

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Vliv aplikace stimulatoru růstu na hmotnost sušiny a tvorbu výnosu  
ječmene ozimého**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: František Podroužek, DiS.**

**Obor: Rostlinná produkce**

**Vedoucí práce: doc. Ing. František Hnilička, Ph.D.**

**© 2020 ČZU v Praze**

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv aplikace stimulatoru růstu na hmotnost sušiny a tvorbu výnosu ječmene ozimého" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.7. 2020

---

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Františku Hniličkovi, Ph.D. za trpělivé vedení této bakalářské práce. Dále patří poděkování společnosti EGT system spol. s.r.o. za poskytnutí pokusného materiálu a všem, kteří mi při realizování této práce pomáhali.

# Vliv aplikace stimulátoru růstu na hmotnost sušiny a tvorbu výnosu ječmene ozimého

## Souhrn

Ječmen setý (*Hordeum vulgare*) je jedna z nejstarších obilovin. Patří do skupiny nejpěstovanějších plodin na světě. Dnes zaujímá tato plodina produkcí a rozsahem osevních ploch čtvrté místo na světě. Ječmen bude patřit stále mezi plodiny pěstované pro potravinářské, krmné ale i agronomické účely. Je možné ho využít jako předplodinu pro další plodiny nebo jako pomocnou plodinu pro zakládání nových kultur. Z těchto důvodů je důležité zabývat se jejím co nejefektivnějším pěstováním a stále vytvářet nové agrotechnické postupy. Toho lze dosáhnout zlepšením kořenové a mimokořenové výživy, správným a šetrným udržováním zdravotního stavu rostlin a promyšlenou regulací růstu pomocí stimulátorů růstu.

Bakalářské práce sleduje vliv komerčně dodávaných stimulátorů růstu na tvorbu sušiny kořenů, nadzemní biomasy, výnosotvorných prvků a výši výnosu ozimé formy ječmene obecného. Pro řešení práce byla využita metoda polního pokusu. Polní pokus byl založen na rodinné farmě. Podstatou pokusu bylo sledování vlivů aplikace stimulátoru růstu v průběhu ontogenetického vývoje ozimé formy ječmene setého odrůdy Travira. Pokus znázorňoval čtyři varianty. Kontrolní varianta představovala neošetřenou variantu, u níž byly provedeny standardní agrotechnické zásahy. Druhá varianta byla ošetřena komerčně dodávaným přípravkem Fulhum dávkou 0,5 l/ha. U třetí varianty byl aplikován přípravek 3D o aplikační dávce 0,2 l/ha. Čtvrtou variantu představovala aplikace obou testovaných látek v kombinaci v dávkách 0,25 l/ha a 0,1 l/ha. Uvedené látky byly na rostliny ječmene aplikovány ve fázi počátku sloupkování a počátku metání. V průběhu vegetace se v hlavních vývojových fázích ječmene uskutečnily odběry rostlin dle standardní metodiky a následně bylo stanoveno množství sušiny kořenů a nadzemní biomasy. Dále byla sledována tvorba výnosotvorných prvků a v době sklizně byla stanovena výše výnosu.

Z výsledků vyplývá, že hmotnost sušiny kořenů u ošetřených rostlin byla u variant s aplikací Fulhumu výrazně vyšší až o 10,33 g. Varianta aplikovaného přípravku 3D neměla vliv na zvyšování biomasy kořenů. U této varianty byla zaznamenána spíše klesající tendence hmotnosti kořenové soustavy. Kombinace přípravků Fulhumu a 3D slabě ovlivňovala nárůst kořenové soustavy. Hmotnost sušiny nadzemní biomasy byla vyšší ve všech variantách průměrně o 10,71 g v porovnání s kontrolní variantou (17,89 g).

Při hodnocení výnosové úrovně jednotlivých variant byly zjištěny rozdílné výsledky. U ošetřené varianty kombinací přípravků Fulhumu a 3D se sníženými dávkami byl zjištěn vyšší výnos o 29,98% oproti kontrolní variantě (6,97 t/ha). Ošetřená varianta přípravkem Fulhum vykazovala úroveň výnosu vyšší o 25,95% oproti kontrolní variantě (6,97 t/ha). Třetí varianta ošetřená přípravkem 3D znázorňuje zvýšení výnosu pouze o 20,08%.

Tvorba výnosových prvků je pozitivně ovlivňována aplikací přípravků Fulhumu i 3D. Byl sledován vliv přípravků na udržení počtu odnoží na rostlinu, průměrný počet semen v klasu a hmotnost tisíce zrn. Z pokusu vychází, že počet odnoží významněji podporoval přípravek Fulhum. Průměrný počet semen v klasu i hmotnost tisíce zrn nejvíce ovlivňuje přípravek 3D.

Podle výsledků polního pokusu nelze jednoznačně potvrdit hypotézu, že vliv aplikace přípravku 3D na tvorbu sušiny ječmene je v rámci jeho ontogenetického vývoje pozitivní. Naopak u přípravku Fulhum je tato hypotéza potvrzena, přípravek dle výsledků pokusu způsobuje nárůst nadzemní i kořenové biomasy. Také byla potvrzena hypotéza, že aplikace Fulhumu a 3D ovlivňuje změny v základních růstově-analytických charakteristikách ječmene. Dle výsledků pokusu přípravek Fulhum a 3D pozitivně ovlivňuje vyšší výnosu ozimé formy ječmene obecného.

**Klíčová slova:** ječmen; stimulátor růstu; huminové látky; sušina; výnos

# **Effect of growth stimulator application on dry weight and yield formation of winter barley**

## **Summary**

The barley (*Hordeum vulgare*) is one of the oldest cereals. It belongs to the group of the most cultivated crops in the world. Nowadays this crop ranks fourth in the world in terms of production and sown area. Barley will still be one of the crops cultivated for food, feed and agronomic purposes. It can be used as a pre-crop for other crops or as an auxiliary crop for establishing new crops. For these reasons, it is important to cultivate it as efficiently as possible and to constantly create new agrotechnical practices. This can only be achieved by improving root and extra-root nutrition, proper and gentle maintenance of plant health and well-thought growth regulation through growth promoters.

The bachelor's thesis monitors the influence of commercially available growth stimulators on the formation of root dry matter, aboveground biomass, yield-forming elements and yields of the winter form of barley. The field experiment method was used to solve the work.

The field experiment was based on a family farm. The essence of the experiment was to monitor the effects of the application of a growth stimulator on the formation of dry matter and yield during the ontogenic progress of the winter form of barley, the Travira variety. The experiment showed 4 variants. The control variant was an untreated variant in which standard agrotechnical interventions were performed. The second variant was treated with a commercially available preparation Fulhum at a rate of 0.5 l / ha. In the third variant, a 3D preparation was applied at an application rate of 0.2 l / ha. The fourth variant was the application of both test substances in combination, at rates of 0.25 l / ha and 0.1 l / ha. These substances were applied to barley plants in the phase of the beginning of peeling and the beginning of throwing. During the vegetation, in the main developmental stages of barley, samples of plants were taken according to the standard methodology and subsequently the amount of root dry matter and aboveground biomass was determined. Furthermore, the formation of yield-generating elements was monitored and the amount of yield was determined at the time of harvest.

The results show that the dry weight of the roots in the treated plants was significantly higher in the variants with the application of Fulhum up to 10.33 g. The variant of the applied 3D preparation had no effect on increasing the root biomass. In this variant, a rather decreasing tendency of the weight of the root system was recorded. The combination of Fulhum and 3D products weakly affected the growth of the root system. The weight of the dry matter of aboveground biomass was higher in all variants an average of 10.71 g compared to control variant (17.89 g).

When evaluating the yield level of individual variants, different results were found. The variant treated with Fulhum and 3D at reduced doses showed a higher yield of 29.98% compared to the control variant (6,97 t/ha). The variant treated with Fulhum showed a yield

level 25.95% higher than the control variant (6,97 t/ha). The third variant treated with 3D shows an increase in yield of only 20.08%.

The creation of yield elements is positively influenced by the application of Fulhum and 3D products. The effect of preparations on maintaining the number of seeds in the ear and the weight of a thousand grains was monitored. The experiment shows that the number of shoots was significantly supported by Fulhum. The average number of seeds in a spike and the weight of a thousand grains affect the 3D product the most.

According to the results of the field experiment, the hypothesis that the effect of the application of the 3D preparation on the formation of barley dry matter is positive within its ontogenetic development cannot be unambiguously confirmed. On the contrary, with the Fulhum preparation, this hypothesis is confirmed; according to the results of the experiment, the preparation causes an increase in both above-ground and root biomass. The hypothesis that the application of Fulhum and 3D influences the basic growth-analytical characteristics of barley was also confirmed. According to the results of the experiment, Fulhum and 3D have a positive effect on the yield of the winter form of barley.

**Keywords:** barley; growth promoter; humic substances; dry matter; yield

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a hypotézy .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Historie a význam ječmene .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Botanická a biologická charakteristika ječmene .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Požadavky ječmene na podmínky prostředí .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Regulace růstu ozimého ječmene .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Tvorba výnosu .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3</b>	<b>Stimulátory růstu a inhibitory růstu.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Fytohormony .....</b>	<b>9</b>
3.3.1.1	Auxiny .....	10
3.3.1.2	Gibereliny .....	11
3.3.1.3	Cytokininy .....	11
3.3.1.4	Etylen.....	12
3.3.1.5	Brassinosteroidy .....	13
<b>3.3.2</b>	<b>Huminové látky .....</b>	<b>14</b>
3.3.2.1	Huminy .....	15
3.3.2.2	Huminové kyseliny.....	15
3.3.2.3	Fulvokyseliny .....	16
<b>3.4</b>	<b>Ostatní rostlinné stimulátory .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Extrakty z mořských řas.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Anorganické sloučeniny .....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika rostlinného materiálu .....</b>	<b>18</b>
4.1.1.1	Travira .....	18
<b>4.2</b>	<b>Založení pokusu .....</b>	<b>18</b>
4.2.1	Charakteristika stanoviště.....	18
4.2.2	Obsah živin.....	19
4.2.3	Počasí.....	19
4.2.4	Založení pokusu .....	21
4.2.5	Varianty pokusu .....	23
4.2.6	Pokusný materiál .....	23
4.2.6.1	ENERGEN FULHUM PLUS.....	23
4.2.6.2	ENERGEN 3D PLUS.....	24
4.2.7	Měření fyziologických a výnosotvorných parametrů.....	25
4.2.7.1	Stanovení hmotnosti sušiny.....	25



4.2.7.2	Stanovení výnosu.....	25
4.2.7.3	Stanovení tvorby výnosových prvků.....	25
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>26</b>
5.1	Hmotnosti sušiny kořenů.....	26
5.2	Hmotnost sušiny nadzemní biomasy.....	28
5.3	Výnos.....	30
5.4	Stanovení tvorby výnosových prvků.....	30
5.5	Ekonomické zhodnocení.....	32
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>34</b>
6.1	Hmotnost sušiny kořenů.....	34
6.2	Hmotnost sušiny nadzemní biomasy.....	35
6.3	Výnos.....	35
6.4	Stanovení tvorby výnosových prvků.....	36
6.5	Ekonomické zhodnocení.....	37
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy.....</b>	<b>44</b>



# 1 Úvod

Obiloviny jsou strategickou a historicky nejvýznamnější plodinou. Mají v ekosystému na orné půdě rozhodující postavení. Osévají se na více než 50 % orné půdy. Podle údajů Food and Agriculture Organisation ("FAO") dodávají obiloviny lidstvu téměř polovinu energetické hodnoty ve stravě a polovinu konzumovaných bílkovin.

Ječmen je druhou nejstarší obilninou a již od počátku uvědomělého zemědělství provází spolu s pšenicí člověka. V oblastech původu se ječmen používal převážně k lidské výživě, byl i léčivou rostlinou pro své protizánětlivé a antiseptické účinky a připravoval se z něj posilující nápoj.

V současné době se v zemědělské praxi mimokořenově aplikuje organický materiál, jehož cílem je zlepšení kvality půdy, doplnění živin do půdy a úprava vodního režimu v půdě. Mezi tyto látky lze zařadit také humáty. Jedná se o komerčně dodávané výrobky, které jsou bohaté na nízkomolekulární fulvokyseliny a huminové kyseliny o vysoké molekulové hmotnosti a dále obsahují mikroprvky. Humáty mají stimulovat růst rostlin, zvyšovat odolnost rostlin vůči stresům a přispívat k maximalizaci výnosu.

Stimulace růstu rostlin je celosvětově známým tématem, jehož vlivy mohou mít pozitivní i negativní dopad pro rostlinná společenstva. V současnosti je využíváno pro stimulaci růstu mnoho přípravků na organické bázi (hydrolyzáty, výluhy z řas apod.), ale také na bázi syntetických derivátů, zejména nitrofenolu. Část zemědělské veřejnosti projevovala obavy, že stimulatory růstu nejsou rentabilní v případě suchých ročníků.

Bakalářská práce sleduje u rostlin ozimé formy ječmene obecného (*Hordeum vulgare* L.) vliv aplikace stimulatorů růstu na tvorbu sušiny a výnosu v průběhu jejich ontogenetického vývoje.

## 2 Cíl práce a hypotézy

Bakalářské práce sleduje účinky komerčně dodávaných stimulatorů růstu na tvorbu sušiny kořenů, nadzemní biomasy, výnosotvorných prvků a výši výnosu ozimé formy ječmene obecného.

Na základě toho byly stanoveny cíle práce:

- Stanovit vliv aplikace vybraných přípravků Fulhumu a 3D na tvorbu sušiny kořenů a nadzemní biomasy.
- Stanovit vliv Fulhumu a 3D na výši výnosu ječmene obecného.

Z navrženého cíle práce vychází hypotézy:

- Aplikace Fulhumu a 3D ovlivňuje změny v tvorbě sušiny jednotlivých orgánů ječmene.
- Vliv aplikace těchto látek je pozitivní na tvorbu sušiny ječmene v rámci jejího ontogenetického vývoje.
- Testované látky ovlivňují výši výnosu ječmene obecného, ozimé formy.

Ječmen ozimý byl vybrán jako modelová plodina z důvodu předpokladu výrazného prokázání účinku na tvorbu sušiny kořenů a nadzemní biomasy. Dalším důvodem výběru byla skutečnost, že se jedná o tradiční plodinu na území České republiky.

K realizaci polního pokusu byly vybrány komerční přípravky od společnosti EGT system spol. s.r.o. Společnost se zabývá vývojem a prodejem přípravků Energen pro zemědělské plodiny a poradenstvím v oblasti stimulace rostlin. Byly vybrány dva nejpoužívanější přípravky z portfolia společnosti se zaměřením na stimulaci a tvorbu nadzemní i podzemní biomasy a zadržování vody v rostlině Fulhum a 3D.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Historie a význam ječmene

Dějiny pěstování ječmene sahají do počátku uvědomělého zemědělství. Ječmen člověka provází spolu s pšenicí jako druhá nejstarší obilnina. Historické studie prokazují jeho pěstování již od 5. stol. př. n. l., avšak z literárních zdrojů vyplývají mnohem starší zmínky, např. z Iráku ze 7. stol. př. n. l. a z Egypta z 8. stol. př. n. l. (Beneš, 2011). Ječmen byl jedním z prvních zemědělských domestikátů spolu s pšenicí, hráškem (*Pisum sativum*), čočkou (*Lens culinaris*), která se datuje asi před 10 000 lety na úrodném Blízkém východě (Dordas, 2012).

Vedle severosyrských nalezišť pocházejí cenné informace o domestikaci ječmene z nalezišť v sídelní pánvi v okolí Damašku. Zde byly zjištěny na řadě sídlišť datovaných od raného a středního úseku 8. tisíciletí př. n. l. do 6. tisíciletí př. n. l. progresivní nárůsty domestikovaných typů ječmene. Dalšími centry domestikace ječmene jsou regiony v pohorí Zagros, kde v místních neolitických lokalitách existují doklady stejně časně domestikace ječmene jako v Sýrii a Izraeli (Beneš, 2011).

Za oblast původu ječmene je považována Asie a zejména oblast tzv. úrodného půlměsíce (Zimolka, 2006).

Z východoafrické oblasti (Habeš, Eritrea) na obr. 1 níže zřejmě pocházejí víceřadé ječmeny z původního planého druhu *Hordeum agriocrithon* Åberg. a z Přední Asie, Arménie, Řecka a zemí římského impéria ječmeny dvouřadé, jejichž představitelem je původní druh *Hordeum spontaneum* Koch (Zimolka, 2006).



**Obrázek 1:** Oblast Habeš a Eritrea (Eritrea location on the Africa map, 2020)

Ječmen dvouřadý je považován za kulturně mladší než ječmen víceřadý (šesti a čtyřřadý), neboť po pravěkém a starověkém období ječmenů víceřadých nastupuje ve středověku éra obou typů, a to jak víceřadého, tak dvouřadého. Pro novověk je již charakteristická převaha ječmene dvouřadého, zvláště ve střední Evropě. V oblastech původu sloužil ječmen především jako potravina, částečně jako krmivo (Zimolka, 2006).

V našich zemích je prokázáno pěstování ječmene v době asi 500 let př. n. l. četnými archeologickými nálezy svědčícími o jeho zastoupení spolu s pšenicí a boby. Na území ČR jsou naleziště v Bylanech u Kutné hory, u Jevišovic na západní Moravě, v Býčí skále severně od Brna apod. (Zimolka, 2006).

Ječmen ozimý je u nás využíván výhradně ke krmným účelům. K jeho oblibě přispěly některé vlastnosti, jako je vysoký výnosový potenciál, tolerantnost k horším předplodinám, k horším půdním podmínkám a k menšímu vláhovému deficitu v průběhu vegetace, schopnost dobře využívat zimní vláhu, zahustit prořidlejší porosty dostatečným počtem plodných odnoží, a tím účinně potlačovat plevel a omezovat vyplavování minerálního dusíku, dozrávat před všemi ostatními hlavními obilninami, a tak uvolňovat pozemky pro pěstování řepky, případně meziplodin a umožnit tak účelnější rozložení pracovních špiček (Křen, 1998).

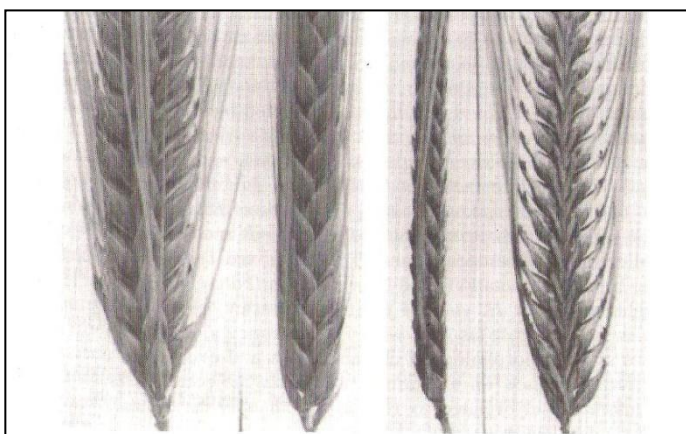
### 3.2 Botanická a biologická charakteristika ječmene

Ječmen setý (*Hordeum vulgare*) je jednoděložná rostlina, taxonomicky řazená do čeledi *Poaceae* (lipnicovitě), kmen *Triticeae*. Čeleď *Poaceae* je největší čeledí jednoděložných rostlin. Rod *Hordeum* zahrnuje 32 druhů a celkem 45 taxonů (Bothmer, 1991). Rod *Hordeum* L. podle počtu chromozomů ( $n = 7$ ) rozdělujeme obdobně jako pšenici na diploidní, tetraploidní a hexaploidní, přičemž i v rámci téhož druhu se mohou vyskytovat rozdílné stupně ploidity. Za předchůdce dnešních ječmenů se převážně považuje víceřadý *Hordeum agriocrithon* Aberg (Zimolka, 2006).

Zimolka (2006) uvádí, že všechny kulturní odrůdy ječmene patří do jediného diploidního druhu ( $n = 14$ ) *Hordeum vulgare* L., ječmen setý na obr. 2, který se dále člení na convariety:

- *Hordeum vulgare* convar. *vulgare* - ječmen setý, víceřadý; u něj se rozlišují dva typy:
  - šestiřadý – hexastichon,
  - čtyřřadý – tetrastichon.
- *Hordeum vulgare* convar. *intermedium* - ječmen setý, přechodný, má prostřední klásky (jednokvěté) plodné, postranní buď částečně, nebo zcela sterilní.
- *Hordeum vulgare* convar. *distichon* - ječmen setý, dvouřadý, tvoří tři jednokvěté klásky na každém článku klasového větene, dva z nich (okrajové) jsou sterilní, vyvíjí se výjimečně s prašníky nebo jalové, s pluchou a pluškou, jsou bez osin. Prostřední klásek je plodný (nejčastěji s osinou).

- Varieta *nutans* (ječmen nící, háčkující) - tvoří klas dlouhý 50 až 130 mm, má dlouhé, souběžně přiléhající osiny, v době zralosti se klas ohýbá (háčkuje).
  - Varieta *erectum* (ječmen vzpřímený) - klas kratší, hustý, do plné zralosti vzpřímený.
  - Varieta *zeocrithon* – syn. *breve* (ječmen paví) tvoří klas krátký, velmi hustý, na bázi široký, k vrcholu se zužuje, obilky odstávají od větene, osiny vějířovitě odstávají.
  - Varieta *nudum* (ječmen nahý); obilka nesrůstá s pluchami, při výmlatu zůstává asi 20 % obilek obaleno pluchami, které však rovněž s obilkou nesrůstají.
- *Hordeum vulgare convar. labile* – ječmen setý, různotvarý, labilní; na člancích klasového větene tvoří nestejný počet plodných klásků (1-3).



**Obrázek 2:** Druhy ječmene setého (*Hordeum vulgare* L.) (Newman, 2008)

Ječmen, obdobně jako jiné druhy z čeledi lipnicovitých, tvoří svazčité kořeny, které jsou v porovnání s dvouděložnými rostlinami slabší a netloustnou. Z našich obilnin tvoří ječmen nejvyšší počet zárodečných (primárních) kořínků v počtu 4 - 10, nejčastěji 5 – 6, což závisí mj. na velikosti obilek (vyšší tvoří větší počet), typu (víceřadé nižší počet než dvouřadé) a formě ječmene (ozimé méně než jarní). Z bazálních podzemních uzlů (kolének) v době odnožování vyrůstají kořínky adventivní (sekundární). Zárodečné kořínky pronikají u ječmene až do hloubky 140 cm a podílejí se na zásobení vláhou zvláště v období déle trvajícího sucha podstatněji než kořínky adventivní rozprostřené převážně v ornici v hloubce 30 - 50 cm. Zůstávají aktivní zpravidla až do konce vegetace (Zimolka, 2006).

Počet stébel na rostlinu je ovlivněn hustotou rostlin, genotypem a faktory prostředí. Délka stébela také závisí na genotypu a prostředí a do jisté míry na hustotě rostlin. Zralé stéblo má válcovou strukturu skládající se z dutých vnitřních kolének. Na průměrné rostlině je pět až sedm internod, i když bylo také pozorováno internod 10 nebo 11 (Newman, 2008).

Listy má ječmen pravotočivé a jsou umístěny nad sebou ve dvou řadách. Pochva obepínající stéblo vyrůstá z horní části kolénka. V místě, kde pochva přechází v čepel, je zakončena blanitým jazýčkem (ligula), který je téměř rovný a po stranách vybíhá v dlouhá ouška (auriculy), jež se vzájemně překrývají. Čepel listová je u ječmene čárkovitě přímá nejužší u horního (praporcovitého) listu (Zimolka, 2006). Listová čepel bývá ojíněná s namodralým voskovým povlakem (Šašková, 1993).

Dle Newman (2008) je podle taxonomické charakteristiky ječmene hlavní identifikační znak jednokvětý klásek, z něhož se střídají na opačných stranách každého plochého větveného uzlu trojice klásků. K dispozici jsou dva boční a jeden centrální. Mohou být plodné všechny tři klásky (šestiřadé), nebo pouze centrální klásky (dvouřadé).

### 3.2.1 Požadavky ječmene na podmínky prostředí

Povětrnostní podmínky jednotlivých ročníků ovlivňují výkyvy výnosů v jednotlivých letech více než půdní typ a půdní druh s výjimkou vysloveně extrémních půd. V kukuřičné a řepařské výrobní oblasti jsou výnosy ovlivňovány spíše množstvím srážek během vegetace, kdežto v ostatních výrobních oblastech spíše průběhem teplot v rozhodujících fázích růstu a vývoje a průběhem počasí při sklizni (s ohledem na možné ztráty). Z výsledků dlouhodobých polyfaktoriálních pokusů také vyplývá, že kolísání výnosů je ovlivňováno více průběhem počasí než vlivem stanoviště, výsevku a hnojení (Křen, 1998).

Pěstování ječmene ozimého limituje především jistota jeho přezimování. Jeho nižší mrazuvzdornost je způsobena nevýraznou fotoperiodickou reakcí ovlivňující rychlost vývoje. Zvláště citlivý je na prudké rozdíly teplot brzy na jaře (Zimolka, 2006).

Požadavky ječmene ozimého na srážky nejsou velké. V důsledku rychlého vývoje na jaře a schopnosti dobře využívat zimní vláhu není citlivý na sušší období koncem jara a začátkem léta. Vzhledem k tomu, že jeho růst a vývoj je během jarní vegetace velmi rychlý, neškodí mu obvykle přísušky na počátku léta. Nevyhovuje mu dlouhé a chladné jaro, které způsobuje jeho pomalý růst a žloutnutí listů (Zimolka, 2006).

Dle Rostlinolékařského portálu (2020) ozimý ječmen snáší méně úrodné půdy, půdy lehčí, hlinitopísčité a nesvědčí mu utužená půda a kyselá půdní reakce. Je méně mrazuvzdorný a vyžaduje proto mírné zimy bez prudkých rozdílů teplot brzy na jaře. Lze ho pěstovat také v oblastech s menším úhrnem srážek. Ozimý ječmen snáší i kyselou půdní reakci ( $\text{pH} < 5,5$ ).

Ječmen ozimý je nejméně zimovzdorným typem ozimých obilnin a v nepříznivých zimách existuje větší riziko horšího přezimování. Poškozuje ho déle trvající holomrazy pod  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Ječmen ozimý je méně náročný na půdní podmínky než jarní forma ječmene. Snáší celkem dobře lehčí, hlinitopísčité půdy, hnědé, oglejené a ilimerizované půdy. Přispívá ke stabilizaci výnosů tam, kde se již ječmeni jarnímu daří méně a kde pšenice ozimá nemůže plně uplatnit své výnosové schopnosti (Křen, 1998).

Za vhodné pro ozimý ječmen z hlediska půdních a klimatických podmínek jsou považovány oblasti obilnářské, bramborářské či sušší řepařské a rajony s lehčími půdami řepařské a kukuřičné oblasti. Snáší i kyselou půdní reakci ( $\text{pH}$  pod 5,5), ale vyšší výnosy jsou dosahovány na půdách s  $\text{pH}$  5,5 - 6,5. Ozimý ječmen je považován za obilninu méně



náročnou na výživu a praxe jej často využívá jako doběrnou plodinu při základním hnojení a omezeném využití pesticidů. To je hlavní příčina výnosové stagnace ječmene i přes použití nových výkonnějších odrůd, kdy rozdíl mezi výnosovým potenciálem nově registrovaných odrůd a stupněm jeho využití se v prvovýrobě neúnosně zvyšuje. Ovšem zvýšená intenzita pěstování souvisí s cenou krmného ječmene, kam ozimý ječmen (s výjimkou některých dvouřadých odrůd) jednoznačně patří (Zimolka, 2006).

### 3.2.2 Regulace růstu ozimého ječmene

Pro dosažení vysokého výnosu by dobře založený porost ozimého ječmene měl mít asi 650 klasů na 1 m<sup>2</sup> u šestiřadých odrůd a 850 - 1000 klasů na 1 m<sup>2</sup> u dvouřadých odrůd. Jedním ze způsobů, jak se přiblížit k tomuto cíli, je racionální využití regulátorů růstu. Rostliny lépe zakoření, mají vyšší obsah chlorofylu a intenzivněji, rovnoměrněji přijímají živiny i za nepříznivých podmínek pro příjem živin, čímž se zvyšuje aktuální mrazuvzdornost (Zimolka, 2006).

Jako regulátory růstu jsou v obilninách využívány tyto účinné látky (samostatně či v kombinacích): chlormequat-chlorid, ethephon, trinexapac-ethyl, mepiquat a prohexadione. Chlormequat-chlorid potlačuje působení giberelinů, které jsou zodpovědné za prodlužování buněk. Podobně působí také trinexapac-ethyl. Proto je použití chlormequat-chloridu nebo trinexapac-ethyl vázáno na teploty nad 8 °C optimálně 10–15 °C (Rostlinolékařský portál, 2020). Po aplikaci chlormequatu se naopak zvyšuje hladina cytokininů, což se projevuje zvýšeným počtem kořenů. Rostliny lépe zakořeňují zvláště v suchých ročnících, tím se vytvoří příznivější podmínky pro lepší přezimování (Zimolka, 2006).

Rostliny jsou odolnější proti nepříznivým půdním a povětrnostním podmínkám. Po ošetření dojde také ke zpomalení růstu a vyrovnání vývoje odnoží (Zimolka, 2006). Tato vlastnost je pak využívána u ozimých obilnin k podpoře odnožování porostů, které nebyly schopny v důsledku chladného počasí na podzim dostatečně odnožit. Současně je vliv chlormequat-chloridu při těchto časných aplikacích větší na hlavní stéblo než na vedlejší odnože, které tak mohou srovnat svoje zpoždění ve vývoji (Rostlinolékařský portál, 2020).

Pozitivní vliv na růst kořenů pomůže rostlinám, které jsou vystaveny středně závažným stresům z nedostatku vláhy, urychlit a zvýšit příjem vody i živin, a tím se lépe vyrovnat se stresovým obdobím (Hájek, 2016). Pro zvýšení jistoty přezimování a zvětšení kořenového systému ozimů se doporučuje aplikovat chlormequat do 15. října, v letech s teplejším podzimem i do 20. října. Podmínkou účinnosti této aplikace je, aby teploty před aplikací a po aplikaci byly alespoň 8 °C a vyšší a porost by měl po ošetření vegetovat nejméně dva týdny. Aplikaci regulátorů růstu na bázi chlormequatu provádíme především pro snížení rizika vyzimování přerostlých porostů. Ošetření je pozitivní především u dvouřadých ozimých ječmenů s geneticky podmíněnou nižší mrazuvzdorností (Zimolka, 2006).

Účinek růstových regulátorů je intenzivně modifikován podmínkami počasí i pěstitelskou technologií. Např. současné použití regulátorů růstu s morfolinovými fungicidy nebo kapalným hnojivem DAM 390 urychluje jejich příjem a je nezbytné počítat s intenzivnějším zkrácením stébla. Rovněž při kombinacích s herbicidy charakteru růstových

látek nebo s triazolovými fungicidy by měla být redukována dávka morforegulátorů o 10–30 % (Rostlinolékařský portál, 2020).

Podzimní ošetření regulátory růstu omezuje nebezpečí přerůstání, ke kterému dochází za podmínek pro intenzivní růst ozimů. Tato skutečnost výrazněji platí právě u ozimého ječmene. V první dekádě měsíce října je možné, jak již bylo uvedeno, aplikací chlormequatu zpomalit vývoj ozimého ječmene a tím zvýšit jistotu přezimování. U ozimého ječmene byla podzimní aplikace chlormequatu efektivní i v letech bez nebezpečí přerůstání (Zimolka, 2006).

Účinná látka patří do chemické skupiny cyclohexandionů. Je to skupina růstových retardantů, do které patří například i chlormequat-chlorid (CCC) a další, které představují inhibitory enzymů v biosyntéze kyseliny giberelinové. Gibereliny jsou rostlinné hormony podporující prodlužovací růst. Trinexapac-ethyl efektivně inhibuje poslední krok v syntéze aktivního giberelinu GA<sub>1</sub>, čímž se zastavuje prodlužovací růst rostlin, zesiluje stéblo a podpoří se růst kořenů (Hájek, 2016).

Nepřiměřené dávky regulátorů mohou za stresových podmínek způsobovat výnosové deprese. Nováček (2008) konstatuje, že stimulatory růstu ve vyšších koncentracích mohou růst brzdit a inhibitory ve velmi nízkých koncentracích mohou naopak růst povzbuzovat.

Ethephon uvolňuje morforegulační hormon ethylen, který jako stresový hormon redukuje prodlužovací růst. Přeměna ethephonu na účinný ethylen může probíhat až při teplotách od 12 °C, přičemž optimum se pohybuje v rozmezí 15–20 °C (Zimolka, 2006).

Ošetření etefonem snižuje výnos zrna v důsledku výrazného snížení počtu zrn v klase nebo hmotnost tisíce zrn v klase, protože zvyšuje počet stébel na metr čtvereční. Celkový účinek aplikace etefonu na výnos je tedy nekonzistentní a je do značné míry ovlivněn převládajícími povětrnostními podmínkami (Ma, 1992).

### 3.2.3 Tvorba výnosu

Růstové a produkční procesy ječmene jsou značnou mírou ovlivňovány mohutností a funkcí jeho kořenů (Zimolka, 2006). Mezi nejdůležitější výnosotvorné prvky, které ovlivňují výnos obilnin, patří bezesporu počet a zastoupení jednotlivých odnoží. Obilniny však mají velmi silnou autoregulační schopnost tvorby i redukce jednotlivých odnoží v závislosti na vnějších podmínkách. Mezi ně patří teplota, srážky během vegetace, dostupnost živin a hustota rostlin. Praktickým problémem při pěstování obilnin je skutečnost, že není mnoho způsobů, jak ovlivnit formování odnoží, aby byl podpořen vývoj zejména produktivních odnoží na úkor neproduktivních. Během vývoje ječmene se vytváří výrazně vyšší počet odnoží, než je konečný počet klasů. Redukce odnoží během vegetace dosahuje 30–70 %, kdy maximální odnožovací schopnost bývá dosažena před začátkem sloupkování. Právě nadbytečný vývoj odnoží, zejména těch neproduktivních, vede ke zbytečnému odčerpávání živin a nižšímu výnosu (Šamalík, 2019).

Ječmen pozitivně reaguje na hnojení dusíkem, problém však představují vyšší náchylnosti k padlí, což může výnos naopak snižovat (Oerke, 1990).

Výnos zrna je výsledkem působení mnoha faktorů a podmínek prostředí na rostlinu a reakcí genotypu rostliny na tyto podmínky. Základním procesem tvorby výnosu je proto fotosyntéza. Každý vliv vnějších i agrotechnických podmínek můžeme interpretovat jako vliv

na proces fotosyntézy (Petr, 1987). Jednotlivé výnosové prvky se tvoří postupně, navazují na sebe a jsou formovány ve třech fázích - základní, maximální úroveň, redukce (Petr, 1987).

Vlivy působící na úroveň výnosových prvků uvádí Petr (1987) následující:

- počet rostlin na 1 m<sup>2</sup> ovlivňuje zejména biologická hodnota osiva, způsob setí - termín setí a hloubka, výsevek, vzcházivost; produktivnost odnožování je především geneticky založená, ale je též ovlivňována průběhem počasí, výživou, agrotechnikou, konkurencí;
- na počet zrn v klasu má vliv geneticky daný typ klasu (odrůda), průběh počasí, produktivita fotosyntetického aparátu listů, konkurence rostlin, výskyt chorob a škůdců;
- na hmotnost obilek působí stav asimilačního aparátu horních listů a délka jeho funkce, schopnost vést asimiláty do zrna, délka období tvorby obilky, průběh počasí, zdravotní stav.

### 3.3 Stimulátory růstu a inhibitory růstu

Rostlinné hormony jsou skupinou přirozeně se vyskytujících organických látek, které ovlivňují fyziologické procesy při nízkých koncentracích. Ovlivněné procesy sestávají hlavně z růstu, diferenciaci a vývoje, ačkoliv mohou být ovlivněny i jiné procesy, jako je například stomatální pohyb. Rostlinné hormony byly také označovány jako „fytohormony“, i když se tento termín používá jen zřídka. Jeho původní použití ve fyziologii rostlin bylo odvozeno od savčího pojmu hormonu. To zahrnuje lokalizované místo syntézy, transport v krevním řečišti do cílové tkáně a kontrolu fyziologické odpovědi v cílové tkáni prostřednictvím koncentrace hormonu (Davies, 2004).

#### 3.3.1 Fytohormony

Fytohormony patří k rostlinným biokatalyzátorům, které se podílejí na intercelulární hormonální regulaci. Vyskytují se v malém množství a jsou účinnými nositeli signálů. Místa jejich vzniku a účinku jsou rozdílná. Jsou transportovány vodivými systémy rostlin. Na rozdíl od živočichů nemají žlázy s vnitřní sekrecí, současně živočišné hormony mají specifitější působení (Nováček, 2008).

Rostlinné hormony (fytohormony) jsou nízkomolekulární látky, které se zásadním způsobem podílejí na regulaci růstu a vývoje rostlin. Hrají nezastupitelnou roli v komunikaci mezi buňkami, pletivy a orgány v průběhu celého životního cyklu rostlin (Podlešáková, 2012).

Výzkum rostlinných hormonů (fytohormonů) byl občas považován za poněkud nejasný subjekt, ale systematické používání genetických a molekulárních technik vedlo ke klíčovým poznatkům, které posílily zemědělské půdy (Teale, 2006).

Fytohormony jsou látky, které mají specifické účinky na růst rostlin a jsou aktivní při nízkých koncentracích. Rostliny používají širokou škálu hormonů, včetně steroidů a peptidů, stejně jako pět klasických tříd fytohormonů (auxiny, kyselina abscisová, cytokiny, ethylen a gibbereliny), které jsou všechny relativně malé molekuly. Rozsah a význam transportu fytohormonů není dobře pochopen pro všechny tyto třídy, ale je zvláště důležitý pro působení auxinu (Teale, 2006).

Byly připraveny i syntetické regulátory, které při exogenní aplikaci prokazují silnou růstovou aktivitu, ať již ve smyslu povzbuzení růstu (auxinoidy) nebo ve smyslu útlumu (retardanty). Z nich nejvýznamnější jsou 2,4dichlorfenoxycetová kyselina 2,4 D, maleinohydrazid MH, chlórcholinchlorid CCC, kyselina 2, 3, 5trijodbenzoová TIBA (Nováček, 2008).

### 3.3.1.1 Auxiny

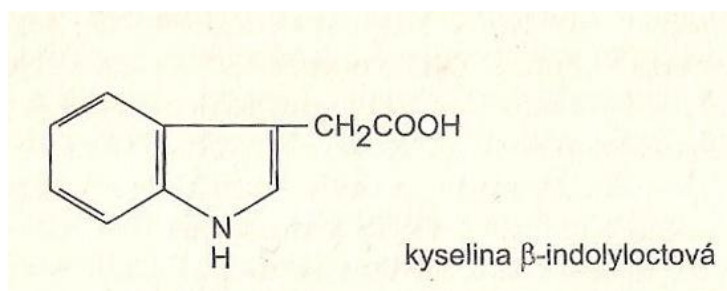
Auxin, první identifikovaný rostlinný hormon, produkuje růstovou odpověď ve vzdálenosti od svého místa syntézy, a tedy odpovídá definici transportovaného chemického posla (Davies, 2004). Přírodní auxiny představují překvapivě heterogenní skupinu malých aromatických karboxylových kyselin, které působí jako hlavní koordinační signál pro prakticky všechny procesy růstu a vývoje rostlin (Park, 2017). Auxiny jsou definovány jako organické látky, které podporují růst elongace buněk, jsou-li aplikovány v nízkých koncentracích na rostlinné segmenty pletiv v biotestu. Kromě nejčastěji studovaného auxinu IAA existuje v rostlinách i několik dalších nativních auxinů. Všechny přírodní auxiny se nacházejí v rostlinách jako volná kyselina a v konjugovaných formách (Davies, 2004).

Aplikace kyseliny indolyl-3-octové (IAA), obr. 3, nebo syntetických auxinů na rostliny způsobuje hluboké změny v růstu a ve vývoji rostlin (Zhao, 2010).

Mezi fyziologické procesy, které auxiny ovlivňují, patří stimulace buněčného dělení, dlouhivý růst stonků, větvení kořenů, apikální dominance, fototropismus, geotropismus nebo zrání plodů (Podlešáková, 2012).

Hladiny auxinů se dramaticky liší v celém těle a životě rostliny a vytvářejí gradienty, které jsou ústřední součástí jeho působení (Davies, 2004). Obsah auxinů v rostlině ovlivňuje především vliv teploty (při nízkých teplotách se tvoří málo auxinu, při vysokých teplotách se auxin rozkládá), potom hnojení makroelementy i mikroelementy (nedostatek fosforu, dusíku a zvláště zinku silně snižuje syntézu triptofanu, tím i obsah kyseliny indolyl-3-octové (IAA), podobně bór, měď a mangan ve stopových množstvích mají na obsah IAA příznivý vliv), dále pak ionizujícího záření a UV-světla (oboje snižuje obsah IAA jejím zvýšeným rozkladem). Zajímavý je vliv světla viditelné části spektra. Vysoká intenzita světla vede u zelených rostlin většinou k odvádění auxinu z růstových vrcholků rychlejším proudem asimilátů do kořenů, takže za tmy bývá po určité době ve vrcholcích rostlin auxinu nejvíce (Kutina, 1988).

Biosyntéza auxinů v rostlinách je velmi složitá. Je pravděpodobné, že k produkci nových auxinů přispívá více cest. IAA může být také uvolněna z konjugátů IAA hydrolytickým štěpením IAA-aminokyselin, IAA-cukru a IAA-methylesteru (Zhao, 2010).



**Obrázek 3:** Kyselina indolyl-3-octové, IAA (Nováček, 2008)

### 3.3.1.2 Gibereliny

Gibereliny patří do skupiny terpenů. Všechny gibereliny jsou slabé organické kyseliny; jsou to bílé krystalické látky, špatně rozpustné ve vodě a dobře rozpustné v organických rozpouštědlech či mírně alkalických vodných roztocích (Salaš, 2003).

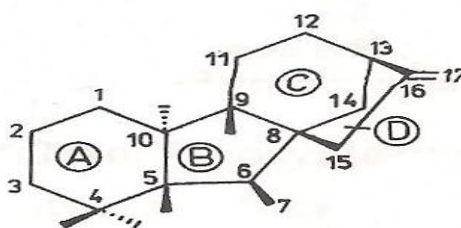
Podle Haddena (1997) a Podlešákové (2012) giberelinové hormony působí po celý životní cyklus rostlin. Ovlivňují klíčení semen, prodloužení stonků, indukci květů, vývoj prašníků a růst semen a perikarpů. Dále zprostředkovávají environmentální podněty, které modifikují proudění prostřednictvím giberelinové biosyntetické dráhy. Regulace biosyntézy giberelinu má proto zásadní význam pro vývoj rostlin a jejich přizpůsobení prostředí.

Aktivaci biosyntézy giberelinu způsobuje dvojitě oplodnění a zvýšení koncentrace auxinu. Synchronizovaný účinek těchto dvou hormonů řídí diferenciaci vajíček na plody (Di Marzo, 2020).

Gibereliny regulují indukci klíčení semen přerušením jejich dormance (období vegetačního klidu), indukci kvetení a taktéž indukci dlouhivého růstu stonku zvýšením intenzity buněčného dělení (Podlešáková, 2012). Vysoké hladiny aktivních giberelinů přítomných ve vyvíjejícím se zrna se obvykle během zrání snižují a suché zrno obvykle obsahuje velmi nízké úrovně (Davies, 2004).

Syntéza giberelinů probíhá nejen v nadzemních částech, ale i v kořenech, ovšem vlastní růst kořenů je jimi jen velmi málo ovlivňován. Tyto gibereliny jsou transportovány xylémem do nadzemních částí rostlin (Salaš, 2003).

Obilná aleuronová vrstva je sekreční pletivo, které obklopuje škrobovité endosperm a embryo. Studie reakce obilného aleuronu na giberelin a kyselinu abscisovou významně přispěla k pochopení působení giberelinu v rostlinných buňkách (Davies, 2004).



**Obrázek 4:** Ent-giberelanový skelet (Procházka, 1997)

### 3.3.1.3 Cytokininy

Cytokininy jsou skupinou rostlinně specifických hormonů, které hrají klíčovou roli během buněčného cyklu a ovlivňují řadu vývojových programů. Cytokininy byly objeveny v 50. letech 20. století kvůli jejich schopnosti vyvolat dělení rostlinných buněk (Werner, 2001).

Společně s auxiny představují cytokininy pravděpodobně nejviditelnější skupinu rostlinných hormonů regulujících buněčné dělení a je již dlouho známo, že rovnováha mezi těmito dvěma skupinami hormonů do značné míry určuje vývojový osud rostliny

Podle Arkhipova (2007) když půda začne vysychat, přirozené koncentrace cytokininů se začínají snižovat a současně se stomatálním zastavením růstu se přeměrovávají od výhonků ke kořenům.

Cytokinininy se podílejí na regulaci buněčného dělení, klíčení semen, tvorby laterálních pupenů, stárnutí rostlinných pletiv a v neposlední řadě regulují apikální dominanci. Některé cytokininové deriváty navíc vykazují protinádorovou aktivitu (Strnad, 1997).

Cytokinininy ovlivňují mnoho aspektů růstu a vývoje rostlin včetně apikální dominance, listového rozšíření a stárnutí, mobilizace živin, diferenciacie chloroplastů a aktivace meristematických výhonků. Syntetizovat cytokinininy jsou také schopné mikroorganismy, a proto mohou půdní bakterie zvyšovat obsah cytokininů v půdním roztoku a rostlinách tam rostoucích (Arkhipova, 2007).

Podrobné analýzy cytokininu naznačují, že částečná defoliace mění biosyntézu cytokininu v kořenech, což vede k vyšší koncentraci trans-zeatin ribosidu, hlavní transylované molekule xylému a vyšší koncentraci celkového cytokininu ve zbývajícím listu (Glanz-Idan, 2020).

#### 3.3.1.4 Etylen

Etylen má zvláštní postavení mezi rostlinnými hormony, neboť je za normální teploty v plynném stavu a je chemicky velmi jednoduchý. Etylen je endogenním amfoterním fytohormonem, uvolňovaným každým živým rostlinným pletivem zvláště rostoucím (Nováček, 2008).

Etylen je široce uznáván jako důležitý všudypřítomný rostlinný hormon, který se podílí na mnoha vývojových procesech včetně dozrávání ovoce, abscise, stárnutí, růstu, kvetení a exprese pohlaví (Beyer, 1976). Experimenty s aplikacemi ethylenu ukázaly, že tento těkavý rostlinný hormon má potenciál jak inhibovat, tak i stimulovat růst.

Je to jediný uhlovodík s výrazným účinkem na rostliny. Je většinou syntetizován pletivou v reakci na stres. Zejména se syntetizuje v pletivech, které podstupují stárnutí nebo zrání. Jako plyn se ethylen pohybuje difúzí ze svého místa syntézy (Davies, 2004).

Rostlinný hormon ethylen je důležitým signálem v reakcích růstu rostlin na podněty prostředí. Při vegetativním růstu je ethylen obecně považován za regulátor buněčné expanze (Love, 2009).

Je známo, že produkce etylénu kolísá během vývoje rostlin. Je stimulována klíčením semen a jeho vysoká akumulace je tradičně spojována s reprodukčními procesy a zráním (Abeles, 1992). Etylén inhibuje polární transport auxinů, a proto působí na zeslabení elongačního růstu a mění aktivitu některých enzymů. Při exogenních aplikacích způsobuje zduření lenticel, inhibici regenerace řízků, opad listů a epinastické stáčení děloh klíčících rostlin (Nováček, 2008).

Love (2009) tvrdí, že chybí přesvědčivé důkazy podporující příčinnou souvislost mezi endogenním ethylenem a stimulací meristematického růstu.

### 3.3.1.5 Brassinosteroidy

Brassinosteroidy jsou polyhydroxylované steroidní hormony, které regulují růst a vývoj rostlin (Martins, 2015) v mnohonásobných vývojových procesech při nanomolární až mikromolární koncentraci včetně buněčného dělení, elongace buněk, vaskulární diference, reprodukčního vývoje a modulace genové exprese (Bajguz 2007). Struktura Brassinosteroidu je podobná živočišným steroidním hormonům viz obr. 5 (Podlešáková, 2012).

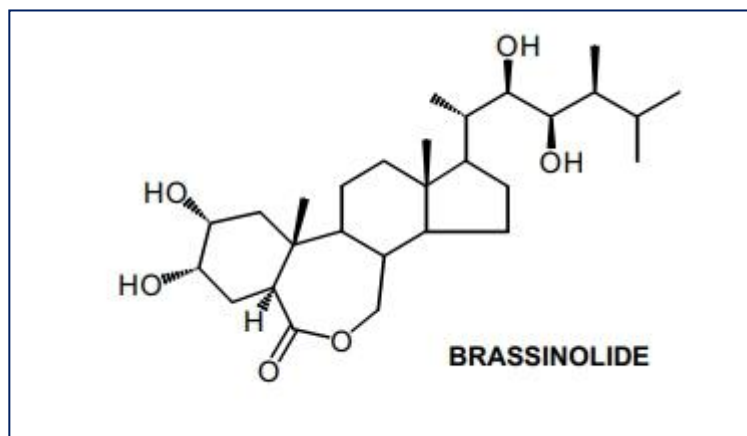
Představují poměrně novou skupinu rostlinných hormonů, podílejí se zejména na stimulaci růstu rostlin i dělení buněk, růstu mladých vegetativních pletiv, indukují kvetení, zrání plodů, klíčení semen tvorbu a růst kořenů, zvyšují rezistenci rostlin proti abiotickému i biotickému stresu (Podlešáková, 2012).

Brassinosteroidy byly objeveny v pylovém extraktu založeným na jeho schopnosti podporovat prodloužení buněk, ale později byl nalezen ve všech rostoucích pletivech vyšších rostlin s nejvyššími hladinami v pylu, semenech a plodech (Zhu, 2013).

Mají vliv na růst a vývoj při velmi nízkých koncentracích a hrají roli v endogenní regulaci těchto procesů. Inhibuje růst a vývoj kořenů a podporuje biosyntézu etylenu (Davies, 2004).

Studie rostlin s poruchami vlivem biosyntézy brassinosteroidů dokázaly, že brassinosteroidy hrají zásadní roli téměř ve všech fázích vývoje rostlin, protože tyto mutanty vykazují více vývojových vad, jako je například snížené klíčení semen, extrémně malý vzrůst, fotomorfogeneze ve tmě, změněné distribuce prùdchů (Zhu, 2013).

Syntetické brassinosteroidy dočasně zvyšují endogenní obsah cytokininů i kyseliny abscisové a mohou i zvyšovat odolnost k abiotickým stresům (Haberle, 2008). Jsou na buněčném povrchu vnímány receptorovou kinázou s plazmovou membránou (Bajguz, 2007).



**Obrázek 5:** Brassinolid (Davies, 2004)

Přestože Brassinosteroidy mohou podporovat vývoj primárních, sekundárních kořenů a rozšíření jejich primárních rozvětvených kořenů, inhibují prodloužení kořenů, což může být důsledkem syntézy ethylenu vyvolané brassinosteroidy (Bajguz, 2007).

Metabolickou dráhu brassinosteroidu lze rozdělit do dvou typů: modifikace steroidního skeletu a modifikace postranního řetězce. Bioaktivní brassinosteroidy mohou být inaktivovány různými procesy, včetně dehydrogenace, demetylace, epimalizace, hydroxylace, štěpení postranního řetězce a sulfonace (Bajguz, 2007).

### 3.3.2 Huminové látky

Podle Skybové (2006) jsou huminové látky pravděpodobně nejrozšířenější přírodní organické sloučeniny na zemském povrchu, které vznikly chemickým a biologickým rozkladem organické hmoty (degradační teorie) a syntetickou činností mikroorganismů (polyfonolová teorie). Degradální teorie popisuje vznik huminových látek mikrobiálním rozkladem odumřelého rostlinného materiálu, kdy z těžko rozložitelných látek jako je lignin, kutin nebo melanin vznikají vysokomolekulární huminy. Ty jsou pak oxidací postupně transformovány přes huminové kyseliny na fulvokyseliny a dále na ještě menší molekuly. Syntetická teorie naopak vychází z předpokladu, že rostlinná pletiva jsou nejprve degradovány na malé molekuly (karboxylové kyseliny, fenoly atd.) a z nich se pak syntézou tvoří huminové látky. Nejprve by tedy vznikaly fulvokyseliny, až pak huminové kyseliny a nakonec huminy (Pivokonský, 2010).

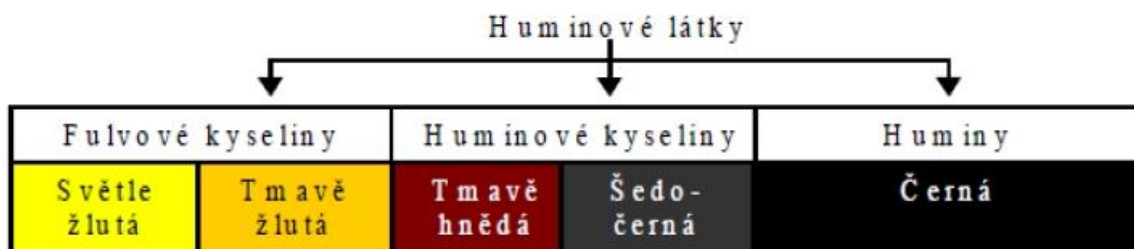
Jsou pokládány za nejdůležitější zdroj organického uhlíku v půdním i vodním prostředí a mají klíčovou roli v přírodě, protože nepřímo přispívají k růstu rostlin. Dále jsou zodpovědné za strukturu a fyzikálně-chemické vlastnosti půdy a také se spojují s většinou povrchových jevů, které v půdě nastávají (Skybová, 2006). Podle Tahira (2011) mají nepřímý vliv na růst rostlin, mohou zlepšit vlastnosti půdy, jako je agregace, provzdušňování, propustnost, schopnost zadržovat vodu, hormonální aktivita, růst mikroorganismů, mineralizace organických látek a solubilizace a dostupnost mikroprvků (např. Fe, Zn a Mn) a některé makro prvky (např. K, Ca a P).

Huminové látky lze rozdělit podle chemických a fyzikálně-chemických vlastností na humusové kyseliny (huminové kyseliny, fulvokyseliny, hymatomelanové kyseliny), huminy a humusové uhlí. Všechny skupiny jsou si strukturně podobné, liší se molekulovou hmotností, obsahem funkčních skupin, kyselostí, kompletačními schopnostmi a rozpustností v některých rozpouštědlech (Pivokonský, 2010).

Množství přijatých živin z aplikovaného roztoku mohou ovlivnit i látky, které zpomalují jeho vysychání a prodlužují potenciální dobu příjmu z vlhkého filmu na povrchu listů. Do této skupiny patří v současné době velmi populární huminové látky. Pro dosažení pozitivního efektu musí být splněna nejméně jedna ze dvou následujících podmínek. Nesmí být snížena vlastní rychlost příjmu aplikovaných živin anebo lze předpokládat výskyt delšího období bez dešťových srážek (Haberle, 2008).



Působením huminových látek je zejména růst kořenů obecně patrnější než růst výhonků (Nardi, 2002). V mnoha systémech se huminové látky chovají podobně jako auxiny (Anjum, 2011). Absorpce makronutrientů (dusík, fosfor a draslík) je významně ovlivněna přidáním huminových látek, ale u každé živiny se liší. Absorpce dusíku je například stimulována nižšími dávkami. Taková stimulace se snižuje zvyšující se dávkou, zatímco opak platí pro fosfor (Ayuso, 1996).



**Obrázek 6:** Rozdělení huminových látek podle chemických vlastností (Stevenson, 1994)

### 3.3.2.1 Huminy

Huminy jsou silně karbonizovanou hmotou, jež je pevně vázána na minerální podíl a nelze ji extrahovat ani opakovanou alkalickou extrakcí z nekalcinované půdy. Jsou definovány i jako nerozpustné formy huminových kyselin (Sotáková, 1982). Huminy a humusové uhlí jsou ve vodě prakticky nerozpustné, a proto jsou z hydrochemického hlediska významné pouze humusové kyseliny (Pivokonský, 2010).

### 3.3.2.2 Huminové kyseliny

Huminové kyseliny (HK) nejkvalitnější produkt humifikace. Jedná se o heterogenní skupinu vysoce molekulárních, organických, dusíkatých látek s cyklickou stavbou. Heterogenost huminových kyselin předurčuje jejich rozdělení do frakcí a na skupiny. Příčinou heterogenosti je rozdílná kvalita humusotvorného materiálu, jeho chemické složení a rozdílná délka trvání humifikace. Huminové kyseliny mají tmavou barvu (černé, tmavě hnědé, šedé) a hromadí se na místě vzniku (Pospíšilová, 2012). Huminové kyseliny jsou rozpustné v zásadách, ale nerozpustné v kyselinách. Při hodnotě pH 1 se v roztoku sráží (Pivokonský, 2010).

Huminové kyseliny obsahují 50–57 % uhlíku, 34–38 % kyslíku, 4–6 % vodíku a také dusík a síru (Pivokonský, 2010).

Jsou hlavní součástí hnědého uhlí a rašeliny a v menším množství se nacházejí i v černém uhlí. Vyskytují se jako volné nebo vázané na různé kovy např. hliník nebo železo (Mikulášková, 1996).

### 3.3.2.3 Fulvokyseliny

Fulvokyseliny jsou rozpustné v zásadách i v kyselinách, při hodnotě pH 1 zůstávají v rozpuštěné formě. Fulvokyseliny mají ve srovnání s huminovými kyselinami nižší molekulové hmotnosti, obsahují méně aromatických struktur, více alifatických postranních řetězců a mají více homogenní strukturu (Pivokonský, 2010). Díky nižší relativní molekulové hmotnosti jsou velmi pohyblivé a lehce se přemisťují v půdním profilu (Pospíšilová, 2012).

Fulvokyseliny jsou tvořeny 46–55 % uhlíkem, 37–50 % kyslíkem, 4–5 % vodíkem a i nízkým obsahem dusíku a síry (Pivokonský, 2010).

## 3.4 Ostatní rostlinné stimulanty

### 3.4.1 Extrakty z mořských řas

Mořské řasy, zejména červené a hnědé řasy, jsou zdroj neobvyklých a komplexních polysacharidů, které nejsou přítomny v rostlinách (Khan, 2009).

Čerstvé mořské řasy jako zdroj organické hmoty a pomocná hnojiva se v zemědělství využívají již delší dobu, ale biostimulační účinky byly zaznamenány teprve nedávno. To podněcuje komerční použití extraktů z řepky a čištěných sloučenin, které zahrnují laminosacharidy laminarin, algináty a karagenany a produkty jejich rozkladu. Mezi další složky, které přispívají k pěstování rostlin, patří mikro a makronutrienty, steroly, sloučeniny obsahující dusík, jako jsou betainy a hormony (Craigie, 2011).

Většina druhů řas patří do kmene hnědých řas, hlavními generacemi jsou *Ascophyllum* sp., *Fucus* sp., *Laminaria* sp., ale karagénanoriginát z červených mořských řas, které odpovídají odlišné fylogenetické linii. Například hnědé řasy *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* a *Saccharina longicuris* obsahují polysacharidy laminarin, fucoidan a alginát (Khan, 2009).

Mohou být aplikovány na půdu, při hydroponii nebo v listové aplikaci. V rostlinách extrakty řas ovlivňují příjem mikro a makroživin, vedle svých dalších rolí působí jako hnojiva. Dopady na klíčivost semen, zakládání rostlin a další růst a vývoj jsou spojeny s hormonálními účinky, které jsou považovány za hlavní příčiny biostimulační aktivity na plodinách. Ačkoliv cytokininy, auxiny, kyselina abscisová, gibereliny a další třídy sloučenin podobných hormonu jako jsou steroly a polyaminy, byly identifikovány v extraktech z mořských řas pomocí biologických zkoušek a imunologických testů, existují důkazy, že hormonální účinky extraktů z hnědých mořských řas *Ascophyllum nodosum* jsou v menší míře hormonálním obsahem extraktů mořských řas samotných (Du Jardin, 2015).

### 3.4.2 Anorganické sloučeniny

Chemické prvky, které podporují růst rostlin a mohou být důležité pro určité taxony, ale nejsou vyžadovány všemi rostlinami, jsou označovány jako prospěšné prvky (Pilon-Smits, 2009). Těchto pět hlavních prvků je Al, Co, Na, Se a Si, které jsou přítomny v půdách a na rostlinách jako různé anorganické soli a jako nerozpustné formy se podobají amorfním silicím ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) u druhů s dutými stonky a dlouhými úzkými listy. Tyto prvky mohou být

významné pro zesílení buněčných stěn usazením křemíku, nebo mohou být vyjádřeny v definovaných podmínkách prostředí, jako je patogenní útok na selen a osmotický stres na sodík (Du Jardin, 2015).

Definice prospěšných prvků se tedy neomezuje na jejich chemickou povahu, ale musí se také odkazovat na zvláštní kontexty, ve kterých mohou být pozorovány pozitivní účinky na růst rostlin a stresovou reakci (Pilon-Smits, 2009). Anorganické soli užitečných a základních prvků - chloridy, fosfáty, fosfity, křemičitany a uhličitany se používají jako fungicidy (Deliopoulos, 2010).

Ačkoli způsoby účinku ještě nejsou zcela stanoveny, tyto anorganické sloučeniny ovlivňují osmotickou homeostázu, pH a redox, homeostázu hormonů a enzymy podílející se na stresové reakci. Více pozornosti si zaslouží jejich funkce biostimulantu růstu rostlin, působení na výživu a tolerance abiotického stresoru, tedy odlišné od jejich fungicidního účinku a od funkce hnojiv jako zdroje živin (Du Jardin, 2015).

## 4 Metodika

Pro řešení práce byla využita metoda polního pokusu. Polní pokus byl založen na rodinné farmě v k. ú. Stranný v okrese Benešov. Modelovou plodinou byla vybrána šestiřadá odrůda ječmene ozimého, Travira. U rostlin ječmene byl sledován vliv aplikace stimulatorů růstu na tvorbu sušiny a výnosu v průběhu jejich ontogenetického vývoje.

### 4.1 Charakteristika rostlinného materiálu

#### 4.1.1.1 Travira

Jedná se o středně ranou, víceřadou, krmnou odrůdu ječmene ozimého Travira, který dosahuje stabilních výnosů a středně velkého zdravého zrna. Rostliny má středně odnožující, středně vysoké až vyšší, velmi dobře tolerantní k negativním půdně-klimatickým podmínkám.

Mezi její přednosti patří rezistence k BaYDV a dobrá zimovzdornost a výborná mrazovzdornost. Pěstitelskými riziky této odrůdy je náchylnost k polehání, náchylnost k napadení hnědými skvrnitostmi, rynchosporové skvrnitosti, fusáriím klasu, plísni sněžné a padlí travnímu. Odrůdu Travira je vhodné zařazovat do osevního postupu po obilnině.

Odrůda Travira byla registrována v roce 2012. Jejím udržovatelem je Ackermann Saatucht GmbH & Co. KG. Na českém trhu ji nabízí šlechtitelská firma SAATEN - UNION CZ s.r.o.

### 4.2 Založení pokusu

Pokus byl realizován na pozemku soukromé farmy hospodařící na 22 hektarech orné půdy.

#### 4.2.1 Charakteristika stanoviště

Polní pokus byl založen v katastrálním území Stranný (756202), který se nachází nedaleko řeky Vltavy. Přesné místo provedení pokusu se nalézá na souřadnicích 49°45'16.68"N, 14°29'22.17". Spadá pod okres Benešov, který je ve Středočeském kraji.

Pokusný pozemek se nachází v nadmořské výšce 461 m. Jeho orientace ke světovým stranám je jižní až jihozápadní. Průměrná sklonitost činí 5,43°. Půdním druhem pokusného pozemku jsou hlinitopísčité půdy až jílovité. Půdy se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné. Půdním typem je kambizem s pseudogleji. Katastr spadá pod pátý klimatický region, který je charakterizován dle půdní bonitované ekologické jednotky jako mírně teplý a mírně vlhký region. Suma teplot nad 10 °C činí 2200-2500. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 7-8 °C a roční úhrn srážek dosahuje 550-650 mm.

#### 4.2.2 Obsah živin

Při stanovení odpovídajících dávek živin pro potřeby rostliny, byly použity rozborů půdní násobenosti dle státních rozborů agrochemického zkoušení zemědělských půd z roku 2018. Výsledky zkoušení jsou zahrnuty v následující tabulce.

pH	K (mg.kg-1)	P (mg.kg-1)	Mg (mg.kg-1)	Ca (mg.kg-1)
5,4	315	48	134	1430

**Tabulka 1:** Agrochemické zkoušení půd

U parcely byla naměřena hodnota pH půdy 5,4 což představuje půdní reakci kyselou. U hlinitopísčitéch až jílovitých je žádoucí hodnota pH půdy 6,5 (+/- 0,5). Hodnota fosforu je 48 mg.kg<sup>-1</sup>, tudíž je obsah nízký a hnojení je v těchto případech problematické z důvodu nízkého půdní reakce. U Mg a K je vyhovující obsah živin, který představuje žádoucí zásobu, kterou je třeba hnojením pouze udržovat a v případě ekonomických problémů je možno hnojení krátkodobě vynechat.

#### 4.2.3 Počasí

Celková teplotní charakteristika v Středočeském kraji v období srpen 2017 – srpen 2018 byla teplotně nadprůměrná. Teplotní rozdíly v podzimním období se nijak zvlášť nevyjímalý normálu.

Zejména měsíc leden vyčníval od dlouhodobého normálu teploty vzduchu o +4,1 °C, a proto zimní období patřilo spíše k teplejším. Následovaly výrazně podprůměrné měsíce únor a březen, kde v tomto období byla odchylka až - 2,4 °C.

Dále následovaly nadprůměrné měsíce duben a květen, což mělo za následek vliv přísušku na vývoj generativních orgánů. Sklizňový měsíc červen spadl svou odchylkou k normálním, ale hodnotou odchylky +1,7 °C se blížil spíše teplému měsíci, viz tabulka 2.

Měsíc 2017/2018	Průměrné měsíční teploty vzduchu (°C)	Dlouhodobý normál teploty vzduchu 1981- 2010 (°C)	Odchylka od normálu (°C)	Hodnocení
Srpen	19,2	18	1,2	Normální
Září	12,4	13,5	-1,1	Normální
říjen	10,4	8,7	1,7	Teplý
Listopad	4,5	3,4	1,1	Normální
Prosinec	1,7	-0,1	1,8	Teplý
Leden	2,9	-1,2	4,1	Teplý
Únor	-2,6	-0,2	-2,4	Studený
Březen	1,5	3,7	-2,2	Studený
Duben	13,3	8,6	4,7	Teplý
Květen	16,9	13,7	3,2	Teplý
Červen	18,2	16,5	1,7	Normální
Červenec	20,8	18,5	2,3	Teplý
Srpen	21,5	18	3,5	Teplý

**Tabulka 2:** Průběh teplot v roce 2017 – 2018 v Středočeském kraji.

Celkový charakter srážek v období srpen 2017- srpen 2018 se ve výsledku ukázal být velice podprůměrný. Měsíce srpen, září, říjen byly pro vzházení ječmene velmi příznivé. Srážky zde v průměru dosahovaly normálních, až nadprůměrných hodnot viz tabulka 3.

Měsíc 2017/2018	Úhrn srážek (mm)	Dlouhodobý srážkový normál 1981-2010 [mm]	Úhrn srážek v % od normálu 1981 - 2010	Hodnocení
Srpen	58,2	75	78	Normální
Září	37,8	47	80	Normální
říjen	77,4	34	228	Silně vlhký
Listopad	32,1	40	80	Normální
Prosinec	24,3	38	64	Mírně podprůměrný
Leden	19,8	34	58	Mírně podprůměrný
Únor	7,8	30	26	suchý
Březen	22,7	40	57	Mírně podprůměrný
Duben	9	34	26	suchý
Květen	36,3	63	58	Mírně podprůměrný
Červen	44,1	70	63	Mírně podprůměrný
Červenec	13,5	82	16	suchý
Srpen	23,7	75	32	suchý
<b>Celkem:</b>	<b>406,7</b>	<b>662</b>	<b>61</b>	--

**Tabulka 3:** Průběh srážek v roce 2017 - 2018

Zimní měsíce měly nízký úhrn srážek. Nízkým úhrnem srážek se vyznačovaly v jarním období měsíce únor, březen, duben, ve kterém dosahovaly pouze 37,98 % normálu. To mohlo mít vliv na tvorbu generativních orgánů ječmene. V květnu a červnu byl optimální úhrn srážek. To mělo za následek pozdější sklizeň ječmene. Červenec se jevil příznivým pro pozdější sklizeň ostatních plodin.

#### 4.2.4 Založení pokusu

Polní pokus zahrnuje čtyři varianty, které byly aplikovány ve vývojových fázích BBCH 30 a BBCH 42 Aplikaci dokumentují fotografie II a III přiložené v přílohách práce. První varianta byla ošetřena běžnou agrotechnikou bez použití sledovaných stimulatorů růstu. Druhá varianta zahrnovala aplikaci kombinace přípravků Fulhum plus a 3D se sníženými dávkami. Třetí variantou pokusu bylo ošetření přípravkem Fulhum plus v doporučené dávce od výrobce a v poslední variantě byl využit přípravek 3D taktéž v dávce doporučené od výrobce.

V průběhu ontogenetického vývoje ječmene se uskutečnily na stanovených místech 4 odběry 10 rostlin v termínech, které jsou uvedeny v tabulce 4. Jedno z odběrových míst znázorňuje fotografie IV přiložená v příloze bakalářské práce.

Odběr:	Datum:	Vývojová fáze:	Charakteristika:
1	29.4.	BBCH 37	objevení se praporcového listu, list ještě svinutý
2	6.5.	BBCH 49	špičky rostlin jsou viditelné nad jazýčkem praporcového listu
3	13.5.	BBCH 60	počátek květu
4	31.5.	BBCH 77	pozdní mléčná zralost

**Tabulka 4:** Termíny a vývojové fáze odběrů

Farma, kde byl pokus založen, se zaměřuje převážně na pěstování obilnin, a proto má stanoven užší sled osevního postupu. Předplodinou proto byla obilovina, a to pšenice jarní, odrůda Epos. Byla sklizena 15. 8. 2017 a dosažený výnos byl 4,2 t/ha. Sláma byla po celém pozemku rozdrčena. Poté následovala mělká podmítka pro zapravení posklizňových zbytků, semen výdrolu a plevelů. Dne 30. 8. 2017 byla provedena orba se zapravením slámy s pomocnou dávkou dusíku v podobě ledku amonného v dávce 15 kg N/ha pro potřeby rozkladu posklizňových zbytků.

Příprava půdy byla realizována vláčením těžkými branami. Z důvodu přesušení a hrudovitosti pozemku byla příprava opakována ještě jednou.

Výsev se uskutečnil 28. 9. 2017 soupravou John Deere 6330 Premium a secím strojem Horsch CO 4 s technologií setí do pásků. Výsevek byl stanoven na 3,6 milionu klíčivých semen na hektar (165kg/ha).

Po vzejití rostlin ve fázi BBCH 11-12 byly aplikovány přípravky pro herbicidní ošetření přípravkem Trinity od firmy Adama v dávce 2l/ha a insekticidní ošetření proti virovým přenašečům přípravkem Scatto od firmy Agro Aliance s.r.o. v dávce 0,2 l/ha.

V jarním období byl aplikován před regeneračním hnojením granulovaný vápenec PolCal od firmy BioAktiv CZ s.r.o v dávce 0,5 t/ha. Následovalo první jarní přihnojení (25. 3. 2018) ledkem amonným vápenným v dávce 58 kg N/h.

Prvním ošetřením 8. 4. 2018 bylo použití regulátoru růstu Retacel Extra R68 s účinnou dávkou chlormequat-chloride v dávce 0,8 l/ha společně s močovinou v 10 % koncentraci (9, 2 kg N/ha). Druhé jarní přihnojení bylo aplikováno 13. 4. 2018 formou hnojiva ledku amonného vápenného v dávce 63,5 kg N/ha. Následující den byla provedena první aplikace pokusných přípravků v tankmixu, jak je uvedeno v tabulce 5.

<b>Výživa:</b>	<b>14. 4. 2018</b>
YaraVita Bortrac (bor)	0,5 l/ha
Močovina 15%	13,8 kg N/ha
<b>Komerční přípravky:</b>	
Ornament 250EW (fungicid)	0,5 l/ha
Fujara (fungicid)	0,5 l/ha
Silwet Star (smáčedlo)	0,2 l/ha
<b>Sledované přípravky:</b>	
Fulhum plus	Přípravek byl dávkován podle metodiky pokusu
3D plus	Přípravek byl dávkován podle metodiky pokusu

**Tabulka 5:** Složení tankmixu první aplikace pokusných přípravků

Po týdnu bylo aplikováno poslední ošetření pokusných parcel společně s listovou výživou a zásahem na larvy kohoutka černého a modrého (*Oulema melanopus* (L.), *lichenis*). Složení tankmixu je uvedeno v tabulce číslo 6.

<b>Výživa:</b>	<b>21. 4. 2018</b>
YaraVita Bortrac (bor)	0,5 l/ha
Močovina 15%	13,8 kg N/ha
<b>Komerční přípravky:</b>	
Rafan (insekticid)	0,08 l/ha
<b>Sledované přípravky:</b>	
Fulhum plus	Přípravek byl dávkován podle metodiky pokusu
3D plus	Přípravek byl dávkován podle metodiky pokusu

**Tabulka 6:** Složení tankmixu druhé aplikace pokusných přípravků

V předstihu čtyř dnů před sklizní byly odebrány vzorky pro určení výnosu.

Dne 30. 6. 2018 byla zahájena sklizeň sklízecí mlátičkou John Deere 2264 HM.



#### 4.2.5 Varianty pokusu

Pro aplikaci daných komerčních přípravků byly vytvořeny čtyři varianty polních parcel, které činily dohromady výměru 1,5 ha. Znázornění jednotlivých variant je uvedeno v Příloze I této práce.

##### I. Kontrolní varianta

Kontrolní varianta byla ošetřena pouze běžnými agrotechnickými postupy. Vybrané komerční přípravky zde nebyly aplikovány.

##### II. Varianta kombinace Fulhumu a 3D

Kombinační varianta zahrnovala sníženou dávku obou přípravků. Přípravek Fulhum plus byl aplikován v dávce 0,25 l/ha a přípravek 3D byl aplikován v dávce 0,1 l/ha, vše bylo aplikováno současně ve vývojových fázích BBCH 30 a BBCH 42 v tankmixu, jehož složení je uvedeno v tabulkách 5 a 6.

##### III. Varianta 3D plus

Varianta s aplikací 3D byla aplikována ve vývojových fázích BBCH 30 a BBCH 42 v dávce 0,2 l/ha. Ostatní prvky tankmixu jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6.

##### IV. Varianta Fulhum plus

Varianta s aplikací Fulhumu plus byla aplikována ve vývojových fázích BBCH 30 a BBCH 42 v dávce 0,5 l/ha. Ostatní prvky tankmixu jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6.

#### 4.2.6 Pokusný materiál

K realizaci polního pokusu byly vybrány komerční přípravky od společnosti EGT system spol. s r.o. Společnost se zabývá vývojem a prodejem přípravků Energen pro zemědělské plodiny a poradenstvím v oblasti stimulace rostlin. Byly vybrány dva nejpoužívanější přípravky z portfolia společnosti se zaměřením na stimulaci a tvorbu nadzemní i podzemní biomasy a zadržování vody v rostlině. Byly zvoleny přípravky Energen Fulhum plus a Energen 3D plus.

##### 4.2.6.1 ENERGEN FULHUM PLUS

Komerční přípravek Fulhum plus je upravený vodný roztok huminových kyselin, fulvokyselin a jejich solí. Dominantním účinkem je podpora tvorby velkého objemu jemného kořenového vlášení. V důsledku toho zvyšuje využití vláhy a dodávané výživy. Regeneruje porosty po poškození herbicidy, krupobitím a mrazem. Zvyšuje odolnost rostlin vůči abiotickému stresu. Ve vyšších dávkách může regenerovat půdy.

Fulhum plus má široké použití a je určen pro podporu růstu polních plodin, lesních kultur, ovocných i speciálních plodin v období celé vegetace počínaje podporou tvorby kořenů, růstu listové plochy, přes hlavní období růstu až do kvetení a růstu plodů. Přednostní aplikace v obilninách je v odnožování.

<b>Sušina v % min.</b>	20
<b>Spalitelné látky v sušině v %</b>	30
<b>Huminové látky a jejich soli v % min.</b>	8
<b>Hodnota pH</b>	8,0 – 10,0

**Tabulka 7:** Chemické a fyzikální vlastnosti přípravku Fulhum plus

Přípravek dále obsahuje extrakt z řas (*Ascophyllum nodosum*), adaptogeny a další látky podporující tvorbu kořenové soustavy. Obsahuje i stopové množství rizikových prvků (Cd, Pb, Hg, As, Cr) v zákonem stanovených množstvích. Přípravek je neškodný pro včely a jiné necílové organismy. Přípravek obsahuje podíl huminových látek 8 % a jeho hodnota pH činí 8-10, viz tabulka 7.

Mísitelnost přípravku s kapalnými dusíkatými hnojivy a ostatními pesticidy je možná, ale je doporučena zásada přimíchávání do postřikovače, který je již ze 70 % naplněn vodou.

#### 4.2.6.2 ENERGEN 3D PLUS

Energen 3D Plus je klasifikován, jako pomocný rostlinný přípravek obsahující látky zvyšující průnik účinných látek a živin membránami. Ocenitelný je jeho smáčivý a lepivý účinek.

Nesené látky jsou přichyceny na list a nejsou smývány srážkami. Každá vláha (rosa, déšť) způsobuje opakovaný příjem nesených látek. Přípravek umožňuje vysokou prostupnost nesených látek přes membrány buněk do listu. Udržuje výkon fotosyntézy rostlin i při nepříznivém průběhu počasí, příznivě ovlivňuje růst rostlin, semen a plodů. Pomáhá po dlouhou dobu zadržovat vodu v rostlinách, zvyšuje obsah paměťové látky prolinu na sucho o 300 - 1300 %.

Komerční přípravek je určen k použití po celou vegetaci k základní výživě, listové výživě, fungicidům, insekticidům a akaricidům. Přednostní aplikace je do obilnin s posledním fungicidem. Doporučené použití je do obilnin, řepky, hořčice, máku, slunečnice, cukrové řepy, kukuřice, luskovin, zelenin, chmele, ovocných, okrasných a lesních dřevin a révy vinné.

<b>Sušina v % min.</b>	20
<b>Spalitelné látky v sušině v % min.</b>	50
<b>Součet volných aminokyselin v % min.</b>	13
<b>Hodnota pH</b>	7,0-9,0

**Tabulka 8:** Chemické a fyzikální vlastnosti přípravku Energen 3D plus

Energen 3D plus obsahuje látky aktivně ovlivňující příjem a metabolismus dusíku v rostlině společně s podporující tvorbou výnosu. Látky zvyšující odolnost k suchu. Obsahuje i stopové množství rizikových prvků (Cd, Pb, Hg, As, Cr) v zákonem stanovených množstvích. Přípravek obsahuje podíl volných aminokyselin (13 %) a jeho hodnota pH činí 7-9, viz tabulka 8. Přípravek je neškodný pro včely a jiné necílové organismy.

#### **4.2.7 Měření fyziologických a výnosotvorných parametrů**

##### 4.2.7.1 Stanovení hmotnosti sušiny

Hmotnost sušiny se stanovovala standardními metodami dle Šestáka a kol. (1960), kdy rostlinný materiál byl umístěn do sušárny a sušen při teplotě 80 °C do konstantní hmotnosti. Po namletí byly vzorky naváženy s přesností na 0,5 g na analytických laboratorních vahách Ohaus AX124.

##### 4.2.7.2 Stanovení výnosu

Výnos byl stanoven pomocí čtvrtmetrových čtverců. Z každé varianty bylo sklizeno 8 čtvrt metrových dílů. Tento odebraný materiál byl vymlácen, zbaven nečistot a následně zvážen. Přepočtem byl zjištěn teoretický hektarový výnos.

##### 4.2.7.3 Stanovení tvorby výnosových prvků

V jednotlivých variantách odběrů rostlin (viz tabulka 2), byly sledovány průměrné počty odnoží na rostlinu. Při posledním odběru BBCH 77 byl určen průměrný počet semen v klasu. Na závěr, při stanovení teoretického výnosu, byla určena hmotnost tisíce zrn ze směsného vzorku z jednotlivých parcel pokusu.

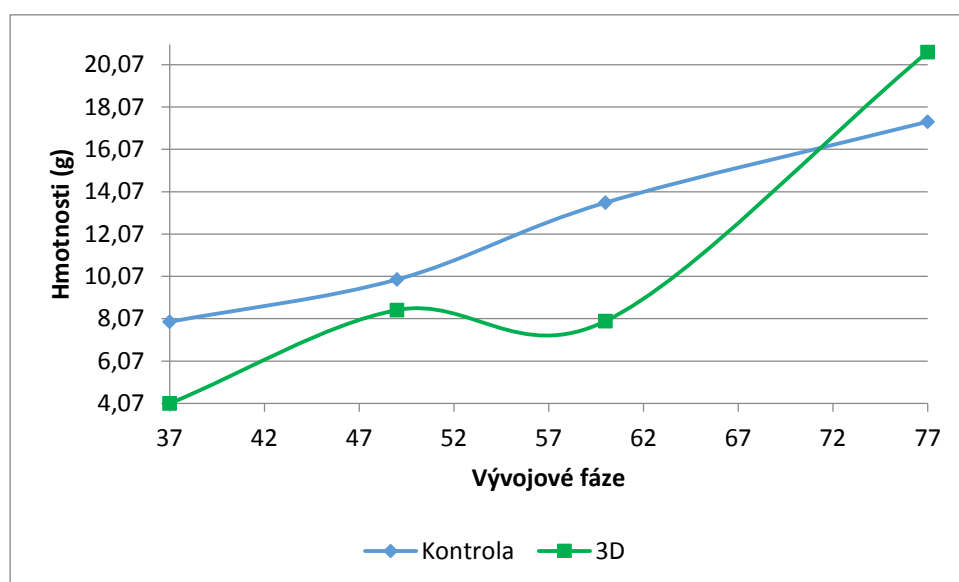
## 5 Výsledky

U rostlin ječmene ozimého, pěstovaného v polních podmínkách byla během vegetace sledována tvorba výnosových prvků a výše výnosu.

### 5.1 Hmotnosti sušiny kořenů

Vývoj hmotnosti kořenů u varianty s aplikací přípravku 3D znázorňuje graf 1. Po aplikaci přípravků ve vývojových fázích BBCH 30 a 42, je pouze pozvolný nárůst kořenové biomasy, pouze 2,41 g oproti kontrole (2,0 g). Mezi druhým a třetím odběrem kontrolních rostlin byl zaznamenán znatelný pokles nárůstu kořenové biomasy (-0,52 g) oproti kontrole. Od vývojové fáze BBCH 60 je patrné výrazné zvýšení nárůstu kořenové biomasy (12,71 g).

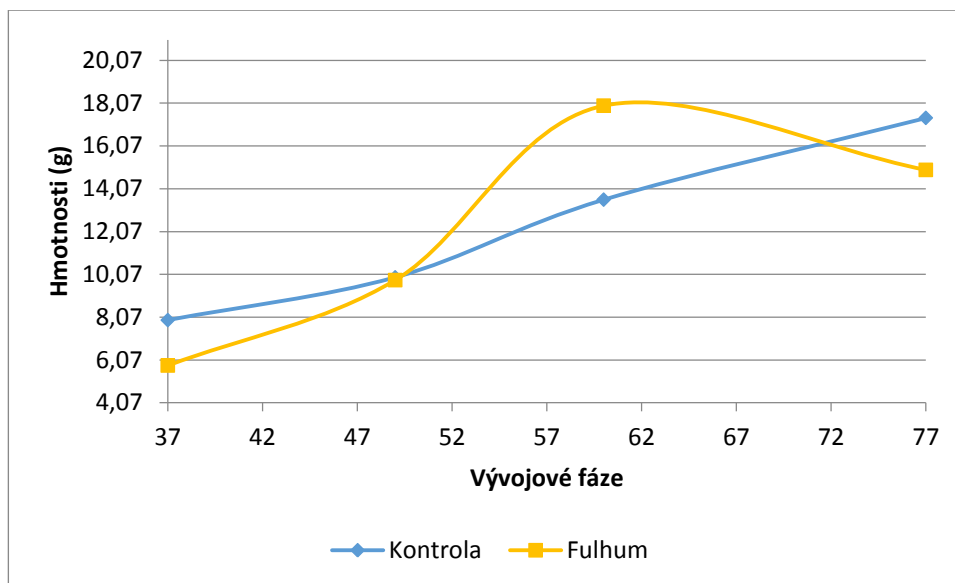
Z těchto uvedených výsledků vyplývá, že přípravek Energen 3D nemá průkazný vliv na vývoj kořenové soustavy.



**Graf 1:** Hmotnosti sušiny kořenů varianta 3D

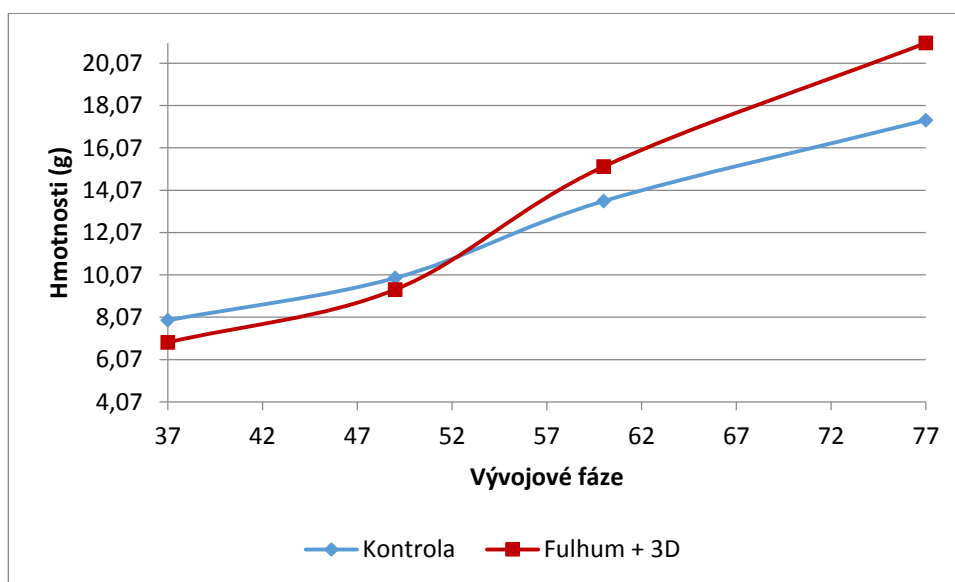
Přípravek Fulhum plus, jak již udává výrobce, podporuje tvorbu velkého objemu jemného kořenového vlášení. Poukazuje na to graf 2, který znázorňuje variantu pokusu s přípravkem Fulhum. Aplikace se uskutečnila v tradičních vývojových fázích BBCH 30 a 42. Již po první aplikaci byl zaznamenán nárůst kořenové biomasy o 1,99 g oproti kontrolní variantě (2,0 g). V následujícím termínu odběru fáze BBCH 42 byl zaznamenán nárůst hmotnosti sušiny o 6,51 g oproti kontrolní variantě (3,63 g).

Při posledním kontrolním odběru ve fázi BBCH 77 bylo patrné již výrazné ukončování vegetace rostlin a odumírání kořenového systému rostlin, které se projevilo mírným poklesem hmotnosti sušiny kořenové soustavy. V případě ošetřených rostlin byla v této vývojové fázi hmotnost sušiny kořenů 14,95 g. Hmotnost sušiny kořenů kontrolních rostlin byla 17,38 g.



**Graf 2:** Hmotnosti sušiny kořenů varianta Fulhum

V grafu 3 jsou porovnávány hmotnosti kořenů kombinace obou přípravků Fulhumu Plus a 3D plus se sníženými dávkami. Graf ukazuje, že po aplikaci přípravku ve fázi počátku sloupkování (BBCH 30) a následného opakování ve fázi počátku duření pochvy praporcového listu (BBCH 42) se pozvolně navyšovala hmotnost sušiny kořenů dané varianty. V těchto vývojových fázích byl interval hmotnosti od 6,88 g do 9,38 g. Od aplikace přípravku až do fáze mléčné zralosti (BBCH 77) se navýšila sušina kořenů o 5,81 g, ve srovnání s vývojovou fází kontroly (3,81 g).



**Graf 3:** Hmotnosti sušiny kořenů varianta Fulhum + 3D

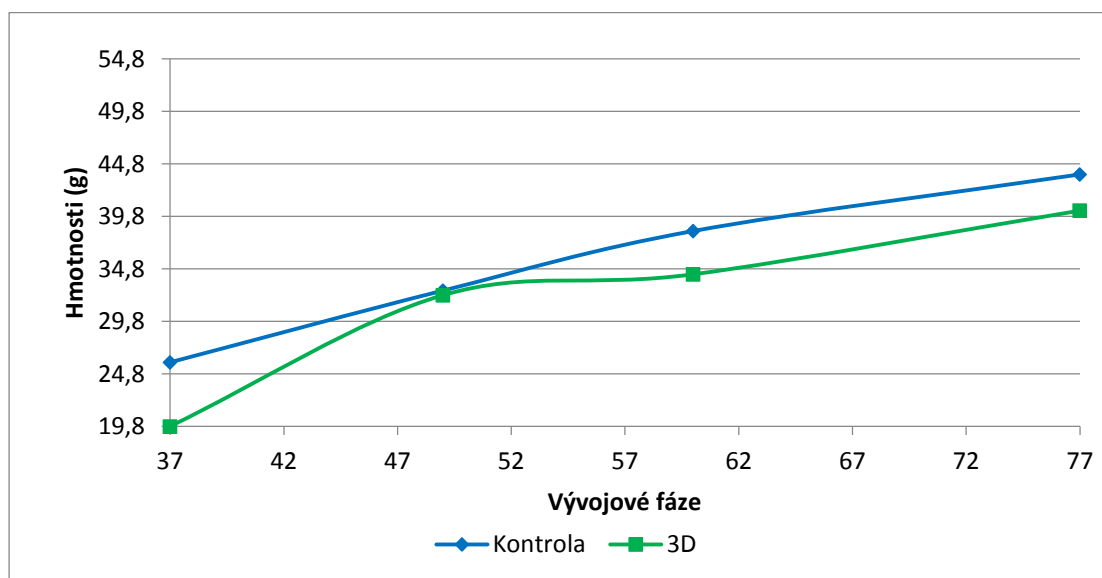
Varianta s použitím samotného přípravku Fulhumu ovlivnila nárůst kořenové biomasy po dobu celé vegetace. Varianta se sníženou dávkou Fulhumu v kombinaci s přípravkem 3D také ovlivnila nárůst kořenové biomasy.

## 5.2 Hmotnost sušiny nadzemní biomasy

Následující grafy 4 - 6 hodnotí vývoj nárůstů sušiny nadzemní biomasy v průběhu vegetace po využití kombinace přípravků Fulhum a 3D s opakovanou aplikací.

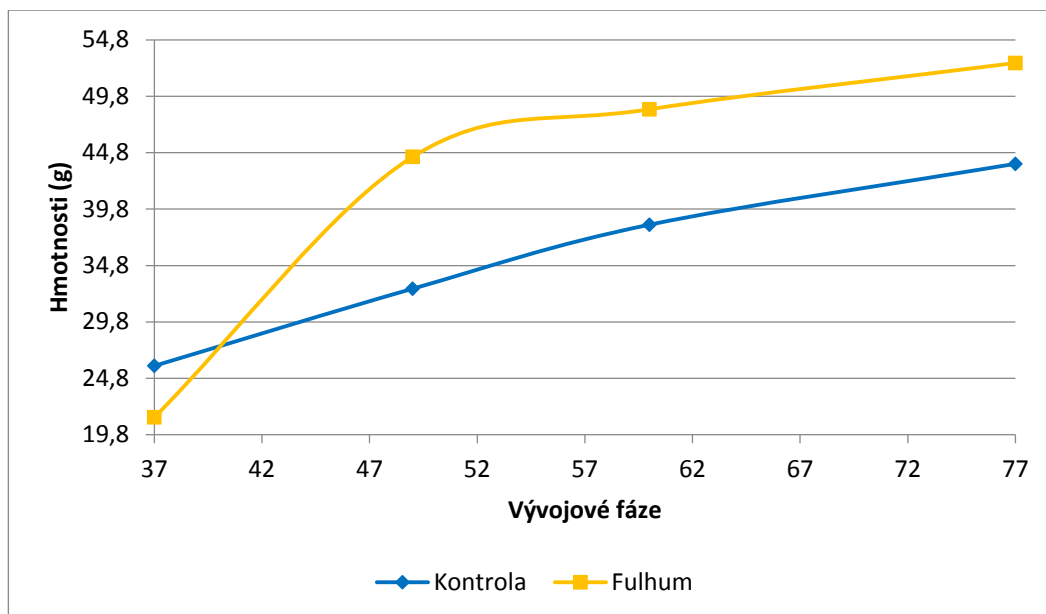
V grafu 4 je porovnáván vliv aplikace přípravku 3D na nárůst sušiny nadzemní biomasy. Z naměřených hodnot vyplývá, že již po první aplikaci ve fenologické fázi BBCH 30 je nárůst biomasy o 5,67 g biomasy oproti kontrolní variantě (6,83 g).

Po opakované aplikaci, která se uskutečnila ve vývojové fázi BBCH 42, již není tak znatelný nárůst nadzemní biomasy, neboť hmotnost sušiny činila 32,3 g. Po aplikaci, dochází v porovnání s kontrolou k lineárnímu nárůstu hmotnosti sušiny až do konce sledovaného období. Avšak kontrolní rostliny dosahovaly vyšších hodnot sušiny (43,8 g) v porovnání s ošetřenými rostlinami (40,36 g).



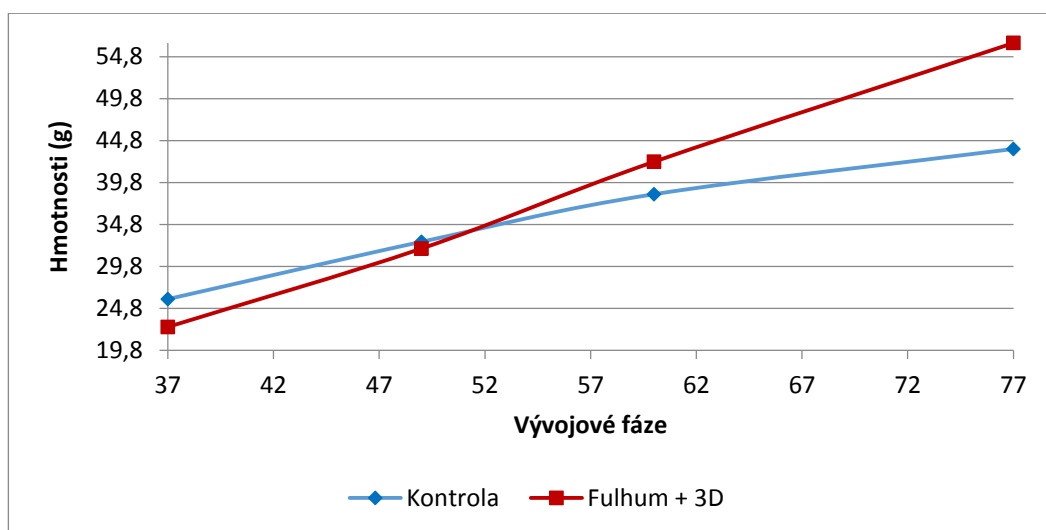
**Graf 4:** Hmotnosti sušiny nadzemní biomasy varianta 3D

Výsledky naměřených hodnot varianty s aplikací doporučené dávky přípravku Fulhumu s jedním opakováním jsou znázorněny v grafu 5. Graf znázorňuje strmý nárůst nadzemní biomasy po aplikaci přípravku i po jeho opakované aplikaci. Byl zaznamenán nárůst hmotnosti až o 16,25 g oproti kontrolní variantě (6,83 g). Po provedení kontrolních odběrů ve vývojových fázích BBCH 60 a 77 se trend vývoje hmotnosti sušiny stal lineárním, s pozvolným nárůstem 8,31 g za sledované období. V případě rostlin kontrolních se v tomto období hmotnost zvýšila z 38,41 g (BBCH 60) na hodnotu 43,8 g (BBCH 70). U rostlin kontrolních byl tento nárůst v rozpětí hodnot 5,39 g až 5,67 g.



**Graf 5:** Hmotnosti sušiny nadzemní biomasy varianta Fulhum

Po aplikaci kombinace přípravků Fulhumu a 3D je také patrný nárůst nadzemní hmoty, obdobně jako v případě kořenů, jak dokládá graf 6. Již při prvním kontrolním odběru vývojové fáze BBCH 37 je znatelný rozdíl nárůstu sušiny o 2,52 g vůči kontrolní variantě (6,83 g). Po opakované aplikaci ve fázi BBCH 42 se zvýšil nárůst nadzemní biomasy až na 4,68 g oproti kontrole (5,67 g). Ve fázi plného metání byla hmotnost sušiny nadzemní biomasy kontrolních rostlin ve výši 38,41 g, kdežto u ošetřené varianty byla hmotnost vyšší o 8,77 g, viz Příloha V.

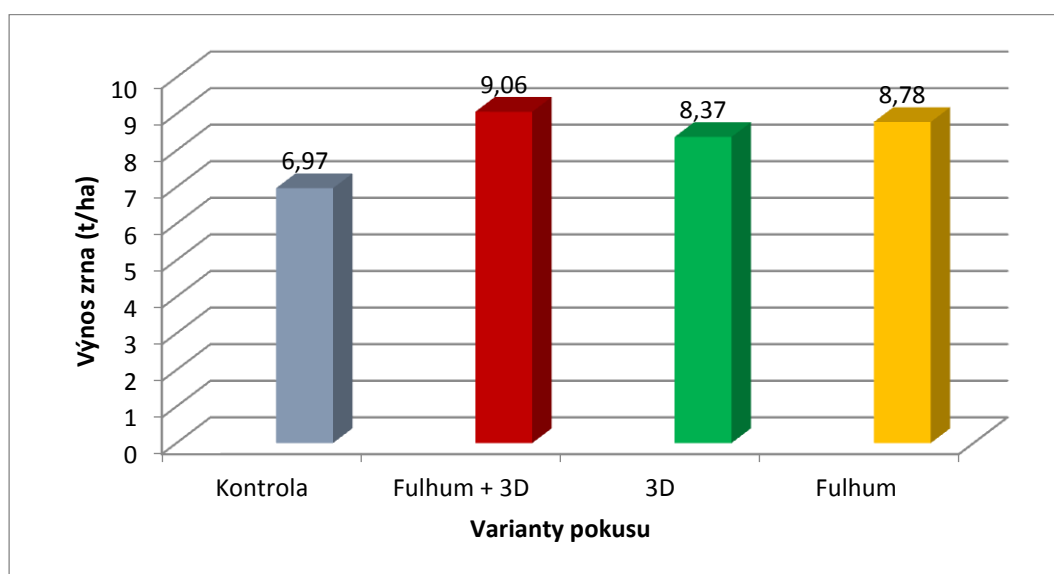


**Graf 6:** Hmotnosti sušiny nadzemní biomasy varianta Fulhum + 3D

Oba sledované komerční přípravky mají pozitivní vliv na nárůst nadzemní biomasy ozimého ječmene. Jako perspektivní se jeví přípravek Energen Fulhum plus.

### 5.3 Výnos

V grafu 7 jsou uvedeny hodnoty výnosu jednotlivých variant pokusu. U neošetřené varianty pěstované běžnou agrotechnikou byl výnos zrna z hektaru 6,97 t. V případě ošetření přípravkem Energen 3D plus výnos se zvýšil o 1,4 tuny (20,08 %) v porovnání s kontrolou. V další variantě byl sledován přípravek Energen Fulhum plus. U této varianty bylo zaznamenáno navýšení výnosu až o 1,81 tuny z hektaru (25,95 %) v porovnání s kontrolou. Poslední ošetřená varianta kombinace obou přípravků zvýšila výnos až o 29,98 % na hodnotu 9,06 tuny z hektaru.



**Graf 7:** Přepočtené výnosy jednotlivých variant

Z uvedeného vyplývá, že dělené a opakované dávky přípravků Fulhumu a 3D mají příznivý vliv na tvorbu nových kořenů a nadzemní biomasy ale zároveň i na tvorbu výnosových prvků.

### 5.4 Stanovení tvorby výnosových prvků

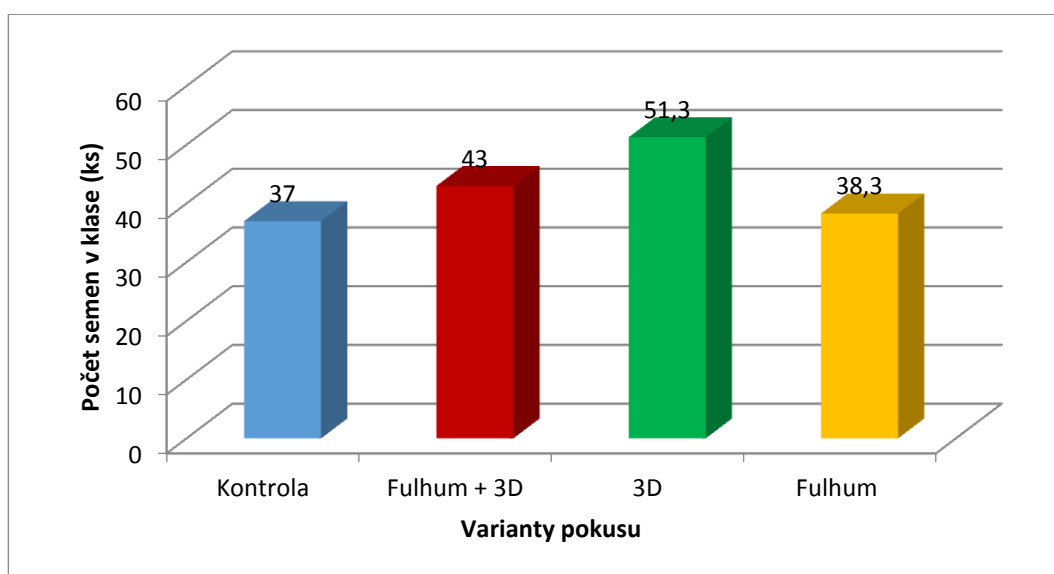
Tabulka 9 znázorňuje průměrný počet odnoží na jednu rostlinu během celé vegetace. Z kontrolní varianty je patrné, že v průběhu vegetace rostliny v důsledku sucha přicházely o odnože. Zde byl zjištěn pozitivní efekt přípravku Fulhum. Aplikace přípravku Fulhum podpořil vývoj odnoží a udržel jejich průměrný počet ve výši 2,87 odnože na rostlinu. Varianta kombinace Fulhumu a 3D udržela menší počet odnoží na rostlinu. Z výsledků uvedených v tabulce průměrných odnoží na rostlinu jednotlivých variant je patrné, že přípravek 3D neměl vliv na udržení počtu odnoží na jednu rostlinu. Znatelný vliv na počet odnoží měla aplikace přípravku Fulhum.



	BBCH 37	BBCH 49	BBCH 60	BBCH 77	Průměr za vegetaci:
Kontrola	3	2,4	2,5	2,2	<b>2,525</b>
Fulhum + 3D	2,4	2,3	2,8	2,7	<b>2,55</b>
3D	2,7	2,6	2,1	2,1	<b>2,375</b>
Fulhum	2,8	2,9	3,0	2,8	<b>2,875</b>

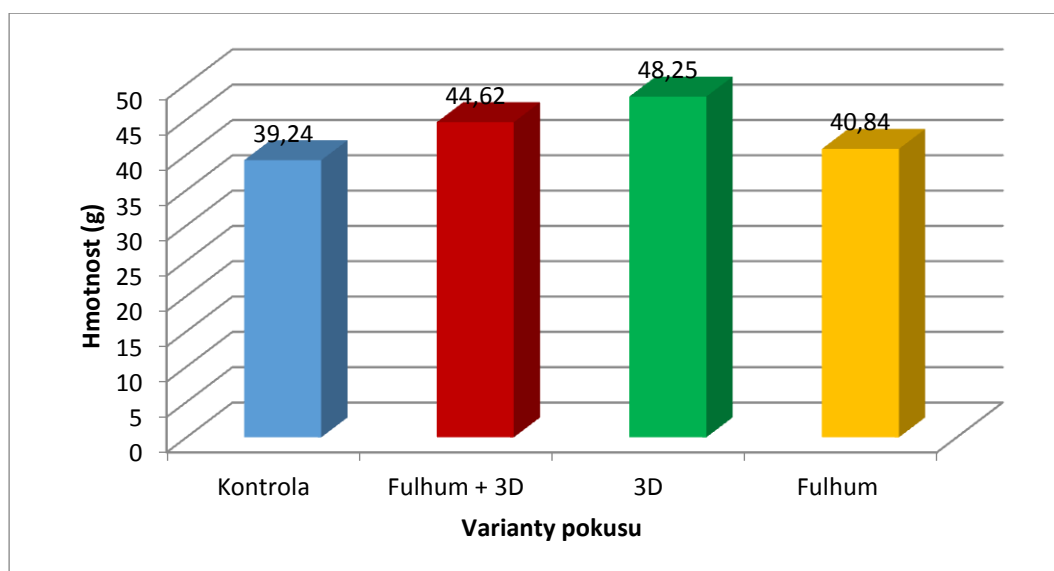
**Tabulka 9:** Průměrný počet odnoží na rostlinu jednotlivých variant

Graf 8 znázorňuje vliv aplikovaných přípravků na průměrný počet semen v klasu. Kontrolní varianta měla v průměru 37 semen v klasu. Kombinace přípravků Fulhumu a 3D zvýšila počet v průměru o 6 semen vůči kontrole. Varianta s aplikací přípravku 3D navýšila počet semen o 14,3 kusů (38,64 %) vůči počtu semen kontrolní varianty. Aplikace Fulhumu zvýšila počet pouze o 1,3 semene oproti kontrolní variantě.



**Graf 8:** Průměrný počet semen v klasu

Průměrnou hmotnost tisíce semen znázorňuje graf 9. Nejnižší hodnotu měla kontrolní varianta (39,24 g). V případě kombinace přípravků Fulhumu a 3D je možné konstatovat, že tato aplikace zvýšila hmotnost tisíce semen o 5,38 g oproti kontrolní variantě. U aplikace přípravku 3D zvýšil hmotnost tisíce semen na hodnotu 48,25 g (o 22,96 %). Aplikace Fulhumu průměrně zvýšila hmotnosti tisíce zrn o 1,6 g oproti kontrolní variantě.



**Graf 9:** Průměrné hmotnosti 1000 semen (HTS)

## 5.5 Ekonomické zhodnocení

Přípravky Energen Fulhum plus v hodnotě 880 Kč/l bez DPH a Energen 3D plus v hodnotě 850 Kč/l bez DPH byly poskytnuty k uskutečnění tohoto pokusu společností EGT system spol. s r.o. Uvedené ceny byly využity ke stanovení ceny přípravků aplikovaných u jednotlivých variant. Byla vypracována tabulka jednotlivých variant s nárůstem výnosu po aplikaci vybraných přípravků oproti kontrolní variantě, která byla bez aplikace pomocných přípravků. V tabulce 10 je zhodnocena i tržba z navýšených hodnot výnosů jednotlivých variant.

Varianty pokusu:	Náklady vzniklé s opakovanou aplikací přípravku	Nárůst výnosu vůči kontrole	Nárůst výnosu při běžné ceně (3400 Kč/t)
Fulhum+3D	610 Kč	2,09 t/ha	+ 7 106
3D	340 Kč	1,4 t/ha	+ 4 760
Fulhum	880 Kč	1,81 t/ha	+ 6 154

**Tabulka 10:** Zahodnocení nákladů při použití vybraných přípravků u jednotlivých variant pokusu

Z tabulky 10 vyplývá, že nejefektivnější aplikace přípravků byla u varianty kombinace obou přípravků Fulhumu a 3D v opakovaných snížených dávkách. Celkový náklad na pořízení přípravku byl 610 Kč na hektar ošetřené plochy s nárůstem výnosu o 2,09 t/ha. Vezmeme-li v úvahu, že realizační cena se v roce 2018 pohybovala okolo 3400 Kč za tunu krmného ječmene, pak se tržba z hektaru zvýší o 7106 Kč. Další efektivní variantou byla aplikace Fulhumu. Cenová výše této aplikace je vyšší než u předchozí aplikace (880 Kč/ha), ale dochází k podobnému nárůstu výnosu z ha až na 1,81 tuny. Tržba z prodané produkce stoupla o 6154 Kč.

Poslední varianta přípravku 3D je cenově nepřijatelnější, dosahuje výše 340 Kč na hektar ošetřené plochy. Nárůst výnosu je nižší než u předchozích variant, dosahuje 1,4 tuny navíc sklizeného množství oproti kontrolní variantě. Využití přípravku 3D představuje zvýšení tržby při běžných cenách krmného ječmene až o 4760 Kč z hektaru.

## 6 Diskuze

Používání růstových stimulátorů je v dnešní době velmi aktuálním a stále se rozšiřujícím tématem diskuzí mezi zemědělskými odborníky. Každým rokem jsou schvalovány nové přípravky na bázi účinných látek huminových kyselin a fulvokyselin.

Příznivé účinky huminových látek na růst rostlin mohou souviset s jejich nepřímými funkcemi (zvýšení účinnosti hnojiv, snížení zhutnění půdy) anebo přímými (zlepšení celkové biomasy rostlin). Zejména ovlivňuje růst kořenů, než růst nadzemní biomasy (Nardi, 2002).

Huminové látky mohou tvořit komplex kationtů kovů, které mohou někdy vést ke zvýšenému příjmu. Někdy mohou vést ke konkurenci s kořeny, což má za následek snížení příjmu živin. Rostliny mohou absorbovat malou část složek s nižší molekulovou hmotností v huminových látkách. Zdá se, že tyto složky zvyšují permeabilitu buněčné membrány a mohou mít pozitivní vliv na hormonální aktivitu rostliny (Chen, 1990).

Dle Eyheraguibela a kol. (2008) aplikace huminových látek u kukuřice vedla k výrazně vyšší spotřebě vody, což potvrzuje lepší globální růst rostlin. Kromě toho vyšší účinnost vody ukázala, že vysoká spotřeba vody byla spojena se zlepšenou účinností syntézy biomasy. Tato pozorování naznačují, že vodní tok rostlin je zvýšen v přítomnosti huminových extraktů. Spotřeba vody může souviset i s nárůstem příjmu živin, o kterém je známo, že se podílí na růstu rostlin.

Eyheraguibela a kol. (2008) udává, že porozumění interakce mezi rostlinnými hormony a lidskými látkami může být klíčem k pochopení vlivu huminových molekul na růst a vývoj rostlin.

V zemědělském sektoru se začíná stále více uplatňovat používání přípravků založených na účinku přírodních látek. Z toho důvodu jsem si vybral zpracování bakalářské práce na toto téma. Motivací mi byla i možnost založení a vedení polního pokusu i následné zhodnocení účinku těchto přípravků v polních podmínkách.

### 6.1 Hmotnost sušiny kořenů

Chen (1990) tvrdí, že stimulace růstu kořenů je obecně zřetelnější než stimulace růstu nadzemních částí. U huminových látek v živných roztocích bylo pozorováno jak zvýšení tvorby kořenů, tak kořenů sekundárních. Výrazný nárůst kořenové hmoty způsoboval přípravek Fulhum, až o 14,15 g oproti kontrolní variantě.

Hmotnost sušiny nadzemní biomasy a klasů odrůd je spojena s velikostí kořenového systému. Byla zjištěna pozitivní závislost. Odrůdy s větším kořenovým systémem, tak dosáhly vyššího výnosu. Velikost kořenového systému lze považovat za důležitý dílčí faktor ovlivňující výnos plodin (Rožnovský, 2014).

Negativní vliv na nárůst kořenové biomasy rostlin mohou způsobovat i vláhové půdní podmínky. Při nedostatku vody může docházet k poklesu velikosti listové plochy, k celkové ztrátě listu nebo k úplnému zastavení růstu rostliny. Výrobce Společnost EGT system spol. s.r.o. udává, že přípravek Fulhum podporuje tvorbu jemného kořenového vlášení a tím zvyšuje využití vláhy a výživy. Dokonce uvádí, že přípravek je schopný pomáhat rostlinám lépe zadržet vodu po dobu čtyř až šesti týdnů o 15 až 30% více vody.

Příznivé účinky huminových látek na výživu rostlin u kukuřice byly přičítány i podpoře vývoje kořenů. Výsledky dle Eyheraguibela a kol. (2008) souhlasí s tímto pozorováním, které ukazuje vyšší nárůst čerstvé a suché hmotnosti biomasy a prodloužení kořenů ošetřených ve srovnání s kontrolními rostlinami. Navíc huminové látky zvyšují vznik laterálních kořenů a vyvolává produkci menších rozvětvených sekundárních kořenů. Dohromady biometrické a vývojové faktory naznačují, že vývoj kořenů vyvolává zvýšení celkové délky a zlepšení povrchu kořenů, což vede k lepší minerální výživě. Modifikace kořenové struktury podtrhuje příznivé účinky huminových látek na několik fází vývoje rostlin.

## 6.2 Hmotnost sušiny nadzemní biomasy

Produkce nadzemní biomasy sušiny rostlin je ovlivněna nejenom funkcí genotypu daného druhu nebo odrůdě, vegetační fázi, ale i vnějšími podmínkami prostředí (Jamieson, 1995). Produktivita porostu závisí na jeho kapacitě fotosyntézy, fotosyntetické oblasti a využití aktivního fotosyntetického záření (Verma, 2016).

Produkce nadzemní biomasy je také ovlivňována velikostí kořenového systému. Z výsledků je možné stanovit, že stimulace růstových aktivit podporuje příjem huminových látek, které jsou nejvíce obsaženy v přípravku Energen Fulhum plus.

Negativní vliv na nárůst nadzemní biomasy rostlin, mohou způsobovat i vláhové podmínky. Při nedostatku vody dochází k poklesu velikosti listové plochy, k celkové ztrátě listu nebo k úplnému zastavení růstu rostliny.

Společnost EGT system spol. s.r.o. tvrdí že přípravek 3D zvyšuje obsah paměťové látky na sucho o 300 až 1300 %. Tím jenom lépe připravuje rostliny a sucho, navíc po srážkách se tato látka rozkládá, uvolňuje energii a rychle regeneruje porosty. Vytváří na listech film, který je odolný smyvu deštěm. Přijímá vláhu z ranní rosy a opakovaně dává účinné látky do listů. Zvyšuje tak významně jejich příjem vody a živin či pesticidních látek použité při listové aplikaci.

Rozdílný růst pozorovaný mezi ošetřenými a kontrolními rostlinami kukuřice by mohl být způsoben odlišnou rychlostí vývoje. Zdá se, že huminové látky urychlují vývoj rostlin. Počet listů a přítomnost květů na ošetřených rostlinách potvrzuje vývoj vegetativního stádia a zahájení reprodukčního stádia. Naopak, kontrolní rostliny nemají žádné toky a omezený počet listů, což ukazuje na dřívější vývojovou fázi (Eyheraguibel, 2008).

## 6.3 Výnos

Dle výsledků tohoto výzkumu lze stanovit pozitivní vliv Fulhumu a 3D na výnos ječmene. V několika porovnání jednotlivých variant lze říci, že přípravek Energen Fulhum plus má pozitivní vliv na nárůst rostlinné biomasy. Převážně má pozitivní vliv na nárůst kořenové soustavy a tím způsobuje zvýšený příjem makro, mikro živin v půdě a vody.

Přípravek Energen 3D plus dle zjištěných výsledků nemá takový vliv na nárůst rostlinné biomasy, ale naopak pozitivně ovlivňuje v průběhu vegetace tvorbu generativních orgánů a následně kvalitu sklizených semen.

Dle konzultací se společností EGT system spol. s.r.o. by bylo vhodné polní pokus uskutečnit v několika ročnících s odlišnými klimatickými podmínkami. Sám výrobce uvádí,

že účinnost přípravků Fulhumu a 3D je různorodá vlivem rozdílnosti jednotlivých pěstitelských ročníků.

Bezdíčková (2018) uvádí, že dle studie jiných komerčních přípravků došlo ke zvýšení výnosu u těch nejlepších variant až o 14,2 % ve srovnání s kontrolou. Výraznou měrou se na tomto výsledku podílela hustota porostu, zvýšení HTS a objemová hmotnost. Přípravky byly aplikovány ve fenologické fázi DC 30, a proto se podílely na tvorbě optimální struktury porostu.

Další z přípravků, který se uplatňuje i ke stimulaci růstu v průběhu vegetace je Lignohumát MAX. Jedná se o vysoce koncentrovaný vodný roztok přípravku získaného hydrolytickooxidačním rozkladem technických lignosulfonátů. Představuje směs huminových a fulvových kyselin a jejich solí, kde fulvové kyseliny a jejich soli převažují. U aplikace Lignohumátu MAX na ječmen jarní pozitivně ovlivnila výnos zrna i jeho technologickou kvalitu. Zvýšila se objemová hmotnost zrna, hmotnost tisíce zrn a příznivě byl ovlivněn i obsah dusíkatých látek (Hřivna, 2018).

## 6.4 Stanovení tvorby výnosových prvků

Podle Zimolky (2006) je základem pro využití výnosového potenciálu ječmene dosažení optimálního počtu produktivních stébel s vysokou produktivitou klasu. Vzhledem k tomu, že je ječmen plodina, která vytváří výnos především počtem klasů, je u šestiřadých odrůd důležitým výnosovým prvkem počet zrn v kasu společně s hmotností tisíce zrn (HTS).

Počet zrn v klasu se může realizovat až s přechodem z vegetativního do generativního období. Tento přechod je charakterizován kvalitativními rozdíly mezi buňkami, pletivy i orgány a nazývá se diferenciací. Je podmíněna vnějšími podmínkami, specifickými pro určitý druh a odrůdu. Tento proces označujeme jako individuální vývoj rostlin.

Lze proto tvrdit, že aplikace přípravku Energen 3D plus ve dvou fenologických fázích BBCH 30 a 42 měla vliv na tvorbu výnosových prvků. Zejména při zakládání generativních orgánů.

Výzkumy firmy Ditana s.r.o. potvrdily, že aplikace biostimulátorů růstu mají vliv převážně na tvorbu výnosových prvků. Z výzkumu Bezdíčkové (2018) vyplývá, že použití biostimulátorů rostlinného růstu působí kladně na regeneraci kořenového systému, tvorbu optimální hustoty porostu a kvalitativní parametry (HTS a objemová hmotnost). Jednalo se o aplikace přípravků Atonik v dávce 0,6 l/ha, Quick Forte v dávce 1,0 l/ha, Frolone v dávce 1,0 l/ha, Forthial v dávce 1,0 l/ha a Sunagreen v dávce 0,5 l/ha.

Výsledek tohoto pokusu potvrzuje možnost využití huminových látek, extraktů z řas a dalších látek zmírňující dopady sucha, ale také poukazuje na fakt, že přílišná stimulace nebo pozdní aplikace biostimulátorů nemusí svůj pozitivní dopad na výnos projevit a dopad může být i negativní. Nikdy není známo, zda bude v nadcházejícím ročníku dostatek srážek nebo bude období suché. Bezdíčková (2018) uvádí, že kvalitní spolehlivý biostimulátor promítá svůj benefit do výnosu v každém ročníku.

Podobné trendy byly zaznamenány i při hodnocení hmotnosti tisíce zrn (HTZ) po aplikaci přípravku Lignohumát MAX. Zvýšení ve srovnání s kontrolou představovalo cca 0,5 - 0,7 g (Hřivna, 2018).

## 6.5 Ekonomické zhodnocení

K určitým nevýhodám ozimého ječmene patří větší náchylnost k houbovým chorobám, slabší zimovzdornost a větší náchylnost k poléhání, což může vést k větší rizikovosti jeho pěstování a ke kolísání výnosů. Nepříznivě ovlivňuje pěstování ječmene ozimého také nižší realizační cena, daná využitelností ječmene ozimého pouze pro krmné účely (Křen, 1998).

Přidávání připravených huminových látek do půdy není ekonomické, ale reakce na postřik listů má potenciál být ekonomický kvůli potřebě relativně malých množství (Chen, 1990). Z výsledku pokusu vyplývá, že aplikace přípravků Fulhum a 3D měla pozitivní vliv na ekonomiku pěstování ječmene. Tato varianta pokusu znázornila navýšení výnosu z hektaru až o 7106 Kč vlivem přípravků, jejíž aplikace dosahovala výše nákladů 610 Kč na hektar.

Výrobce Galleko udává, že ve svých pokusech nárůst výnosu po použití růstových stimulantů ovlivnil výnos a to navýšením až 600-700 kg výnosu z hektaru.

## 7 Závěr

V práci byl hodnocen vliv aplikace vybraných přípravků na bázi huminových látek na nárůst podzemní a nadzemní biomasy, také jejich vliv na tvorbu výnosových prvků, a celkové ovlivnění výše výnosu.

- Hmotnost sušiny kořenů u ošetřených rostlin byla u variant s aplikací Fulhumu výrazně vyšší až o 10,33 g. Varianta aplikovaného přípravku 3D neměla vliv na zvyšování biomasy kořenů. U této varianty byla zaznamenána spíše klesající tendence hmotnosti kořenové soustavy. Kombinace přípravků Fulhumu a 3D slabě ovlivňovala nárůst kořenové soustavy.
- Hmotnost sušiny nadzemní biomasy byla vyšší ve všech variantách průměrně o 10,71 g v porovnání s kontrolou (17,89 g). Opět aplikovaný přípravek 3D měl nejnižší vliv na nárůst nadzemní biomasy.
- U ošetřené varianty přípravky Fulhumu a 3D se sníženými dávkami byl zjištěn vyšší výnos o 29,98 % oproti kontrole (6,97 t/ha).
- Ošetřená varianta přípravkem Fulhum vykazovala úroveň výnosu vyšší o 25,95 % oproti kontrolní variantě (6,97 t/ha). Třetí varianta ošetřená přípravkem 3D znázorňuje zvýšení výnosu pouze o 20,08 %.
- Tvorba výnosových prvků je pozitivně ovlivňována po aplikaci přípravků Fulhumu i 3D.
- Přípravek Fulhum udržoval počet odnoží na rostlinu. Při sledování výnosotvorných prvků u jednotlivých variant bylo zjištěno, že přípravek 3D příznivě ovlivňuje průměrný počet semen v klasu i hmotnost tisíce zrn.

Nelze jednoznačně potvrdit hypotézu, že vliv aplikace přípravku 3D na tvorbu sušiny ječmene je v rámci jeho ontogenetického vývoje pozitivní.

U přípravku Fuhum je tato hypotéza potvrzena, přípravek dle výsledků pokusu způsobuje nárůst nadzemní i kořenové biomasy ozimé formy ječmene.

Byla potvrzena hypotéza, že aplikace Fulhumu a 3D ovlivňuje změny v základních růstově-analytických charakteristikách ječmene.

Přípravek Fulhum a 3D dle výsledků pokusu pozitivně ovlivňuje výši výnosu ozimé formy ječmene obecného.



## 8 Literatura

- Abeles FB, Morgan PW, Saltveit ME. 1992. Ethylene in plant biology 2nd ed.. Academic Press, San Diego.
- Anjum SA, Wang L, Farooq M, Xue L, Ali S. 2011. Fulvic Acid Application Improves the Maize Performance under Well-watered and Drought Conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science* **197**:409-417. Available at <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1439-037X.2011.00483.x> (accessed July 06, 2020).
- Arkhipova TN, Prinsen E, Veselov SU, Martinenko EV, Melentiev AI, Kudoyarova GR. 2007. Cytokinin producing bacteria enhance plant growth in drying soil. *Plant and Soil* **292**:305-315. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s11104-007-9233-5> (accessed March 16, 2020).
- Ayuso M, Hernández T, Garcia C, Pascual JA. 1996. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresource Technology* **57**:251-257. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852496000648> (accessed July 06, 2020).
- Bajguz A. 2007. Metabolism of brassinosteroids in plants. *Plant Physiology and Biochemistry* **45**:95-107. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0981942807000058> (accessed July 15, 2020).
- Beneš J, Šálková T, Vaněček Z. 2011. Původ a nejstarší historie ječmene setého (*Hordeum vulgare*) na Předním východě: pohled archeobotaniky. *Kvasný Průmysl* **57** **2011**:121–126.
- Beyer J, Elmo M. 1976. A potent inhibitor of ethylene action in plants. *Plant physiology* **1976**:268-271.
- Bezdíčková A. 2018. Možnosti využití biostimulátorů pro stabilizaci výnosů obilnin. *Agromanuál* **2018**:74-76. Kurent., České Budějovice.
- Bothmer R. 1991. An Ecogeographical study of the genus *Hordeum*. IBPGR, Rome.
- Craigie JS. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology* **23**:371-393. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s10811-010-9560-4> (accessed July 06, 2020).
- Davies PJ. 2004. *Plant Hormones Biosynthesis, Signal Transduction, Action!* 1rd edition. KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, London.
- Deliopoulos T, Kettlewell PS, Hare MC. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. *Crop Protection* **29**:1059-1075. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261219410001390> (accessed July 06, 2020).

- Di Marzo M, Herrera-Ubaldo H, Caporali E, Novák O, Strnad M, Balanzà V, Ezquer I, Mendes MA, de Folter S, Colombo L. 2020. SEEDSTICK Controls Arabidopsis Fruit Size by Regulating Cytokinin Levels and FRUITFULL. *Cell Reports* **30**:2846-2857.e3. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211124720301352> (accessed July 14, 2020).
- Dordas C. 2012. Variation in dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in barley as affected by fertilization, cultivar, and source – sink relations. *European Journal of Agronomy* **37**:31-42. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030111001146> (accessed July 06, 2020).
- du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* **196**:3-14. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423815301850> (accessed July 06, 2020).
- Eyheraguibel B, Silvestre J, Morard P. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology* **99**:4206-4212. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852407007092> (accessed July 15, 2020).
- Glanz-Idan N, Tarkowski P, Turečková V, Wolf S, Lunn J. 2020. Root – shoot communication in tomato plants: cytokinin as a signal molecule modulating leaf photosynthetic activity. *Journal of Experimental Botany* **71**:247-257. Available at <https://academic.oup.com/jxb/article/71/1/247/5556948> (accessed July 14, 2020).
- Haberle J, Trčková M, Růžek P. 2008. Příčiny nepříznivého působení vlivu sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití živin obilninami a možnosti jeho omezení. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Hájek M. 2016. Originální přípravek nelze překonat. in *Úroda*. Pofí Press, Praha. Available at <https://www.uroda.cz/originalni-pripravek-nelze-prekonat/> (accessed March 10, 2020).
- Hedden P, Kamiya Y. 1997. GIBBERELLIN BIOSYNTHESIS: Enzymes, Genes and Their Regulation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* **48**:431-460. Available at <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.arplant.48.1.431> (accessed March 12, 2020).
- Hřivna L. 2018. Konference Sladovnický ječmen 2018: téma: Uplatnění huminových a fulvových kyselin v technologii pěstování jarního ječmene. Spolek pro ječmen a slad, Velká Bystřice.
- Chen Y, Aviad T. 1990. Effects of Humic Substances on Plant Growth. 161-186 in *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. Available at <http://doi.wiley.com/10.2136/1990.humicsubstances.c7> (accessed July 09, 2020).

- Jamieson PD, Francis GS, Wilson DR, Martin RJ. 1995. Effects of water deficits on evapotranspiration from barley. *Agricultural and Forest Meteorology* **76**:41-58. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0168192394022145> (accessed July 09, 2020).
- Khan W, Rayirath UP, Subramanian S, Jithesh MN, Rayorath P, Hodges D., Critchley AT, Craigie JS, Norrie J, Prithiviraj B. 2009. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation* **28**:386-399. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s00344-009-9103-x> (accessed July 06, 2020).
- Křen J. 1998. Metodika pěstování ozimých obilnin: [pšenice ozimá, ječmen ozimý, žito, tritikale]. Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž.
- Kutina J. 1988. Regulátory růstu a jejich využití v zemědělství a zahradnictví2., přeprac. a dopl. vyd.. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Love J, Bjorklund S, Vahala J, Hertzberg M, Kangasjarvi J, Sundberg B. 2009. Ethylene, is an endogenous stimulator of cell division in the cambial meristem of *Populus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**:5984-5989. Available at <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0811660106> (accessed July 14, 2020).
- Ma BL, Leibovitch S, Maloba WE, Smith DL. 1992. Spring Barley Responses to Nitrogen Fertilizer and Ethephon in Regions with a Short Crop Growing Season. *Journal of Agronomy and Crop Science* **169**:151-160. Available at <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1439-037X.1992.tb01021.x> (accessed July 13, 2020).
- Martins S et al. 2015. Internalization and vacuolar targeting of the brassinosteroid hormone receptor BRI1 are regulated by ubiquitination. *Nature Communications* **6**. Available at <http://www.nature.com/articles/ncomms7151> (accessed July 14, 2020).
- Mikulášková B, Lapčík L, Mašek I. 1996. LIGNIT - STRUKTURA, VLASTNOSTI A POUŽITÍ. *Chemické Listy* **1997**:160 - 168.
- Nardi S, Pizzeghello D, Muscolo A, Vianello A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* **34**:1527-1536. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071702001748> (accessed March 22, 2020).
- Newman RK, Newman CW. c2008. Barley for food and health: science, technology, and products. John Wiley, Hoboken, N. J.
- Nováček F. 2008. Fytochemické základy botaniky Vyd. 2., dopl. Fontána, Olomouc.
- Oerke EC, Schönbeck F. 1990. Effect of Nitrogen and Powdery Mildew on the Yield Formation of Two Winter Barley Cultivars. *Journal of Phytopathology* **130**:89-104. Available at <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1439-0434.1990.tb01156.x>.
- Petr J. 1987. Počasí a výnosy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

- Pilon-Smits EAH, Quinn CF, Tapken W, Malagoli M, Schiavon M. 2009. Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology* **12**:267-274. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1369526609000326> (accessed July 06, 2020).
- Pivokonský M, Pivokonská L, Bubáková P, Janda V. 2010. Úprava vody s obsahem huminových látek. *Chemické Listy*:1015-1022.
- Podlešáková K, Tarkowská D, Pěňčík A, Oklešťková J, Turečková V, Floková K, Tarkowski P. 2012. Nové trendy v analýze fytohormonů. *Chemické Listy* **2012**:373-379.
- Pospíšilová L. 2012. Nedegradační metody studia kvality přírodních humusových látek: Non-degradation methods of studying natural humic substances quality : původní vědecká práce. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Rožnovský J. 2014. Extrémy oběhu vody v krajině: sborník abstraktů a CD s příspěvky z mezinárodní konference: Mikulov 8. -9. dubna 2014. Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, Praha.
- Salaš P. 2003. Modernizace výukového procesu u předmětů ovocné, okrasné školkařství a ovocnářství: odborný seminář: sborník přednášek: Lednice na Moravě, 3. -5. listopadu 2003. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, V Brně.
- Skybová M. 2006. Humínové kyseliny-prínos pre environmentálny výskum. *Acta Montanistica Slovaca* **11**:362-366.
- Sotáková S. 1982. Organická hmota a úrodnost' pôdy. *Príroda*, Bratislava.
- Stevenson FJ. 1994. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions* 2nd ed.. Wiley, New York.
- Strnad M. 1997. The aromatic cytokinins. *Physiologia Plantarum* **101**:674-688. Available at <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1399-3054.1997.tb01052.x> (accessed July 15, 2020).
- Šamalík J, Petrásek J, Koprna R. 2019. Aktivní přístup k formování produktivních odnoží a výnosu obilnin. In *Agromanuál*. Univerzita Palackého v Olomouci. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/listova-hnojiva/aktivni-pristup-k-formovani-produktivnich-odnozi-a-vynosu-obilnin> (accessed February 06, 2020).
- Šašková D. 1993. *Trávy a obilí*. Artia, Praha.
- Šesták Z, Čatský J. 1966. *Metody studia fotosynthetické produkce rostlin*. Academia, Praha.
- TAHIR MM, KHURSHID M, KHAN MZ, ABBASI MK, KAZMI MH. 2011. Lignite-Derived Humic Acid Effect on Growth of Wheat Plants in Different Soils. *Pedosphere* **21**:124-131. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1002016010600872> (accessed July 06, 2020).

- Teale WD, Paponov IA, Palme K. 2006. Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development. *Nature Reviews Molecular Cell Biology* **7**:847-859. Available at <http://www.nature.com/articles/nrm2020> (accessed March 11, 2020).
- Verma D, Gontia AS, Jha A, Deshmukh A. 2016. Study on leaf area index and leaf area duration of growth analytical parameters in Wheat, Barley, and Oat. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology* **9**. Available at <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijaeb&volume=9&issue=5&article=015> (accessed July 09, 2020).
- Werner T, Motyka V, Strnad M, Schmulling T. 2001. Regulation of plant growth by cytokinin. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **98**:10487-10492. Available at <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.171304098> (accessed March 11, 2020).
- Zhao Y. 2010. Auxin Biosynthesis and Its Role in Plant Development. *Annual Review of Plant Biology* **61**:49-64. Available at <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-arplant-042809-112308> (accessed March 11, 2020).
- Zhu JY, Sae-Seaw J, Wang Z-Y. 2013. Brassinosteroid signalling. *Development* **140**:1615-1620. Available at <http://dev.biologists.org/cgi/doi/10.1242/dev.060590> (accessed July 13, 2020).
- Zimolka J. 2006. Ječmen - formy a užitkové směry v České republice. Profi Press, Praha.
- Eritrea location on the Africa map. 2020. in Ontheworldmap. Available at <http://ontheworldmap.com/eritrea-location-on-the-africa-map.html> (accessed March 05, 2020).
- Rostlinolékařský portál. 2020, April 20. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno. Available at [http://eagri.cz/public/app/srs\\_pub/fytoportal/fy-public](http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/fy-public) (accessed February 03, 2020).

## 9 Samostatné přílohy

### Příloha číslo I: Znázornění rozložení jednotlivých variant na parcele

Varianta č. 1	Kontrolní parcela s běžnou aplikací přípravků na ochranu rostlin
Varianta č. 2	Aplikace kombinace přípravků Energen Fulhum plus v dávce 0,25 l/ha a Energen 3D plus v dávce 0,1 l/ha  Aplikace ve fázi BBCH 30 a BBCH 42
Varianta č. 3	Aplikace samotného přípravku Energen 3D plus v dávce 0,2 l/ha  Aplikace ve fázi BBCH 30 a BBCH 42
Varianta č. 4	Aplikace samotného přípravku Energen Fulhum plus v dávce 0,5 l/ha  Aplikace ve fázi BBCH 30 a BBCH 42

### Příloha číslo II: Aplikace testovaných přípravků BBCH 30



**Příloha číslo III:** Aplikace testovaných přípravků BBCH 42



**Příloha číslo IV:** Odběrové místo BBCH 52



**Příloha číslo V:**

Třetí kontrolní odběr BBCH 60

