náklady (Klem 2011).

Zimolka (2006) popisuje vliv a přínos RR pro růst kořenů rostlin. Vlivem zkracování stébla dochází ke snížení produkce nadzemní biomasy a k intenzivnější tvorbě druhotných kořenů. Vzhledem ke krátké vegetaci ječmene a k vysokým rizikům výskytu stresových faktorů během jara (velmi vlhké podmínky) může docházet k vývratu rostlin s mělkým kořenovým systémem. Mnoho vědeckých prací uvádí pozitivní vliv RR na zvýšení poměru kořenu k nadzemní části a tímto dochází k zvýšení

odolnosti vůči suchým periodám díky zvyšování dostupnosti půdní vláhy (Rajala-Sainio 2001). Podle autora lze také předpokládat zlepšení dostupnosti živin, hlavně z větších hloubek.

Pro potvrzení těchto mínění provedli autoři Bingham a McCabe (2006) polní a lysimetrické pokusy v roce 2002, ve kterých použili dva RR. Prvním byl antigiberelin Moddus (TXE) a druhým stimulator auxinu Route (zinek ve formě komplexů s octanem amonným). Autoři se snažili potvrdit, že tyto RR podporují růst kořenů u jarního ječmene a tím způsobují vyšší příjem vody kořeny z půdy a pomáhají rostlinám přežít při stresu v období sucha. Nicméně z výsledků pokusů nevyplývá žádný významný vliv použitých RR na množství odčerpané vody z půdy do rostliny nebo na konečný výnos zrna v období sucha. Podobně v polních pokusech Route ani Moddus významně nezměnili celkovou délku kořene, ani množství distribuované biomasy. Z výsledků experimentů i z literárních zdrojů existuje málo prokazatelných výsledků, které by mohly obhájit použití těchto RR jako prevenci před stresem v období sucha (Bingham et al. 2006). Při zkoušení účinných látek TXE a CCC v obdobném experimentu na vliv růstu a množství biomasy kořenů jarního ječmene autoři došli ke stejnému závěru, že žádný z těchto RR pozitivně neovlivňuje mohutnost kořenového systému (Rajala, Peltonen-Sainio 2002).

Rozhodovací nástroj pro určení a vyhodnocení stupně rizika poléhání porostu vytvořil Klem (2011). V tomto systému se pomocí různých faktorů uvedených v tabulce 1, snaží napomoci predikci nutnosti použití RR. Uvedené faktory jsou obodovány podle dílčího vlivu na konečné poléhání. Z pohledu rizika poléhání jsou rozděleny úrovně faktorů do tří kategorií na nízké, střední a vysoké riziko. Tato predikce poléhání byla vytvořena na základě objektivně získaných výsledků a zkušeností z polních pokusů. Pomocí přepočtového vzorce vah jednotlivých faktorů je získána souhrnná hodnota rizika poléhání, podle které se může řídit intenzita ošetření regulátory růstu současně se zkušenostmi agronoma (Klem 2011).

Tabulka 1: Vliv jednotlivých faktorů na riziko poléhání a váhy faktorů pro vyhodnocení celkového rizika poléhání. Zdroj: Klem (2011)

Faktor	Riziko poléhání			Váha
	Nízké 1 bod	Střední 2 body	Vysoké 3 body	
Dusíkatá výživa (obsah N v sušině rostlin – polovina odnožování)	Do 60 kg N/ha (do 4,5 %)	60-90 kg N/ha (4,5-5,5 %)	Nad 90 kg N/ha (nad 5,5%)	1,2
Hustota výsevu	Do 3,5 MKS	3,5-4,5 MKS	Nad 4,5 MKS	0,8
Předplodina	Kukuřice na zrno	Ozimá pšenice, cukrovka	Ozimá řepka, mák	1
Odolnost odrůdy k poléhání	Vysoká (Diplom)	Střední Sebastian, Tolar, Bojos, Xanadu, Radegast, Prestige, Aksamit, Spilka	Nízká Jersey, Malz, Calgary, Westminster, Blaník	1,2
Půdní podmínky (uvolňování minerálního dusíku)	Lehké půdy s nízkým obsahem humusu	Střední půdy se středním obsahem humusu	Těžší půdy s vysokým obsahem humusu	0,8
Počasí	Suché a velmi teplé	Průměrné teploty a srážky	Chladné a vlhké	1

Výpočet rizika poléhání dle Klema (2011)

$$\text{Riziko poléhání} = (F_1 \cdot V_1 + F_2 \cdot V_2 + \dots + f_n \cdot V_n) / n$$

Kde:

- $F_n$  – je bodové hodnocení pro daný faktor
- $V_n$  – je váha pro daný faktor
- $n$  – celkový počet faktorů

Výsledná hodnota rizika poléhání v rozmezí:

1 – 1,5 představuje nízké riziko poléhání

1,6 – 2,4 představuje střední riziko poléhání

2,5 – 3 představuje vysoké riziko poléhání

Jako sekundární působení inhibitorů růstu můžeme podle Bezdíčkové (2005) brát prevenci před chorobami, např. fuzárií klasu. Křováček a Vašák (2005) na základě výsledku svých pokusů tvrdí, že za předpokladu správné aplikace RR (dávka, termín), správného dodržování zákonitosti tvorby výnosu (počet klasů.m<sup>-2</sup>) a sledováním počtu zrn v klase a HTS při aplikaci RR, může dojít k následnému navýšení finálního výnosu. Vašák s Černým také dodávají poznatek z pokusů v letech 2003 a 2004, že regulátor růstu dokázal navýšit nejen výnos, ale i kvalitu zrna.

### **3.8.1 Dávky regulátorů růstu**

Při ošetřování odrůd s vyšší odolností proti poléhání si vystačíme s jednou dávkou RR, v závislosti na okolnostech může být dávka naprosto vynechána nebo alespoň snižena (Šilha 2011).

#### **3.8.1.1 Dělené dávky regulátorů růstu**

Vegetace jarního ječmene je poměrně krátká, a tak se může stát, že nenastanou ideální podmínky pro aplikaci plné dávky RR. V tomto případě je dobré uplatňovat dělené aplikace. Tyto postupné aplikace se hodí do porostů, kde lze těžko odhadnout úroveň poléhání. Výhodou tohoto způsobu aplikace je přesnější dávkování a nižší stres kladený na rostliny (Klem 2009).

V podmínkách, kdy hrozí velmi silné poléhání, je dobré použít systém tzv. dělených aplikací RR, kdy je provedena aplikace nejméně ve dvou termínech. První termín při růstu prvního až druhého kolénka a druhý termín v době konce sloupkování až začátku metání. Použití dělených dávek zajišťuje nejen průběžné působení na více internodií, ale rovněž je rozděleno riziko negativního působení RR na výnos, ke kterým může docházet především během velmi teplého průběhu počasí v době metání. Dělené dávky dosahují horších výsledku zkrácení délky rostliny a odolnosti vůči poléhání při stejných konečných dávkách, avšak dle Zimolky (2006) tyto rozdíly nejsou příliš velké. Klem et al. (2009) říká, že rozdíl ve výnosu mezi dělenou dávkou a aplikaci plné dávky v jedné aplikaci není.

V oblastech s rizikem poléhání, kterými jsou především plochy s intenzivní produkcí (Haná, část Polabí bez písčitého podloží) je vhodnější využívat více dělených aplikací RR. Vedle rozložení efektu na všechna internodia je rozloženo rovněž riziko negativního působení morforegulatorů na výnos, ke kterému dochází především při velmi teplém počasí v době metání.

Šplha (2011) v závěrech svých pokusů uvádí, že odrůdy s vyšší odolností k poléhání (Prestige, Bojos) obvykle vystačí pouze s jednou aplikací regulatorů růstu, přičemž v závislosti na podmínkách může být dávka redukována.

Ověřováním více variant aplikací RR se prokázalo, že dělené dávky představují vysoce účinnou a zároveň bezpečnou alternativu k neděleným plným dávkám (Klem et al. 2009).

### **3.8.2 Termín použití regulatorů růstu**

Z komplexního hlediska je pro zkrácení stébla důležité ošetřit porost v termínu mezi koncem sloupkování a naduřením listové pochvy. V tomto období získají RR významný vliv na zkrácení významné délky celého stébla a částečně také jeho pevnosti.

Z příkladů, které uvádí Zimolka (2006) v roce 2004 u neošetřené odrůdy Jersey dosahovalo spodní internodium průměrné délky 5 cm, horní dosáhlo délky 26 cm. Také Klem et al. (2009) potvrzuje odlišnost ječmene od pšenice z pohledu délky spodního internodia. U ječmene je spodní internodium nejkratší a případná aplikace RR v tomto termínu podporuje především zpevnění stěn stébla. Zimolka také provedl výpočet korelace délky jednotlivých internodií s úrovní poléhání u celé řady variant s použitím RR. Nejvyššího korelačního koeficientu bylo dosaženo právě u horního internodia. Aplikace v prvotních fázích sloupkování má však také svá opodstatnění, obvykle nezkracují tak podstatně stéblo, ale dochází ke zpevňování bazální části společně s tvorbou druhotných kořenů (Zimolka 2006), (Klem et al. 2009).

Gibereliny se v rostlině vytvářejí teprve po dosažení vyšších teplot (průměrná denní teplota nad 10 °C), a proto je použití CCC nebo TXE vázáno na teploty nad 8 °C.



V prvních fázích má rozhodující význam účinná látka TXE, především vzhledem k delšímu působení a menším nárokům na teplotu. Naopak při aplikaci v pozdních fázích by měla v kombinaci převládat složka EP. V praxi jsou často využívány kombinace Moddus (TXE) + Cerone (EP) v případech, kdy dojde ke zpoždění a není možné v optimální fázi aplikovat Moddus. Dále se tato kombinace může aplikovat v případech přehoustlých porostů při chladném průběhu počasí pro aplikaci ve fázi 31–33 BBCH.

Zásadním poznatkem pro správné použití EP je, že k přeměně z EP na hormon etylen dochází až při teplotě od 12 °C. Proto je především pro časné použití přípravků s krátkou dobou působnosti, což je případ EP, charakteristická nižší účinnost na zkrácení více internodií. Nižší efektivnost časných aplikací může také být ovlivněna nižší teplotou a nižší intenzitou slunečního záření (Klem et al. 2009).

Použití vzhledem k fytohormonální aktivitě je směřováno tak, že morforegulátory by se měly používat v obdobích nejintenzivnějšího růstu, ne v termínu pomalého růstu. Délka působení účinných látek je různá, ale všeobecně poměrně krátká. TXE v rostlině ovlivňuje růst buněk přibližně 14 dnů, o něco kratší je u CCC a nejkratší působení asi 3 dny má EP. Působnost všech RR se váže vždy na zkracování internodia s největší intenzitou růstu (Zimolka 2006).

Z důvodu značné variability příčin a důsledků je důležité mít k dispozici nejen diagnostické a rozhodovací nástroje, ale také systém modelování porostu, který by umožnil řešení situací od nízkého rizika až po vysoké riziko poléhání (Rajala, Peltonen-Sainio 2002).

Dle doporučení Šilhy et al. (2011) jsou optimální fáze růstu pro použití RR v ječmeni následovné:

**První termín - BBCH 31-32.** V tomto termínu dochází zejména ke zpevnění bazálních částí rostliny, do určité míry i ke zkrácení středních internodií, a tím k částečnému zkrácení stébla a podpoře tvorby druhotných kořenů. Stejně působení uvádí i Zimolka (2006). Při vyšších dávkách dochází k výraznějšímu zkrácení až k redukci počtu odnoží. Vhodným přípravkem pro časné aplikace a především pak dělené

aplikace je Moddus s účinnou látkou 250 g TXE v 0,3 l. ha<sup>-1</sup> u které je udávána délka působení 14 dní. Dále Terpal C 1-1,5 l.ha<sup>-1</sup> s účinnou látkou EP 105 g + Retacel Extra R68 (CCC 305 g) v dávce 1–1,5 l. ha<sup>-1</sup>. Při časném použití CCC v období odnožování není tolik zkracována délka stébla, spíše jsou zesilovány stěny stébel a zvyšována jeho pružnost (Zimolka 2006, Klem 2011).

**Druhý termín – BBCH 32-33.** Pro přehoustlé a silné porosty jsou užitečné kombinace přípravků Cerone 480 SL s účinnou látkou EP 480 g. l<sup>-1</sup> a Moddus. Jejich poměr by měl vycházet z termínu aplikace a půdně-klimatických podmínek porostu. Křováček (2006) z výsledku svých pokusů doporučuje aplikaci přípravku Cerone 480 SL a Terpal C v BBCH 32-34, neboť rozdíl výšky rostlin činil v průměru 9-14 cm v porovnání s kontrolní variantou bez ošetření.

**Třetí termín - BBCH 39-45.** Je zásadní pro zkrácení stébla jarního ječmene. V tomto období se formuje délka posledních internodií a částečně také pevnost stébla. Pro ošetření na konci sloupkování je nutný velmi rychlý účinek, který je zajišťován především účinnou látkou EP. Významného efektu ve zlepšení účinnosti proti poléhání je dosahováno také u kombinací přípravků Terpal C a Cerone 480 SL s triazolovými fungicidy, kdy je občas nutné snížit dávku RR až o 25 %, aniž by došlo k poklesu účinnosti na zkrácení stébla (Klem 2011).

Při nízkém riziku poléhání je doporučeno aplikovat pouze nižší dávky RR v termínu konce sloupkování až naduření pochvy. Vhodným přípravkem pro tyto podmínky může být Cerone 0,4 – 0,5 l. ha<sup>-1</sup> nebo Moddus 0,3 – 0,35 l.ha<sup>-1</sup> (Klem 2011).

Při středním riziku poléhání porostu je doporučena aplikace plných dávek RR v termínu BBCH 39-45. Vhodné přípravky pro tuto aplikaci jsou Cerone 0,6-0,7 l.ha<sup>-1</sup> nebo Moddus 0,35-0,4 l.ha<sup>-1</sup>. Za adekvátní variantu je Klemem (2011) považována při středním riziku poléhání kombinace přípravků ve dvou dělených dávkách například v těchto třech doporučeních.

BBCH 31-32	BBCH 39-45
Terpal 1,25 l.ha <sup>-1</sup>	+ Cerone 0,5 l.ha <sup>-1</sup>
Terpal 1,25 l.ha <sup>-1</sup>	+ Moddus 0,3 l.ha <sup>-1</sup>
Moddus 0,3 l.ha <sup>-1</sup>	+ Cerone 0,5 l.ha <sup>-1</sup>

Při vysokém riziku poléhání se v praxi většinou provádí dvojí aplikace vyšších dávek RR. Křováček, Vašák et al. (2006) doporučuje pro získání stabilního výnosu při vysokém riziku poléhání použít standardně kombinaci Terpal C 1,5 l.ha<sup>-1</sup> v BBCH 32-34 a Terpal C 1 l.ha<sup>-1</sup> v BBCH 42-43 a tuto kombinaci upřednostnit i před kombinací Terpal C 1,5 l.ha<sup>-1</sup> + Cerone 480 SL 0,5 l.ha<sup>-1</sup> ve stejných fázích. Klem (2006) uvádí tato doporučení.

BBCH 31-32	BBCH 39-45
Terpal 1,5 l.ha <sup>-1</sup>	+ Cerone 0,6 l.ha <sup>-1</sup>
Terpal 1,5 l.ha <sup>-1</sup>	+ Moddus 0,35-0,4 l.ha <sup>-1</sup>
Moddus 0,3 l.ha <sup>-1</sup>	+ Cerone 0,6 l.ha <sup>-1</sup>

Další možností jsou jednorázové aplikace RR ve fázi BBCH 39-42 Cerone 0,75 l.ha<sup>-1</sup> nebo Cerone 0,35 l.ha<sup>-1</sup> + Moddus 0,2 l.ha<sup>-1</sup> (Klem 2011).

Podle vyhodnocených dat uvádí Klem et al. (2009) přípravek Moddus jako vhodný přípravek pro časně aplikace a především pro dělené aplikace v dávkách 0,3 l.ha<sup>-1</sup>. Taktéž se dá v brzkých termínech aplikovat přípravek Terpal C v dávce 1-1,5 l.ha<sup>-1</sup>. Pro případ zkracování vrchních internodií v pozdních termínech aplikace je podle Klema vhodný přípravek Cerone 480 SL, protože má účinná látka etephon velmi rychlý účinek.

Přeměna EP na účinný etylen může probíhat až při teplotách nad 12 °C, účinnost této látky při časných aplikacích je vázána na teplotní podmínky ještě více než v případě CCC a TXE. Déšť 4–5 hodin po aplikaci snižuje účinnost. EP působí v rostlině relativně krátkou dobu - po 3 dny. Venclová (2015) upozorňuje na možnost snižování dávek RR, které přináší negativní korelaci mezi teplotou při aplikaci RR a dávkou RR. Spotřeba CCC při požadovaném zkrácení o 10% je při aplikaci v 8 °C 1,8 l. ha<sup>-1</sup>. při 12°C 1,5 l. ha<sup>-1</sup>, při °C 15 1,1 l. ha<sup>-1</sup> a při °C 18 pouze 0,7 l. ha<sup>-1</sup>.

### 3.8.3 Stresové podmínky a aplikace regulátorů růstu

Použití RR za stresových podmínek také nemusí působit pozitivně na konečný výnos, obzvláště při použití nepřiměřených dávek (Zimolka 2006). Stresové podmínky pro ječmen jarní jsou vysoké teploty, delší přísušek s projevy sucha, intenzivní sluneční

svit v kombinaci s vysokou teplotou, škůdci nebo chorobou poškozené, špatně vyživované porosty a slabé porosty bez intenzivního růstu zvláště na chudých, lehkých půdách. V těchto podmínkách může aplikace způsobit ztrátu odnoží, častější nedovymetání klasů, snížení podílu předních zrn na síť 2,5 mm a snížení HTS. I nízké teploty, jaké jsou při nočních mrazících, můžou účinnost zesílit či způsobit špatnou účinnost.

#### **3.8.4 Interakce použití regulátorů růstu v ječmeni jarním v tankmixu**

K urychlení účinku regulátorů dochází při jejich společné aplikaci s fungicidy, které obsahují silnější smáčedla. Stejně tak rychleji působí i vytvoření roztoku regulátor růstu s hnojivem DAM 390 nebo s morfolinovými fungicidy (Zimolka 2006).

Dávka dusíkatého hnojiva by měla být do 10 kg.ha<sup>-1</sup> a regulátor by se měl do postřikové jíchy přidávat až jako poslední složka. Jako poslední by se do jíchy měl regulátor přidávat i při míchání s herbicidy s charakterem růstových látek. V těchto případech by se měla dávka snížit nebo raději úplně oddělit od těchto herbicidů. Zimolka (2006) doporučuje v těchto tankmixech snížit dávku o 10 – 30%.

Mnoho fungicidních přípravků obsahuje účinnou látku ze skupiny DMI (triazoly) s výraznými morforegulačními vlastnostmi (Spitzerová, Tvarůžek. 2011). Při použití regulátorů růstu společně s fungicidy s účinnou látkou ze skupiny triazolů, které jsou obsaženy v přípravcích Stereo nebo Archer Top, by se měla redukovat dávka RR o 10 – 30%. Konkrétně u ječmene jarního při použití fungicidu Stereo nebo Archer Top (azolová a morfolinová složka) v kombinaci s přípravkem Moddus (TXE) dochází k úspoře RR (Spitzerová et al. 2011). Vždy se redukce dávky RR odvíjí i od teploty a intenzity slunečního záření, zásobení vodou a živinami při aplikaci (Klem et al. 2009).

Použití RR v kombinaci se smáčedly a pomocnými látkami může docházet k protichůdným interakcím. Jejich důsledkem je snižování konečného výnosu. Ke snížení výnosu může dojít při aplikaci RR za specifických meteorologických podmínek, které v kombinaci s nevhodným tankmixem můžou vytvořit až stresové podmínky pro porost jarního ječmene. Efektivnost zásahu by se mohla podle Bezdíčkové (2013) přinejmenším snížit. Při jejím pokusu byl použit RR Cerone 480 SL samostatně a

v roztocích s různými smáčedly. Při aplikaci těchto roztoků bylo během třídní periody naměřeno vysokých teplot, po tomto teplém období (stresu) došlo k ochlazení na 13-17 °C po dobu 12 dnů. Účinek roztoku bez smáčedel podle doporučeného použití měl příznivý vliv na zvýšení výnosu, a ve výnosu převýšil kontrolu bez ošetření RR o více jak 9 %. To stejné se však nedá říct o kombinacích Cerone 480 SL se smáčedlem, neboť touto směsí ošetřené porosty převážně snížily výnos i pod úroveň neošetřené varianty a to až o 5 %. Avšak v ročnicích, kde nepůsobí příliš stresové faktory, nemusí docházet k takovým redukcím výnosu, ba naopak mohou tyto kombinace se smáčedly výnos pozitivně stimulovat (Bezdičková 2013).

Regulátory s účinnou látkou EP by se neměly obecně míchat s herbicidy a dále s hnojivý a přípravky obsahujícími dithiokarbamaty (fungicid), měď a síru. Při působení stresových faktorů a použití EP se vyšší dávce může docházet k částečnému nevymetání klasů (Klem et al. 2009). Konkrétně je nevhodné aplikovat RR v kombinaci s účinnou látkou clopyralid používanou v herbicidech (Fuksík 2015).

V roce 2011 byl proveden maloparcelkový pokus ve výzkumném ústavu v Kroměříži, při kterém autoři sledovali vliv interakce fungicidů a RR na růst a vývoj jarního ječmene odrůdy Bojos. Hodnocena byla účinnost a vliv těchto tankmixů na růst, zdravotní stav, poléhání a výnos. Byla potvrzena možnost kombinovat přípravek Cerone 480 SL s fungicidy Hutton, Zantara a Horizon 205 EW a to vše bez vzniku toxicity pro rostliny.

K velmi uspokojivému zkrácení stébel a následnému zabránění poléhání došlo při kombinaci přípravku Cerone 480 SL s fungicidem Zantara a následnou aplikací fungicidu Prosaro 250 EC. Tento test taktéž potvrdil pozitivní vliv použití jednoho či dvou fungicidních ošetření v intenzivních podmínkách pěstování jarního ječmene (Spitzerová et al. 2011)

V kombinaci RR s čistě srobilurinovými fungicidy působí fungicid a RR částečně protichůdně, proto je vhodné zvýšit dávku RR o 10% (Klem 2011).

## 4 MATERIÁLY A METODIKA

### 4.1 Charakteristika pokusné lokality

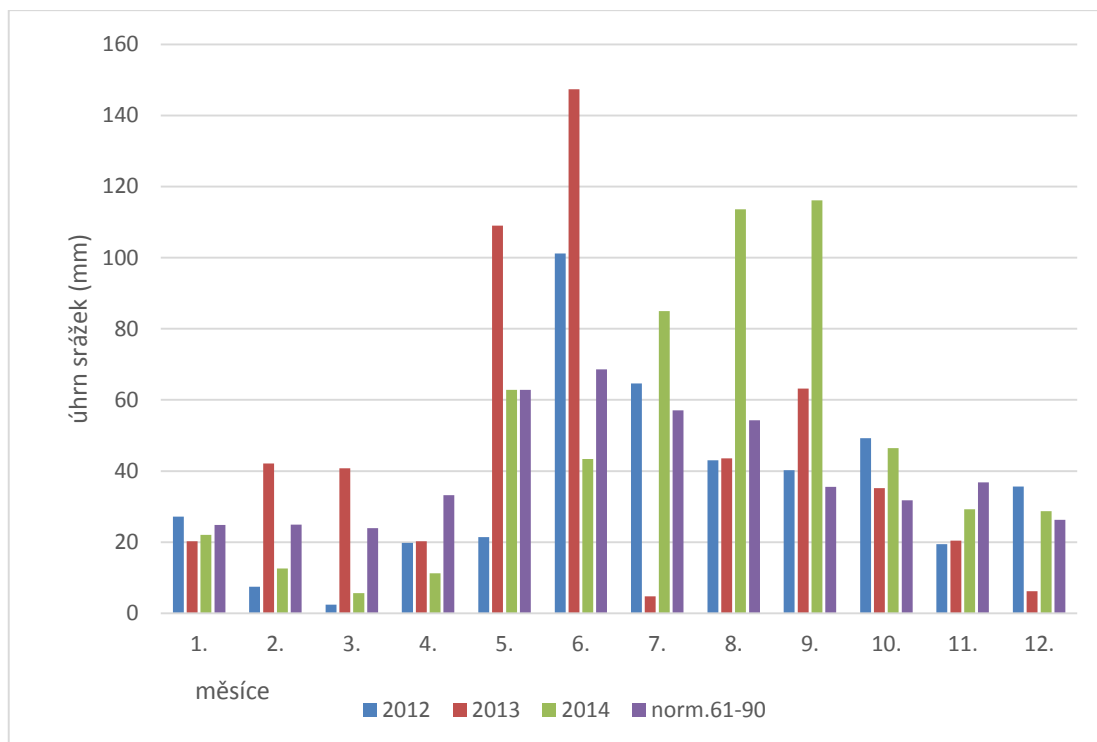
#### *Klimatická charakteristika*

Pokus s použitím RR v ječmeni jarním byl veden na katastrálním území Žabčice v jihomoravském kraji v okrese Brno - venkov. Tato lokalita je součástí geomorfologické oblasti Dyjsko-svratecký úval. Žabčice se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, podoblasti K2 v nadmořské výšce 182 m nad mořem. Patří mezi nejteplejší oblasti v ČR. Dle BPEJ se jedná o klimatický okrsek velmi teplý a suchý. Hodnota Langova dešťového faktoru se pohybuje okolo 57; tato charakteristika řadí pokusnou lokalitu k nejsušším regionům. Nejteplejším měsícem v roce je červenec s průměrnou denní teplotou vzduchu 19,3 °C a nejchladnější leden s průměrnou teplotou – 2,0 °C. Z hlediska srážkových poměrů patří lokalita k suchým oblastem, kdy 30 - letý průměr ročních úhrnů srážek činí 480 mm. Srážkově nejbohatší je měsíc červen s 68,6 mm a nejchudší je březen s 23,9 mm srážek. Trvání slunečního svitu kolísá v rozmezí 1800 – 2000 hodin za rok.

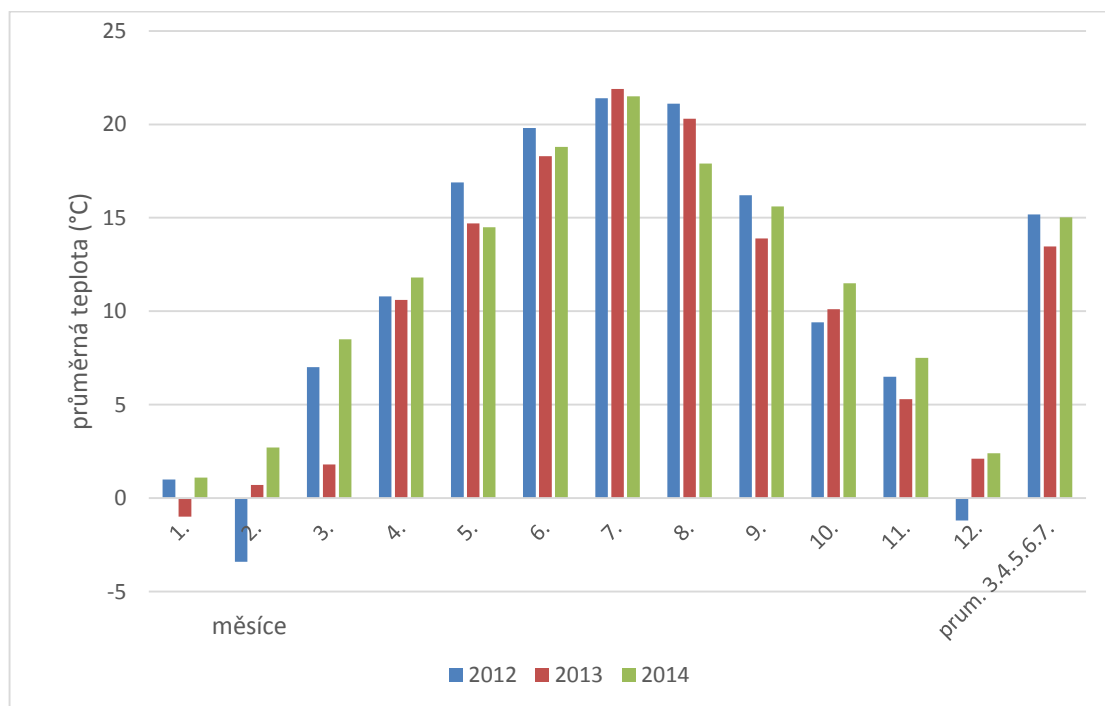
Severozápadní větry v tomto klimatickém regionu způsobují převahu výparu nad srážkami, díky čemuž nastává častý vodní deficit ovlivňující vývoj rostlin v jarních a letních měsících, kdy jsou pěstované plodiny nuceny využívat k vývoji a růstu jen půdní vláhu.

*Tabulka 2: Hodnoty dlouhodobých teplotních a srážkových normálů (1961-1990)*

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Průměrná teplota (°C)	-2,0	0,2	4,3	9,6	14,6	17,7	19,3	18,6	14,7	9,5	4,1	0,0	<b>9,2</b>
Úhrn srážek (mm)	24,8	24,9	23,9	33,2	62,8	68,6	57,1	54,3	35,5	31,8	36,8	26,3	<b>480</b>



**Obr. 5.** Průměrný úhrn srážek Žabčice 2012-2014 (Zdroj: MENDELU)



**Obr. 6.** Průměrné roční teploty Žabčice v letech 2012 - 2014, (Zdroj: MENDELU)

## *Půdní charakteristika*

Podle taxonomického klasifikačního systému půd České republiky (NĚMEČEK et al., 2001) je na pozemcích polní pokusné stanice půdním typem fluvizem glejová.

Tento typ půd je vytvořen na nivních (aluviálních) sedimentech řeky Svratky. Půdy jsou bez výrazných diagnostických horizontů, pod nevýrazným humusovým horizontem se nachází matečný substrát tvořený naplaveným materiálem. Orniční vrstva je hlinitá až jílovitohlinitá. Od hloubky 60 cm jsou patrné výraznější projevy glejového procesu, především způsobuje sníženou propustnost vody do větších hloubek. Podzemní voda kolísá v průběhu roku mezi 250 – 80 cm pod povrchem. Z hlediska zrnitostního složení se jedná o půdu těžkou až velmi těžkou, jílovitohlinitou. Půdní reakce je neutrální, pH 6,9, obsah humusu 2,28%, nasycenost sorpčního komplexu je dobrá stejně jako přístupnost živin pro rostliny.

## **4.2 Charakteristika polního pokusu**

Maloparcelkový pokus byl založen na polní pokusné stanici v Žabčicích, kde byly vyhodnocovány různé varianty ošetření regulátory růstu (RR) u jarního ječmene. Sledované porosty jarního ječmene byly pěstovány během všech tří sledovaných let na stejné lokalitě. Do pokusu bylo zařazeno 6 variant aplikace RR. Přehled jednotlivých variant je uveden v tabulce 3. Pokus byl založen metodou znáhodněných bloků ve čtyřech opakováních. Celková velikost pokusné parcely byla 15 m<sup>2</sup> (1,5 x 10 m)

*Tabulka 3: Varianty ošetření ječmene jarního regulátory růstu 2012-2014*

<b>Var.</b>	<b>BBCH 28 - 30</b>	<b>BBCH 31 - 32</b>	<b>BBCH 37 - 39</b>
1.	Kontrola		
2.	Retacel R68 1,0 l. ha <sup>-1</sup>	Moddus 0,4 l. ha <sup>-1</sup>	
3.			Moddus 0,2 l. ha <sup>-1</sup> + Cerone 0,3 l. ha <sup>-1</sup>
4.	Moddus 0,2 l. ha <sup>-1</sup> + Retacel R68 0,5 l. ha <sup>-1</sup>		Cerone 0,5 l. ha <sup>-1</sup>
5.		Moddus 0,3 l. ha <sup>-1</sup> + Retacel R 68 0,5 l. ha <sup>-1</sup>	Moddus 0,2 l. ha <sup>-1</sup> + Cerone 0,3 l. ha <sup>-1</sup>
6.	Retacel R68 1,0 l. ha <sup>-1</sup>	Moddus 0,4 l. ha <sup>-1</sup>	Cerone 0,7 l. ha <sup>-1</sup>



### **Přípravky s RR aplikované v pokusu:**

Retacel extra R68 (chlormequat chloride 720 g. l<sup>-1</sup>), Moddus (trinexapac-ethyl 250 g. l<sup>-1</sup>), Cerone (ethephon 480 g. l<sup>-1</sup>). Charakteristiky použitých přípravků jsou uvedeny v přílohách této práce.

### **Popis agrotechnických zásahů**

Na pokusných blocích byla vždy předplodinou ozimá pšenice. Použitou odrudou jarního ječmene byl Bojos. Porosty byly zakládány v jarním období, ihned když pro setí nastaly vhodné podmínky. Konkrétní data výsevu byly následovné: v roce 2012 6. 3., v roce 2013 16. 4. a v roce 2014 12. 3. Porosty byly založeny vždy výsevkem 5 MKS na 1 hektar bezezbytkovým secím strojem ÖYORD do hloubky 2 – 4 cm. RR byly aplikovány ve třech termínech: T1 – BBCH 28-30, T2 – BBCH 31-32, T3 – BBCH 37-39. Před sklizní bylo vždy z každé varianty odebráno osm reprezentativních rostlin, minimálně se dvěma stébly a s celými kořeny, pro následné laboratorní rozbor. Poté byly jednotlivé varianty sklizeny a výnosově vyhodnoceny. Základní údaje o agrotechnických opatřeních jsou shrnuty v tabulce 4.

Hnojení N bylo děleno do dvou termínů. 1. fáze před setím jarního ječmene hnojivem LAV v dávce dusíku 50 kg. ha<sup>-1</sup> a 2. fáze při vzcházení opět hnojivem LAV v dávce dusíku 50 kg. ha<sup>-1</sup>. Porost byl ošetřen herbicidním přípravkem Sekator OD + Mero proti dvouděložným plevelům a přípravkem Axial proti ovsu hluchému (*Avena fatua*) a chundelce metlici (*Apera spica-venti*). Proti škůdcům (kohoutkům) byl použit přípravek Proteus. Proti houbovým chorobám byl použit přípravek Archer turbo a Bontima.

*Tabulka 4: Agrotechnické opatření 2012-2014*

Termín	operace	materiál	Dávka
po sklizni předplodiny	podmítka		
říjen/listopad	orba		
dle stavu půdy (jaro)	smyk + vláčení		
před setím	hnojení N	LAD 27	N 50 kg. ha <sup>-1</sup>
dle stavu půdy (jaro)	setí	BOJOS	5 MKS

BBCH 07	hnojení N	LAD 27	N 50 kg. ha <sup>-1</sup>
BBCH 21 – 29	herbicid	SEKATOR OD + MERO	0,15 l. ha <sup>-1</sup>
		AXIAL	0,5 l. ha <sup>-1</sup>
	fungicid	ARCHER TURBO	0,8 l. ha <sup>-1</sup>
	insekticid	PROTEUS	0,6 l. ha <sup>-1</sup>
BBCH 28 – 30	regulátor	dle metodiky	
BBCH 31 – 32	regulátor	dle metodiky	
BBCH 37 – 39	regulátor	dle metodiky	
BBCH 40 - 49	fungicid	BONTIMA	2 l. ha <sup>-1</sup>
BBCH 51 – 75	insekticid	PROTEUS	0,6 l. ha <sup>-1</sup>
Zralost	sklizeň		

### 4.3 Metodika stanovení sledovaných znaků

Před sklizní byly odebrány rostliny z každého opakování. Odebrané rostliny byly následně v laboratoři rozborovány. V roce 2014 byly z výnosového vzorku udělány kvalitativní parametry sladovnického ječmene u jednotlivých variant a to obsah dusíkatých látek v zrna a propad zrna nad sítím 2,5 mm.

#### 4.3.1 Metodika stanovení výnosu

Hektarový výnos byl přepočten ze sklizně pokusné plochy a přepočítán na 14 % vlhkost.

#### 4.3.2 Laboratorní rozbor

Již před sklizní bylo pro laboratorní rozbor z každé varianty vybráno 8 rostlin. Každá rostlina měla minimálně dvě produktivní odnože, tzn., že bylo rozborováno vždy minimálně 16 produktivních stébel. Před laboratorním rozbohem byly spočítány všechny plodné stébla jednotlivých rostlin pro zjištění průměrné hodnoty plodných stébel u jednotlivých variant pokusu. Při laboratorních rozborech byly zjišťovány následné parametry: délka klasu, počet zrn v klasu, výška stébla, délka internodií, průměr internodií a nosnost internodií přičemž tyto hodnoty byly zjišťovány na prvních třech internodiích.

Pro měření celkové výšky stonku jsme používaly přímou metodu měření s přesností na 1 mm způsobem takovým, že nulovou hodnotu měřidla (pásma) přiložíme k odnožovacímu uzlu podél celé výšky stébla až pod bázi klasu, a odečteme na měřidle naměřenou hodnotu v tomto místě.

Délku internodií měříme přímou metodou s přesností na 1 mm. Délku jednotlivých internodií porovnáváme s měřidlem (posuvné měřítko). Měřily se jednotlivě první tři spodní (bazální) internodia stébla ječmene jarního a to způsobem takovým, že u každého internodia zvlášť měříme vzdálenost od spodního nodu k hornímu nodu.

Průměr internodií měříme přímou metodou měření s přesností na 0,01 mm. Měříme tloušťku internodia posuvným měřítkem v polovině internodia.

Délku klasu měříme přímou metodou měření s přesností na 1 mm. Měříme délku klasu měřidlem (pravítko) od báze větene po vrchol klasu - horní obilka, včetně.

Po změření délky klasů vydrolíme na podložku zvlášť každý klas a přímou metodou napočítáme počet obilek v jednotlivých klasech.

Nosnost neboli pevnost internodií se v laboratorních rozbořech zjišťovala metodou zatěžování internodií. Internodium bylo vloženo mezi dva dřevěné sloupky a postupným zatěžováním internodia množstvím vody došlo k jeho prasknutí. Poté bylo odečteno množství použité vody (g) potřebné k zlomení internodia, které simuluje jeho pevnost potřebnou k zlomení (poléhání).

#### **4.3.3 Kvalitativní ukazatelé sladovnického ječmene**

Požadavky na jakost sladovnických ječmenů se odvíjejí od ČSN 461 100-5.

##### ***Podíl předního zrna***

Rozbor pro tento parametr byl prováděn mechanicky na tzv.: Steineckerovém prosévadle. Prosévadlo je tvořeno sítím s podlouhlými zakulacenými otvory širokými 2,5 mm x 20,0 mm, víkem a dnem na mechanickém prosévadle, které síto unáší v přímočarém pohybu s amplitudou  $25 \pm 5$  mm a frekvencí  $310 \pm 10$  kmitů.  $\text{min}^{-1}$ . Doba prosevu je 5 min. Z přepadu síta se vydělí jednotlivé složky zrn podle normy uvedené

výše. Dále se váží propad sítem 2,5 x 20,0 mm vše se váží a vyjádří v % hmotnosti. Zrna přepadlá na tyto síta se mohou považovat za plná (podíl předního zrna). Z nich pak byly použity vzorky k technologickým rozborům – stanovení obsahu N látek.

### ***Obsah dusíkatých látek***

Vzorek, z něhož se stanovují dusíkaté látky, byl brán z podílu zrn z přepadu na síť 2,5 mm, z kterého byly odstraněny nečistoty (zrna jiných obilnin, cizích semen, cizích organických a anorganických látek). Dusíkaté látky byly stanoveny **metodou podle Dumase**, přístroj FP-528 (LECO)

Definice: Hrubé bílkoviny je konvenční vyjádření celkového obsahu dusíkatých látek analyzovaného produktu, vypočítané násobením odpovídajícího obsahu dusíku konverzním faktorem.

Princip: Vzorek je spalován v prostředí vysokého obsahu kyslíku při cca 1000 °C za vzniku oxidů dusíku, které jsou katalyticky redukovány na dusík. Ostatní produkty spalování jsou odstraněny selektivní absorbcí. Plynný dusík je měřen tepelně vodivostním detektorem. Celkový dusík je vypočítán z odezvy detektoru, který je kalibrován na známý dusíkový standard. Automatické spalovací analyzátoři jsou závislé na nosném plynu jako třeba helium nebo oxid uhličitý.

## **4.4 Metody zpracování jednotlivých dat**

Získané experimentální výsledky z let 2012 až 2014 byly vyhodnoceny analýzou variance v programu Statistica, testování rozdílů mezi úrovněmi faktorů ročník a varianta bylo provedeno metodou konfidenčních intervalů při hladině významnosti  $\alpha \leq 0,05$ .

## 5 VÝSLEDKY

Varianty 1 – 6 jsou po celou dobu vedení pokusu stabilní tudíž jsme získaly tříleté výsledky. Díky tomuto opakování variant je pevněji zachycen vliv regulátorů růstu na výnos a morfologii stébla a klasu jarního ječmene.

### Průměrný výnos jednotlivých variant aplikace RR v letech 2012-2014

Výsledky sledování průměrného výnosu u jednotlivých variant aplikace RR ukazuje graf X. Během sledovaného období byl průměrný výnos variant v jednotlivých letech velmi vyrovnaný a rozdíly byly nepatrné. Stabilně vyššího průměrného výnosu dosahovaly během celého sledování varianty 5 a 6. Nejnižší průměrné výnosy byly nejčastěji dosahovány u varianty 1. Celkově nejvyššího průměrného výnosu dosáhla varianta 2 v roce 2014 (9,68 t.ha<sup>-1</sup>). Nejnižšího průměrného výnosů během měření dosáhla varianta 1 v roce 2012 (4,29 t. ha<sup>-1</sup>). Ročník 2014 měl oproti roku 2012 a 2013 poměrně vyšší výnos, mnohdy dosahoval dvojnásobných hodnot výnosu zrna oproti roku 2012.

Při statistickém vyhodnocení rozdílů výnosů variant aplikace RR nebyl zaznamenán průkazný rozdíl mezi hodnotou výnosu a variantami aplikace RR. Byl však zaznamenán statisticky vysoce průkazný rozdíl mezi výnosem jarního ječmene a ročníkem. Jak je patrné z obr. 7. ročník měl na výnos zásadní vliv. Ojedinelá výjimka nastala u 5 varianty v roce 2013, kdy tato varianta dosáhla výrazně vyššího výnosu oproti kontrole a zvýšeného výnosu i oproti ostatním variantám v ročníku. Varianta 6 v tomto ročníku také nabyla zvýšených hodnot.

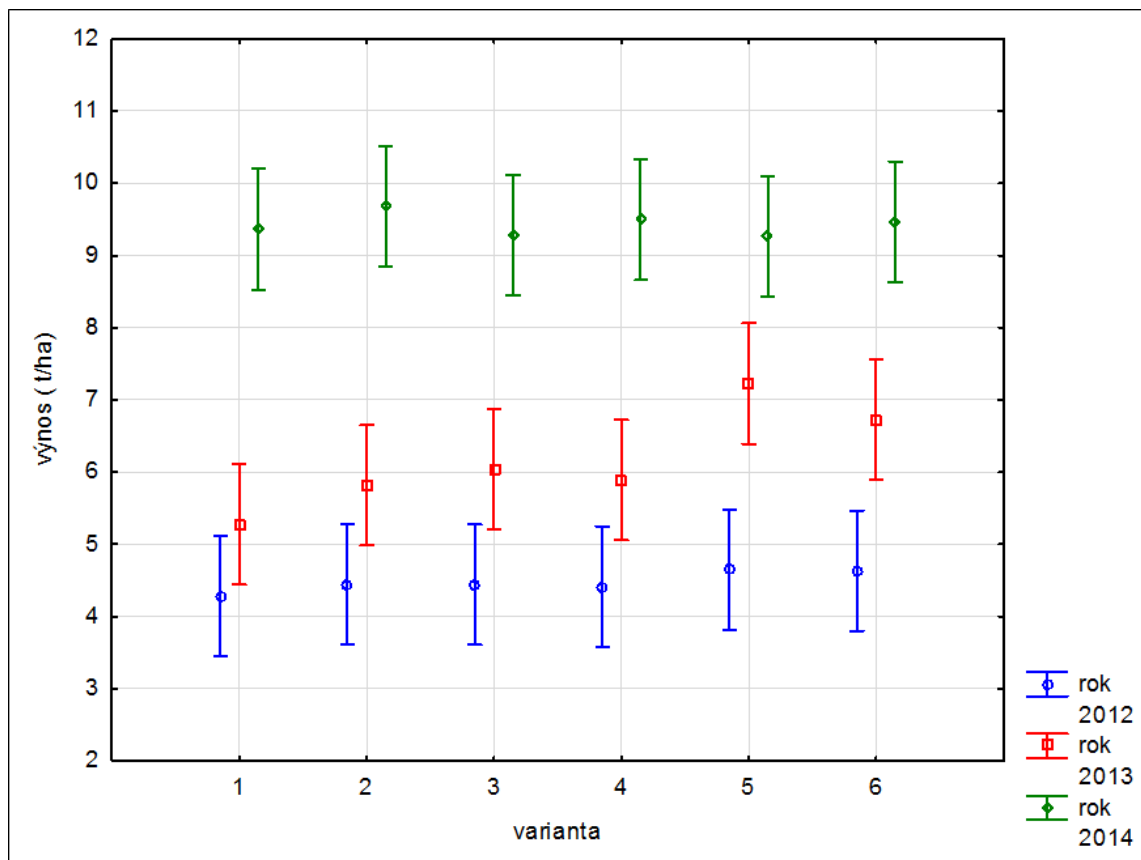
Tab. xy: Analýza variance pro výnos

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	151,656	218,97 **
varianta	5	0,856	1,235
rok*varianta	10	0,636	0,919

Chyba	54	0,693	
-------	----	-------	--

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obr. 7** Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (konfidenční intervaly)

### Délka stébla

Rozdíly délky stébla zobrazené na obrázku 8 jsou mezi variantami aplikace RR v jednotlivých letech statisticky vysoce průkazné. V ročníku 2012 se průměrná délka stébla pohybovala v rozpětí od 37 do 44 cm. V následném ročníku bylo rozpětí průměrných délek od 54 do 59 cm a v roce 2014 od 62 do 78 cm.

V roce 2012 bylo nejsilnějšího zkrácení stébla dosaženo u varianty 6. Dále graf ukazuje, že v roce 2013 došlo k výraznému prodloužení délky stébla u varianty aplikace RR 2, 3, 4 a 5. Rozdíl délky stébla u varianty 6 nebyl v tomto roce oproti kontrole

patrný. Výrazně nejsilnějšího zkrácení celé délky stébla bylo dosaženo v roce 2014 u varianty 6, ta dosáhla celkově nejsilnějšího zkrácení i mezi ročníky (zkrácení cca o 15 cm). Ve stejném roce varianty 4, 5 a 6 dosahují signifikantně silnějšího zkrácení délky stébla oproti kontrole.

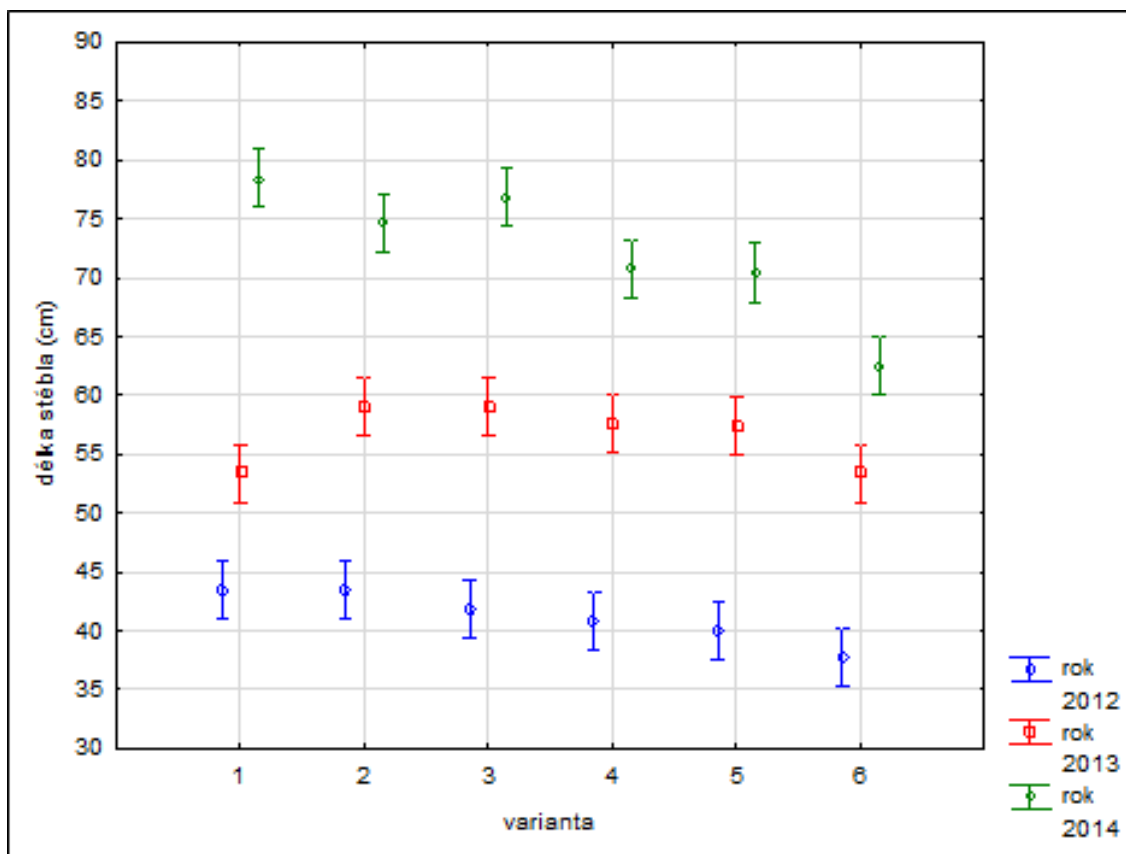
Statisticky vysoce průkazný vliv na délku stébla má dle grafu (délka stébla) ročník i spolupůsobení varianty a ročníku.

*Tab. xy: Analýza variance pro délku stébla*

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	23134,300	36784,360**
varianta	5	436,600	17,340**
rok*varianta	10	137,800	5,470**
Chyba	270	25,200	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obř. 8.** Graf. xy: Grafické vyjádřeni průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Dělká klasu

Při statistickém vyhodnocení rozdílů dělký klasu jednotlivých variant aplikace RR nebyl zaznamenán průkazný rozdíl mezi dělkou klasu a variantami aplikace RR. Statisticky vysoce prokazatelný je však vliv ročníku na dělkou klasu.

Průměrná dělká klasů roce 2012 se pohybovala v rozmezí od 7 do 8,7 cm a neošetřená 1. varianta vytvořila klasy o nejkratší průměrné délce v celém tomto ročníku. Jak je viditelné v obrázku (dělká klasu) varianta 3 v roce 2012 vytvořila oproti kontrole výrazně delší klas i v porovnání s ostatními variantami. V ročníku 2013 se dělký klasů pohybovaly v rozmezí od 6,7 do 7,5 cm a docházelo k nejnižší variabilitě dělký klasu mezi jednotlivými variantami. V tomto roce byly získány celkově nejkratší klasy, konkrétně nejvíce zkrátila klas varianta 3 v roce 2013. V roce 2014 dosahovaly dělký klasu nejvyšších hodnot v rozmezí od 8,2 – 9,3 cm. Kde průměrná hodnota 9,3 u



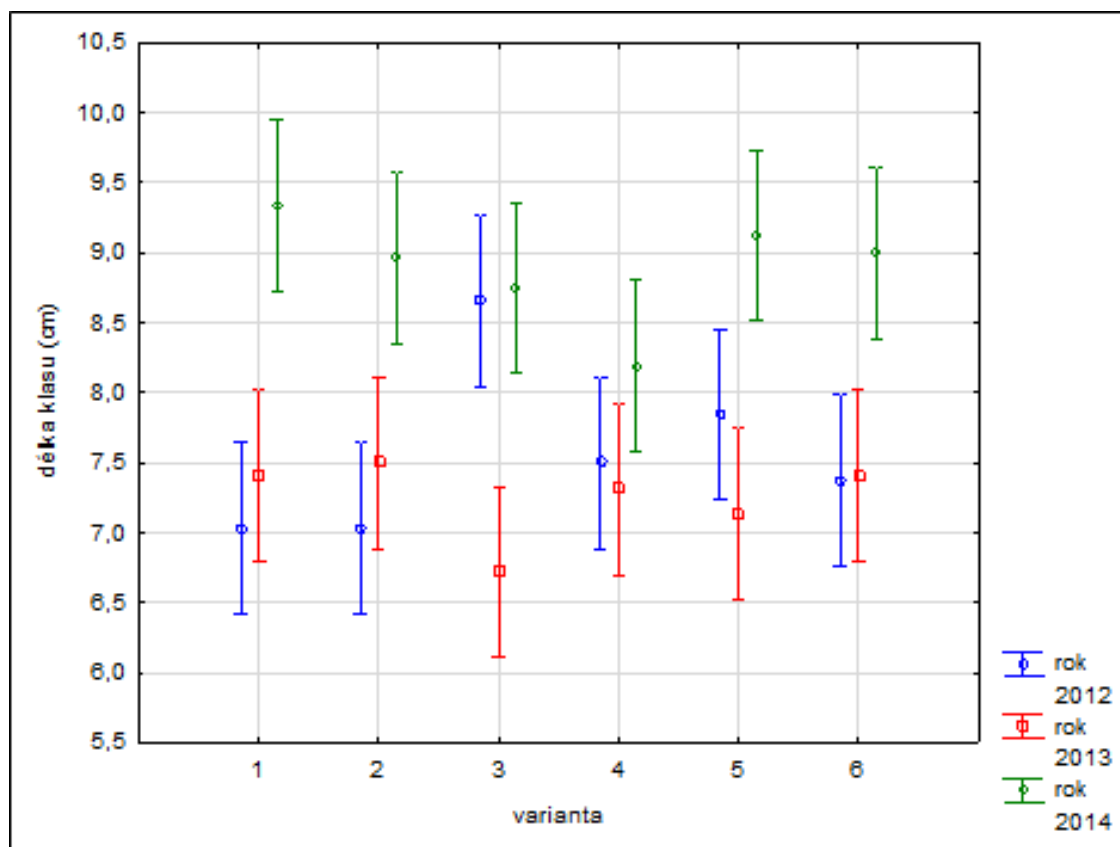
nešetřené kontroly byla zároveň celkově nejdelší v rámci celého pokusu. V roce 2014 došlo k statisticky neprůkaznému zkrácení klasů u všech variant oproti kontrole. Statisticky vysoce průkazná je u délky klasu interakce mezi jednotlivými variantami a ročníkem.

Tab. xy: Analýza variance pro délku klasu

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	73,270	47,250**
varianta	5	0,940	0,610
rok*varianta	10	4,460	2,880**
Chyba	270	1,550	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obr. 9.** Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

## Počet zrn v klase

Po statistickém vyhodnocení dat z tohoto obrázku vyplívá, že varianty aplikace RR nemají statisticky průkazný vliv na počet zrn klasu. To stejné se nedá říct o vlivu ročníku a interakci ročníku s variantou aplikace RR, tyto dva faktory jsou vysoce statisticky průkazné a ovlivňují počet zrn v klase. Ročník 2012 měl v porovnání s ostatními ročníky větší variabilitu počtu semen v klase cca. od 21 do 24 zrn. V porovnání s kontrolou se počet zrn výrazně zvýšil u 3 varianty. Všechny varianty aplikace RR v tomto ročníku zvýšily počet zrn v klase oproti kontrole, jen 2 varianta dosáhla stejných hodnot jako kontrola.

Počty zrn v klasech v roce 2013 byly poměrně vyrovnané a celoroční průměr odpovídá hodnotě neošetřené kontroly, tedy 23 zrnům v klase.

V roce 2014 bylo nejvyššího počtu zrn v klase dosaženo u neošetřené kontroly, jak ukazuje graf 10 u všech ostatních variant byl počet zrn v klase nevýznamně snížen.

Nevyššího počtu zrn v klase dosáhla první varianta v roce 2014 a nejnižšího počtu zrn v klase taktéž první varianta ale v roce 2012.

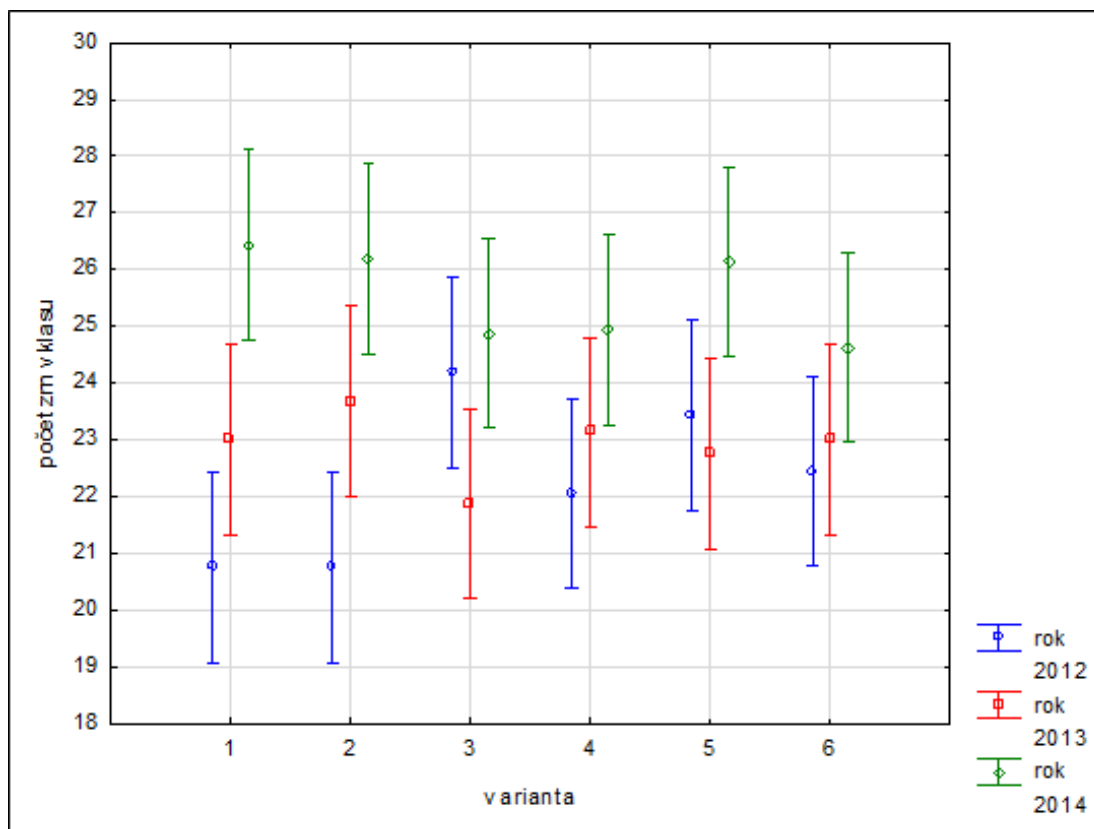
Při porovnání obrázku 9 a 10 lze vyčíst určitou morfologickou vazbu mezi délkou klasu a počtem zrn v klase. Délka klasu vždy ovlivnila počet zrn v klase.

Tab. xy: Analýza variance pro počet zrn v klase

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	286,800	24,900**
varianta	5	3,900	0,340
rok*varianta	10	21,600	1,870*
Chyba	270	11,500	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obr. 10.** Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Délka internodií I.

Rozdíl u délky prvního internodia je jasně signifikantně patrný. Statisticky vysoce průkazný je jak vliv varianty a ročníku, tak i kombinace těchto dvou faktorů na rozdíly v délce prvního internodia.

V roce 2012 došlo ke zkrácení I. internodia u všech variant, nejsilněji byl krácena 6 varianta, kdy délka kontroly byla cca. 6,1 cm a 6 varianta byla zkrácena na 5,2 cm. V tomto ročníku se celkově dosáhlo nejmenších délek I. internodií.

Jisté rozdíly v působení různých aplikací RR jsou patrné v roce 2013, kdy ke zkrácení I. internodia oproti kontrole došlo jen u 2 varianty, 6. varianta dosáhla téměř totožných hodnot jako kontrola a na 3. 4. a 5. variantě naopak došlo k prodloužení internodia. Nejúspěšnější variantou na krácení prvního internodia v roce 2013 byla 2. varianta.

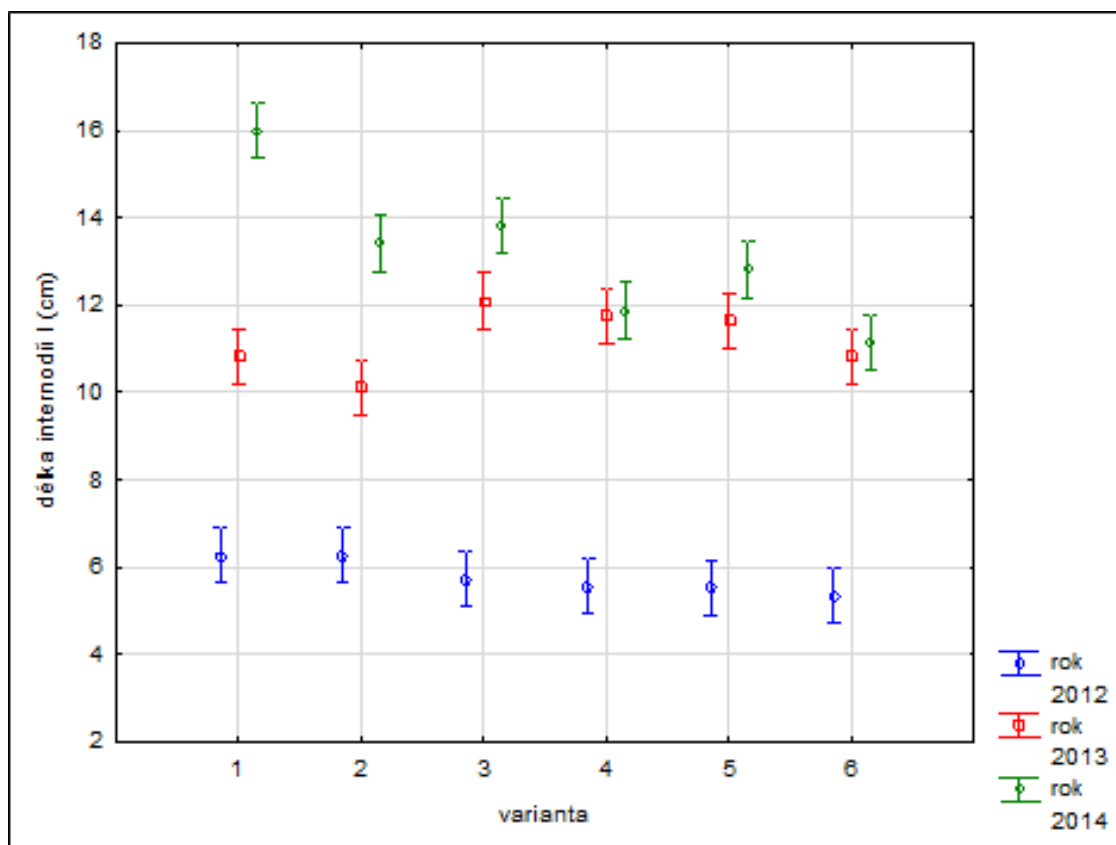
Nejsilnější efekt využití RR ke krácení I. internodia se projevil v roce 2014, kdy kontrolní varianta měla délku I. internodia cca. 16 cm a 6. varianta měla délku 11 cm. V tomto roce byl efekt zkracování I. internodia velmi silný u všech variant.

Tab. xy: Analýza variance pro délku internodií I

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	1405,650	841,630**
varianta	5	21,430	12,830**
rok*varianta	10	18,100	10,840**
Chyba	270	1,670	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obr. 11.** Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Délka II. internodia

Velmi podobna situace jako u délky I. internodia vznikla i u sledování délky II. internodia. Statisticky vysoce průkazný vliv na rozdíly délky II. internodia má rok, varianta i kombinace těchto faktorů.

V roce 2012 dosahovali první 4 varianty téměř stejných délek a nejsilněji zkracovali délku internodia varianty 5 a 6. V tomto roce byly II. internodia taktéž nejkratší v porovnání s ostatními dvěma.

Rok 2013 se opět vyznačil prodloužením internodia v 2., 3. a 4. variantě oproti kontrole. 5. varianta délku lehce zkrátila a 6. dosáhla stejné hodnoty jako 1.

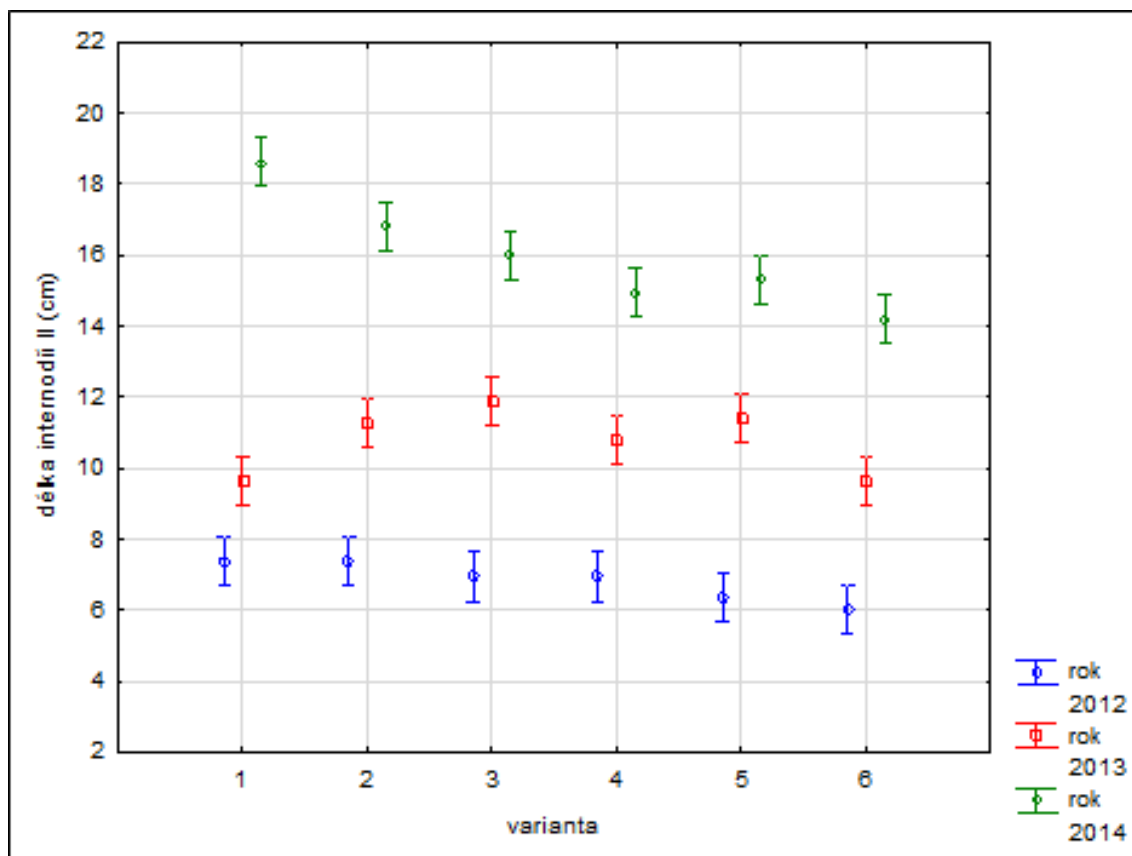
V roce 2014 došlo i u II. internodia k nejefektivnějšímu krácení délky jak ukazuje graf (Délka). Nejvíce opět krátila délku 5. a 6. varianta aplikace RR stejně jako v roce 2012.

*Tab. xy: Analýza variance pro délku internodií II*

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	2021,730	1026,190**
varianta	5	26,010	13,200**
rok*varianta	10	16,450	8,350**
Chyba	270	1,970	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obř. 12.** Graf. xy: Grafické vyjádřeni průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Délka III. internodia

Délka třetího internodia byla statisticky vysoce průkazně ovlivněna variantou aplikace RR stejně tak i ročníkem. Během vegetace v roce 2012 byla významěji ovlivněna délka internodia u 5 a 6 varianty aplikace RR. První čtyři varianty se jeví jako téměř vyrovnané s neošetřenou kontrolou.

V roce 2013 bylo zkrácení III. internodia oproti kontrole pozorováno jen u 5. varianty aplikace RR. U 2. varianty aplikace RR je výrazně zřetelná větší délka internodia oproti kontrole.

Stejně tak v roce 2014 došlo u III. internodia k nejefektivnějšímu zkrácení měřené délky u všech variant aplikace RR oproti kontrole. Rozdíl mezi průměrnou délkou III.

internodia kontroly a průměrem nejvyšší naměřené délky III. internodia u 6. varianty byl téměř 2,5 cm.

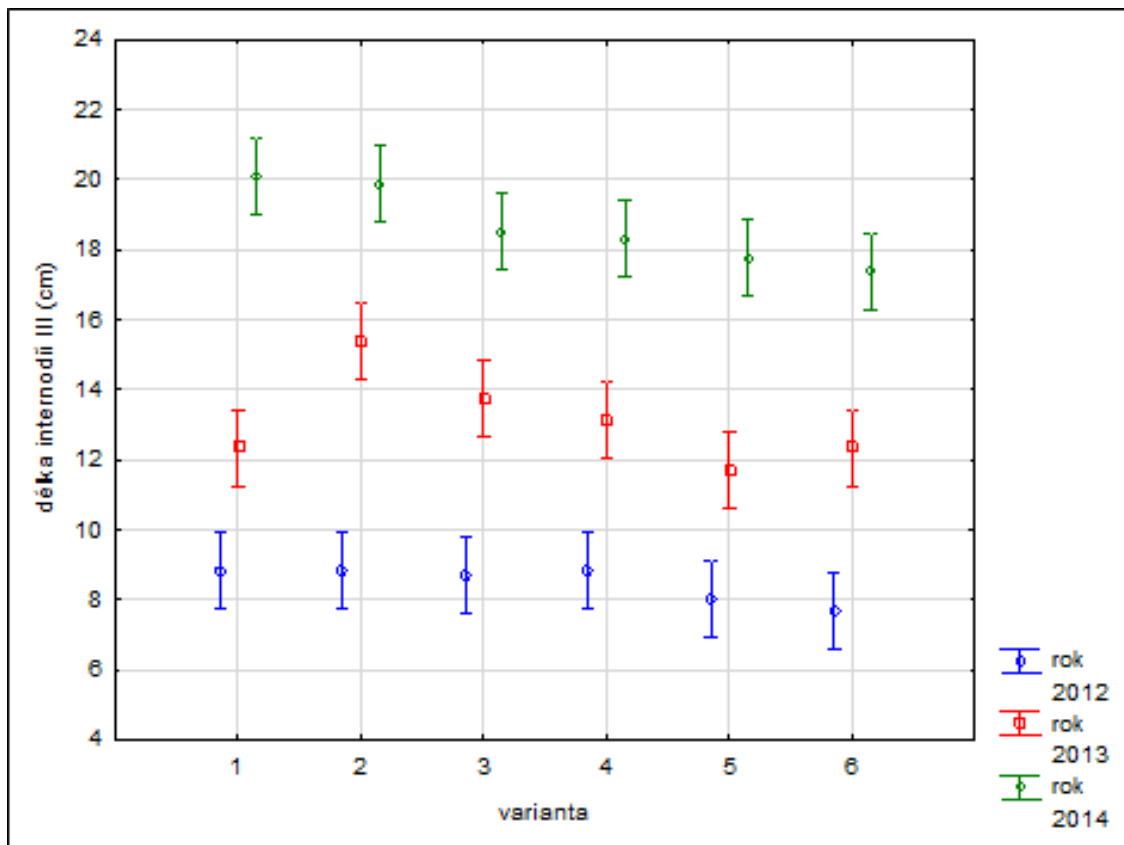
Výrazně nejdelších délek dosahovaly III. internodia v roce 2014 s průměrnou délkou přes 18 cm. V roce 2013 byla průměrná délka III. internodia okolo 13 cm. Rok 2012 byl charakterizován průměrnou délkou všech měřených III. internodií pod 9 cm.

*Tab. xy: Analýza variance pro délku internodií III*

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	2498,900	507,740**
varianta	5	34,000	6,910**
rok*varianta	10	8,830	1,790
Chyba	270	4,920	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obř. 13.** Graf. xy: Grafické vyjádřeni průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Průměr I. internodia

Statisticky vysoce průkazný vliv na rozdíly hodnot průměrů I. internodií měl faktor ročníku. Jak můžeme vidět na obrázku 14 každý ročník je od sebe hodnotou průměru měřeného internodia zřetelně oddělen. Největší průměrů bylo dosaženo v roce 2014 (3,8 mm), rok 2013 byl meziročníkově průměrný a rok 2012 dosahoval průměru měřeného internodia okolo hladiny 2,6 mm.

Vliv varianty aplikace RR na rozdíly v hodnotách průměru I. internodia byl statisticky průkazný.

V ročník 2012 byl hodnotově poměrně vyrovnaný. Největšího průměrného průměru bylo dosaženo na 3. variantě aplikace RR. Kontrastně k variantě 2 působila varianta 6., u které bylo oprati kontrole naměřeno menšího průměrů I. internodia.



Podobnou vyrovnanost mezi variantami aplikace RR můžeme z obrázku 14 sledovat i u ročníku 2013, kde došlo oproti kontrole k mírnému navýšení průměru I. internodia. Nejvyšší hodnota v roce 2013 byla naměřena u 5. varianty (cca. 3,5 mm).

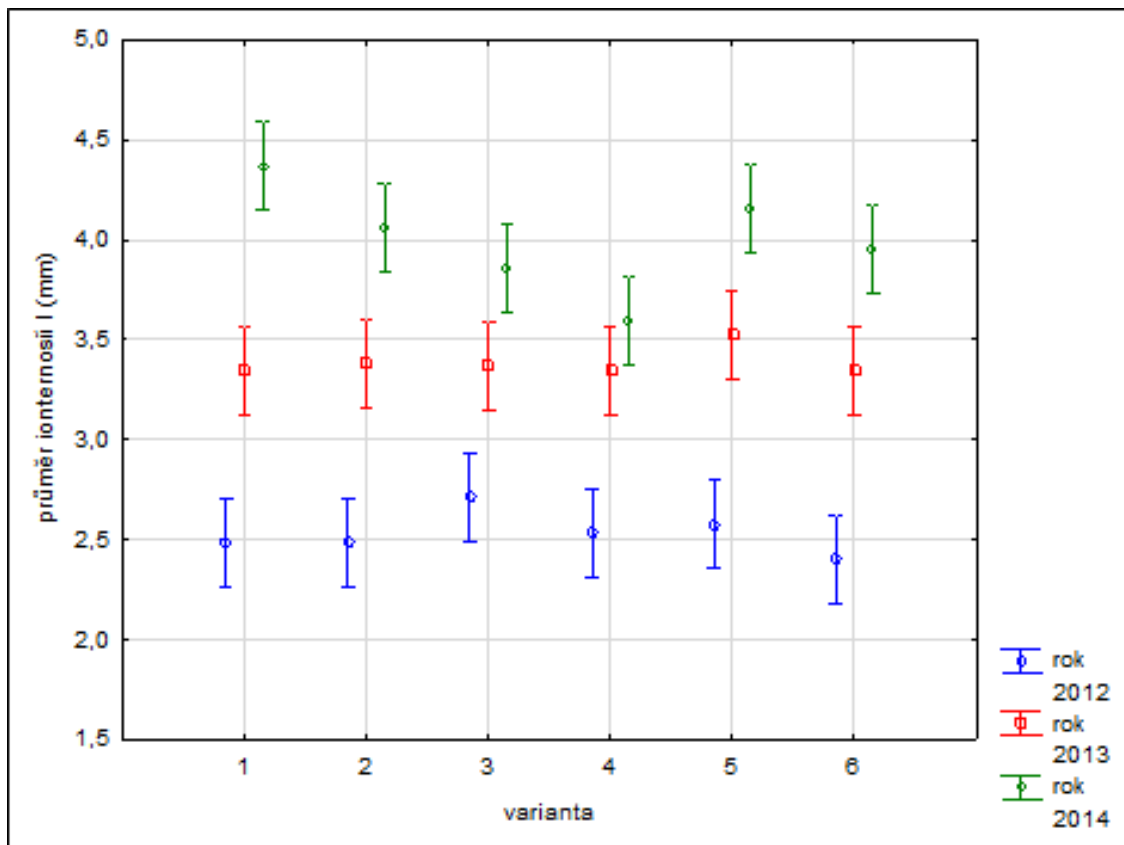
Během vegetace v roce 2014 byl průměr I. internodia výrazněji odlišný od kontroly u 3., 4. a 6. varianty aplikace RR. V těchto případech byly naměřeny menší průměry I. internodia než u kontroly. U všech variant tohoto ročníku byly průměry měřeného internodia menší než u varianty 1 obrázek 14. Na rozdíly průměrů III. internodií měl statisticky průkazně vliv i interakce ročníku s variantou aplikace RR.

*Tab. xy: Analýza variance pro průměr internodií I*

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	51,978	259,190**
varianta	5	0,474	2,370*
rok*varianta	10	0,462	2,300*
Chyba	270	0,201	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Ob. 14.** Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Průměr II. internodia

Statisticky vysoce průkazný vliv na rozdíly průměrů II. internodií měl jen ročník. Jak můžeme vyčíst z grafu 15 nejmenší průměrů II. internodia bylo naměřeno v roce 2012 (cca. 2,5 mm) a největších v ročníku 2014 (cca 3,8 mm). Naměřené hodnoty v roce 2012 dosahovaly meziročníkových průměrů, podobně jako i u jiných hodnocených parametrů rostlin jarního ječmene.

V roce 2012 dosáhly naměřené hodnoty vyrovnané nebo mírně vyšší hladiny v porovnání s kontrolou. Průměr II. internodia byl nejpatrněji navýšen mezi všemi ročníky u varianty 3 v roce 2012.

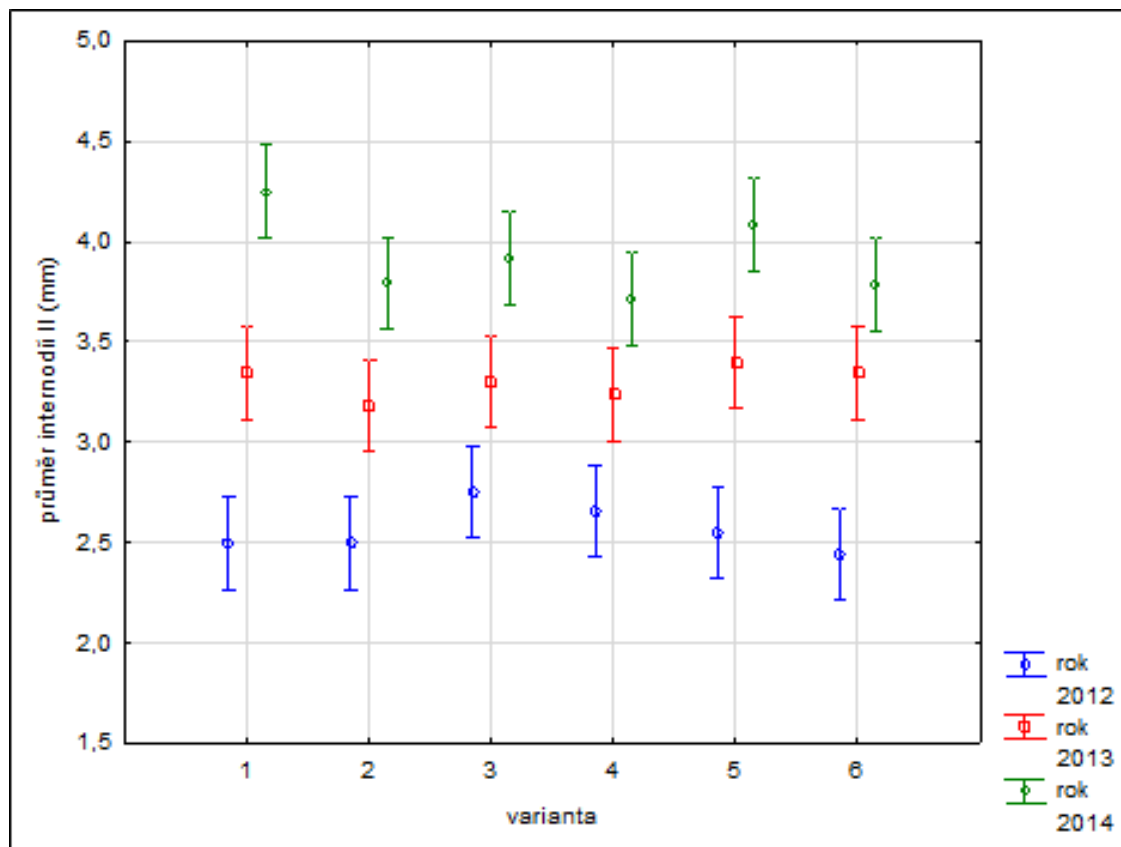
V roce 2013 nebyly sledovány žádné výkyvy průměrů II. internodií a v roce 2014 dosáhly měřené hodnoty u všech variant nižších průměru oproti neošetřené kontrole.

Tab. xy: Analýza variance pro průměr internodií II

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	44,424	204,220**
varianta	5	0,391	1,800
rok*varianta	10	0,307	1,410
Chyba	270	0,218	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obr. 15.** Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Průměr III. internodia

Statisticky vysoce průkazný vliv na rozdíly v průměru III. internodia má pouze ročník. Nejmenších průměru bylo dosaženo v roce 2012 (cca. 2,5 mm) a obdobně jako u II. internodií i u III. internodií byl největší rozdíl průměru v porovnání s kontrolou mezi

všemi ročníky naměřen v roce 2012 u 3. varianty. V tomto ročníku všechny varianty dosáhly navýšení průměru III. internodia oproti kontrole.

Ročníky 2013 a 2014, se vzájemně oproti průměrům I. a II. internodií ve stejných letech nepatrně více přiblížily téměř ve všech variantách aplikace RR. Průměr variant průměru III. internodia v roce 2014 je přibližně 3,4 mm. Průměr průměrů měřené hodnoty u variant v roce 2013 leží mezi průměry let 2012 a 2014.

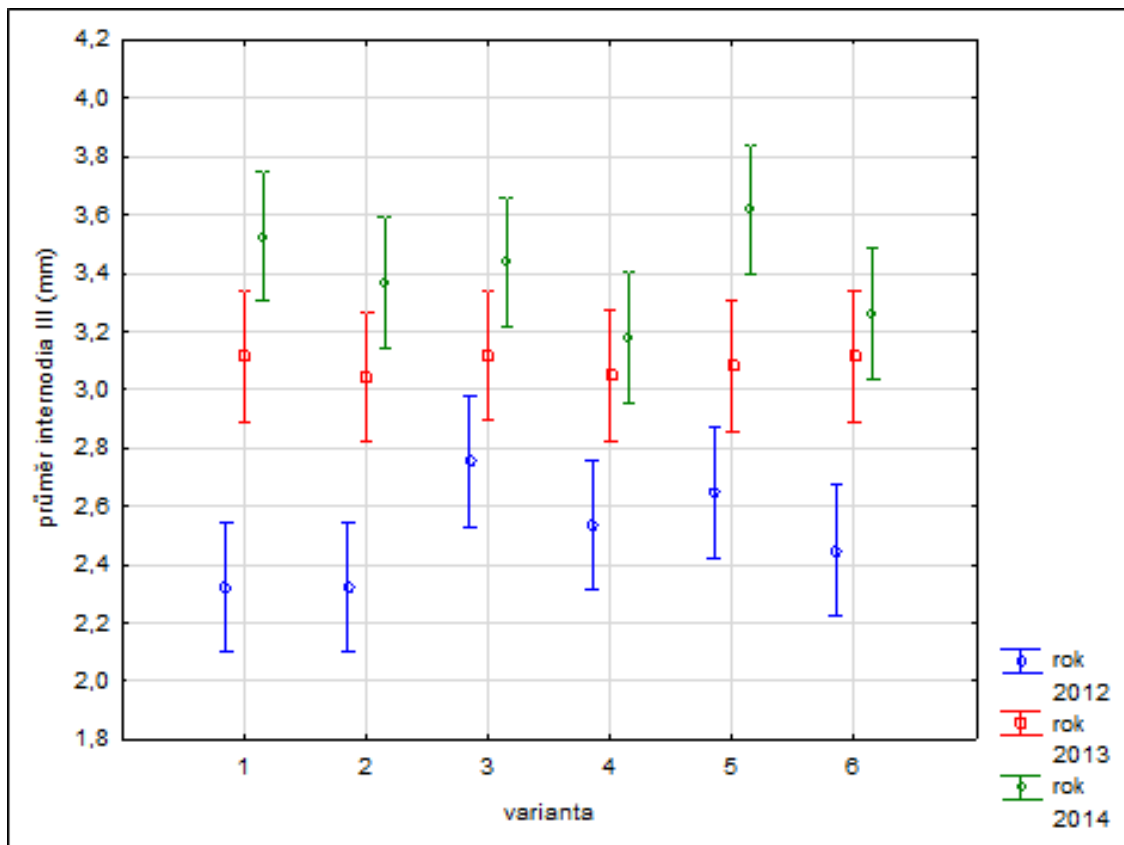
V roce 2013 nedošlo k výrazným změnám průměru internodia oproti kontrole a v roce 2014 byl navýšen oproti kontrole jen průměr u 5. varianty, v jiných případech byl vždy menší.

*Tab. xy: Analýza variance pro průměr internodií III*

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	19,757	96,300**
varianta	5	0,397	1,930
rok*varianta	10	0,269	1,310
Chyba	270	0,205	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obř. 16.** Graf. xy: Grafické vyjádřeni průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Nosnost internodií

Grafy: Nosnost internodií ukazují poměrně výraznou podobnost výsledků sledovaných parametrů. Pro tuto skupinu výsledků je charakteristická blízkost výsledných průměrných hodnot mezi variantami v letech 2013 a 2014 a odlišnost těchto ročníků od roku 2012, kdy je rozdíl mezi těmito skupinami ročníků mnohdy více jak dvojnásobně větší.

### Nosnost I. internodia

Statisticky vysoce průkazný vliv na rozdíly hodnoceného parametru nosnost I. internodia měl ročník a společná interakce ročníku s variantou aplikace RR.

Rok 2012 se v porovnání s následnými léty poměrně silně lišil. Průměrné hodnoty nosnosti I internodia se pohybovaly v rozmezí od 400 po 580 g. V tomto roce dosáhly

jednotlivé varianty vyšší nosnosti I. internodia oproti kontrole téměř ve všech variantách. Především varianty 3 a 5 se od kontroly výrazně liší.

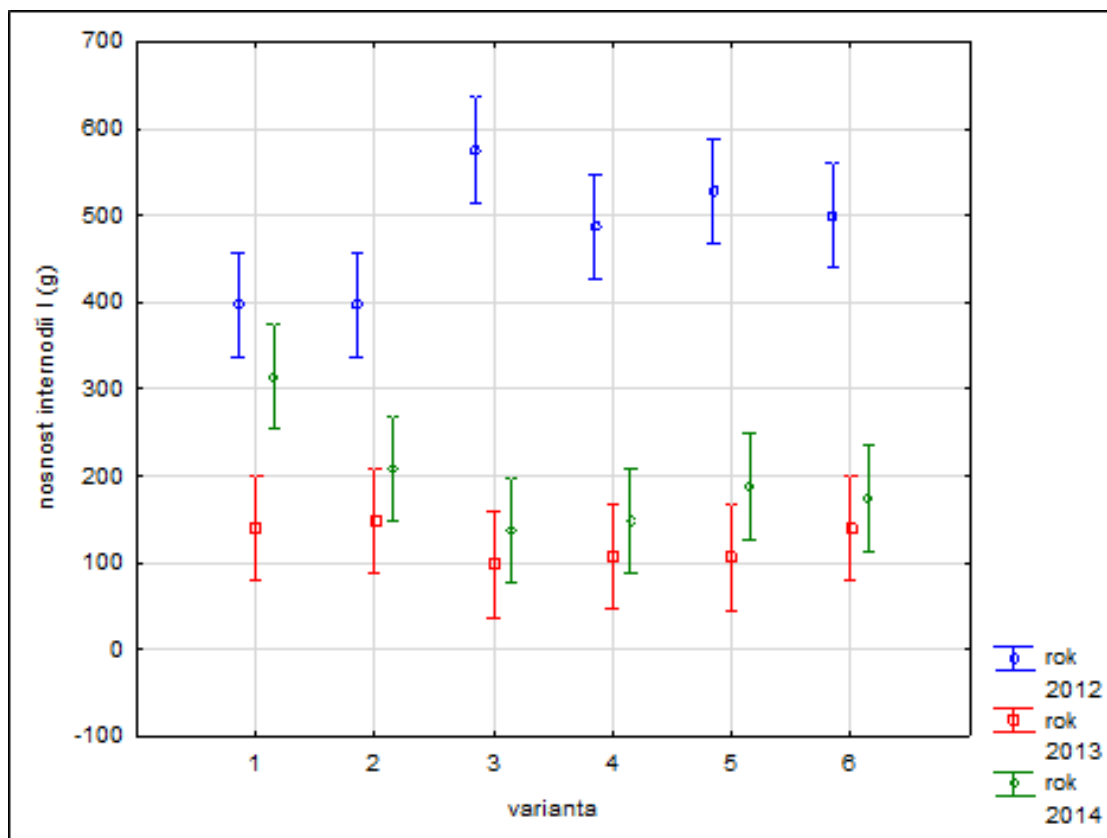
V roce 2013 se průměrné hodnoty nosnosti I. internodia pohybovaly v rozmezí 100 – 150 g, a oproti kontrole se s výjimkou 2 a 6 varianty nosnost snížila. V roce 2014 se hodnoty nosnosti pohybovaly v rozmezí od 150 – 310 g, přičemž rozdíl všech variant oproti kontrole byl v tomto roce poměrně výrazný a všechny varianty vykazovaly sníženou nosnost vůči kontrole.

*Tab. xy: Analýza variance pro nosnost internodií I*

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	3435720,000	226,011**
varianta	5	9393,000	0,618
rok*varianta	10	72679,000	4,781**
Chyba	270	15202,000	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obř. 17.** Graf. xy: Grafické vyjádřeni průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Nosnost II. internodia

Statisticky vysoce průkazný vliv na rozdíly hodnoceného parametru nosnost II. internodia měl ročník a společná interakce ročníku s variantou aplikace RR.

Rok 2012 se v porovnání s následujícími léty poměrně silně lišil. Průměrné hodnoty nosnosti I internodia se pohybovaly v rozmezí od 275 po 390 g. V tomto roce dosáhly jednotlivé varianty vyšší nosnosti II. internodia oproti kontrole téměř ve všech variantách. Především varianty 3, 5 a 6 se od kontroly výrazně liší.

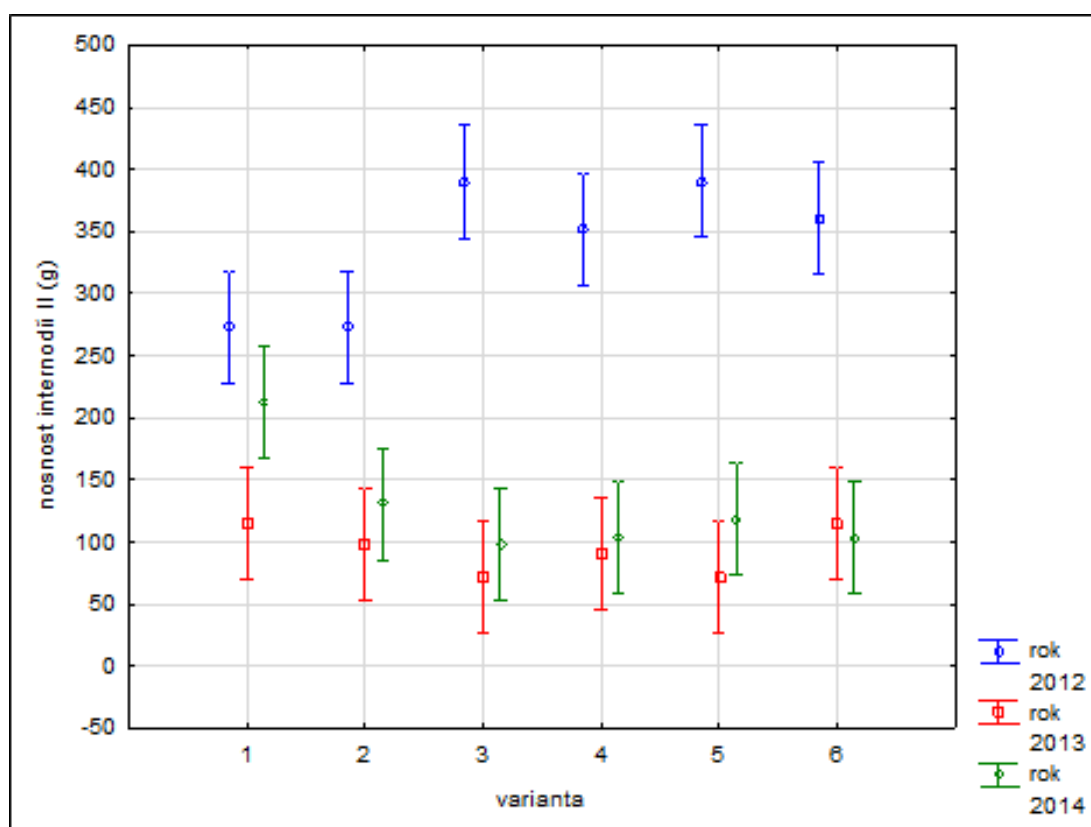
V roce 2013 se průměrné hodnoty nosnosti II. internodia pohybovaly v rozmezí 75 – 120 g, a oproti kontrole se s výjimkou 6 varianty nosnost snížila. V roce 2014 se hodnoty nosnosti II. internodia pohybovaly v rozmezí od 100 – 210 g, přičemž rozdíl všech variant oproti kontrole byl v tomto roce poměrně výrazný a všechny varianty vykazovaly sníženou nosnost vůči kontrole.

Tab. xy: Analýza variance pro nosnost internodií II

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	1706704,000	202,448**
varianta	5	6413,000	0,761
rok*varianta	10	38046,000	4,513**
Chyba	270	8430,000	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obr. 18.** Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

### Nosnost III. internodia

Statisticky vysoce průkazný vliv na rozdíly hodnoceného parametru nosnost III. internodia měl ročník a společná interakce ročníku s variantou aplikace RR.



Rok 2012 se v porovnání s následnými léty také poměrně silně lišil. Průměrné hodnoty nosnosti III internodia se pohybovaly v rozmezí od 175 po 275 g. V tomto roce dosáhly jednotlivé varianty vyšší nosnosti III. internodia oproti kontrole téměř ve všech variantách. Především varianty 3, 5 a 6 se od kontroly výrazně liší.

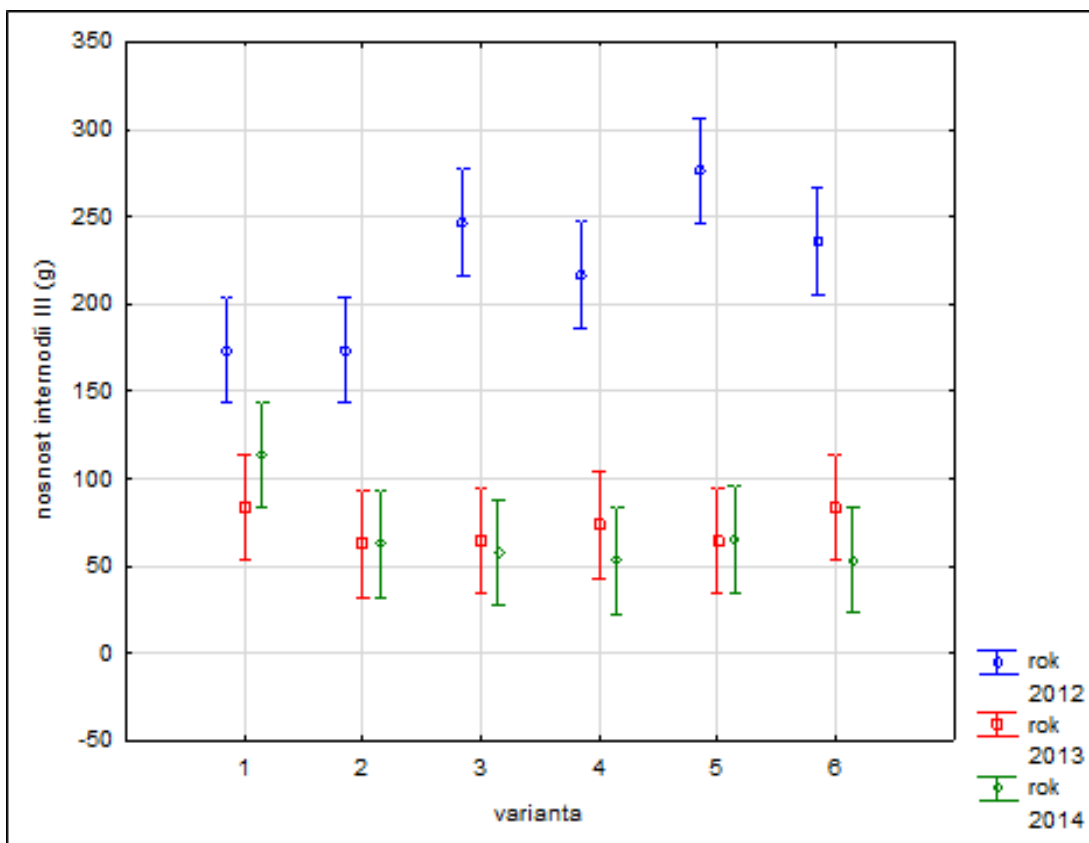
V roce 2013 se průměrné hodnoty nosnosti III. internodia pohybovaly v rozmezí 60 – 80 g, a oproti kontrole se s výjimkou 6 varianty nosnost snížila. V roce 2014 se hodnoty nosnosti pohybovaly v rozmezí od 55 – 115 g, přičemž rozdíl všech variant oproti kontrole byl v tomto roce poměrně výrazný a všechny varianty vykazovaly sníženou nosnost vůči kontrole.

*Tab. xy: Analýza variance pro nosnost internodií III*

Zdroj variability	Stupně volnosti	PČ	F
rok	2	726612,000	189,566**
varianta	5	6909,000	1,802
rok*varianta	10	14892,000	3,850**
Chyba	270	3833,000	

\*\* statisticky vysoce průkazný

\*statisticky významný



**Obr. 19.** Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test)

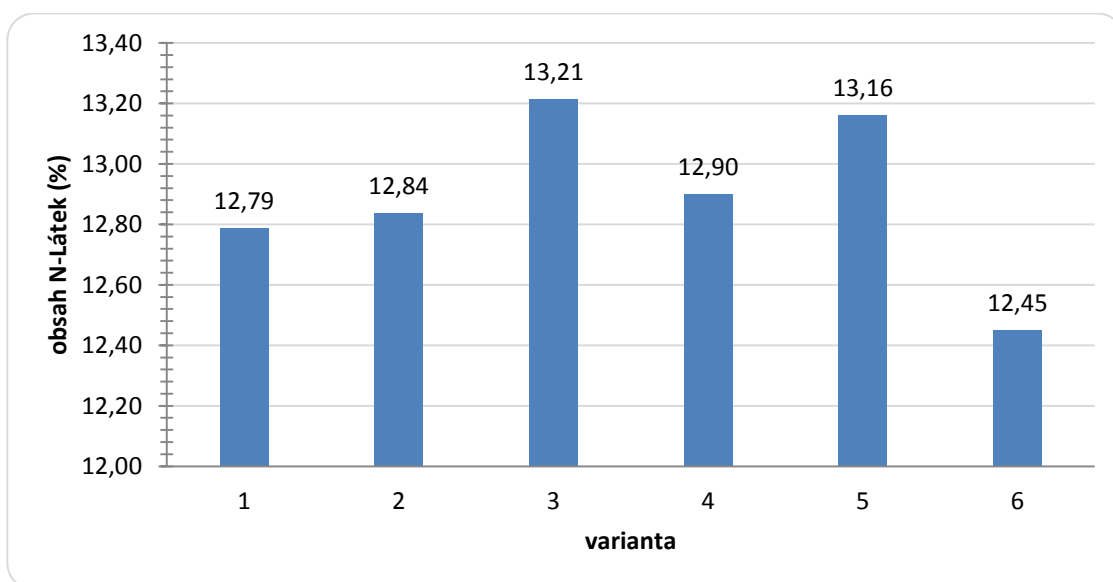
Z tohoto grafu lze obecně říci, že pevnost internodia klesá v pořadí 1., 2., 3., internodium. Toto je dáno vzestupně snižující se tloušťkou a zvyšující se délkou internodií od báze k apikálnímu vrcholu. Aplikace morforegulátorů zkrátily délku internodií a jak graf ukazuje měly taky vliv na jejich zpevnění v porovnání s kontrolou ve všech případech. K výraznému zpevnění došlo v porovnání s kontrolou u prvních internodií. Pevnost 2. a 3. internodia se zvýšila jen nepatrně, což evidentně způsobuje jejich větší délka.

V roce 2014, navzdory suchu v jarním období, vypadal porost jarního ječmene velmi dobře, takže oproti minulým létům jsme získali výsledky z dobře zapojeného porostu, neboť je pokus veden v poměrně suché oblasti, ne příliš vhodné pro pěstování jarního ječmene.

### Výsledky kvalitativních ukazatelů

## Dusíkaté látky

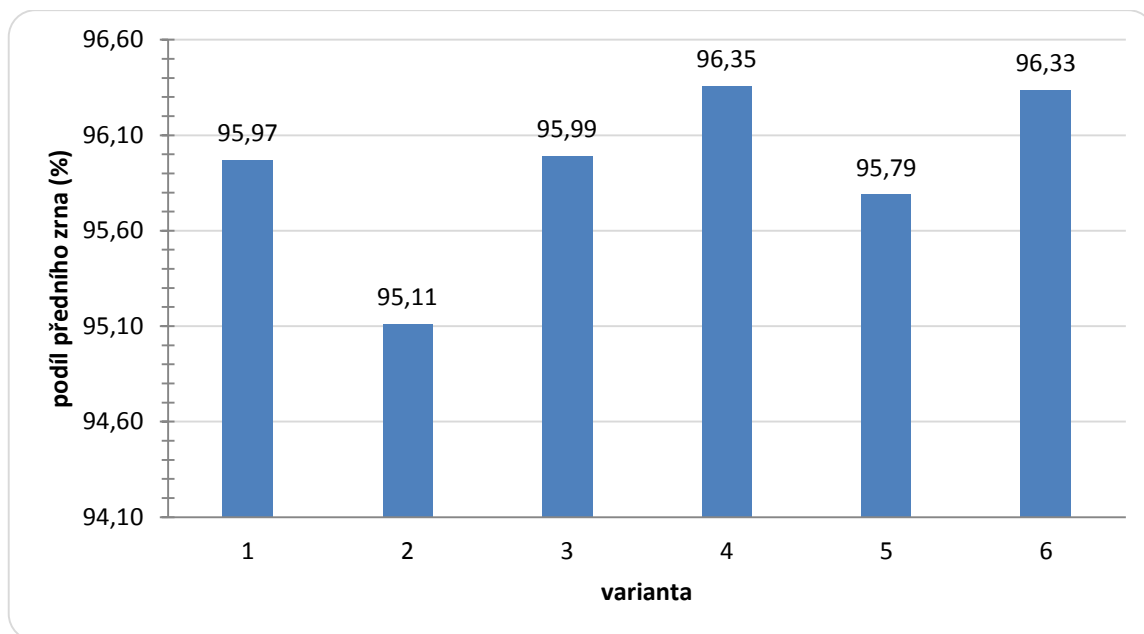
Průměrný obsah dusíkatých látek u jednotlivých variant aplikace RR měřený v roce 2014 je znázorněn v grafu (x). Variabilita výsledku jednotlivých variant aplikace RR je poměrně malá, všechny varianty se od kontroly výrazně neliší. Průměrná hodnota dusíkatých látek pro všechny varianty pokusu v roce 2014 byla 12,89%. k mírnému navýšení o 0,4% došlo u 3 varianty, v které byl aplikován ve fázi BBCH 37-39 Moddus 0,2 l. ha<sup>-1</sup> + Cerone 0,5 l. ha<sup>-1</sup> a podobně o 0,35% u varianty 5 při kombinaci 2 dělených dávek Moddus 0,3 l. ha<sup>-1</sup> + Cerone 0,5 l. ha<sup>-1</sup> v druhé fázi BBCH 31-32 a ve třetí fázi BBCH 37-39 Moddus 0,2 l. ha<sup>-1</sup> + Cerone 0,3 l. ha<sup>-1</sup>.



**Obr. 20.** Obsah dusíkatých látek v zrně jarního ječmene, průměr 2014

## Přepad na síto 2,5 mm

Při procentickém sledování kvalitativního znaku průměrného podílu zrna propadlého na síto 2,5 mm v roce 2014, nedosáhly naměřené hodnoty z jednotlivých aplikačních variant RR výraznější variability při porovnání s neošetřenou kontrolou. Průměrná hodnota u všech zkoušených variant pro tento sledovaný znak v roce 2014 byla 95,92%.



**Obr. 21.** Přepad na síto 2,5 mm, průměr 2014

## 6 DISKUSE

Vliv regulátorů růstu na omezení poléhání jarního ječmene bylo sledováno u třech přípravků Retacel extra R 68, Moddus a Cerone 480 SL. Vyhodnocené výsledky byly porovnávány jak s neošetřenou kontrolou, tak způsobem, kdy se sestavené kombinace těchto přípravků RR a různé termíny aplikace těchto kombinací spojily do pěti variant a ty byly porovnány nejen s kontrolou, ale i vzájemně mezi sebou.

Cílem tohoto zkoušení a porovnávání bylo ověřit nebo najít existenci negativního působení RR na produkci a kvalitu jarního ječmene. Tyto vlivy a případné poškození se sledovaly na rozdílech hodnot parametrů určitých orgánů rostliny jarního ječmene. Při laboratorních rozborech byly měřeny následné parametry: délka klasu, počet zrn v klase, výška stébla, délka internodií, průměr internodií a nosnost internodií, přičemž internodiální hodnoty byly zjišťovány na prvních třech internodiích.

Varianty a termíny aplikace RR byly v tomto pokusu sestaveny tak, aby splňovaly veškerá zásady správného použití dle metodik i doporučení odborné literatury a předešlo se tímto situacím, které např. popisuje Šilha et al. (2011) a Ottman (2011). Autoři uvádí, že nesprávné použití vysoké dávky EP za vysokých teplot může v praxi způsobit předčasnou senescenci ječmene, což může zapříčinit negativní pokles výnosu. Kombinace těchto faktorů může stimulovat produkci etylenu nejen ve stoncích, ale také v kořenech, ve kterých může dojít k retardaci prodlužovacího růstu. Nebezpečí neúplného vymetání klasů a zadržení ho v listové pochvě může hrozit při použití plných dávek EP v pozdních fázích vegetace. Yang a Hoffman (1984) uvádějí, že optimální teplota tvorby etylenu v rostlinách se pohybuje mezi 25 – 35 °C. Stejně nevhodné je i použití regulátorů růstu v tankmixu s kontaktními herbicidy, především s herbicidy na bázi fenoxykyselin. Venclová (2015) dokonce uvádí za nevhodné použít EP v kratším než šestidenním odstupu před nebo po termínu aplikace herbicidů. Přestože existují

pesticidy, které stimulují působení RR a umožňují snížení dávky jednoho či obojího přípravku, nebyly v tomto pokuse tyto kombinace sestaveny, ani sledovány, jak můžete vidět ve schématu aplikační tabulky RR, tab. 4 v kap. 4 *Materiály a metodika*.

Sestavení variant bylo následovné. Zaprvé jsme chtěli sledovat vždy působení jedné účinné látky v jednotlivých variantách, v jednom aplikačním termínu (T), samostatně ve vyšší dávce a zadruhé v kombinacích, které jsou v zemědělské praxi používány. Při kombinacích dvou přípravku RR v jednom aplikačním termínu, bylo použito přibližně poloviční množství doporučených dávek. V těchto kombinacích jsme chtěli sledovat výhody či nevýhody společných interakcí a najít varianty, které by mohly v kombinaci fungovat lépe než v samostatném použití. Venclová (2015) uvádí, že jarní ječmen je velice citlivý na razantní zásahy RR, proto je šetrným řešením dvoufázová regulace, konkrétně doporučuje aplikovat během sloupkování přípravky s TXE a v pozdější fázi BBCH 37 – 45 aplikovat RR s EP, který razantně krátí poslední internodium. Podobná varianta byla zařazena také do našeho pokusu.

Jak uvádí odborná literatura i metodiky výrobců, RR bychom měly aplikovat při správných světelných, vlhkostních a teplotních podmínkách v růstových fázích, při kterých je fyziologický stav rostlin schopen bez následků tyto látky přijmout a omezit především riziko poléhání. Tyto podmínky aplikace jsou zřejmě nejdůležitějším hlediskem pro správné určení termínu aplikace, zvolení účinné látky a kombinace či dávky RR na ošetřovaný porost.

Jak složité je určit správný termín aplikace vzhledem k průběhu povětrnostních podmínek během vegetace a podnebí místa pěstování, můžou demonstrovat konkrétní charakteristiky ročníků, v kterých byl tento pokus prováděn na lokalitě Žabčice.

Při hodnocení tohoto pokusu vycházíme z faktu, že v jednotlivých letech bylo zachováno rámcově stejné agrotechnické opatření. Rozdílné byly jen termíny výsevu v jednotlivých letech. V zkoušení RR proběhlo na odrůdě Bojos. Tato odrůda je preferována téměř všemi sladovny, rostliny jsou méně odolné k poléhání, jejich velikost je střední. Zrno je středně velké až velké. Mezi přednosti této odrůdy můžeme zařadit velmi vysoký výnos předního zrna. Pěstitelská rizika jsou v menší odolnosti této odrůdy vůči napadení rynchosporiovou skvrnitostí (Dvořáčková 2014).

Ze statisticky vyhodnocených dat vyplývá, že ročník měl statisticky vysoce průkazný vliv na všechny měřené parametry ječmene jarního. Průběh ročníku a abiotické vlivy v něm zahrnuté mají tedy zásadní vliv na komplexní stavbu a pevnost rostliny jarního ječmene a tímto nepřímo na možnost vzniku rizika poléhání i na samotné polehání porostu.

## **Rok 2012**

Porost v roce 2012 byl založen velmi brzy a to již 6. 3. což mohlo zajistit pro tyto porosty lepší přístup k zimní vláze a dobré vzcházení v půdě dobře zásobené živinami, které byly posléze v těchto podmínkách pro vzcházející ječmen dobře přístupné. Zimolka (2006) uvádí, že nejčasnější termín výsevu působí velmi příznivě na vývoj ječmene a to za předpokladu působení nižších teplot a kratších dnů, vyššího obsahu vláhy v povrchové vrstvě půdy a specifického složení slunečního spektra, v němž v brzkém jaře převažují paprsky červené, oranžové a žluté. Ty pozitivně ovlivňují fotosyntézu a růst. Toto spektrum se postupujícím jarem mění a zvyšuje se podíl modrých, fialových a ultrafialových paprsků, které více ovlivňují tvorbu bílkovin a přechod do generativní fáze růstu.

Další průběh počasí však dobrý vývoj porostu výrazně utlumil. V jarním období nastalo silné sucho, které porosty provázelo celou sezónu a ty jím byly velmi limitovány. Požadovaná hustota 1000 klasů na m<sup>2</sup> nebyla dosažena, porosty byly řídké, což potvrzují i pro tuto kukuřičnou výrobní oblast, nízké hektarové výnosy pokusných variant (4-5 t.ha<sup>-1</sup>). Takovéto znaky porostu nejsou typické pro intenzivní pěstování sladovnického ječmene, v kterém by mohly nastat výrazné rizika vzniku poléhání, jak uvádí Klem et al. (2011) na vznik rizika poléhání jsou náchylné intenzivně pěstované porosty při výnosu nad 6,6 t.ha<sup>-1</sup>. Z širšího hlediska tento ročník bereme, jako ne příliš vhodný pro sledování vlivu RR na porost.

Obecně typické podoby sledovaných znaků rostlin v tomto ročníku jsou: krátké stéblo, krátký klas (9 cm), větší variabilita v počtu zrn v klase (21 - 24), v porovnání s ostatními ročníky nejkratší délky prvních třech internodií, nejmenší průměry internodií, největší nosnost těchto internodií - i dvojnásobné ročníkové rozdíly a velmi výrazné navýšení nosnosti stébla oproti kontrole. Toto výrazné zvýšení pevnosti, může

potencionálně souviset se suchým průběhem roku, kde rostliny vegetovaly ve stresujících podmínkách, které iniciují vyšší tvorbu endogenního etylenu, jehož působení souvisí s podporou lignifikace buněčných stěn internodií (Khan 2006).

### **Rok 2013**

V roce 2013 byly pokusné porosty založeny později až 16. 4. takže s více jak měsíčním odstupem vysetí oproti ostatním ročníkům, čímž mohl být porost limitován (spektrum slunečního záření, rychlý přechod do generativní fáze). Na začátku vegetace panovaly dle záznamů na lokalitě vlhké podmínky, to se však změnilo ke konci vegetace, kdy nastala dlouhá perioda sucha a následný příchod silných bouřek z vedra. Průtrž mračen s úhrnem srážek nad 90 mm způsobila poměrně silné polehnutí pokusných ploch po metání. K významnému poléhání převážně dochází během silných srážek a při silných větrech, které se v některých oblastech pravidelně vyskytují po vymetání jarního ječmene. Oblasti náchylné na takovéto prudké výkyvy průběhu počasí se dají vysledovat a pěstitelé s tímto faktorem mohou počítat při predikci RR (Ottman 2011). Navzdory aplikace RR byla průtrž mračen příliš silná a došlo k částečnému polehnutí.

Průměry výnosu se v tomto roce pohybovaly od 5,5 – 7,2 t. ha<sup>-1</sup>. Tento ročník mohl být pro naše sledování poměrně zajímavý.

Typická podoba námi sledovaných znaků rostlin byla v tomto ročníku na dané lokalitě následná. U všech variant došlo k statisticky neprůkaznému navýšení výnosů oproti kontrole, stéblo bylo krátké až středně dlouhé v porovnání s dalšími ročníky, klas středně dlouhý, všechny měřené internodia středně dlouhé, nosnost internodií oproti ročníku 2012 velmi snižená (snižování nastalo téměř vždy i u variant v porovnání s kontrolou).

### **Rok 2014**

Setí porostů bylo umožněno opět poměrně brzy 12. 3., takže prvotní vegetační podmínky se mohly podobat ročníku 2012. Průběh jara byl velmi suchý (duben, květen), ale přesto se dokázal porost velmi dobře zapojit, čímž se podařilo do pokusu konečně dostat dobře zapojený porost, což není v kukuřičné výrobní oblasti vždy



pravidlem. Průměrný výnos všech pokusných variant se pohyboval v rozmezí od 9,3 po 9,6 t. ha<sup>-1</sup>, což potvrzuje úzkou vyrovnanost výnosu mezi variantami aplikace RR a to, že porost opravdu patří mezi ty intenzivní s rizikem poléhání.

Rostliny ječmene ročníku 2014 měly tyto charakteristické znaky: dlouhé stéblo, dlouhý klas, nejdelší první tři internodia s dobrým efektem krácení délek oproti kontrole, průměr internodia největší až 3,6 mm, varianty aplikace RR průměr oproti kontrole nezměňovaly. Nosnost prvních třech internodií byla výrazně snížena v porovnání s ročníkem 2012 a zároveň i výrazně snižena v porovnání s kontrolou v daném roce. Nosnost III. internodií byla nejmenší v celém pokusu.

Tříleté zkoušení vlivu RR na porost jarního ječmene není zcela dostatečné s ohledem na širší ročníkovou variabilitu, ale přesto stáčí k tomu, abychom mohli porovnat různé varianty aplikace RR, nalézt případné negativní vlivy a povšimnout si některých vztahů mezi RR danou lokalitou a ročníkem. K tomuto sledování jsme využili shrnutí výsledků sledovaných variant.

### **KONTROLA 1. varianta**

Kontrola byla vedena bez aplikace RR, se stejnými agrotechnickými zásahy jako ostatní varianty. Kontrola téměř vždy dosahovala nejnižšího výnosu oproti ostatním variantám.

Statisticky vysoce průkazný vliv měly RR na délku stébla v ročníku 2012 a 2014, kde byla délka stébla kontroly vždy nejdelší, v roce 2013 vždy nejkratší.

Vliv RR na počet zrn v klase nebyl statisticky průkazný, ale přesto uvádíme rozdíl ročníku 2012 a 2014, kdy byl u kontroly 2014 naměřen nejvyšší počet zrn ze všech sledovaných let a délka klasu. V roce 2012 měla kontrola nejméně zrn v celém pokusu.

Statisticky průkazný vliv RR na délku všech měřených internodií byl zjištěn vždy. V letech 2012 a 2014 byl jasně patrný efekt zkrácení, avšak z nejasných důvodů se v roce 2013 u variant aplikace RR projevilo oproti kontrole prodloužení všech internodií.

Statistická průkaznost vlivu RR na průměr I. internodia byla prokázána, avšak při pohledu na obrázek 14. i přes vysokou variabilitu mezi variantami v roce 2014, měly tyto hodnoty výraznou tendenci průměr I. internodia zmenšovat. Variabilita mezi variantami aplikace RR v ročnících 2012 a 2013 byla poměrně nízká. Přestože v ročníku 2012 a 2013 došlo ve většině případů k navýšení průměru, nepřikládáme tomuto výsledku příliš vysokou vypovídající hodnotu o skutečném vlivu.

U ostatních průměrů internodií a nosnosti všech měřených internodií, nebyl prokázán statisticky vliv RR na tyto parametry, protože z naměřených hodnot nevyplývají žádné důležité poznatky, rozhodli jsme se dále tyto čísla v konfrontaci s kontrolou nekomentovat.

## 2. varianta

Var.	BBCH 28 - 30	BBCH 31 - 32	BBCH 37 - 39
2.	Retacel R68 1,0 l. ha <sup>-1</sup>	Moddus 0,4 l. ha <sup>-1</sup>	

Tato varianta je typická vysokou dávkou přípravku Retacel extra R 68 ve fázi počátku odnožování, kde by měla také podpořit samotné odnožování díky schopnosti brzdit syntézu giberelinů, jejichž následná snížená koncentrace v bázi rostliny, umožňuje působení cytokininu. Cytokiny tvorbu odnoží podporují. EP, CCC a MCH, samostatně ale i ve směsích stimulují odnožování a podporují vývoj a růst generativních odnoží (Rajala, Peltonen-Sainio et al. 2001). Při teplotách pod + 8 °C je příjem účinné CCC látky velmi těžký, doporučuje se případné dávky aplikovat se smáčedlem (Bezdičková 2011).

Dále by se měl díky potlačování syntézy giberelinů omezit prodlužovací růst prvních internodií, což se v tomto případě víceméně podařilo, především je to zajímavé v ročníku 2013, kdy u ostatních variant došlo k prodloužení I. internodia. Tato varianta dle výsledku nesplnila úkol při zkracování II. internodia, kdy došlo k razantnímu prodloužení internodia oproti kontrole. Zkrácení II. internodia by již měl hlídat Moddus, stejně tak jako délku III. internodia v ročníku 2013, kde internodium také výrazně přerostlo kontrolu. Venclová (2015) v charakteristice účinné látky TXE uvádí, že by

TXE měl ovlivnit právě se prodlužující a dvě následné internodia, při dávce 0,4 l. ha<sup>-1</sup> až čtyři internodia, což se zde nepotvrdilo. V ročníku 2012 se krácení neprojevilo u žádného internodia, v roce 2014 byl účinek patrný. Tato varianta vůbec nepodpořila zvětšení průměru I. internodia spíše naopak se projevilo zmenšení průměru i u všech ostatních internodií, stejně jako u parametru nosnost, kde hodnoty klesaly. Varianta 2 nebyla z našeho pohledu příliš úspěšná, pozitivně působila jen na délku I. internodia. Celkovou délku stébla tato varianta krátila pouze v roce 2014.

Vliv na výnos nebyl statisticky prokázán, ale přesto uvedeme ročník 2013, kde porosty byly poznamenány částečným polehnutím. V tomto ročníku 2. varianta navýšila výnos o 0,54 t. ha<sup>-1</sup> oproti kontrole.

### 3. varianta

Var.	BBCH 28 - 30	BBCH 31 - 32	BBCH 37 - 39
3.			Moddus 0,2 l. ha <sup>-1</sup> + Cerone 0,3 l. ha <sup>-1</sup>

Varianta 3. neredukuje růst ječmene v prvních fázích sloupkování, ale celý efekt působení RR je ponechán až ke konci sloupkování před fází metání. Trochu rizikovým je použití přípravku Moddus s účinnou látkou trinexapac-etyl, ve fázi pozdějšího sloupkování, kdy může být snížením tvorby giberelinů narušen vývoj klásku. Toto riziko však může být nepodstatné v intenzivních pěstebních technologiích, kdy hrozí silné poléhání a snížení výnosu způsobené zkrácením stébla může být zanedbatelné, oproti snížení výnosu způsobeného silnějším polehnutím porostu, snížením kvality zrna či vzniku komplikací při sklizni (Fuksík 2015). Cerone se vyznačuje rychlým účinkem krácení po aplikaci, takže je vhodné jej použít v pozdějších fázích sloupkování. V praxi je osvědčená kombinace Moddus + Cerone na velmi rizikové porosty, avšak při vyšších dávkách roztoku je třeba jednat opatrně. Důležité je uzpůsobit dávku obou přípravků půdně-klimatickým podmínkám. Předcházet by se mělo i poškození porostu na souvratích tím, že se souvrat' ošetří pouze jedním ze zmíněných přípravků a nedochází k překrytí aplikace.

Délka prvního internodia u této varianty byla mírně krácena v roce 2012, silně v roce 2014 a naopak k prodloužení došlo v roce 2013. Z grafu můžeme usoudit, že délka I. internodia je u této varianty více ovlivněna interakcí s ročníkem což dokazuje i provedena ANOVA. Velice podobně se tato varianta chovala i při formování II. a III. internodia a celkové délky stébla. V porovnání s ostatními variantami zařazenými do pokusu, však nebyla tato kombinace nikterak výjimečná s ohledem na krácení stébla.

Průměr I. internodia tato aplikace pozitivně ovlivnila hlavně v roce 2012, kdy její efekt byl nejsilnější mezi ročníky. Během vegetace v roce 2013 byla hodnota průměru zhruba stejná jako kontrola. Slabší internodia byly naměřeny v roce 2014. Stejný vliv byl zaznamenán i u II. a III. internodia, kde v roce 2012 v obou případech došlo k nejvyššímu růstu průměru v celém pokusu. Tyto změny znovu přisuzujeme silné interakci této varianty s ročníkem. Zajímavé je pravděpodobné působení etylenu v suchém stresujícím ročníku. Při použití exogenního etylenu za sucha společně s přidáním dalších RR, v tomto případě Moddus s účinnou látkou TXE, která také podporuje lignifikaci (Wiersma et al. 2011), nastane pro rostlinu zvýšený stres a efekt aplikovaných RR se může zvýraznit např. zvětšením průměrů internodií či právě silně zvýšenou pevností internodií. I když není statisticky průkazný vliv varianty RR na nosnost internodií, je pozoruhodná interakce této varianty s ročníkem na vliv nosnosti jednotlivých internodií. V suchém ročníku 2012 se výrazně zvýšila nejen nosnost všech měřených internodií této varianty, ale také se výrazně prodloužila délka klasu a zvýšil počet zrn v klase. Působení stejné aplikace v letech 2013 a 2014 přineslo naprosto odlišné výsledky, snížilo výrazně nosnost u všech internodií, zkrátilo klas a snížilo počet zrn v klase. Statisticky neprůkazný vliv měla tato varianta na zvýšení výnosu v roce 2013, kde navýšila výnos oproti kontrole o 0,8 t.ha<sup>-1</sup>.

#### 4. varianta

Var.	BBCH 28 - 30	BBCH 31 - 32	BBCH 37 - 39
4.	Moddus 0,2 l. ha <sup>-1</sup> + Retacel R68 0,5 l. ha <sup>-1</sup>		Cerone 0,5 l. ha <sup>-1</sup>

V této variantě je v první fázi aplikace vytvořený kombinací dvou přípravků. Jak již bylo řečeno u varianty 2, Retacel extra R 68 by měl v této fázi podpořit odnožování a zkrátit první internodia. Délka trvání účinnosti při maximální dávce závisí na sumě maximálních denních teplot 140 °C (přibližně do objevení se dalších dvou listů), zpravidla 10 - 14 dní, podle teploty a dávky (nižší teploty-pomalejší působení), (Bezdíčková 2011). Moddus je praxí v tomto termínu používán pro svou schopnost odstraňovat neproduktivní odnože vyšších řádů (Fuksík 2015). Předpokládá se že Cerone by mělo v této variantě zajistit zkrácení celkové délky stébla, neboť podstatnou výšku stébla ječmene tvoří horní internodia. Krácením těchto internodií se nejefektivněji zkracuje celá délka rostlin a předchází se poléhání ječmene jarního (Zimolka 2006). Pro plnou účinnost EP v rostlině je důležitá teplota nad 10 °C (Venclová 2015). Proto se tento přípravek v našich podmínkách nepoužívá v prvních termínech aplikace.

Tato varianta RR měla statisticky vysoce průkazný vliv na redukování délky jak jednotlivých internodií, tak i celkové výšky rostliny. Výjimku tvořil jen ročník 2013 ve všech měřených parametrech. V tomto ročníku a této variantě došlo k prodloužení všech částí rostlin, toto si neumíme vysvětlit, a důvodem vzniku tomuto jevu přisuzujeme interakci ročník a varianta. Zkrácení bylo zásadní zvláště v ročníku 2014, který byl charakterizován vytvořením výborného porostu. I když vliv RR na délku klasu nebyl v tomto pokusu statisticky potvrzen, je zajímavé, jak silně zkrátila tato varianta klas v roce 2014 a následně snížila i počet zrn v klase, nicméně výnos této varianty v tomto roce nebyl tímto zkrácením nikterak poškozen a překonal i výnos kontroly. Výnos byl oproti kontrole také výrazně navýšen v roce 2013 o více než 0,6 t. ha<sup>-1</sup>. Tato varianta vzhledem k ostatním poměrně dobře krátí celou délku rostliny a zároveň se negativně toto zkrácení neprojevovalo na výnosu.

V statisticky vysoce průkazném vlivu RR na průměr I. internodia tato varianta nepotvrdila, že by pozitivně ovlivňovala tloušťku internodia, ba naopak v roce 2014 byl u této varianty zaznamenán mnohem menší průměr I. internodia. Velmi podobně tato kombinace řešila průměry i v dalších internodiích, jen v ročníku 2012 měla lehce pozitivní vliv, avšak toto jsou statisticky neprůkazné tvrzení.

Nosnost internodií byla oproti kontrole zvýšená jen v roce 2012, jinak vždy měla oproti kontrole klesající tendenci.

## 5. varianta

Var.	BBCH 28 - 30	BBCH 31 - 32	BBCH 37 - 39
5.		Moddus 0,3 l. ha <sup>-1</sup> + Retacel R 68 0,5 l. ha <sup>-1</sup>	Moddus 0,2 l. ha <sup>-1</sup> + Cerone 0,3 l. ha <sup>-1</sup>

Do 5. varianty jsou znovu zařazeny všechny 3 účinné látky. Ve fázi BBCH 31 – 32 působí obě látky proti tvorbě giberelinů, ale každá narušuje jejich tvorbu jiným způsobem, tudíž by se mohlo předpokládat, že se účinnost RR v této fázi více projeví, neboť se silněji potlačí tvorba giberelinů. Kombinace v BBCH 37 – 39 je téměř totožná s variantou 3. Dávku Retacelu extra R68 je možné v teplejších fázích aplikace redukovat, protože účinnost se s teplotou zvyšuje (Bezdíčková 2011).

Variantou 5 bylo dosaženo velmi dobrého krácení celkové délky stébla v porovnání s ostatními variantami a zároveň byly na této variantě získávány jedny z nejvyšších výnosů v pokuse. Výnos v roce 2013 se oproti kontrole zvýšil o 1,95 t.ha<sup>-1</sup>.

S výjimkou roku 2013 kdy se pravděpodobně uplatnil vliv interakce ročníku s variantou, docházelo k požadovanému zkracování. Ve všech letech byl také sledován statisticky vysoce průkazný vliv na průměr I. internodia. V roce 2012 a 2013 měla tato varianta pozitivní vliv na mírné zvětšení průměru tohoto internodia. Průměr I. internodia 3,5 mm v roce 2013 byl nejvyšší. V roce 2014 sice proti kontrole průměr snížil, ale v této variantě, v porovnání s ostatními nejméně oproti kontrole. Zde se mohl projevit vliv použití dvou různě antigiberiálně působících látek ve fázi 31 – 32. Toto použití se pravděpodobně projevilo i na průměru následujících internodií, neboť se výrazně liší od ostatních variant a pozitivně tento prvek ovlivňují. Nosnost internodií byla zvýšená pouze v ročníku 2012, kde se projevil silný vliv interakce varianty a roku, zajímavá je přítomnost přípravku Cerone v 37 – 39 v kombinaci s největší pevností internodií v pokuse. Domněnku, že v suchém ročníku 2012 jsou rostliny více ovlivněny endogenním etylenem, umocňuje zvýšená pevnost internodií po exogenně aplikovaném etylenem (Cerone) a TXE (Moddus). Tyto účinné látky podporují lignifikaci buněčných

stěn internodií, což se mohlo v roce 2012 projevit výrazně silnější nosností těchto článků, či oproti ostatním variantám zvýšeným průměrem internodií. Zvýšeného průměru a nosnosti oproti ostatním variantám bylo dosahováno vždy u variant 3 a 5 při kombinaci přípravků Moddus a Cerone. Viz. kap. 2.7.5.4 *Vliv inhibitoru růstu na lignifikaci buněčných stěn.*

## 6. varianta

Var.	BBCH 28 - 30	BBCH 31 - 32	BBCH 37 - 39
6.	Retacel R68 1,0 l. ha <sup>-1</sup>	Moddus 0,4 l. ha <sup>-1</sup>	Cerone 0,7 l. ha <sup>-1</sup>

Retacel extra R 68 je v této variantě zase zastoupen ve vyšší dávce v prvním aplikačním okénku k podpoře odnožování a krácení prvních internodií. Moddus by měl zajistit v této variantě zkracování středních internodií, a Cerone zkrátit celkovou délku stébla.

Varianta 6 s výjimkou ročníku 2013 dle výsledků nejrazantněji krátila celkovou délku stébla, stejně jako jednotlivé první 3 internodia v celém pokusu. Nejvýraznější krácení stébla bylo v ročnicích 2012 a 2014. Tohoto efektu mohlo být dosaženo díky vyšší dávce Cerone. Jako vhodnou, tuto variantu, kdy v období sloupkování byla použita účinná látka TXE a ke krácení horního internodia EP uvedla i Venclová (2015).

Z hlediska silného krácení, je důležité přihlížet na délku klasu a počet zrn v klase. Délka klasu nebyla v roce 2012 a 2013 výrazně ovlivněna, stejně jako počet zrn v klase, kde navíc došlo k ročníku 2012 ke zvýšení počtu zrn. K lehkému zkrácení stébla došlo v roce 2014 v intenzivním porostu, kde se výrazněji snížil i počet zrn v klase, což však neovlivnilo nikterak výnos, který se dostal výnosově nad kontrolu. Především při opožděných aplikacích v pozdějších fázích růstu vysokými dávkami může docházet ke snížení výnosu, zapříčiněného vlivem snížení HTS a počtu zrn v klase (Rajala 2002). Výnos v roce poznamenaném částečným polehnutím tato varianta navýšila cca o 1,45 t. ha<sup>-1</sup>. Výnos byl stabilně vysoko nad kontrolou i v ostatních letech.

Vysoce statistický prokázaný vliv RR na průměr I. internodia v této variantě neměl příliš pozitivní efekt. Ve všech ročnicích se tento průměr nedostal nad hodnotu

kontrolní varianty 2012 a 2014 byl dokonce menší. Velmi podobný efekt byl sledován i u vyšších internodií.

Vliv RR na nosnost internodií je statisticky neprůkazný. Výrazně vyšší pevnosti v porovnání s kontrolou se dosáhlo jen v roce 2012 jako i u ostatních variant. Ročníky 2013 a 2014 vykazovaly ztrátu pevnosti prvních tří internodií oproti kontrole.

### Srovnání s jinými výzkumy

Obdobný pokus provedla i ČZU v Praze v roce 2005 na výzkumné stanici v Červeném Újezdě. Snahou bylo vytvoření porostu s optimální strukturou výnosových prvků, omezení rizika poléhání porostu a nesnižování výnosu a kvalitu vlivem RR. Porost byl veden k optimální hustotě klasů na 1 m<sup>2</sup> (800-1000) s 20 - 26 zrn v klase s podílem předního zrna v klase 80% (Křováček et al. 2006). Varianty aplikací RR a termíny použití přípravků jsou v přílohové části této práce v tabulce 3. Vliv na konečný výnos, počet klasů, počet zrn v klase, HTS, NL, přední zrna a výšku porostu v porovnání s neošetřenou variantou je procentuálně vyjádřen v tabulce 18.

*Tabulka 18: Výnos, výnosotvorné prvky, jakost pokusných variant a výška porostu, procentuální porovnání s kontrolou (Červený Újezd, 2005) Zdroj: Křováček et al., (2006)*

Varianta/ukazatel	Výnos (t/ha) bez extrému	Klasy/m <sup>2</sup>	Zrna v klase	HTS (g)	NL (%)	Přední zrna (%)	Výška porostu (cm)
Kontrola (bez reg.)	100%	100%	100%	100%	12	100%	100%
Terpal (1x)	110,3	110,8	92,9	98,8	11,6	100,0	85,9
Moddus	107,8	100,3	98,4	101,9	12,7	100,0	100,0
Terpal/Terpal	110,1	111,1	93,3	100,0	11,4	101,0	88,5
Terpal/Cerone	104,9	105,1	95,3	98,3	11,1	99,0	82,1
Moddus/Terpal	108,0	101,1	98,0	100,8	12,4	99,0	93,6
Modus/Cerone	107,3	101,3	98,8	97,9	12,3	99,0	94,9

Z uvedené tabulky můžeme usuzovat, že ani v tomto případě nedošlo k výraznému ovlivnění produkce a kvality jarního ječmene z pohledu obecného použití RR. S naší variantou srovnatelné parametry obsahu dusíkatých látek, podílu předního zrna, zkrácení délky porostu, počtu zrn v klase a celkového výnosu, dosahovaly podobných



výsledků regulace růstu porostu, bez snížení výnosu a kvality oproti kontrole, stejně jako v našem případě.

Ze závěru uvedeného pokusu vyvozují autoři Křováček a Vašák (2006) tyto doporučení k dosažení tížených výsledků.

Pro stabilní výnos použít standardní kombinaci Terpal C (TXE+CCC) 1,5 l.ha<sup>-1</sup> v BBCH 32-34 + Terpal C (TXE + CCC) 11.lha<sup>-1</sup> v BBCH 42-43. Upřednostnit tuto kombinaci i před kombinací Terpal C 1,5 l.ha<sup>-1</sup> + Cerone 480 SL 0,5 l.ha<sup>-1</sup>.

Díky významnému snížení výšky také doporučují aplikaci přípravku na bázi EP Cerone 480 SL a Terpal C v BBCH 32-34, neboť rozdíl výšky rostlin činil v průměru 9 - 14 cm v porovnání s kontrolní variantou.

Terpal C aplikovaný ve fázi BBCH 32-34 mírně snižuje počet zrn v klasu, kdežto u Moddusu tento jev nebyl pozorován (Křováček et al. 2006).

Klem (2009) prováděl pokus v ročníku 2008, při kterém sledoval různé dávky RR, společné kombinace RR v jednom tankmixu a jejich účinek na poléhání. Zároveň sledoval účinek RR v tankmixech s fungicidy a látkami, které by měly stimulovat působení RR proti poléhání.

Ročník 2008 měl sušší průběh vegetace a k polehnutí došlo až ke konci vegetace. Na neošetřené kontrole došlo k polehnutí v rozsahu 80% plochy. Vývojem porostu a počasí se tento ročník mohl podobat ročníku 2013 v našem pokusu.

Klem (2009) doporučuje jako vhodné použití tzv. tankmixu. Konkrétně uvádí za vhodné použít kombinaci přípravku Terpal C (EP + CCC) a Cerone 480 SL s triazolovými a morfolinovými fungicidy, kdy i při snížení dávky až o čtvrtinu doporučené dávky nedošlo k poklesu účinnosti RR. V našem případě se osvědčila v podobné problematice ročníku 2013 dělená varianta 5 s použitím Moddusu a Retacelu extra R68 v termínu BBCH 31 – 32 a následné ošetření ve fázi BBCH 37 – 39 přípravky Moddus a Cerone, kde pravděpodobně přípravek Cerone výrazně zkracuje délku rostlin a podporuje účinek Moddusu. V našem řešení samostatně použitý Moddus v 2. variantě

neměl výrazný vliv na zpevnění stébla, zvětšení průměru stébla a dokonce ani na krácení délky stébla.

V případě velkého rizika poléhání porostu, což u nás reprezentoval ročník 2014, se v pokuse osvědčila kombinace přípravku Cerone 480 SL a Moddus. Poměr těchto přípravků by měl vycházet z termínu aplikace a to takto: při začátku sloupkování BBCH 32 by měl převládat obsah účinné látky TXE, z důvodu dlouhého působení a při konci sloupkování BBCH 37-40 by měla převládat účinná látka EP – rychlejší, razantnější účinek (Klem 2009). Dobrou účinnost EP v třetí aplikační fázi T3 v dávce alespoň 0,5 l. ha<sup>-1</sup> na zkrácení celkové délky stébla se potvrdilo i u nás.

Podle seznamu doporučených odrůd sladovnického jarního ječmene 2010 - 2013, který pravidelně vypracovává ÚKZÚZ, byly vypsány doporučené odrůdy ječmene vhodné ke sladovnickému zpracování. Ke každé odrůdě je uvedena hodnota náchylnosti k poléhání, dále celková délka rostliny a procentuálně vyjádřené zastoupení množitelských ploch jednotlivých sladovnických odrůd v roce 2014.

*Tabulka 19: Doporučené odrůdy jarního ječmene pro České pivo a slad 2014. Zdroj: ÚKZÚZ vlastní zpracování*

Faktory/odrůda	Blaník	Bojos	Kangoo	Sebastian	Sunshine	Xanadu	Malz
Odolnost k poléhání	méně odolná	méně odolná	méně odolná	středně odolná	středně odolná	méně odolná	méně odolná
délka rostliny (cm)	80	76	74	66	74	72	74
množitelská plocha 2014 (%)	1,74	17,29	6,02	16,56	2,55	6,73	16,11

Doporučené odrůdy pro sladovnické účely a pro České pivo tvoří celkem 67 % celkových množitelských ploch z nichž bylo vytvořeno osivo pro rok 2015. Z tabulky lze vyčíst převažující vyšší podíl odrůd s menší odolností vůči poléhání. Ze struktury odrůd jarního ječmene také můžeme odhadovat potencionální přítomnost rizika poléhání v ročníku 2015.

Výnos byl během celého sledování pokusu oproti kontrole zvýšen u variant 2., 5., 6. Varianta 2 však výrazně nezkrátila délku stébla. Pokud bychom chtěli vyhodnotit použité varianty podle kritérií výnos a efekt zkrácení délky stébla, bylo by pořadí následovné.

4. varianta: [v (T1) Moddus 0,2 l + Retacel extra R68 0,5 l, v (T3) Cerone 0,5 l] vytvořila celkově ve třech letech výnos 19,8 t. ha<sup>-1</sup> a poměrně dobře krátila délku stébla.

5. varianta: [ v T2 Moddus 0,3 l + Retacel extra R68 0,5 l, a v T3 Moddus 0,2 l + Cerone 0,3 l] vytvořila nejvyšší výnos 21,14 t. ha<sup>-1</sup> a o něco lépe krátila délku stébla než 4. varianta.

6. varianta z našeho pohledu nejlépe zvládla požadavky na krácení a výnos.

[ v T1 Retacel extra R68 1 l, a v T2 Moddus 0,4, a v T3 Cerone 0,7 l], ta vytvořila celkový výnos za měřené 3 roky 20,83 t. ha<sup>-1</sup> a nejefektivněji krátila celkovou délku stébla.

Ze zpracovaných výsledků můžeme říci, že na dané lokalitě v daných letech zkoušení dle výše uvedené metodiky nebyl zjištěn žádný negativní vliv RR na kvalitu či produkci jarního ječmene. Statisticky průkazně se neprokázal vliv RR na zkrácení délky klasu a snížení počtu zrn v klase, které dle literatury hrozí při nesprávném použití RR. V roce 2014 se měřily vybrané kvalitativní parametry sladovnického ječmene. Ty také nesignalizovaly žádné negativní snížení hodnot po aplikaci RR. Dusíkaté látky i podíl předního zrna nad sítím 2,5 mm zůstaly neovlivněny v dobré sladovnické kvalitě, po aplikacích RR v různých dávkách, termínech či kombinacích, avšak dle platné legislativy pro používání těchto látek.

Všeobecný smysl použití RR, jako ochrany před ztrátami výnosů vzniklými poléháním, se ukázal v roce 2013. V tomto ročníku došlo k poléhání porostů ječmenů na dané lokalitě. Všechny varianty aplikací RR zvýšili poměrně výrazně výnos, až 1,95 t. ha<sup>-1</sup> oproti neošetřené kontrole.

V pokusu se nepotvrdilo, že u rostlin s větším průměrem internodií stoupá nosnost (pevnost) internodií. Ročníky 2012, 2013 a 2014 jasně dokazují, že větší průměr prvních třech internodií neznamena větší nosnost internodií.

Při vyhodnocování dat se potvrdil předpoklad, že při silné regulaci nejvyšších internodií ječmene se nejvíce zkrátí celková délka stébla, jak dokazují varianty 4 a 6 při aplikaci vyšších dávek Cerone.

Použití RR je silně závislé na povětrnostních podmínkách, odrůdové náchylnosti k poléhání, úrovni dusíkaté výživy a hustotě porostu. RR mají zkrátit stéblo, a tak zabránit poléhání sladovnického ječmene. Dle našich výsledků lze s RR regulovat výšku stébla a odolnost stébla proti poléhání tak aby nezpůsobily žádné vedlejší poškození porostu. Vždy je důležité zvážit dávku a kombinaci přípravků s ohledem na strukturní stav porostu, vlhkost půdy, odrůdu, ošetření rostlin pesticidy a předpokládaný průběh počasí po aplikaci.

## 7 ZÁVĚR

V diplomové práci byl sledován vliv RR na porost jarního ječmene (*Hordeum vulgare* L.). Primárním cílem tohoto zkoušení a porovnávání bylo ověřit nebo najít existenci negativního působení RR na produkci výnosu a kvalitu porostu jarního ječmene při dodržení všech zásad správné aplikace RR. Projevy účinků regulátorů růstu se sledovaly na rozdílech hodnot parametrů určitých orgánů rostliny jarního ječmene.

Vliv RR na jarní ječmen byl sledován na rozdílech hodnot parametrů rostlin, konkrétně se sledovala délka klasu, počet zrn v klase, výška stébla, délka internodií, průměr internodií a nosnost internodií, přičemž internodiální hodnoty byly zjišťovány na prvních třech internodiích. Dále se také sledoval výnos jednotlivých variant použití RR v porovnání s neošetřenou kontrolou. V roce 2014 se k těmto sledováním přidaly ještě kvalitativní zkoušky, konkrétně se hodnotil vliv na obsah dusíkatých látek a podíl předního zrna nad sítím 2,5 mm.

Porosty v tomto pokusu byly vedeny intenzivní technologií pěstování. Aplikace proběhla ve třech termínech: T1 – BBCH 28-30, T2 – BBCH 31-32, T3 – BBCH 37-39

při použití následných přípravků Retacel extra R68 (CCC), Moddus (TXE) a Cerone (EP).

Výsledky sledování ukazují, že na dané lokalitě v daných letech zkoušení dle výše uvedené metodiky nebyl zaznamenán žádný negativní vliv RR na kvalitu či produkci jarního ječmene. Dle očekávání, vliv ročníku byl statisticky vysoce průkazný na všechny měřené parametry.

Statisticky nebyl prokázán vliv RR na zkrácení délky klasu a snížení počtu zrn v klase, které dle literatury hrozí při nesprávném použití RR. Statisticky průkazný byl jen vliv RR na počet zrn v klase v interakci s ročníkem. V roce 2014 se měřily vybrané kvalitativní parametry sladovnického ječmene. Ty také nesignalizovaly žádné negativní snížení hodnot po aplikaci RR. Dusíkaté látky i podíl předního zrna nad sítím 2,5 mm zůstaly neovlivněny v dobré sladovnické kvalitě i na variantách s aplikací RR v různých dávkách, termínech či kombinacích dle platné legislativy pro používání těchto látek. Statisticky vysoce průkazný vliv RR byl prokázán na parametry celková délka stébla, délka I. internodia, délka II. internodia, délka III. internodia a na průměr I. internodia, kde u převážné většiny zkoušených variant došlo k žádanému zkrácení délek. Statisticky vysoce průkazná byla interakce použití RR s ročníkem u parametru: celková délka stébla, dále u délek všech měřených internodií, u parametru nosnost internodií a parametru průměr I. internodia. Z čehož vyplývá, že určité varianty použité ve specifických ročnících můžou mít pozitivní vliv na uvedené parametry.

Vliv RR na výnos jarního ječmene nebyl statisticky průkazný. Výnos byl během celého sledování pokusu oproti kontrole zvýšen u variant 2., 5., 6. Varianta 2 však výrazně nezkrátila délku stébla.

Nejlepšího efektu zkrácení s výborným výnosem dosáhla varianta 6. Nepatrně vyšší výnos, ale méně efektivní krácení předvedla varianta 5 a výborný výnos s dostatečným krácením byl zaznamenán také u 4. varianty.

V pokusu se nepotvrdilo, že s větším průměrem internodií stoupá nosnost (pevnost) internodií. Z ročníku 2012, 2013 a 2014 vyplývá, že větší průměr prvních třech

internodií nezajišťuje větší nosnost internodií. Dle výsledku z ročníků 2013 a 2014 vyplývá, že RR nemají přímý vliv na průměr I. II. ani III. internodia ječmene jarního

Dělené, kombinované či opakované dávky RR, dle uvedené metodiky, nemají negativní vliv na porosty jarního ječmene.

Všeobecný smysl použití RR, jako ochrany před ztrátami výnosů vzniklými poléháním, se ukázal v roce 2013. V tomto ročníku došlo k poléhání porostů ječmene na dané lokalitě. Všechny varianty aplikací RR zvýšily poměrně výrazně výnos, var. 5 až o 1,95 t. ha<sup>-1</sup>, oproti neošetřené kontrole.

## 8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

ABELES F. B., MORGAN P. W., SALTVEIT M. E. Jr. 1992: *Ethylene in plant and development by stimulation and inhibition of elongation*. Plant Sciensis. 175, 59-70 s.

*Advances in regulation of plant growth and development*. Editor Pavel Peč, Erwin Beck. Prague: Peres, 1999, 258 s. ISBN 80-86360-06-7.

BAKUĽA J. 1999: *Produkčný proces jačmeňa obyčejného – jarného a jeho regulácia vybranými agrotechnickými faktormi.*, Nitra, Disertačná práca. SPU.

BÉRKA T. 2011: *Vliv výživy na kvalitu sladovnického ječmene.*, Brno, Diplomová práce (in MS. Dep.knihovna MENDELU v Brně). MENDELU v Brně, Agronomická fakulta

BERRY P. M., STERLING M., MOONEYS S. J. 2006: *Development of a model of lodging for barely*. Journal of Agronomy and Crop Science 192 (2) 151-158 s.

BEZDÍČKOVÁ A. 2005: *Využití růstových regulátorů v technologii pěstování sladovnického ječmene*. Agrární obzor 8 (2), 18-19 s.

BEZDÍČKOVÁ A. 2011: *Ako správne používať regulátory pri pestovaní obilnín*. In: *Ako udržať ziskovosť pestovania obilnín*. Praha s. 59-63.

- BEZDÍČKOVÁ A. 2013: *Regulátory růstu a smáčedla- v jarním ječmeni opatrně*. In: Sladovnický ječmen – intenzita a kvalita 2.2013. Velká Bystřice 53-57s. Ditana spol. s r.o.
- BINGHAM I. J., McCABE V. B. 2006: *Commercially available plant growth regulators and promoters modify bulk tissue abscisic acid concentrations in spring barely, but not root growth and yield response to drought*. Annals of Applied Biology (146) 291-304 s. ISSN 0003-4746, Cprop & Soil Systems Research Group, Agricultural College, Aberdeen
- BÍZIK J. 1997: *Hnojení a výživa jačmeňa dusíkom*. In: Jačmeň, výroba a zhodnotenie. Nitra, SPU. s. 16-21
- BLEECKER A. B., SCHALLER G. E. 1996: *The Mechanism of Ethylene Perception*. Plant Physiologi 111, 653-660 s. University of Wiscinsin, Department of Botany, Madison
- BURG S. P. 1973 *Etylene in plant growth*. Proc. Nat. Acad. Sci. 70 (2), 591-597s.
- BURG S. P., BURG E. A. 1968: *Ethylene Formation in Pea Seedlings; Its Relation to the Inhibition of Bud Growth Caused by Indole-3Acetic Acid*. Plant Physiol. 43 (7), 1069-1074 s.
- CAMPBELL, Neil A a Jane B REECE. *Biologie*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, c2006, xxxiv, 1332 s. ISBN 80-251-1178-4.
- ČERNÝ J., BURANOVA Š., SEDLÁŘ O., KOVAŘÍK J., KULHÁNEK M., MŮŽIK J., 2015: *Vliv hnojení a stanoviště na výnos jarního ječmene*. Úroda 63(4), 42-48 s. Profi Press s.r.o. Praha ISSN 0139-6013.
- ČERNÝ L., HÁJEK M., CIHLÁŘ P. 2013: *Eliminace suchého jara a možnosti pěstitelské technologie jarního ječmene*. In: Kompendium 2013 Intenzita a kvalita 14.2.2013. Vsisko 58-61 s., SJS Kralupy nad Vltavou, 64 s.

ČERNÝ, Ladislav. *Jarní sladovnický ječmen: pěstitelský rádce*. Vyd. 1. Praha: Pro katedru rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent, 2007, 39 s. ISBN 978-80-87111-04-8.

D. 1997: *Ethylene can stimulate Arabidopsis hypocotyl elongation in the light*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94, 2756-2761 s. Virginia Polytechnic Institute and State University, Department of Crop and Soil Environmental Sciences

DAN H., IMASEKI H., WASTENEYS G. O., KAZAMA H. 2003: *Ethylene stimulates endoreduplication but inhibits cytokinesis in cucumber hypocotyl epidermis*. Plant Physiol 133, 1726-1731 s.

Davies J Peter 2004: *Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action!* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 750 s., 16 s. obr. příl. ISBN 1402026846.

DEKKER Marcel 2002: *Plant roots: the hidden half*. 3rd ed., rev. and expanded. Editor Yoav Waisel, Amram Eshel, Uzi Kafkafi. New York:, 1120 s. Books in soils, plants, and the environment. ISBN 0-8247-0631-5.

DIANLIANG P., XIAO GUANG CH., YANPING Y., KUNLI L., WEIBING Y., YUHAI T., ZHENLIN W. 2014: *Lodging resistance of winter wheat (Triticum aestivum L.): Lignin accumulation and its related enzymes activities due to the application of paclobutrazol or gibberellin acid*. Field Crops Research 157, 1-7 s. ISSN 0378-4290

DICKISON, William C. *Integrative plant anatomy*. San Diego: Harcourt/Academic Press, c2000, xvii, 533 p.

DUGARDEYN J., van der STRAETEN D. 2008: *Ethylene: fine-tuning plant growth and development by stimulation and inhibition of elongation*. Plant Science 175 (1-2), 59-70 s.

DVOŘÍČKOVÁ O., 2015: *Sortiment jarního ječmene*. Úroda, 63(3), 30-34 s. Profi Press s.r.o. Praha ISSN 0139-6013 MK ŘR E608

ERVIN E. H., KOSKI A. J. 2001: *Trinexapac-ethyl increases Kentucky bluegrass leaf cell density and chlorophyll concentration*. Hortscience, 36 (4) 787-789 s.



ESHEL, Amram a Tom BEECKMAN. *Plant roots: the hidden half*. 4th ed. Boca Raton, FL: CRC Press, c2013, 1 v. (various pagings). ISBN 1439846499.

ESPINDULA M. C., ROCHA V. S., GROSSI J. A. S., SOUZA M. A., SOUZA L. T., FAVARATO L. F. 2009: *Use of growth retardants in wheat*. *Planta daninha*, 27, (2) 379-387 s. ISSN 0100-8358

EVANS J. R., EVANS R. R., REGUSCI C. L., RADEMACHER W. 1999: *Mode of Action, Metabolism, and Uptake of BAS 125W, Prohexadione-calcium*. *HortScience* 34 (7), 1200-1201 s. (Limburgerhof) BASF Agricultural Center, P.O.Box, [ONLINE]. Vystaveno srpen 1998. [cit. 2015-3-17]. Dostupné z: <http://hortsci.ashspublications.org/content/34/7/1200.full.pdf+html>

FAKUDA H. 1997: *Tracheary element differentiation*. *Plant Cell* 9 (7), 1147-1156 s. University of Tokyo, Botanical Gardens, Faculty of Science

FUKSÍK K. 2015: *Ústní sdělení*. (2015-04-27)

GUZMAN P., ECKER J. R. 1990: *Exploiting the triple response of Arabidopsis to identify ethylene-related mutants*. *The Plant Cell* (2) 513-523 s. University of Pennsylvania, Plant Science Institute, Department of Biology

HARTMAN I. 2012: *Kvalita sladovnického ječmene za sklizně 2011* Kompendium 2012 Intenzita a kvalita 9.2.2013. *Vsisko* 36-37 s., SJS Kralupy nad Vltavou, 61 s.

HOPKINS, William G. *Introduction to plant physiology*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1999, xv, 512 s. ISBN 0471192813.

HOTA, Dharamvir. *Synthetic plant growth regulators* [online]. New Delhi: Gene-Tech Books, 2007, 274 s. ISBN 9781441655455.

HOYDO H., MOROZUMI S., OKAI M., YAMADA C. 1993: *Induction of ethylene production and lignin formation in wounded mesocarp tissue of Cucurbita maxima*. *Acta horticulturae* 264-269 s. Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Japan

HOZLÁR P., VALČUHOVÁ D. 2013: *Vliv morforegulátora na úrodu a modelovanie porastu nepestovanejších odrôd ovsa siateho c SR*, In: Centrum výskumu rastlinnej

výroby Piešťany [ONLINE]. Vystaveno červen 2013. [cit. 2015-2-25]. Dostupné z: [http://old.agroporadenstvo.sk/rv/obilniny/ovos\\_morforegulator.htm](http://old.agroporadenstvo.sk/rv/obilniny/ovos_morforegulator.htm)

HŘIVNA L., KOTKOVÁ B. 2013: *Možnosti uplatnění NP roztoku ve výživě jarního ječmene*. In: Kompodium 2013 Intenzita a kvalita 14.2.2013. Vsisko 33-36 s. SJS Kralupy nad Vltavou, 64 s.

HUANG W-N., LIU H-K., ZHANG H-H., CHEN Z., GUO Y-D., KANG Y-F. 2013: *Ethylene-induced changes in lignification and cell wall-degrading enzymes in the roots of mungbean (Vigna radiata) sprouts*. Plant Physiology and Biochemistry 73 412-419 s. Agricultural University, College of Agriculture and Biotechnology, Beijing

HÝSKOVÁ M. 2006: *Histochemické metody studia lignifikace*. Brno, Bakalářská práce (in is.muni) MASARYKOVA UNIVERZITA v Brně

CHLOUPEK, Oldřich, Blanka PROCHÁZKOVÁ a Eva HRUDOVÁ. *Pěstování a kvalita rostlin*. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005, 178 s. ISBN 80-7157-897-5.

JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 3. dopl. a opr. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1998, 551 s., [38] s. il. na příl. ISBN 80-7182-070-9.

JIAO X. Z., YIP W. K., YANG, S. F. 1987 *The effect of the light and phytochrome on* JONES, Russell L. *The molecular life of plants*. 1st pub. Chichester: John Wiley & Sons, 2013, xxiv, 742 s. ISBN 9780470870112.

KHAN, Nafees A. *Ethylene action in plants*. New York: Springer, c2006, xvii, 206 p. ISBN 9783540327165.

KIM H. Y., LEE I. J., HAMAYUN M., KIM J. T., WON J. G., HWANG I. C., KIM K. U. 2007: *Effect of Prohexadione Calcium on Growth Components and Endogenous Gibberellins Contents of Rice (Oryza sativa L.)* Agronomy & Crop Science 193 445-451 s. Kyungpook National University, College of Agriculture and Life Sciences, ISSN 0931-2250

KINCL, Lubomír, Miloslav KINCL a Jana JAKRLOVÁ. *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií: [učebnice pro gymnázia a další střední školy]*. Vyd. 2., upr. Praha: Fortuna, 1996, 112 s. ISBN 80-7168-364-7.

KINCL, Miloslav a Václav KRPEŠ. *Základy fyziologie rostlin*. 2. dopl. vyd. Ostrava: Montanex, 2000, 221 s. ISBN 80-7225-041-8.

KLEM K., HŘIVNA L., RYANT P., MÍŠA P. 2013: *Využití diagnostických metod pro rozhodovací procesy v pěstební technologii jarního ječmene*. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o. - Agrottest fyto, s.r.o. – Agrottrial s.r.o. [ONLINE] [cit. 2015-3-4]. Dostupné z: <http://www.vukrom.cz/vyzkum/patenty-vzory/diagn-metody-jecmen>

KLEM K., KLEMOVÁ Z., MÍŠA P., 2009: *Poléhání jarního ječmene – hlavní faktory a systémy regulace*. Obilnářské listy 17 (2), 46-53 s., Agrottest fyto, s.r.o. Kroměříž

KLEM, Karel. *Využití diagnostických metod pro rozhodovací procesy v pěstební technologii jarního ječmene: (metodika pro zemědělskou praxi)*. Kroměříž: Agrottest fyto, 2011, 88 s. ISBN 978-80-904594-0-3.

KLULOVANÁ E. 2001: *Nepoléhavý víceřadý ozimý ječmen*. Úroda: [ONLINE]. Vystaveno červen 2001. [cit. 2015-3-17]. Dostupné z: <http://uroda.cz/nepolehavy-viceřady-ozimy-jecmen/>

KŘOVÁČEK J., VAŠÁK J., 2006: *Nové možnosti regulace růstu sladovnického ječmene*. In: Úspěšné plodiny pro velký trh-Ječmen a cukrovka., 44-45 s.

KURIYAMA H. 1999: *Loss of tonoplast integrity programmed in tracheary element differentiation*. Plant Physiology 121, 763-774 s. University of Tokyo, Department of Biological Sciences, Graduate School of Science

KŮST F., POTMĚŠILOVÁ J., 2013: *Situační a výhledová zpráva obiloviny*. MZe Praha: [ONLINE]. Vstaveno prosinec 2013. [cit. 2015-2-25]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/277539/SVZ\\_Obiloviny\\_2013.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/277539/SVZ_Obiloviny_2013.pdf)

KUTINA, Josef. *Regulátory růstu a jejich využití v zemědělství a zahradnictví*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988, 414 s. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).

LARCHER, Walter. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 4th ed. New York: Springer, c2003, xx, 513 p. ISBN 3540435166-

LIN Z., ZHONG S., GRIERSON D. 2009: *Recent advances in ethylene research*. Journal of Experimental Botany 60 (12), 3311-3336 s. University of Nottingham, Division of Plant and Crop Sciences

MACHÁČ R. 2011: *Studium vlivu regulátorů růstu na výnos a kvalitu obilok trav*. Praha, Disertační práce (in ČZU v Praze) ČZU v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra pícninářství a trávnikářství

MAUSETH, James D. *Botany: an introduction to plant biology*. 4th ed. Sudbury, Mass.: Jones and Bartlett Publishers, c2009, xvi, 624, [43] p. ISBN 0763753459.

McCANN S. E., HUANG B. 2008: *Drought responses of Kentucky bluegrass and creeping bentgrass as affected by abscisic acid and trinexapac-ethyl*. Journal of the american society for horticultural science 133 (1) 20-26 s.

MOORE, Randy. *Botany*. Dubuque, IA: Wm.C. Brown, c1995, xxxi, 824, [69] s. ISBN 0-697-03775-4.

NA CH-I., HAMAYUN M., KHAN A. L., KIM Y. H., CHOI K-I., KANG S. M., KIM S. K., KIM J. T., WON J. G., LEE I-J. 2011: Influence of prohexadione-calcium, trinexapac-ethyl and hexaconazole on lodging characteristic and gibberellin biosynthesis of rice (*Oryza sativa L.*) *African Journal of Biotechnology*, 10 (61), 13097-13106 s. ISSN 1684-5315

NOVÁČEK, František. *Fytochemické základy botaniky*. Vyd. 2., dopl. Olomouc: Fontána, [2008], 284 s. ISBN 978-80-7336-457-1.

NOVÁK, Jan a Milan SKALICKÝ. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Vyd. 1. Praha: Powerprint, 2008, 327 s., ISBN 978-80-904011-1-2.

OBARA K., FUKUDA H. 2004: *Programmed cell death in xylem differentiation*. *Programmed Cell Death in Plants* 131-154 s.

OTTMAN M. 2011: *Lodging still a problém for wheat and barely in Arizona*. *Western Farm Press* (4) 12-13 s. Extension Agronomist University of Arizona

PAVLOVÁ, Libuše a Lukáš FISCHER. *Růst a vývoj rostlin*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2011, 325 s. ISBN 978-80-246-1913-2.

*Plant roots: the hidden half*. 3rd ed., rev. and expanded. Editor Yoav Waisel, Amram Eshel, Uzi Kafkafi. New York: Marcel Dekker, c2002, xx, 1120 s. Books in soils, plants, and the environment. ISBN 0-8247-0631-5.

PROCHÁZKA, Stanislav a Jiří ŠEBÁNEK. *Regulátory rostlinného růstu*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1997, 395 s. ISBN 80-200-0597-8.

PROCHÁZKA, Stanislav. *Botanika: morfologie a fyziologie rostlin*. Vyd. 3. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009, 242 s. ISBN 978-807375-125-8.

PROCHÁZKA, Stanislav. *Fyziologie rostlin*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1998, 484 s. ISBN 80-200-0586-2.

RADEMACHER W. 2000: *GROWTH RETARDANTS: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways*. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51 (6), 501-531 s.

RAJALA A., PELTONEN-SAINIO P. 2001: *Grain and oil crops-Plant Growth Regulator Effects on Spring Cereal Root and Shoot Growth*. *Agronomy Journal* 93 (JULY-AUGUST) 936-943 s. University of Helsinki, Finland

RAJALA A., PELTONEN-SAINIO P. 2002: *Triming applections of growth regulators to alter spring cereal development at high latitudes*. *Agricultural and Food Science in Finland* 11: 233-244 s.

ROBERTS, Terry R a David H HUTSON. *Metabolic pathways of agrochemicals*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1998, xx, 849 s.

SEDEROFF R. R., MACKAY J. J., RALPH J., HATFIELD R. D. 1999: *Unexpected variation in lignin*. *Current Opinion in Plant Biology* 2 (2), 145–152 s.

SLABÝ, Karel a Petra KREJČÍ. *Anatomie a morfologie rostlin: (návody do cvičení)*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005, 93 s. ISBN 80-7157-873-8.

SMALLE J., HAEGMAN M., KUREPA J., MONTAGU M.V., van der STRAETEN

SPITZEROVÁ D., TVARŮŽEK L., 2011: *Vliv interakce fungicidů a regulátorů růstu na růst a vývoj ječmene jarního*. *Obilnářské listy* 19 (3-4), 58-61 s., Agrotest fyto, s.r.o. Kroměříž

SPONSEL V. 2006: *Structures of Some Important Gibberellins, Their Precursors and Derivatives, and Inhibitors of Gibberellin Biosynthesis*. *Plant Physiology* [on-line] [cit. 2015-2-19] Dostupné z: <<http://www.plantphys.net>>

SRNAD, Miroslav *Advances in regulation of plant growth and development*. Editor Pavel Peč, Erwin Beck. Prague: Peres, 1999, 258 s. ISBN 80-86360-06-7.

SVAČINA P. 2009: *Vliv způsobu pěstování na výnos a technologickou kvalitu jarního ječmene*. Brno, Diplomová práce, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav pěstování rostlin, šlechtění a rostlinolékařství

SVOBODOVÁ I., MÍŠA P., MATUŠINSKÝ P., KROFTA S., 2014: *Srovnání odolnosti rozdílových typů porostů jarního ječmene k poléhání metodou měření odporové síly stébel*. *Obilnářské listy* 22 (2): 37-39s. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o. - Agrotest fyto, s.r.o. – Agrotrial s.r.o. [ONLINE] [vid. 21. 4. 2015]. Dostupné z: [http://www.vukrom.cz/aktuality/aktuality?set\\_language=de](http://www.vukrom.cz/aktuality/aktuality?set_language=de)

ŠÁCH P., 2015: *Porost máte pod kontrolou!*. *Úroda* 63 (3), 21-21 s. Profi Press s.r.o. Praha

ŠEBÁNEK, Jiří. *Fyziologie rostlin: vysokoškolská učebnice pro vysoké školy zemědělské*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1983, 558 s. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).

ŠILHA J., CEJTCHAML J., POLÁKOVÁ M. 2011: *Ochrana proti polehnutí = základ výnosu a kvality jarního sladovnického ječmene*. SUFLET AGRO a.s.: [ONLINE]. Vystaveno duben 2011. [cit. 2015-3-11]. Dostupné z: <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/ochrana-proti-polehnuti-zaklad-vynosu-a-kvality-jarniho-sladovnickeho-jecmene.html>

ŠPUNAROVÁ M., MÍŠA P. 2006: *Agrotechnika pěstování jarního sladovnického ječmene*. In: Ječmenářská ročenka, Praha. 132-139, VÚPS, a. s, 317 s.

TAIZ L., ZEIGER E., Moller I. M., MURPHY A. M. 2015: *Plant Physiology and Development* [online]. Vystaveno leden 2015. [cit. 2015-2-28] Dostupné z: <http://www.sinauer.com/plant-physiology-and-development.html>

VANĚK, Václav. *Výživa a hnojení polních a zahradních plodin*. 3. dopl. vyd. Praha: Martin Sedláček, 2002, 132 s. ISBN 809024131x12.

VENCLOVÁ B. 2015: *Regulace není legrace, ani v obilovinách*. Úroda 63 (4), 36-39 s.

VOKŘÁL M. 2006: *Moddus - regulátor růstu pro jarní aplikaci v řepce olejce*. ČZU Praha: [online]. Vystaveno únor 2006. [cit. 2006-11-28]. Dostupné z: <http://max.af.czu.cz/svri/sbornik06/>

WIERSMA J. J., DAI J., DURGAN B. R. 2011: *Optimum Timing and Rate of Trinexapac-ethyl to Reduce Lodging in Spring Wheat*. Agronomi Journal 103 (3), 864-870 s. ISSN 00021962

YANG S. F., HOFFMAN N. E. 1984: *Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants*. Annu. Rev. Plant Physiol. 35, 155-189 s.

ZHANG X. Z., ERVIN E. H., SCHMIDT R. E. 2003: *Plant growth regulators can enhance the recovery of Kentucky bluegrass sod from heat injury*. Crop Science 43 (3), 952-956 s. Virginia Tech, Department of Crop and Soil Environmental Sciences

ZIMOLKA, Josef. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006, 200 s. ISBN 80-86726-18-5.

ZIMOLKA, Josef. *Speciální produkce rostlinná - rostlinná výroba: (polní a zahradní plodiny, základy pícninářství)*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000, 245 s. ISBN 80-7157-451-1.

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 1.</b> Závislost mezi celkovou intenzitou poléhání (suma relativního podílu plochy se sklonem rostlin nad 45° a do 45°) a výnosem u odrůdy Jersey v roce 2005. (Zdroj: Klem 2011) .....	33
<b>Obr. 2.</b> Náchylnost odrůd k poléhání. (Zdroj: Šilha et al. 2011) .....	39
<b>Obr. 3.</b> Závislost mezi intenzitou poléhání a obsahem dusíku v sušině rostlin na začátku odnožování (DC 21-22) u odrůdy s nízkou úrovní poléhání (Prestige) a vysokou úrovní poléhání (Tolar). (Zdroj: Klem 2011) .....	40
<b>Obr. 4.</b> Příčný řez stonkem ječmene. (Zdroj: MENDELU) .....	47
<b>Obr. 5.</b> Průměrný úhrn srážek Žabčice 2012-2014 (Zdroj: MENDELU) .....	63
<b>Obr. 6.</b> Průměrné roční teploty Žabčice v letech 2012 - 2014, (Zdroj: MENDELU)....	63
<b>Obr. 7</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (konfidenční intervaly) .....	70
<b>Obr. 8.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test) .....	72
<b>Obr. 9.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test) .....	73
<b>Obr. 10.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test) .....	75
<b>Obr. 11.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test) .....	76



<b>Obr. 12.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test).....	78
<b>Obr. 13.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test).....	80
<b>Obr. 14.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test).....	82
<b>Obr. 15.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test).....	83
<b>Obr. 16.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test).....	85
<b>Obr. 17.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test).....	87
<b>Obr. 18.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test).....	88
<b>Obr. 19.</b> Graf. xy: Grafické vyjádření průkaznosti rozdílů středních hodnot (Tukeyův test).....	90
<b>Obr. 20.</b> Obsah dusíkatých látek v zrně jarního ječmene, průměr 2014.....	91
<b>Obr. 21.</b> Přepad na síto 2,5 mm, průměr 2014.....	92

## 10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vliv jednotlivých faktorů na riziko poléhání a váhy faktorů pro vyhodnocení celkového rizika poléhání. Zdroj: Klem (2011).....	54
Tabulka 2: Hodnoty dlouhodobých teplotních a srážkových normálů (1961-1990).....	62
Tabulka 3: Varianty ošetření ječmene jarního regulátory růstu 2012-2014.....	64
Tabulka 4: Agrotechnické opatření 2012-2014.....	65
Tab. xy: Analýza variance pro výnos.....	69

Tab. xy: Analýza variance pro délku stébla.....	71
Tab. xy: Analýza variance pro délku klasu.....	73
Tab. xy: Analýza variance pro počet zrn v klase .....	74
Tab. xy: Analýza variance pro délku internodií I .....	76
Tab. xy: Analýza variance pro délku internodií II.....	77
Tab. xy: Analýza variance pro délku internodií III .....	79
Tab. xy: Analýza variance pro průměr internodií I .....	81
Tab. xy: Analýza variance pro průměr internodií II .....	83
Tab. xy: Analýza variance pro průměr internodií III.....	84
Tab. xy: Analýza variance pro nosnost internodií I.....	86
Tab. xy: Analýza variance pro nosnost internodií II .....	88
Tab. xy: Analýza variance pro nosnost internodií III .....	89
Tabulka 18: Výnos, výnosotvorné prvky, jakost pokusných variant a výška porostu, procentuální porovnání s kontrolou (Červený Újezd, 2005) Zdroj: Křováček et al., (2006).....	104
Tabulka 19: Doporučené odrůdy jarního ječmene pro České pivo a slad 2014. Zdroj: ÚKZÚZ vlastní zpracování.....	106

## 11 PŘÍLOHY

Tabulka 1: Makrofenologické stupnice ječmene (Zdroj:Klem 2011)

Růstová fáze	DC (Zadoks)	BBCH	Feekes
Klíčení Suchá obilka	00	00	
Nabobtnalá obilka	03	03	
Vyražení primárního kořínku	05	05	
Objevení koleoptile na obilce	07	07	
Objevení listu na špičce koleoptile	09	09	
Vzcházení Objevení koleoptile nad povrchem půdy	10	10	0

První listy	11	11	1.1
Fáze 1. listu (2. List vyrůstá z pochvy 1. listu)			
Fáze 2. listu (3. list vyrůstá)	12	12	1.2
Fáze 3. listu (4. list vyrůstá)	12	12	1.2
Fáze 4. listu a dalších (9. listů)	14 - 19	14 - 19	
Odnožování	20	20	
Neodnožená rostlina – odnož uvnitř pochvy listu			
Začátek odnožování – hlavní stéblo a 1. viditelná odnož	21	21	2
Hlavní stéblo a 2 viditelné odnože	22	22	
Hlavní stéblo a 3 viditelné odnože	23	23	
Plné odnožování – hlavní stéblo a 5 a více odnoží	25	25	3
Konec odnožování	29	29	4
Sloupkování	30	30	5
Začátek sloupkování – hlavní stéblo a odnože se vzpřimují			
1. kolénko na hlavním stéble je hmatatelné (nad úrovní odnožovacího uzlu)	31	31	6
2. kolénko je patrné	32	32	7
3.- 6. kolénko je patrné	33-36	33-36	
Objevení posledního (praporcového) listu	37	37	8
Objevení jazýčku posledního listu	39	39	9
Naduřování listové pochvy	41	41	10
Prodlužování pochvy praporcového listu			
Růstová fáze	DC (Zadoks)	BBCH	Feekes
Začátek naduřování pochvy horního listu	43	43	
Naduřelá pochva	45	45	
Prasklá pochva	47	47	
Viditelné osiny vyčnívají z pochvy	49	49	
Metání	51	51	10.1
Začátek metání – první klásek viditelný			
Čtvrtina klasu vymetaná	53	53	10.2
Celý klas vymetán	59	59	10.5
Kvetení	61	61	10.5.1
Začátek kvetení, objevují se první prašníky ve středu květu			
Plné kvetení, většina klásků má zralé prašníky	65	65	10.5.2
Konec kvetení, většina klásků odkvetlá, ojedinele visí zaschlé prašníky	69	69	10.5.3
Zrání	71	71	10.5.4
Mléčná zralost			
Tvorba obilky, první obilky dosáhly konečné velikosti, obsah zrna je vodnatý			
Raně mléčná zralost	73	73	11.1
Středně mléčná zralost (obilky mají konečnou velikost a mlékovitý obsah)	75	75	
Pozdně mléčná zralost	77	77	
Vosková zralost	83	83	11.2
Raně vosková zralost 83			
Vosková zralost – obsah obilky je měkký a tvárný (mezi prsty se hněte)	85	85	
Žlutá zralost (tuhý vosk) – obsah obilky je pružný až pevný, po vrypu nehem se tvoří rýha	87	87	11.2

Plná zralost Obilka je tvrdá, obtížně dělitelná nehtem	91	89	11.3
Obilka tvrdá, není možné udělat nehtem rýhu	92		11.4
Obilka se uvolňuje, v průběhu dne vypadává	93		
Přezrálost	94	92	
Dormance obilek	95		
Životaschopné obilky klíčí z 50 %	96		
Ztráta dormance obilek	97		
Vznik druhého období dormance obilek	98		
Ztráta druhé dormance obilek	99		

Tabulka 2: Tabulka: Úroveň poléhání na nehnojených variantách s odrůdami Prestige a Sebastian po předplodinách kukuřice na zrno, ozimá. (Zdroj: Klem 2009)

Předplodina	N min (mg.kg <sup>-1</sup> ) v půdě v polovině odnožování ječmene			Odrůda	N v sušině rostlin (%) v polovině odnožování ječmene	Parametr green NDVI v polovině odnožování ječmene	Poléhání se sklonem do 45° (% plochy)
	0-30 cm	30-60 cm	Průměr 0-60 cm				
Kukuřice na zrno	2,56	3,18	2,87	Sebastian	3,13	0,424	0
				Prestige	2,73	0,434	0
Ozimá pšenice	3,33	4,58	3,955	Sebastian	3,3	0,485	0
				Prestige	3,47	0,533	0
Cukrovka	4,46	5,4	4,93	Sebastian	3,54	0,605	0,33
				Prestige	3,89	0,648	0
Ozimá řepka	6,98	11,05	9,015	Sebastian	5,57	0,696	63,3
				Prestige	5,43	0,707	23,33

Tabulka 3: Pokusné varianty (Červený Újezd, 2005) Zdroj: Křováček et al., (2006)

Varianta/růstová fáze při aplikaci regulátoru	BBCH 32 – 34, počátek sloupkování	BBCH 42 – 43, naduřování pochvy praporcového listu
1	---	---
2	Terpal C 1,5 l/ha	
3	Terpal C 1,5 l/ha	Terpal C l/ha
4	Terpal C 1,5 l/ha	Cerone 480 SL 0,5 l/ha
5	Moddus 0,4l /ha	
6	Moddus 0,4l /ha	Terpal C 1 l/ha

7	Moddus 0,41 /ha	Cerone 480 SL 0,5 l/ha
---	-----------------	------------------------

Tabulka 4: Hodnoty jakostních ukazatelů ječmene sladovnického (Černý et al. 2007)

Hodnoty jakostních ukazatelů ječmene sladovnického (ČSN 46 1100-5)		
Jakostní ukazatel	Základní jakost (%)	Závazná jakost (%)
Vlhkost	15,0	nejvýše 16,0
Přepad zrna nad sítem 2,5x2,2 mm	90,0	nejméně 70,0
Zrna poškozená	2,0	nejvýše 5,0
Zrna se zahnědlými špičkami	2,0	nejvýše 6,0
Zrna porostlá	0,0	nejvýše 0,5
Celkový odpad, z toho:	3,0	nejvýše 7,0
Neodstranitelná příměs	-	nejvýše 1,0
Zelená zrna	-	nejvýše 10
Klíčivost	98,0	nejméně 92,0
Obsah N-látek (Nx6,25)	11,0	nejvýše 12,5
Barva zrna	světle žlutá	žlutá, i méně vyrovnaná
Plucha	jemně vrásčitá	i méně jemně vrásčitá

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Tabulka 1: Makrofenologické stupnice ječmene (Zdroj:Klem 2011) .....	122
Tabulka 2: Tabulka: Úroveň poléhání na nehnojených variantách s odrůdami Prestige a Sebastian po předplodinách kukuřice na zrno, ozimá. (Zdroj: Klem 2009) .....	124
Tabulka 3: Pokusné varianty (Červený Újezd, 2005) Zdroj: Křováček et al., (2006)..	124
Tabulka 4: Hodnoty jakostních ukazatelů ječmene sladovnického (Černý et al. 2007)	125