

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra rostlinné výroby**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Technologie pěstování jarního ječmene snižující spotřebu  
dusíkatých hnojiv**

**Diplomová práce**

**Bc. Veronika Dejmková  
Ekologické zemědělství**

**Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.**



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Technologie pěstování jarního ječmene snižující spotřebu dusíkatých hnojiv" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16.4.2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady a pomoc při zpracování výsledků této diplomové práce. Děkuji současně za jeho věčný optimismus, přátelský přístup a v neposlední řadě za trpělivost a čas, který mi v průběhu tvorby této práce věnoval. Dále bych touto cestou ráda poděkovala své rodině, především mamince a manželovi, za pomoc a podporu po celou dobu studia.

# Technologie pěstování jarního ječmene snižující spotřebu dusíkatých hnojiv

## Souhrn

Diplomová práce pojednává o možných technologiích pěstování jarního ječmene snižující spotřebu dusíkatých hnojiv. Práce se skládá z teoretické a praktické části.

Ječmen setý je celosvětově pěstován především pro výrobu krmiv, pro lidskou spotřebu jako potravina či pro výrobu sladu, piva a lihovin. Výnosy ječmene ovlivňuje řada faktorů, včetně agrotechnických postupů a klimatických podmínek. Důležitým faktorem určujícím výnos ječmene jsou dusíkatá hnojiva, jejichž aplikací však dochází ke znečištění životního prostředí. S ohledem na rostoucí světovou populaci a klimatické změny je potřeba věnovat pozornost udržitelným postupům, které pomohou zvýšit a stabilizovat produkci ječmene při současné minimalizaci minerálních hnojiv. V závěru literární rešerše jsou proto popsány alternativní postupy v systému ekologického zemědělství, které jsou trvale udržitelné a šetrné k životnímu prostředí.

V rámci pokusů v praktické části diplomové práce byly ověřovány vlivy dvou biologických preparátů na zvýšení výnosu zrna. Pokusy byly realizovány na Výzkumné stanici ČZU v Červeném Újezdě. Na vybrané varianty ječmene byl aplikován přípravek obsahující *Methylobacterium symbioticum*, u kterého byl předpoklad pozitivního vlivu na dynamiku a růst kořenů ječmene, což by se ve výsledku projevilo ve vyšším výnosu zrna. Dále byly hodnoceny vlivy rašelino-sapropelového koncentráту, a to mořením osiva a postřikem porostu ječmene jarního.

Při hodnocení výsledků ošetření porostů *Methylobacterium symbioticum* byl zjištěn mírný nárůst ve výnosu zrna, který však nebyl statisticky průkazný. Aplikací rašelino-sapropelového koncentráту bylo dosaženo stejného či mírně vyššího výnosu zrna, v porovnání s konvenční technologií s vyššími vstupy dusíku. Byl proto potvrzen předpoklad, že oba biologické preparáty mohou snížit spotřebu dusíkatých hnojiv.

**Klíčová slova:** ekologické zemědělství, udržitelnost, minerální hnojivo, živiny

# Spring barley cultivation technology reducing the consumption of nitrogen fertilizers

## Summary

The diploma thesis deals with possible spring barley cultivation technologies reducing the consumption of nitrogen fertilizers. The work consists of a theoretical and a practical part.

Barley is cultivated worldwide mainly for the production of fodder, for human consumption as food or for the production of malt, beer and spirits. Barley yields are dependent on number of factors, including agricultural technologies and climatic conditions. An important factor determining the yield of barley are nitrogen fertilizers, but the nitrogen losses leads to the various negative ecological effects. In view of the growing world population and climate change, there is a need to pay attention to sustainable practices that will help increase and stabilize barley production while minimizing mineral fertilizers. Therefore, at the end of the literature review, alternative technologies in the organic farming system which are sustainable and environmentally friendly are described.

The practical part of the diploma thesis verifies the effects of two biological preparations on increasing grain yield. The experiments were carried out at the ČZU Research Station in Červený Újezd. *Methylobacterium symbioticum* was applied to selected barley varieties, which was assumed to have a positive effect on the dynamics and growth of barley roots, which would result in a higher grain yield. Furthermore, the effects of the peat-sapropel concentrate were evaluated, namely by seed dressing and spraying the spring barley stand.

There was a slight increase in grain yield with *Methylobacterium symbioticum* treatment, but this was not statistically significant. By applying peat-sapropel concentrate, the same or slightly higher grain yield was achieved, compared to conventional technology with higher nitrogen inputs. Therefore, it was confirmed that both biological preparations can reduce the consumption of nitrogen fertilizers.

**Keywords:** ecological agriculture, sustainability, mineral fertilizer, nutrients

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Význam a využití ječmene</b> .....	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>Vývoj osevních ploch a výnosů ječmene v průběhu let</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Vývoj spotřeby minerálních hnojiv</b> .....	<b>14</b>
<b>3.4</b>	<b>Teorie tvorby výnosu ječmene</b> .....	<b>15</b>
3.4.1	Vliv hnojení na výši výnosu .....	16
<b>3.5</b>	<b>Růstové a vývojové fáze ječmene</b> .....	<b>17</b>
<b>3.6</b>	<b>Stresové faktory</b> .....	<b>19</b>
3.6.1	Abiotický stres.....	20
3.6.1.1	Stresy půdního původu .....	20
3.6.1.2	Vysoké teploty .....	21
3.6.1.3	Sucho.....	21
3.6.2	Biotický stres .....	22
<b>3.7</b>	<b>Hrozby a výzvy</b> .....	<b>23</b>
<b>3.8</b>	<b>Alternativy v systému ekologického zemědělství</b> .....	<b>24</b>
3.8.1	Předseťová úprava .....	25
3.8.2	Setí obilných směsí.....	25
3.8.3	Organická hnojiva .....	26
3.8.3.1	Sapropel .....	26
3.8.4	Biostimulanty .....	27
3.8.4.1	Stimulace růstu a výnosů plodin pomocí bakterií .....	27
<b>4</b>	<b>Metodika</b> .....	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika stanoviště</b> .....	<b>30</b>
4.1.1	Průběh počasí .....	30
4.1.2	Půdní podmínky .....	32
<b>4.2</b>	<b>Agrotechnika pokusů</b> .....	<b>32</b>
4.2.1	Agrotechnika Utrisha .....	32
4.2.2	Agrotechnika Sapropel.....	32
<b>4.3</b>	<b>Metodika pokusů</b> .....	<b>32</b>
4.3.1	Metodika Utrisha .....	32
<b>Tab. 4: Přehled variant ošetření, dávky a termíny aplikací přípravků, rok 2022</b>		<b>33</b>
4.3.1.1	Plán pokusu.....	33
<b>Tab.5: Plán pokusu na stanici Červený Újezd, rok 2022</b> .....		<b>33</b>

4.3.2	Metodika sapropel.....	33
4.3.2.1	Plán pokusu .....	34
<b>4.4</b>	<b>Popis odrůdy.....</b>	<b>34</b>
<b>4.5</b>	<b>Popis přípravků.....</b>	<b>34</b>
4.5.1	Sapropel.....	34
4.5.2	Utrisha.....	34
4.5.3	Mustang Forte .....	35
4.5.4	Karate ZEON.....	35
4.5.5	Elatius Era .....	35
<b>4.6</b>	<b>Přístroj NIR .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1</b>	<b>Statistické zhodnocení výsledků Utrisha .....</b>	<b>36</b>
5.1.1	Počty rostlin (ks) na 0,5 bm .....	36
5.1.2	Vliv moření na délku kořenů rostlin ječmene (cm) .....	37
5.1.3	Vliv moření na délku nadzemní části rostlin ječmene (cm).....	37
5.1.4	Vliv moření na počet odnoží (ks) .....	38
5.1.5	Vliv moření na hmotnost kořenů (g).....	39
5.1.6	Vliv moření na hmotnost nadzemní biomasy (g).....	39
5.1.7	Vliv přípravků na výnos zrna .....	40
5.1.8	Hodnocení zrna nad sítím .....	41
5.1.9	Hodnocení HTZ.....	42
<b>5.2</b>	<b>Statistické zhodnocení výsledků sapropel .....</b>	<b>43</b>
5.2.1	Počet klasů na 1m <sup>2</sup> .....	43
5.2.2	Vliv sapropelu na růst a vývoj rostlin.....	43
5.2.3	Vliv sapropelu na výnos zrna .....	44
5.2.4	Hodnocení zrna nad sítím .....	45
5.2.5	Hodnocení HTZ.....	46
5.2.6	Hodnocení obsahových látek v zrna ječmene .....	46
<b>5.3</b>	<b>Souhrn výsledků.....</b>	<b>47</b>
5.3.1	Souhrn výsledků Utrisha .....	47
5.3.2	Souhrn výsledků sapropel.....	47
<b>5.4</b>	<b>Stanovisko k výzkumným hypotézám .....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>49</b>
<b>6.1</b>	<b>Vliv sapropelu na porost a výnosy plodin.....</b>	<b>49</b>
<b>6.2</b>	<b>Vliv <i>Methylobacterium symbioticum</i> sp. na porost a výnosy plodin .....</b>	<b>49</b>
<b>6.3</b>	<b>Vliv moření osiva na zvýšení výnosů .....</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>52</b>



<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>
<b>9.1</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

Ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.) je celosvětově významná obilnina pěstovaná pro výrobu krmiv pro hospodářská zvířata, pro lidskou spotřebu k výrobě potravin a nápojů ve sladovnictví, pivovarnictví a lihovarnictví, či pro výrobu biopaliv. Dle Českého statistického úřadu byl jarní ječmen v České republice v roce 2022 pěstován na ploše necelých 212 tisíc ha. Sklizeno bylo 1 126 tisíc t, s průměrným výnosem 5,31 t.ha<sup>-1</sup>.

Zrno ječmene obsahuje kolem 11 % bílkovin a pouze malé množství antinutričních látek, jedná se proto o vynikající krmivo pro všechna hospodářská zvířata. Navíc díky poměrně vysokému obsahu kyseliny palmitové a stearové má ječné zrno pozitivní vliv na chutnost a trvanlivost živočišných produktů, tedy na maso, mléko, máslo i sádlo. Stejně tak ječná sláma má díky vyššímu obsahu bílkovin lepší krmnou hodnotu než většina ostatních obilnin (Bartosiewicz & Jadczyzyn 2021).

Ječmen je pravděpodobně jednou z nejstarších domestikovaných rostlin a je vysoce přizpůsobivý rozličným klimatickým podmínkám od subtropických až po téměř subarktické zóny (Ali et al. 2022). Poprvé byl pravděpodobně pěstován již v 8. století před naším letopočtem. Díky své schopnosti růst v širokém spektru klimatických podmínek, je v současné době pěstován i v zemích, kde je produkce jiných obilovin obtížná. V současné době je ječmen pěstován ve více než sto zemích světa (Noskova et al. 2023).

V přírodních podmínkách jsou však rostliny ovlivňovány řadou environmentálních stresorů, přičemž často musí reagovat na více abiotických nebo biotických stresů současně. Rostliny čerpají z půdy minerální živiny potřebné pro stavbu organických sloučenin a pro následný výnos, přičemž samotná půda je zdrojem mnoha stresových faktorů (Labudda et al. 2020).

Jednoznačně největší hrozbou, která výrazně ovlivňuje zemědělskou produkci, je změna klimatu. Pozorovány jsou především tendence ke zvyšování teploty vzduchu spolu se současným poklesem srážek v období jaro-léto, tedy v období největší potřeby vody. Ječmen je však pro svůj mělký, málo aktivní kořenový systém a krátkou vegetační dobu velmi citlivý na stres ze sucha, a to i krátkodobý (Bartosiewicz & Jadczyzyn 2021; Hangur et al. 2021).

Faktory jako rostoucí populace, vyšší požadavky na živočišné a rostlinné produkty, dopady změny klimatu a povětrnostní podmínky, vyžadují nové nápady a technologie, které se pokusí zvrátit nepříznivé účinky nadměrného používání anorganických hnojiv a maximalizovat potenciál půdy (Murunga et al. 2020). Jedním z možných řešení je využívání ekologických přípravků namísto minerálních hnojiv.

## 2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je ověřit účinnost rašelino-sapropelového koncentrátu použitého na jarním ječmeni, a to mořením osiva a postřikem během vegetace.

Dalším cílem práce je zhodnotit v literární rešerši účinnost ekologických přípravků, aspekty jejich používání v zemědělské praxi, další alternativy stimulace jarního ječmene, a to i z pohledu rentability a výnosu zrna.

Výzkumné hypotézy:

1. Předpokládá se, že aplikace *Methylobacterium symbioticum* bude mít vliv na dynamiku růstu kořenů ječmene jarního, a to se projeví ve vyšším výnosu zrna
2. Je předpoklad, že oba dva biologické postupy mohou snížit potřebu minerálního hnojení u ječmene jarního.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Význam a využití ječmene

Ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.) je hospodářsky významná obilnina, celosvětově pěstovaná pro výrobu potravin a krmiv, přičemž ve světové produkci zaujímá čtvrté místo po pšenici, rýži a kukuřici (Hanhur et al. 2021). Více než 70 % úrody ječmene je využíváno jako krmivo, zhruba 21 % je určeno pro sladovnictví, pivovarnictví a lihovarnictví a méně než 6 % je konzumováno jako lidská potrava. Mimo to celosvětově roste zájem o obnovitelné zdroje energie, ječné zrna je tedy skromně využíváno i k výrobě palivového ethanolu (Tricase et al. 2018). Význam ječmene jako potraviny je poměrně malý, existuje však značný potenciál jeho využití při produkci zdravých potravin díky obsahu vlákniny a  $\beta$ -glukanu (Newton et al. 2011).

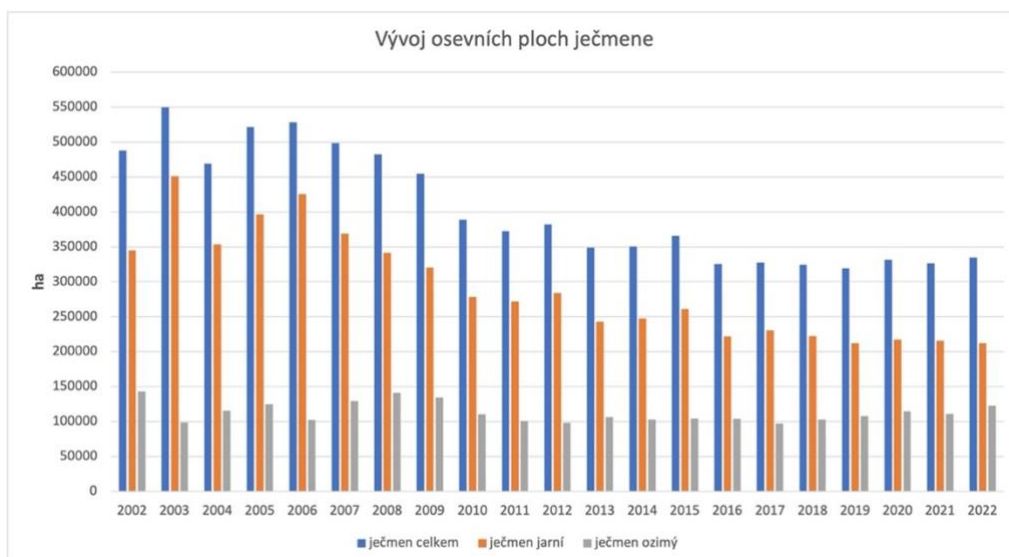
Ječné zrna má vysoký obsah bílkovin, vlákniny, vitaminů a zároveň nízký obsah cukru a tuku. Dále je bohatý na přírodní antioxidanty a bioaktivní sloučeniny, včetně zdraví prospěšných fenolů a lipidů (Noskova et al. 2023).

Konzumace obilovin, jako je ječmen a oves, prokazatelně snižuje riziko rozvoje diabetu 2. typu (Noskova et al. 2023). To je dáno faktem, že beta glukan snižuje glykemický index a hladinu cholesterolu v krvi. Současné studie dále naznačují zvýšení obsahu vlákniny, minerálů a bioaktivních sloučenin (fenolů a lipidů) po naklíčení zrna, a podporují proto konzumaci ječných klíčků (Alshamlan 2023).

Využití ječného zrna je určováno několika faktory, jako je obsah bílkovin, beta glukanů, škrobu a neškrobových polysacharidů. Pokud například zrna ječmene pěstované pro pivovarnictví nesplňuje určité normy, je za podstatně nižší prodejní cenu přeměřováno na trh s krmivem (Noskova et al. 2023).

### 3.2 Vývoj osevních ploch a výnosů ječmene v průběhu let

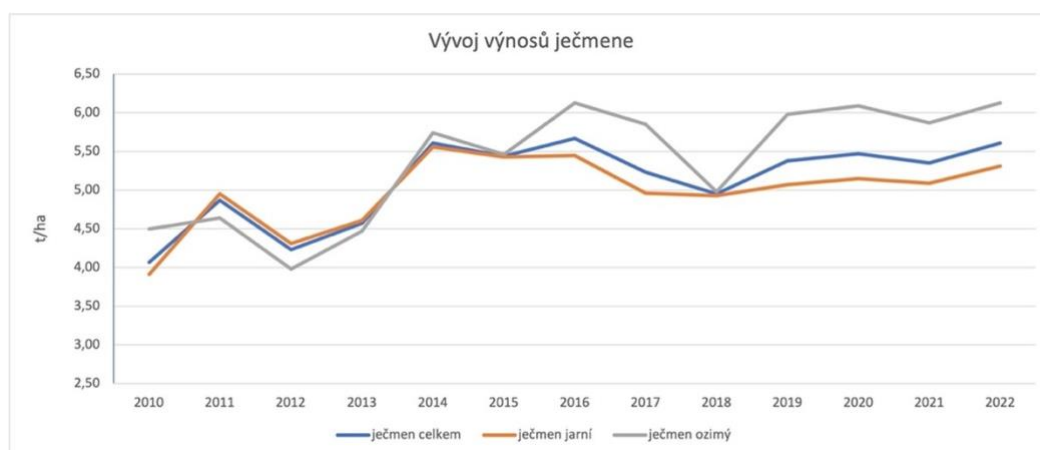
Ječmen je v České republice v posledních letech pěstován na výměře přibližně 334,5 tisíce hektarů, z celkové osevní plochy obilovin 1 385,7 tisíc ha v roce 2022. Po pšenici tak zaujímá druhé místo, co do plochy pěstování (ČSÚ 2022). Jarní varianta ječmene byla v roce 2022 vyseta na ploše necelých 212 tisíc ha. Následující graf 1 zobrazuje vývoj osevních ploch ječmene za posledních 20 let.



Graf 1: Vývoj osevních ploch ječmene v letech 2002-2022. (Vlastní zpracování, zdroj dat: ČSÚ)

V průběhu posledních dvaceti let došlo k redukcí osevní plochy ječmene o přibližně 200 tisíc ha. To je dáno i úbytkem zemědělské půdy. Poslední tři roky osevní plochy ječmene meziročně mírně kolísají, ovšem bez radikálních změn. Například v roce 2021 došlo k mírnému poklesu ploch o 1,6 % oproti předchozímu roku, ovšem v roce 2022 je naopak patrný mírný nárůst. V našich půdních podmínkách se lépe daří ozimé variantě ječmene, oproti němu ječmen jarní je velmi náročný na půdní podmínky.

Co se týče vývoje výnosů, za posledních dvacet let je viditelný prokazatelný nárůst. Graf 2 zobrazuje rostoucí tendenci výnosů ječmene od roku 2010 do roku 2022.



Graf 2: Vývoj výnosů ječmene od roku 2010. (Vlastní zpracování, zdroj dat: ČSÚ)

Mezi lety 1990 a 2000 došlo k rapidnímu poklesu výnosů ječmene, především vlivem sníženého používání minerálních hnojiv. Rok 2000 byl v tomto ohledu zlomový, jelikož výnosy začly opět narůstat. V roce 2018 je znatelný pokles výnosů, který byl způsoben vlivem sucha, kdy především nedostatek srážek v měsících květnu a červnu měl nepříznivý vliv na průběh celé vegetace. Naopak v roce 2020 bylo na podstatném území ČR především ke konci května

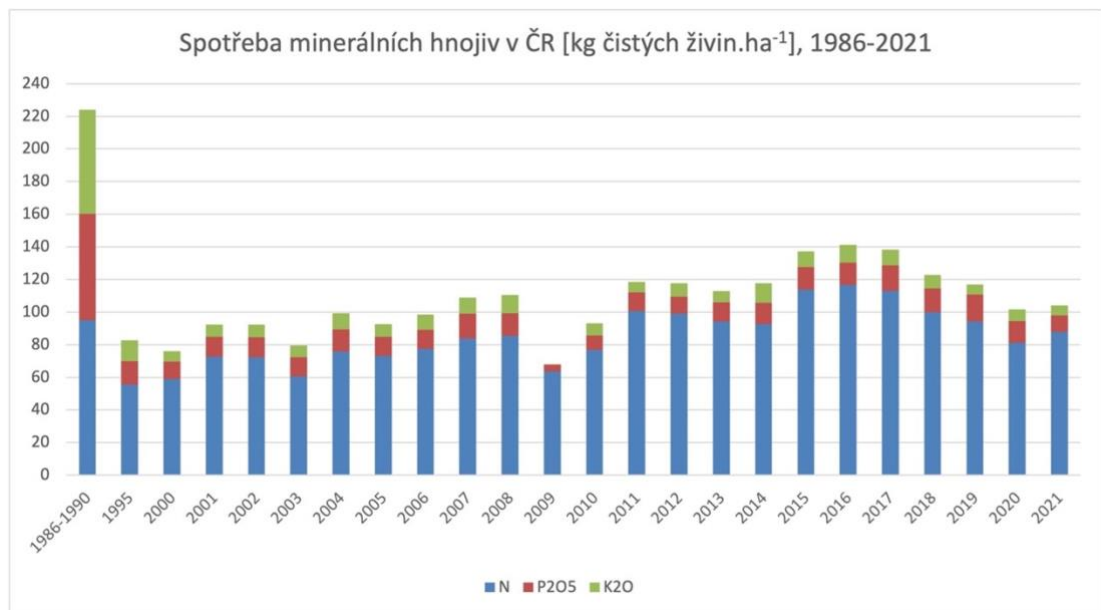
chladno a deštivo, což bylo rozhodující pro tvorbu výnosu, který tak meziročně narostl (MZE 2020).

Výnos a kvalitu zrna ječmene ovlivňuje řada faktorů, především zvolená odrůda, půdní druh, klima, pěstitelské podmínky, a v neposlední řadě hnojiva (Hanhur et al. 2021). Vybraná odrůda by měla mít vlastnosti odpovídající půdním a klimatickým podmínkám (odolnost vůči suchu, délka vegetačního období, odolnost vůči chorobám či vůči poléhání) (Bezpal'ko et al. 2020). Choroby obilnin jsou faktorem, který značně ovlivňuje finální výnosy plodin. Odolnost odrůdy, zvolená předplodina, prostorová izolace mezi ozimými a jarními obilninami, kvalita semen, systém zpracování půdy, aplikace hnojiv, termín a hloubka setí, ničení plevelu, sklizeň v optimálním čase, to vše významně ovlivňuje prevalenci, škodlivost a ekonomický význam nemocí obilnin. Nicméně v rámci prevence chorob se zdá být nezbytná chemická ochrana, ať už jde o ošetření semen proti plísňovým chorobám a kořenovým hnilobám, či o následný postřik plodin z důvodu ochrany před komplexem chorob postihující klasy a listy (Zhukova et al. 2019).

Faktem však je, že posledních několik desítek let bylo hospodaření založeno na nekontrolované aplikaci minerálních hnojiv a chemických přípravků na ochranu rostlin, což mělo významný negativní dopad na životní prostředí a kvalitu zemědělské půdy. Samotná půda je přitom nepochybně jedním z nejdůležitějších faktorů zemědělské výroby, neboť živiny v ní obsažené jsou klíčové pro rozvoj kořenového systému a spolu s dalšími aspekty, jako je vodní, vzdušný a teplotní režim či hodnota pH, zásadně ovlivňují růst a vývoj rostlin. Nicméně právě konvenční zemědělství a s ním spojené používání minerálních hnojiv a chemikálií negativně ovlivňuje dlouhodobou úrodnost půdy vlivem narušení její struktury, snižováním množství organické hmoty a redukcí počtu mikroorganismů mající pozitivní vliv na růst a vývoj plodin (Blečić et al. 2014). Intenzivní zemědělství tedy nejenom negativně ovlivňuje životní prostředí, rozšiřování těchto postupů za účelem uspokojení globální potravinové bezpečnosti navíc není proveditelné ani z ekonomického hlediska. Je potřeba se zaměřit na udržitelnou intenzifikaci zemědělství reagující na rostoucí populaci a dále na kolísavé a nepředvídatelné podmínky prostředí, které se mění v důsledku změn klimatu (Le Cocq et al. 2016).

### 3.3 Vývoj spotřeby minerálních hnojiv

Při porovnávání dat z různých zdrojů se uváděné údaje liší. Rozdíly jsou dány tím, že například Ministerstvo zemědělství zveřejňuje údaje vztahující se k jednotlivému kalendářnímu roku. Oproti tomu Český statistický úřad zjišťuje údaje za hospodářský rok, které dále slouží k poměrovému rozdělení dat k reportům za jednotlivé regiony. Při porovnávání průměrných dat za delší časové období se však zdánlivě nesourodé údaje relativně shodují. Dále je potřeba přihlídnout k faktu, že v různých obdobích docházelo k různým postupům měření. Přesněji řečeno, do roku 2001 se průměrná spotřeba hnojiv rozpočítávala podle Katastru nemovitostí na veškerou zemědělskou půdu, za roky 2002-2009 na odhadovanou využívanou půdu (4 miliony ha). Od roku 2010 se údaje rozpočítávají na skutečně obhospodařovanou zemědělskou půdu, a to po dohodě ČSÚ s MZE (Klír et al. 2021). Následující graf 3 zobrazuje vývoj spotřeby minerálních hnojiv v České republice od roku 1986.



Graf 3: Vývoj spotřeby minerálních hnojiv na území ČR mezi lety 1986 až 2021. (Vlastní zpracování, zdroj dat: MZe)

Období do 90. let 20. století bylo charakteristické intenzivním používáním minerálních hnojiv i organického hnoje. Po roce 1989 došlo v České republice k prudkému poklesu spotřeby minerálních hnojiv vlivem přechodu z centrální ekonomiky na tržní (Grzebisz et al. 2010). Výrazně se také snížila spotřeba fosforečných a draselných hnojiv. Po roce 2000 došlo opět k pozvolnému nárůstu minerálních hnojiv. Od roku 2016 je trend spotřeby klesající, avšak podle Zprávy o stavu životního prostředí České republiky z roku 2021, došlo k meziročnímu zvýšení spotřeby minerálních hnojiv o 2,5 % na hodnotu 104,2 kg čistých živin.ha<sup>-1</sup> (MŽP 2021). V souvislosti s obrovským rozvojem bioplynových stanic byl zaznamenán nárůst hnojení digestáty. Ty mohou sloužit jako zdroj dusíku pro zemědělství, nicméně si nemohou poradit s problémem organické hmoty v půdě (Menšík et al. 2019).

### 3.4 Teorie tvorby výnosu ječmene

Výnos zrna jarního ječmene je tvořen následujícími výnosotvornými prvky: počet klasů na jednotku plochy, počet zrn v klasu a hmotnost 1000 zrn (semen) v gramech. Tyto výnosotvorné složky jsou určeny genetickými vlastnostmi druhu a odrůdy, půdně-klimatickými podmínkami stanoviště a agrotechnickými postupy (Klikocka et al 2014). Jednotlivé výnosotvorné prvky se v průběhu ontogeneze tvoří v postupné návaznosti, což umožňuje jejich vzájemnou kompenzaci a zajišťuje i určitou stabilitu výnosu. Jsou popisovány tři fáze formování výnosotvorných prvků: fáze zakládání, fáze maximální úrovně a fáze kvantitativní redukce (Petr et al. 1988). Hlavním výnosovým prvkem ječmene je především počet klasů na plochu, z tohoto hlediska je proto významné odnožování.

Produktivní odnožovací schopnost rostlin, tedy jejich schopnost produkovat v porostu optimálně velký počet klasů, má velký význam při tvorbě potenciálního výnosu zrna. Kromě toho je podstatná také míra produktivity klasu (Noworolnik 2012). Ve studii Gocheva (2014) měl nejsilnější přímý vliv na produktivitu počet klásků na klas, hmotnost zrna na klas a produktivní odnož.

Výnos plodin je výsledkem vzájemného působení genetických vlastností rostliny, půdních vlastností, agrotechnologických postupů a klimatických podmínek. Výnosový potenciál plodin je v průběhu vegetačního období velkou měrou ovlivňován teplotními a srážkovými poměry (Hakala et al. 2020). Výnosový potenciál je přitom obvykle definován jako možný výnos adaptovaných odrůd v dané lokalitě bez výskytu plevelu, škůdců a chorob, bez současného omezení vody a živin. Kvantitativně lze výnosový potenciál plodiny vyjádřit jako součin množství zachyceného fotosynteticky aktivního záření, účinnosti přeměny přijaté energie na sušinu, a sklizňového indexu (poměru sklizeného zrna k celkové vyprodukované sušině). Vysoké výnosy ječmene jsou možné právě tehdy, když je každá z těchto složek maximalizována. Zmíněné složky výnosového potenciálu jsou však ovlivňovány působením biotických a abiotických stresorů, včetně nedostatku vody a živin, v závislosti na povaze stresu a jeho načasování ve vztahu k vývoji plodin (Newton et al. 2011). V podmínkách ekologického zemědělství jsou výnosy ječmene závislé především na odolnosti a snášenlivosti jednotlivých odrůd (Askegaard et al. 2011). Neméně důležitý je i správný výběr předplodiny. U méně úrodných půd lze udržitelnou produkci bez vstupů hnojiv očekávat pouze při správném střídání plodin, včetně luštěnin a okopanin (Hlisenikovský et al. 2021).

Noworolnik (2012) porovnával různé kultivary ječmene z hlediska jejich morfologických znaků určujících výnos zrna a jejich reakce na odlišné termíny setí. Bylo zjištěno, že meziodrůdová variace v morfologických vlastnostech ječmene může vyvolat odlišnou reakci jednotlivých kultivarů na hlavní agronomické faktory jako je hnojení, termín setí a výsevek. Kultivary ječmene s vyšší schopností odnožování přitom vykazují slabší reakci na zvyšující se výsevek. Naopak kultivary ječmene s nižší schopností odnožování reagují silněji na zvýšenou míru hnojení dusíkem zvýšením výnosu.

Ječmen je citlivý na opožděný výsev a na vysoké teploty během raného růstu (Hakala et al. 2020). Také je velmi náročný na půdní podmínky a citlivý na stres způsobený suchem, vzhledem k jeho slabému a málo aktivnímu kořenovému systému a velmi krátké vegetační době (90-130 dní). Kořenový systém ječmene zaujímá zejména horních 30 cm půdy. Množství i kvalita výnosu ječmene závisí na objemu a rozložení srážek v průběhu vegetačního období, přičemž velikost výnosu značně omezuje nedostatek srážek při konci vegetativní vývojové fáze a na začátku tvorby generativních orgánů (Bartosiewicz & Jadczyzyn 2021).

### **3.4.1 Vliv hnojení na výši výnosu**

Důležitým faktorem regulujícím výnos obilnin jsou nepochybně hnojiva, přičemž zde hraje roli schopnost půdy zajistit rostlinám dostatečné množství dusíku. Dusík je součástí mnoha rostlinných enzymů, strukturálních proteinů, sloučeniny ATP přenášející energii, či nukleových kyselin DNA a RNA. Vzhledem k tomu, že je dusík součástí chlorofylu a dále enzymu rubisco vázajícího CO<sub>2</sub>, tak obsah dusíku v rostlině nepřímo určuje rychlost fotosyntézy, akumulaci sušiny a ekonomický výnos. Je proto zapotřebí rostlině poskytnout dostatečný příjem dusíku pro zajištění všech biologických funkcí, a v konečném důsledku pro získání dobrého výnosu (Anbessa & Juskiw 2012).

Hanhur et al. (2021) ve své studii hodnotil účinnost dusíku, mobilního fosforu a výměnného draslíku v různých dávkách a poměrech při pěstování jarního ječmene. Nejvyšší



účinek byl pozorován při použití minerálního hnojiva v dávce  $N_{68}P_{68}K_{45}$ , kdy bylo při současné plné ochraně před chorobami, škůdci a plevelem dosaženo nejvyššího výnosu zrna 5,27 t/ha.

Dusík hraje důležitou roli ve zvyšování produktivity ječmene (Sanina 2020). Navzdory tomu, konkrétně u ječmene je potřeba dusíku nižší v porovnání například s pšenicí. Navíc u sladovnického ječmene je přísný požadavek na nízký až střední obsah bílkovin v zru, stejně tak u ječmene využívaného ke zkrmování nejsou žádoucí vysoké obsahy bílkovin (Anbessa & Juskiw 2012). Nedostatečné množství minerálního dusíku má za následek nižší výnosy, na druhou stranu nadměrné hnojení dusíkem může negativně ovlivnit výnos zrna vlivem poléhání porostu (Hlisnikovsky et al. 2021).

Obecně se doporučené dávky dusíku v ČR pohybují v rozmezí cca 30 až 60 kg ha<sup>-1</sup> N, v závislosti na půdně-klimatických podmínkách, předplodině a účelu (krmné nebo sladovnické zru). Jiné zdroje uvádějí dávky dusíku až do 80 kg/ha v závislosti na výše uvedených faktorech. U ječmene pěstovaného ke sladovnickým účelům zasetého po luštěninách nebo plodinách hnojených organickými hnojivy se doporučuje nízké či žádné hnojení, zatímco vyšší dávky lze aplikovat u ječmene pěstovaného pro krmné účely (Hlisnikovsky et al. 2021)

Dle Černého et al. (2010) bývá nižších výnosů vždy dosaženo při ošetření pouze hnojem nebo čistírenskými kaly, ve srovnání s pozemky s minerálním hnojením. Na nehnojených plochách byly na všech lokalitách výnosy nejnižší (1,92-2,81 t/ha), na pozemku hnojeném hnojem byl průměrný výnos ječmene vyšší o 22 %. Aplikace čistírenského kalu vedla k vyššímu výnosu ječmene o 26 % oproti kontrole. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo po aplikaci minerálních hnojiv; průměrný výnos se zvýšil o 50 % u jarního ječmene (3,57 t/ha-5,15 t/ha).

### 3.5 Růstové a vývojové fáze ječmene

Pro správnou aplikaci hnojiv a stimulátorů růstu je důležité porozumět vývojovým fázím ječmene a jeho potřebám v průběhu vývoje. Pro popis vývoje obilnin bylo vytvořeno několik systémů. Jako nejvíce univerzální se jeví systém Zadok, kdy jsou růstové fáze popsány podle rozšířené stupnice BBCH. Dále pak může jít o systém Hauk či Feekes (Meier et al. 2009). Systém Zadok je dvoumístný kód, kdy první číslice označuje hlavní fázi vývoje počínaje klíčením a zráním zrna konče. Druhá číslice od 0 do 9 popisuje každou jednotlivou hlavní fázi růstu. Například číslice 5 na druhém místě, označuje polovinu hlavní fáze. Pro popis vývoje vzrostného vrcholu je využívána mikrofenologická stupnice dle Kupermanové (Anderson et al. 1995). V rámci celé ontogeneze jsou rozlišovány dvě období-vegetativní (od klíčení do konce odnožování) a generativní (od počátku sloupkování do doby plné zralosti). Tabulka 1 popisuje významné růstové fáze a etapy vývoje vzrostného vrcholu.

Tab.1: Popis makrofenologické a mikrofenologické stupnice obilnin (zkrácená)

Růstová fáze	Mezinárodní označení (DC)	Etapa organogeneze vzrostného vrcholu
<b>Klíčení</b> suchá obilka koleoptile vystoupila ze semene	0 7	I.
<b>Vzcházení</b> objevení koleoptile nad povrchem půdy (1. list stočen uvnitř)	10	I.
<b>První listy</b> 1. list (2. list vyrůstá z pochvy 1. listu) 2. - 3. list rozvinutý	11 12 - 13	II. II.
<b>Odnožování</b> začátek odnožování, 1. odnož plné odnožování, 5. odnož viditelná 9 a více odnoží viditelných	21 25 29	III. III.-IV. IV.
<b>Sloupkování</b> počátek odnožování hlavních i vedlejších odnoží 1. kolénko (hmatné nad povrchem půdy) 2. - 4. kolénko objevení se posledního listu (praporcový list) objevení se jazýčku posledního listu	30 31 32 - 36 37 39	IV-V. a V. b-VI. VI.-VII. VII. VII.
<b>Naduřování listové pochvy</b> naduřování listové pochvy praporcového listu viditelné osiny z listové pochvy	43 49	VII.
<b>Metání</b> začátek metání, 1. viditelný klásek celý klas vymetán	51 59	VIII.
<b>Kvetení</b> začátek kvetení, první viditelné prašníky konec kvetení, většina klásků odkvetlá	61 69	IX.
<b>Zrání</b> tvorba obilky, obsah obilky vodnatý středně mléčná zralost, mlékovitý endosperm vosková zralost, obsah obilky měkký a tvárný žlutá zralost, obsah obilky pružný až pevný	71 75 83 87	X. XI. XII.
<b>Plná zralost</b> obilka je tvrdá rostlina plně odumřelá, stéblo se láme sklizené zrno	91 97 99	XII.

(Vlastní zpracování dle Enz a Dachler (1997))

### **Vývojové etapy organogeneze vzrostného vrcholu**

- I. Vzrostný vrchol je jednoduchý, nediferencovaný, o velikosti asi 0,3 - 0,6 mm.
- II. Vzrostný vrchol se začíná prodlužovat, jeho velikost dosahuje 0,5 - 0,8 mm. Nastává diferenciací dělivého pletiva na budoucí články stébla, kolénka a formují se základy listů. V úžlabí každého listu se vytvoří nový vzrostný vrchol - základ budoucí odnože.
- III. Vzrostný vrchol se značně prodlužuje a nastává rýhování - vytváření valů. Délka vrcholu je asi 0,7 - 1,5 mm. V závislosti na podmínkách průběhu tohoto období a na ostatních podmínkách růstu (výživy, vláhy a tepla) se formuje délka budoucího klasu.
- IV. Tvorba kláskových hrbolků. Vzrostný vrchol se zplošťuje, získává tvar budoucího klasu. V závislosti na dědičném založení odrůdy a podmínkách pro vývoj a růst se formuje určitý počet klásků. S nástupem této etapy se začínají od sebe oddalovat kolénka nahloučená pod vzrostným vrcholem, což je vlastně začátek sloupkování. Tato etapa je indikátorem přechodu z vegetativního do generativního období.
- V. Formování kvítků, zakládání kvítkových hrbolků a jejich diferenciací. Tato etapa se dělí na následující podetapy:
  - V.a Tvorba polokulovitěho útvaru na kláskovém hrbolku, útvar je ohraničený rýhou. Ten se později dělí na základy kvítků a rýha je základem budoucí plevy.
  - V.b se pozná podle další diferenciací kláskového hrbolku na tři i více menších polokulovitých útvarů - základů jednotlivých kvítků. Valy pod těmito základy jsou obalové složky kvítků - pluchy a plušky. V této etapě se tedy formuje důležitý prvek struktury výnosu - počet zrn v klasu.
  - V.c Tvorba základu prašníků a pestíků, tvoří se archesporiální buňky.
- VI. Dochází k další diferenciací prašníků a pestíků a pokračuje tvorba obalových složek klásků a kvítků. Tato etapa souvisí s velkou periodou růstu.
- VII. Dokončuje se formování pohlavních orgánů - prašníků a pestíků. Prodlužují se tyčinky a rostou květní obaly. Prodlužují se články klasového vřetene a u osinatých odrůd rychle rostou osiny. V této etapě se v podstatě dokončí skryté procesy organogeneze probíhající v pochvě posledního listu.
- VIII. metání
- IX. kvetení
- X. tvorba obilky
- XI. mléčná zralost
- XII. žlutá a plná zralost (Petr et al. 1988).

### **3.6 Stresové faktory**

Levittova teorie z roku 1972 poukazuje na fyziologické mechanismy rostlin v průběhu reakce na stres, kdy lze různé abiotické a biotické stresory považovat za primární stres, v jehož důsledku se může objevit stres sekundární. Sekundární stres je v rostlinných organismech vždy spojen se změnami redoxní rovnováhy v buňkách, takže může navíc dojít k vyvolání oxidačního stresu. K ochraně buněk před oxidačním poškozením využívají rostliny obranných mechanismů založených na nízkomolekulárních antioxidačních sloučeninách i na enzimech, které přímo či nepřímo pomáhají v přežití při nepříznivých podmínkách prostředí (Labudda et

al. 2020). Oxidační stres je jedním z nejdůležitějších mechanismů rostlin v reakci na účinky různých stresorů (Kacienė et al. 2015). Stresové faktory můžeme rozdělit na abiotické a biotické.

### 3.6.1 Abiotický stres

Zemědělské plodiny jsou neustále vystavovány vnějším stresorům přírodního i antropogenního původu, které omezují jejich fyziologické procesy a růst. Stále větší škody například způsobují extrémní meteorologické jevy, jako je sucho či povodně, nízké či naopak vysoké teploty, silný vítr atp., které jsou vlivem změn klimatu stále častější (Kacienė et al. 2015). Kromě toho vlivem antropogenní činnosti dochází k okyselování půd a kontaminaci prostředí toxickými látkami.

#### 3.6.1.1 Stresy půdního původu

Řadíme sem například deficit vody v půdě nebo její nadbytek, salinitu, nerovnováhu živin, nepříznivé pH. Současně v České republice ubývá přibližně 5 000 ha zemědělské půdy ročně, hlavní příčinou jsou přitom zábory půdy pro stavební a jiné účely. Mezi další příčiny degradace půdy patří vodní a větrná eroze, zhutnění půdy, ztráta organické hmoty, zasolení, okyselení či znečištění půdy cizorodými látkami. Také se podstatně mění i využití půdy a relativní zastoupení některých plodin (MŽP 2021). V průběhu let například došlo ke změně podílu pěstovaných plodin především ve prospěch řepky ozimé. Ubylo také pěstovaných plodin zlepšujících půdu, jako jsou okopaniny, pícniny a luskoviny (Hlisnikovský et al. 2022).

Půda je v mnoha oblastech světa silně znečištěna stopovými prvky a kovy, například kadmíem (Cd). Ke znečištění zemědělské půdy kadmíem dochází zvláště aplikací kontaminovaných čistírenských kalů, fosfátových hnojiv, závlahové vody či přípravků na ochranu rostlin. Cd mimo jiné významně ovlivňuje samotný růst a vývoj rostlin a dále fyziologické procesy jako je fotosyntéza, metabolismus živin a antioxidační mechanismy (Labudda et al. 2020). Jedná se o toxický těžký kov, který se může prokazatelně hromadit v zrnech obilovin a následně prostoupit do potravního řetězce lidí i hospodářských zvířat. Významný podíl kadmia však zůstává v půdě v nedostupných formách pro rostliny, kde ovšem přímo i nepřímo působí na půdní mikroorganismy (Bravo & Braissant 2022).

Využívání těžkých zemědělských strojů způsobuje zhutňování půdního podloží, což sekundárně snižuje provzdušnění a průtok vody. Následně může docházet k omezenému růstu kořenů a ke snížení výnosů plodin. Pro zmírnění negativních vlivů utužení je vhodné do osevního postupu ječmene zařadit hlubokokořenné meziplodiny. Wahlström et al. (2021) zjistili že půda, která byla čtyři po sobě jdoucí roky zhutňována vicepřejezdy kolových traktorů, vykazovala kritické zhutnění horního podloží ve hloubce 30-40 cm s penetračním odporem 3,5 Mpa, což je považováno za kritickou hodnotu. Toto zhutnění způsobilo snížení růstu kořenů ječmene jarního o 50 % a snížení výnosů o 6-8 % v porovnání s kontrolou, která byla provedena tři roky po ukončení zhutňování.

### 3.6.1.2 Vysoké teploty

Zvýšená teplota prokazatelně snižuje výnos plodin, a to například uzavřením průduchů, čímž dochází k omezení transpirace. Zároveň vlivem tepla dochází k inhibici fotosyntézy (Ingvordsen et al. 2015)

Stejně jako u ostatních stresorů, tak i u stresu vyvolaném vysokými teplotami záleží, ve které vývojové fázi se rostlina při působení stresoru nachází. Vysoké teploty před setím mohou zvýšit výnosy zvláště na chladných stanovištích, zatímco působení vysokých teplot během vegetačního období může výnosy snížit. Vysoké průměrné denní teploty zkracují období plnění zrna a zrání, což vede k podprůměrným výnosům (Klink et al. 2014). Podobné výsledky uvádí ve své studii Trnka et al. (2004). Zvýšená teplota spolu se slunečním zářením stimuluje evapotranspiraci, proto mohou výnosy klesat, obzvláště pokud je zásoba vody pod kritickou úrovní. Vliv srážek může být pozitivní v případě, že srážky eliminují vodní stres, či naopak negativní, jelikož může docházet ke zvýšenému vyplavování dusíku a ke snížení obsahu kyslíku v půdě.

### 3.6.1.3 Sucho

Vliv stresu ze sucha se zpočátku projevuje na úrovni buňky, následně však dochází k ovlivnění fungování celé rostliny. V suchých podmínkách se snižuje příjem vody a minerálů z půdy, což zabraňuje procesu fotosyntézy, stomatální vodivosti a transpirace. Aby se snížily další ztráty vody v procesu transpirace, dojde k uzavření průduchů, což způsobí snížení vodního potenciálu a listového turgoru. Dále dojde ke snížení příjmu oxidu uhličitého z prostředí. Snížená asimilace uhlíku přitom inhibuje růst rostlinné biomasy. Za sucha je uhlík více alokovan v kořenovém systému, proto omezení růstu postihuje více nadzemní části rostliny, než její kořeny (Bartosiewicz & Jadczyzyn 2021).

Nízké výnosy ječmene se tvoří zejména v oblastech s omezenou dostupností vody a tepelným stresem a následnou krátkou dobou plnění zrna (Panfilova et al. 2020). Projevy sucha přitom, kromě výnosů, velmi negativně ovlivňují i kvalitu pěstovaných plodin, přičemž i relativně malé výkyvy klimatu mohou způsobit značnou proměnlivost výnosů. Přirozené mírné meziroční rozdíly lze korigovat včasnými agrotechnickými opatřeními, avšak vlivem klimatických změn začíná tato variabilita vykazovat určitý trend, na který je potřeba reagovat. Je navíc prokázáno, že extrémní projevy počasí mají negativní dopad především na nekvalitní či erodované půdy, v porovnání s půdami s vyšším obsahem humusu a s lepší schopností zadržovat vodu. Pro snížení negativních dopadů klimatických změn je proto potřeba činit preventivní kroky, zvláště usilovat o zvýšení retenční kapacity půdy pomocí vhodných půdoochranných opatření a technologií, či využít genetických zdrojů zemědělských plodin (Hanhur et al. 2021).

Anderson et al. (2016) poukazují na důležitost pochopení a modelování reakcí plodin na stres z horka a sucha při hodnocení dopadů změn klimatu. Množství a kvalitu výnosu ječmene značně ovlivňuje to, v jaké vývojové fázi byla plodina stresoru vystavena, dále záleží na genotypu a půdních podmínkách (Bartosiewicz and Jadczyzyn 2021). Ve studii Pecio & Wach (2015) zaznamenali vyšší toleranci ječmene vůči stresu ze sucha ve fázi odnožování (BBCH 23) než ve fázi praporcového listu (BBCH 45-47), což souvisí se schopností ječmene

produkovat další plodné odnože. Oproti tomu tolerance k dočasnému stresu ze sucha ve fázi praporcového listu je dána snížením počtu zrn na klas se současným zvýšením hmotnosti 1000 zrn. Různé genotypy ječmene se přitom v reakcích na dočasné působení stresů liší s ohledem na jejich různorodé schopnosti regenerace po odbourání tohoto stresu. Jedním z klíčových prvků určujících výnos jarního ječmene je také počáteční obsah vody v půdním profilu. Dle Trnky et al. (2004) každé 1 % navýšení využitelné půdní vody v den setí způsobuje zvýšení výnosů o 54–101 kg.ha<sup>-1</sup>.

Období tzv. agronomického sucha je definováno jako stav, kdy je množství vody v půdě nižší, než je potřeba rostlin. Dále je často chápáno jako stav, kdy půdní vlhkost poklesne pod bod trvalého vadnutí, tedy pod cca -1,5 MPa, kdy je zastaven příjem vody a tím i růst rostlin. I velmi malé ztráty vody způsobí rostlině stres, dojde k poklesu turgoru, uzavírání průduchů a snížení rychlosti fotosyntézy (Spáčilová et al. 2013). Při hodnocení výnosů jarního ječmene v ČR za období 1975-2010 byl na většině zkoumaného území zjištěn statisticky významný vztah mezi výnosem zrna a obsahem půdní vody v různých fázích vegetace. Trnka et al. (2007) uvádí, že sezónní vodní bilance v období od dubna do června také významně ovlivňuje produkci jarního ječmene. V podmínkách střední Evropy mohou podle autorů delší období deficitu srážek, v kombinaci s extrémně vysokými letními teplotami, významně ovlivnit výnosy jarního ječmene a způsobit změny v agroekosystému.

### 3.6.2 Biotický stres

Dochází k poškození rostlin působením živých organismů, včetně bakterií, virů, hub, hmyzu a plevelů. Výnosové ztráty způsobené plevellem závisí více na relativní době vzcházení plevelu, než na jeho hustotě. Záleží také na hustotě porostu pěstované plodiny (Kauppi et al. 2021). Dle Birkhofer et al. (2015) způsobují na rostlinách živočišní škůdci celosvětové výnosové ztráty ve výši 5 až 19 %. Podle Friedta et al. (2011) mohou ztráty činit ročně až 30 %, jsou-li kromě hmyzích škůdců započítány i houbové a virové choroby. U ječmene se jedná především o mšici střemchovou (*Rhopalosiphum padi*), která způsobuje v letech přemnožení odhadované výnosové ztráty až 16 %, přičemž je přenašečem virové žluté zakrslosti ječmene (Birkhofer et al. 2015). Při napadení plodiny mšicí a současnému rozvoji virového onemocnění tak navíc dochází ke kombinovaným negativním účinkům (Knauppi et al. 2021).

Ekonomicky nejvýznamnějšími patogeny v celosvětové produkci obilnin jsou cystotvorná hád'átka rodu *Heterodera* (*hád'átka ovesné*) a *Globodera*, přičemž obligátní parazit *Heterodera filipjevi*, který parazituje především na kořenech ječmene a pšenice, způsobuje ztráty ve výnosu zrna až 50 % (Labudda et al. 2020).

Další chorobou postihující ječmen je endofytická ramulariová (nebo také tmavohnědá) skvrnitost ječmene, způsobovaná houbovým patogenem *Ramularia collo-cygni*. Vzduchem přenášené spory infikují semena rostlin, přičemž symptomy onemocnění se vizuálně projevují po vzejití klasu (Mäe & Kiiker 2022). V důsledku této choroby je zhoršena kvalita zrna a snížena hmotnost 1000 semen.

Ječmen dále mohou napadat viry (virus žluté zakrslosti ječmene), protista *Plasmodiophora* sp., a houby a houbám podobné druhy, například *Rhizoctonia* a *Fusarium* (Labudda et al. 2020).

Padlí travní způsobuje houbový patogen *Blumeria graminis* f. sp. *Hordei* (Tratwal & Bocianowski 2018).

Vzhledem k současnému rostoucímu tlaku na zemědělce ohledně nutnosti redukovat množství využívaných agrochemikálií a pesticidů, se pozornost soustřeďuje na šlechtění genetických kultivarů odolných vůči těmto chorobám. Ročně roste produktivita kultivarů ječmene přibližně o 1-2 % vlivem genetického šlechtění, účinné redukce onemocnění a hmyzu, zlepšeného schéma hnojení a obecně zlepšených technologií zemědělské výroby (sklizeň, skladování atd.). Současné kultivary ječmene pěstované v Evropě se vyznačují vysokým výnosovým potenciálem se současnou vysokou resistencí vůči širokému spektru virových chorob, zejména virové žluté zakrslosti ječmene, a houbovým patogenům, jako je padlí travní, rez ječná nebo Rynchosporiová listová skvrnitost (Friedt et al. 2011).

### 3.7 Hrozby a výzvy

Jednou z nejvýznamnějších globálních hrozeb je neustálý růst světové populace, který vyžaduje zvýšení produkce hlavních plodin do roku 2050 o téměř 100 % (Hudzenko et al. 2022). Očekává se, že do uvedeného roku dosáhne počet lidí na Zemi 10 miliard (Shashibhushan & Reddy 2021), čímž dojde pochopitelně k větší spotřebě potravin rostlinného i živočišného původu. Současná dynamika růstu hlavních plodin však neodpovídá potřebnému tempu pro zajištění dostatečné produkce. Řešení problému zajištění dostatečného množství potravin dále komplikují globální klimatické změny (Hudzenko et al. 2022). Ječné zrnko využívané pro zkrmování hospodářských zvířat tvoří 35 % z celkové produkce obilí (Usubaliev et al. 2020). Zajištění vysoké a stabilní produkce zvýšením jeho genetického potenciálu je proto jedním z prioritních šlechtitelských úkonů. Je potřeba vyšlechtit další nové odrůdy ječmene schopné minimalizovat celkové náklady na produkci se současným zvýšením výnosů plodin bez kompromisů k jejich kvalitě a bezpečnosti (Shashibhushan & Reddy 2021).

Předpokládá se, že klima bude v následujících desetiletích ovlivňováno rostoucí koncentrací skleníkových plynů a aerosolů v atmosféře, což bude dále působit na produkci plodin. Trnka et al. (2004) ve své studii posuzoval dopady zvýšené koncentrace atmosférického CO<sub>2</sub> na růst a vývoj ječmene jarního a dále zkoumal možné adaptační strategie. Zvýšený obsah CO<sub>2</sub> ve vzduchu stimuluje u rostlin fotosyntézu, zároveň snižuje rychlost transpirace prostřednictvím snížené stomatální vodivosti, a to zejména za vyšších teplot. To by mělo přispět ke zlepšení účinnosti využívání vody a tím k nižší pravděpodobnosti výskytu vodního stresu, přičemž tyto reakce jsou známy jako efekt hnojení CO<sub>2</sub> nebo přímý účinek zvýšeného CO<sub>2</sub>. Experimenty provedené v kontrolovaném prostředí naznačují, že při zdvojnásobení okolního CO<sub>2</sub> by mělo dojít ke zvýšení růstu plodin a produkce biomasy až o 33 ± 6 % u jarního ječmene a dále u ozimé a jarní pšenice. Pokud je voda omezujícím faktorem, je předpoklad dalšího navýšení výnosů díky dodatečnému účinku zlepšené účinnosti využívání vody. Na druhou stranu, nárůst CO<sub>2</sub> v ovzduší ovlivňuje povětrnostní režim, což je označováno jako nepřímý či povětrnostní efekt.

Dalším kritickým environmentálním problémem 21. století je znečištění dusíkem, spolu s řadou vzájemně propojených důsledků od znečištění ovzduší a vody po změnu klimatu a vyčerpání stratosferického ozonu (Kanter et al. 2015). Každoročně je pěstitelům do půdy dodáváno velké množství dusíku ve formě dusičnanů, amoniaku nebo močoviny, přičemž v roce 2020 byla celosvětová spotřeba dusíkatých hnojiv odhadnuta na 110 milionů tun (Goñi et al. 2021). Minerální dusíkatá hnojiva jsou významným zdrojem dusíkatých emisí

v globálním měřítku. Aplikace dusíkatých hnojiv přispívá ke zvyšování výnosů plodin, nicméně v zrna obilovin se zpět získá méně než polovina aplikovaného dusíku. Zbytek je začleněn do půdní organické hmoty a vlivem půdní eroze, vyluhováním, povrchovým odtokem a uvolňováním plynů (z půdy i rostlin) následně dochází k eutrofizaci jezer, kontaminaci podzemních vod dusičnany a ke zvýšené hladině skleníkových plynů (Anbessa & Juskiw 2012). Dle Goňi et al. (2021) mohou tyto dusíkaté ztráty tvořit až 65 %. Kromě znečištění životního prostředí dochází ke zvyšování nákladů produkce. Pro snížení využívání dusíkatých hnojiv při současném udržení vysokých výnosů a minimalizaci nákladů je zásadní zlepšit efektivitu využití dusíku plodinami.

Efektivita využití dusíku obilninami je ovlivněna schopností kořenového systému absorbovat dusík z půdy, dále asimilací dusíku v rostlině a jeho redistribucí z vegetativních částí do zrna (Hanhur et al. 2021). Efektivitou využití dusíku se rozumí poměr příjmu dusíku rostlinou a jeho využití pro tvorbu výnosu k celkovému množství aplikovaného dusíkatého hnojiva. Optimalizace efektivit využití dusíku je nezbytná pro snížení vstupních nákladů a negativních dopadů nadměrného množství dusíku na životní prostředí, při současné snaze o zlepšení výnosu ječmene. (Ali et al. 2022, Anbessa & Juskiw 2012). K tomu by měla přispět genetická selekce účinnějších kultivarů spolu s vylepšenými postupy hospodaření s dusíkem.

Předpokládá se, že vlivem globálního oteplování dojde ke změnám zón vhodných pro pěstování různých plodin. Podle globálních klimatických modelů se roční průměrná teplota do roku 2100 zvýší přibližně o 1 až 6,4 °C v závislosti na území a skutečném nárůstu CO<sub>2</sub>. V ČR je předpokládán teplotní nárůst o 1,5 až 4,5 °C. Současně je na území ČR předpovídán téměř neměnný roční úhrn srážek, nicméně na úkor nižších srážek v létě, a naopak jejich nárůstu v zimním období. Výsledky modelových studií proto dále naznačují, že v důsledku měnícího se klimatu dojde ke snížení výnosového potenciálu plodin (Menšík et al. 2019). Modelování změn a dopadů na růst a vývoj plodin je však velmi složité, jelikož je potřeba uvážit i fyziologické procesy rostlin, změny v půdním prostředí, změny pěstebních postupů a různá adaptační opatření (Žalud et al. 2009). Měnicí se klima může na produkci plodin působit přímo i nepřímo. Přímé účinky se týkají produktivity a kvality plodin v důsledku měnící se teploty, koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře a dešťových srážek. Nepřímé účinky na výnosy plodin mohou nastat v důsledku rozvoje škůdců a patogenů (Niero et al. 2015).

Zlepšování produktivity plodin udržitelným způsobem, pro zajištění dostatečného množství potravin a krmiv při současném minimálním zhoršení kvality půd, je jedna z nejdůležitějších budoucích výzev. V posledních letech byl zaveden termín „ekologická intenzifikace“, kdy ekologicky šetrným způsobem dochází ke zlepšení produktivity plodin, a to maximalizací zásobování půdy vodou a živinami při minimální aplikaci syntetických přísad, například minerálních hnojiv (Mosa et al. 2020).

### **3.8 Alternativy v systému ekologického zemědělství**

Oproti zmíněnému intenzivnímu způsobu pěstování, smyslem ekologického zemědělství je produkce zdravých a kvalitních potravin trvale udržitelným způsobem. Ekologické zemědělství bylo primárně vyvinuto jako alternativa k zemědělským postupům pro zmírnění negativních dopadů konvenčního zemědělství na životní prostředí, především omezením



používání syntetických chemických sloučenin včetně hnojiv a pesticidů, nicméně může nepřímo pozitivně ovlivnit i biologickou kontrolu zvýšením diverzity přirozených predátorů škůdců rostlin (Anusauskas et al. 2023). V důsledku nutnosti omezení používání pesticidů se zemědělci v systému ekologického zemědělství musí při kontrole škůdců více spoléhat na jejich přirozené nepřátele, kteří se tak pro ně stávají přínosem (Östman et al. 2003). Birkhofer et al. (2015) poukazuje na potenciál ekologického zemědělství pozitivně ovlivňovat početnost a druhové složení společenstev predátorů. V systému ekologického zemědělství byla například zjištěna vyšší predace pavouků s následným snížením populace mšic, čímž byly pozitivně ovlivněny výnosy ječmene.

Účinnou strategií ke zmírnění dopadů globální změny klimatu na půdy a pěstované plodiny je zvýšení zásoby organického uhlíku v půdě. Ztráta půdního uhlíku snižuje výnosy plodin a environmentální a tržní hodnotu půdy (Menšík et al. 2019). Udržitelné hospodaření s půdou zahrnuje správnou volbu systému střídání plodin, zemědělských postupů (systém zpracování půdy, ponechání plodin ladem) a zajištění zásobování půdy organickou hmotou a živinami pro dosažení vyšší produktivity plodin (Banwart et al. 2015; King et al. 2005). Příznivé účinky na půdu i plodiny může mít zavádění postupů s vysokým potenciálem sekvestrace uhlíku do půdy, které zahrnují zapravení organických zbytků produkovaných v zemědělství do půdy. Při zapravování slámy může být do půdy uloženo až 33 % uhlíku, což je považováno za ekonomicky a ekologicky atraktivní, tudíž je tento postup v souladu s principy udržitelného zemědělství. Změny v chemickém složení, struktuře půdy i v počtu půdních bakterií přímo ovlivňují zvýšení výnosů plodin, tím spíše, pokud je tento postup prováděn v kombinaci s použitím biopreparátů (Kanarek et al. 2022).

### **3.8.1 Předseťová úprava**

Ošetření osiva před setím je nezbytné pro potlačení infekčních chorob při současném urychlení klíčení a vzcházení. Vhodnou alternativou k chemickým syntetickým pesticidům může být například kombinace mikrovlnného ozáření semen a inkrustace regulátory růstu, které mohou zvýšit výnosovou kapacitu plodin o 15 až 20 % (Bezpal'ko et al. 2020). Účinnost ošetření osiva je mimo jiné dána procentem napadení osiva (Rozhkova et al. 2021). Mezi ekologicky šetrné metody předseťové úpravy osiva patří termické metody. Ty zahrnují hydrotermální ošetření semen a stratifikaci, což je vystvětlováno jako udržování semen při konstantní teplotě po dlouhou dobu. Ošetřením semen po dobu 1-2 hodiny při teplotě 70-80 °C se snižuje riziko napadení viry a alternariovou plísní, při současném zvýšení klíčivosti (Bezpal'ko et al. 2020).

### **3.8.2 Setí obilných směsí**

Využívání obilných směsí namísto jednodruhového osiva může být dalším z trvale udržitelných způsobů, jak zlepšit úroveň a stabilitu výnosů a současně snížit množství škůdců a chorob. Jednou z hlavních výhod je zvýšení biologické rozmanitosti (Tratwal et al. 2014). Využitím směsi osiv, ve které je obsaženo více odrůd s různými vlastnostmi, dochází k mezidruhové interakci i k interakci s okolním prostředím (Kiær et al. 2012). Odlišná, druhově specifická rezistence vůči chorobám oddaluje epidemický rozvoj vzdušných patogenů, čímž se stabilizují výnosy. Smíšené porosty jsou také méně náchylné vůči nepříznivým podmínkám

prostředí, jako jsou výkyvy počasí a další abiotické faktory, v porovnání s čistými porosty (Tratwal & Bocianowski 2018; Askegaard et al. 2011).

### 3.8.3 Organická hnojiva

Aplikace organické hmoty do půdy ovlivňuje chemické, fyzikální a biologické vlastnosti půdy. Dochází ke zlepšení půdních vlastností a zachování půdní úrodnosti, což má pozitivní přínos na kvalitu finálních produktů (Blečić et al. 2014). Organické hnojení je nezbytné zejména pro půdní mikroorganismy, které tyto organické látky rozkládají a živiny dále uvolňují do prostředí. Uvolněné živiny poté mohou využít plodiny k podpoře jejich růstu a vývoje. Poměr získaných živin přitom výrazně závisí na druhu organického hnojiva. Například kejda se svým nízkým poměrem C/N uvolňuje živiny rychle a v relativně velkém poměru již během prvního roku, zatímco chlévský hnůj má vysoký poměr C/N a uvolňuje své živiny pomalu, zato po delší dobu. Proces mineralizace závisí také na klimatických podmínkách, přičemž výrazně klesá při výskytech suchých období (Menšík et al. 2019).

Aplikace organických hnojiv je tedy spojována s pozitivními účinky na vlastnosti půdy, je však potřeba věnovat pozornost dávkám a obsahu sušiny ve hnojivu. Při neznalosti těchto informací může snadno dojít k předávkování, které může významně poškodit pěstované plodiny a nepříznivě ovlivnit životní prostředí zvýšeným vyplavováním dusíku či vlivem zasolení. Stejně jako v případě minerálních hnojiv mohou proto i organická hnojiva představovat hrozbu pro životní prostředí, pokud nejsou aplikována uvážlivě, nebo kvůli možné přítomnosti léčiv (Hlisnikovský et al. 2022). Také podle Blečiće et al. (2014) mohou tradiční formy organických hnojiv kromě prospěšných látek obsahovat i semena plevelů, různé patogeny a další nežádoucí chemické složky, které se ve výsledku negativně odráží na zdraví a bezpečnosti hospodářských produktů. Oproti tomu organická hnojiva na bázi sapropelu jsou dekontaminována od patogenních mikroorganismů, navíc jsou schopna redukovat patogeny, které se již v půdě vyskytují a dále napomáhají lepší mobilizaci dusíku v půdě. Sapropelové hnojivo má také ve srovnání s jinými hnojivy vyšší obsah dusíku, který je následně v půdě déle skladován a lépe akumulován rostlinami. Obsah dusíku je pro rostliny velmi důležitý, neboť při jeho nedostatku je snížena odolnost rostlin vůči chorobám.

#### 3.8.3.1 Sapropel

Sapropel, neboli gyttja, je druh jemnozrnných a sypkých sedimentů usazených ve sladkovodních útvarech, který je bohatý na organické látky. Vlastnosti sapropelu a poměrně široké možnosti těžby z něj dělají přírodní zdroj s možností rozsáhlého uplatnění v zemědělství. Sapropel a produkty z něj vyráběné jsou netoxické, a tudíž šetrné k životnímu prostředí. Byla proto zkoumána možnost jeho využití jako půdní hnojivo a dále možné způsoby aplikace (Stankevica et al. 2016).

Organická sapropelová hnojiva tvoří primárně dvě složky-koloidní sapropel a přírodní rašelinu, přičemž tyto dvě složky se vzájemně pozitivně ovlivňují. Samotný sapropel obsahuje množství organických látek, jako je komplex ligninu, humusu, sacharidů a bitumenu (živce) a dále minerální látky organického původu, přičemž jeho hlavní výhoda souvisí s obsahem bioaktivních látek, aminokyselin, vitaminů a enzymů. Obsažené bakterie aktivují metabolické procesy v půdě a stimulují tvorbu humusu, což vede k obnově její úrodnosti. Druhá složka, tedy

aktivní rašelina, je před smícháním se sapropelou podrobena sterilizaci při teplotě 70 °C. Rašelina zlepšuje strukturu a provzdušnění půdy, obohacuje půdu huminovými kyselinami a zlepšuje její schopnost zadržovat vodu (Blečić et al. 2014).

Huminové látky, mezi které se kromě sapropelu a rašeliny řadí například hnědé uhlí, jsou využívány jako organické přísady pro svůj pozitivní vliv na půdu a rostliny i ve stresových podmínkách. Důležitou vlastností těchto látek je jejich sorpční kapacita- huminové látky jsou schopny vázat kationty kovů i organické sloučeniny. Lze je proto využít jako účinná pojiva pro některé persistentní polutanty, například polycyklické aromatické uhlovodíky, a dále pro některé pesticidy (Kłeczek & Anielak 2021). Huminové látky zlepšují propustnost půdy a schopnost zadržovat vodu, a současně stimulují vývoj kořenového systému, což ovlivňuje aktivitu enzymů a zlepšuje příjem živin. Dochází ke stimulaci růstu kořenů a listových výhonků a ke zvýšení množství a kvality plodin (Yang & Antonietti 2020; Hassan et al. 2019). Podle Agafonové et al. (2015) se nejlepších výsledků obecně dosahuje při společném použití tekutých forem přípravků a hnojiv obsahujících biologicky aktivní huminové látky a mikroprvky (jako je měď, zinek, bor a mangan), jelikož právě ty se podílejí na tvorbě či aktivaci působení enzymů a vitamínů, regulují metabolismus a mnoho dalších procesů ovlivňujících růst, vývoj, reprodukci, produktivitu a kvalitu rostlin.

### **3.8.4 Biostimulanty**

Jako biostimulant je označován produkt obsahující látku a/nebo mikroorganismy, jejichž aplikací na rostlinu či v rámci rhizosféry dojde ke stimulaci přirozených procesů, které vedou ke zvýšení příjmu živin, lepší toleranci vůči abiotickému stresu a ke zlepšení kvality plodin. Biostimulanty přitom může tvořit široká škála biologických a anorganických materiálů od živých mikrobiálních kultur, makro a mikro řas, proteinového hydrolyzátu, huminových a fulvonových kyselin, přes hnůj a kompost (Brown & Saa 2015).

#### **3.8.4.1 Stimulace růstu a výnosů plodin pomocí bakterií**

Díky inokulaci rostlin nepatogenními bakteriemi může být vyvolána rychlejší obranná reakce vůči bakteriálním, plísňovým nebo virovým patogenům a environmentálním stresům. Rhizobakterie žijící v půdě v těsné blízkosti nebo jako epifyty na povrchu kořenů rostlin mohou vyvolat systémovou rezistenci prostřednictvím signálních cest rostliny. Některé rhizobakterie mohou také kolonizovat kořenová a nadzemní pletiva jako endofyty a následně snižovat invazi patogenů různými mechanismy, od konkurenčních fytopatogenů přes produkci široké škály enzymů až po indukci rostlinné resistance. Endofytické bakterie mají dále potenciál doplňovat či aktivovat neefektivní antioxidační systémy některých rostlinných druhů vlastními mechanismy eliminujícími reaktivní formy kyslíku. Výsledek společného působení rostliny a endofytů přitom závisí na struktuře endofytické populace. Velmi důležité je ovšem stanovit správnou hustotu populace i kombinace s jinými kmeny, jelikož některé interakce mezi mikroby mohou naopak na rostlinu působit nepříznivě (Ardanov et al. 2012).

Využití mikrobiálních endofytů v zemědělském systému bylo spojeno se zlepšenou produktivitou rostlin, jedná se tak o udržitelný způsob intenzifikace. Biologické produkty nové generace disponují řadou inovací pro stimulaci růstu, zvýšení odolnosti vůči nepříznivým vlivům prostředí, potlačení rozvoje fytopatogenů a snížení příjmu těžkých kovů, pesticidů

a radionuklidů z půdy do plodin. Aplikace biologické očkovací látky s obsahem prospěšných bakterií může být vhodnou alternativou pro zvýšení účinnosti dusíku a fosforečných hnojiv se současnou možností snížit množství jejich použití v systému zemědělství (Koryagin et al. 2022). Dle dosud zjištěných poznatků zatím nebyla potvrzena nejlepší strategie pro aplikaci endofytů v zemědělských systémech, nicméně nejlepším postupem se zdá být přidání inokulantů do půdy či moření osiva, inokulace je však v terénu často neúspěšná v důsledku problematického usazení biologického agens (Le Cocq et al. 2016).

Endofyty jsou definovány jako mikroby, které se vyskytují v rostlinné tkáni alespoň po část svého životního cyklu, aniž by za jakýchkoliv známých okolností způsobily rostlině onemocnění. Tato definice znamená, že některé mikroby mohou být v současnosti považovány za endofytické, avšak pokud by se prokázala škodlivost pro rostlinného hostitele, může být toto označení následně změněno (Le Cocq et al. 2016). Endofyty tedy žijí přímo v těle rostlin, na rozdíl od rhizosférických bakterií, které žijí na povrchu kořenů, či mikroorganismů kolonizujících části rostlin, které jsou v kontaktu se vzduchem (fylosféra) (Vasileva et al. 2019). O skutečnosti, že mykorhizní houby a bakterie fixující dusík mají pozitivní vliv na růst rostlin, je již známo a v praxi využíváno. Nicméně tyto účinky, navíc spolu s ochranou proti biotickým a abiotickým stresům, byly v laboratorních podmínkách prokázány i u některých endofytických mikrobů. Avšak ochranný účinek pozorovaný v laboratorních podmínkách, může být v reálných polních podmínkách méně účinný (Le Cocq et al. 2016).

Několik rodů kadmium-tolerantních bakterií, jako *Enterobacter*, *Burkholderia* a *Agrobacterium*, lze využít jako endofyty s pozitivním vlivem na fylosféru plodin, včetně obilnin, v rámci redukce chorob (Bravo & Braissant 2022). Podle Ardanova et al. (2012) je inokulace rostlin endofytickými bakteriemi slibným přístupem pro biologickou kontrolu chorob, jelikož endofyty mohou vykazovat přímý nebo nepřímý antagonismus vůči patogenům.

Komplexní minerální hnojiva (NPK) obohacená dále o bakterie mají významný vliv na výnos a potenciál jarního ječmene. Studie Anusauskas et al. (2023) prokázala pozitivní vliv bakteriálních inokulantů na růst rostlin ječmene, přičemž nejvyššího hektarového zisku bylo dosaženo při použití 300 kg N<sub>s</sub>P<sub>20,5</sub>K<sub>36</sub> na hektar v kombinaci s bakteriálním komplexem (*Paenibacillus azotofixans*, *Bacillus megaterium*, *B. mucilaginosus* a *B. mycoides*). V průběhu tří let byl pozorován nárůst výnosů o 7-17 % díky využití bakteriálních inokulantů.

Ve tříletém pokusu studie Horobets et al. (2021) hodnotil účinnost předset'ového ošetření osiva a postřik porostů jarního ječmene ve fázi odnožování přírodními růstovými stimulanty Epin-extra a Zircon v dávce 50 g/ha a 1 % roztok Bischofite v dávce 2 l/ha. Největší účinek poskytla aplikace roztoku Bischofite, kdy došlo ke zvětšení plochy asimilačního povrchu listů o 11,1 % a dále ke zvýšení fotosyntetického potenciálu o 5,7 % a produktivity fotosyntézy o 10 %.

#### 3.8.4.1.1 *Methylobacterium symbioticum* sp.

*Methylobacterium* spp. jsou známé pro svou funkci jako stimulatory růstu rostlin v různých podmínkách prostředí (Jirakkakul et al. 2023). *Methylobacterium* je převládajícím bakteriálním rodem fylosféry, ovšem navzdory jeho všudypřítomnosti a důležitosti pro hostitele je toho známo poměrně málo ohledně procesů, které řídí dynamiku jeho diverzity (Leducq et al. 2021). Druhy *Methylobacterium* často obývají rostlinný povrch a jako zdroj uhlíku a energie

využívají methanol uvolňovaný z rostlin. Výsledky studie Tani et al. (2014) naznačují existenci silného selekčního tlaku na druhové úrovni *Methylobacterium* sídlící na daném rostlinném druhu, a dále skutečnost, že výběr vhodného druhu je klíčový pro dosažení podpory růstu.

Kmeny *Methylobacterium* mohou prosperovat v širokém rozmezí teplot, salinity a pH, přičemž některé kmeny vykazují značnou toleranci vůči chlóru či gama záření. Kmeny *Methylobacterium* byly studovány pro jejich aplikaci v několika technologiích, včetně bioremediace toxinů z životního prostředí (Palberg et al. 2022).

## 4 Metodika

Pro ověření cílů a hypotéz diplomové práce byl založen maloparcelkový pokus na Výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdu s plodinou ječmen jarní. V polních podmínkách se ověřovala účinnost dvou stimulačních přípravků.

Varianty pokusu byly založeny ve čtyřech opakováních:

1. Kontrolní varianta (100 % N)
2. Kontrolní varianta (80 % N)
3. Kontrolní varianta (60 % N)
4. *Methylobacterium symbioticum* (Utrisha) v dávce 333 g/ha
5. Sapropel- moření osiva 2l.t<sup>-1</sup> osiva, postřik rostlin ve fázi BBCH 29, dávka 1 l.ha<sup>-1</sup>

Během vegetace byla hodnocena dynamika růstu rostlin, především kořenů. Byly zjištěny výnosové parametry a byl na výzkumných parcelkách měřen obsah chlorofylu pomocí snímku z dronu. Byl vyhodnocen vliv biologických přípravků a posouzena možnost náhrad minerálních hnojiv v systému ekologického zemědělství. Po sklizni byla provedena analýza infračervená spektrometrie (NIR).

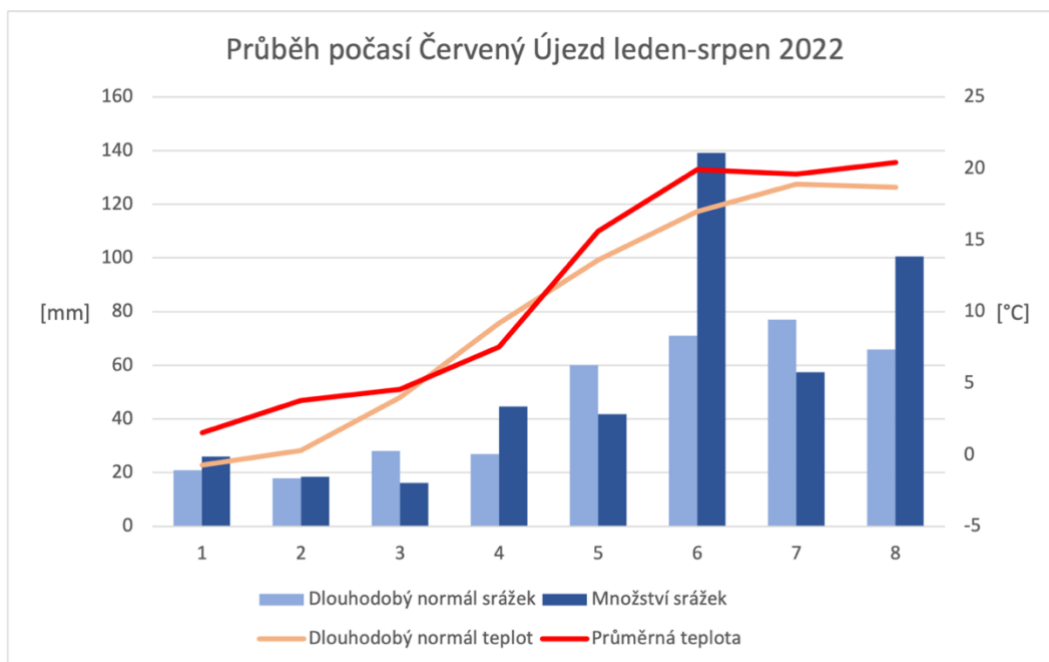
### 4.1 Charakteristika stanoviště

Maloparcelkové pokusy byly založeny na Výzkumné stanici ČZU v Červeném Újezdě. V současné době stanice slouží jako experimentální pracoviště kateder rostlinné výroby, pícninářství a trávníkařství, agrochemie a výživy rostlin, agroekologie a biometeorologie. Stanice obhospodařuje 30 ha pozemků, z toho 6 ha slouží k pokusným účelům. Červený Újezd spadá do oblasti mírně teplé, mírně suché, převážně s mírnou zimou. Genetickým půdním představitelem je hnědozem, sprašový pokryv. Chemické vlastnosti půdy: mírný obsah humusu, reakce neutrální, střední sorpční kapacita, koloidní komplex je nasycen. Na sprašových pokryvech uhličitán vápenatý vyloužen. Obsah P, K je střední až dobrý ([www.af.czu.cz](http://www.af.czu.cz)).

#### 4.1.1 Průběh počasí

V tabulce 2 je znázorněn průběh počasí, které mělo bezprostřední vliv na růst rostlin ječmene jarního. Oproti předchozímu roku se v roce 2022 jaro otevřelo dříve, termín výsevu byl proto naplánován na 10. března pro varianty Preco Invest (sapropel) a 18. března pro Corteva Agriscience (Utrisha N). Odpovídají tomu průměrné teploty v zimních měsících, kdy leden byl teplotně nadnormální, únor silně nadnormální, březen s průběhem normálních teplot v porovnání dlouhodobého normálu. Vývoj ječmenů mírně brzdil teplotně podnormální duben, ostatní měsíce měly spíše nadnormální teplotní průměr. Co se týče celkového zhodnocení sezóny 2022, teplotně bylo toto období nadnormální. Vláhly bylo v roce 2022 dostatek, ječmeny netrpěly přísuškem v celém vegetačním období. Celkový úhrn srážek byl v průměru 120 % normálu, což odpovídá normálnímu až silně nadnormálnímu úhrnu srážek. Vyšší teploty a evaporace porostu byly kompenzovány vyšším úhrnem srážek. Celkový úhrn srážek od ledna do srpna byl 445 mm ve srovnání s normálem 368 mm. Graf 4 zobrazuje množství srážek

a průměrné teploty v měsících leden až srpen, v porovnání s dlouhodobými teplotními a srážkovými normály let 1991-2020.



Graf 4: Klimatické podmínky v lokalitě pokusu v období od ledna do srpna

Tab. 2: Průběh počasí 2022-Červený Újezd, Meteorologická stanice uvnitř areálu

rok 2022	teplotní normál (°C)	prům. teplota (°C)	odchylka od normálu	hodnocení
leden	-0,7	1,55	2,2	nadnormální
únor	0,3	3,78	3,4	silně nadnormální
březen	4,0	4,57	0,6	normální
duben	9,2	7,52	-1,7	podnormální
květen	13,6	15,63	2,0	nadnormální
červen	17,0	19,91	2,9	mimořádně nadnormální
červenec	18,9	19,60	0,7	normální
srpen	18,7	20,42	1,8	silně nadnormální
rok 2022	srážkový normál (mm)	srážky (mm)	% normálu	hodnocení
leden	21	26,1	125	nadnormální
únor	18	18,4	102	normální
březen	28	16,3	57	normální
duben	27	44,6	164	silně nadnormální
květen	60	41,9	70	normální
červen	71	139,1	196	silně nadnormální
červenec	77	57,5	75	normální
srpen	66	100,6	153	nadnormální

#### 4.1.2 Půdní podmínky

Vzorky půdy na hodnocení N<sub>min</sub> byly odebrány 22.3.2022 a zpracovány byly následující den 23.3.2022 v Laboratoři Postoloprty-Metodika analýza půd III ÚKZÚZ. Hodnoty rozboru platí pro dodaný vzorek a jsou uvedeny v sušině. Z tabulky 3 je patrný střední obsah dusíku.

Tab.7: Rozbor půdy na N<sub>min</sub>-před setím, průměr opakování

	obsah N-NH <sub>4</sub>	obsah N-NO <sub>3</sub>	obsah N-anorg.
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>plocha ječmen</b>	1,5	11,4	12,9

#### 4.2 Agrotechnika pokusů

Předplodina: řepka olejná

Odrůda ječmene: KWS Amadora (gen Mlo)

Příprava půdy: Podmítka po řepce, orba podzimní střední 18 cm; na jaře před setím srovnání pozemku branami a příprava seťového lůžka

Setí: 10. a 18.3.2022

Postemergentní aplikace: Mustang Forte 0,75 l/ha; 31.5. 2022 Karate ZEON 0,15 l/ha plošně (kohoutek), Elatus Era 1l/ha – datum 9. 6. 2022

Hustota výsevu: 4 MKS

Sklizeň: 9.8.2022

##### 4.2.1 Agrotechnika Utrisha

Počet variant: 10

Počet opakování: 4

Rozměr sklizňové parcelky 14 m<sup>2</sup> (délka 10 m)

Setí: 18.3.2022

##### 4.2.2 Agrotechnika Sapropel

Počet variant: 4

Počet opakování: 4

Rozměr sklizňové parcelky 12,5 m<sup>2</sup> (délka 10 m)

Setí: 10.3.2022

#### 4.3 Metodika pokusů

##### 4.3.1 Metodika Utrisha

Pokus byl vedený podle metodiky uvedené v tabulce 4, kdy varianty V1-V4 byly zahrnuty pro ověření vlivu moření osiva na strukturu porostu, kořenů a finální výnos zrna. U vzorků byly stanoveny podíly přepadu zrna nad sítím 2,5 mm (Steineckerovo prosévadlo), obsah N-látek (dle Kjeldahla), obsah sušiny a škrobu (dle Ewerse) na NIRu v laboratořích KARP na FAPPZ. Byly zjištěny počty klasů 27.7.2022 a po sklizni byl hodnocen výnos a obsah vlhkosti.



Tab. 4: Přehled variant ošetření, dávky a termíny aplikací přípravků, rok 2022

varianta	moření	množství N (kg.ha <sup>-1</sup> )	postřik BBCH 37 29.5.2022
V1	nemořeno -Kontrola	81	
V2	TE Osivo 0,2 l.t <sup>-1</sup>	81	
V3	Ympact	81	
V4	M Sunagreen 1,5 l.t <sup>-1</sup>	81	
V5	-	48,6	
V6	-	48,6	Utrisha 333 g.ha <sup>-1</sup>
V7	-	64,8	
V8	-	64,8	Utrisha 333 g.ha <sup>-1</sup>
V9	-	81	
V10	-	81	Utrisha 333 g.ha <sup>-1</sup>

#### 4.3.1.1 Plán pokusu

Plán pokusu je znázorněn v tabulce č. 5

Tab.5: Plán pokusu na stanici Červený Újezd, rok 2022

opak D	V7	V8	V9	V5	V6	V2	V3	V4	V1	V10
opak C	V8	V9	V5	V6	V7	V3	V4	V1	V2	V10
opak B	V9	V5	V6	V7	V8	V4	V1	V2	V3	V10
opak A	V5	V6	V7	V8	V9	V1	V2	V3	V4	V10

#### 4.3.2 Metodika sápropel

Pokus byl vedený podle metodiky uvedené v tabulce 6. U vzorků byly stanoveny podíly přepadu zrna nad sítem 2,5 mm (Steineckerovo prosévadlo), obsah N-látek (dle Kjeldahla), obsah sušiny a škrobu (dle Ewerse) na NIRu v laboratořích KARP na FAPPZ. Byl zajištěn rozbor rostlin 21.6.2022 a byly zjištěny počty klasů 27.7.2022. Po sklizni byl hodnocen výnos a obsah vlhkosti.

Tab.5: Přehled variant ošetření, dávky a termíny aplikací přípravků, rok 2022

varianta	popis	moření osiva Sapropel dávka 2l.t <sup>-1</sup> osiva	aplikace na list 2l.ha <sup>-1</sup> T1 a T2	dávka kg N/ha forma LAD27
PI1	Kontrola 100% N	ne	ne	81
PI2	Sapropel + moření+100 % N	ano - před setím	2x	81
PI3	Sapropel + moření +50 % N	ano - před setím	2x	40,5
PI4	Sapropel + 0 % N	ne	2x	0

**Aplikace T1 13.5. 2022**

**Aplikace T2 22.5. 2022**

#### 4.3.2.1 Plán pokusu

Plán pokusu je znázorněn v tabulce 7.

Tab. 7: Plán pokusu na stanici Červený Újezd, rok 2022

opak D	2	3	4	1
opak C	3	4	1	2
opak B	4	1	2	3
opak A	1	2	3	4

## 4.4 Popis odrůdy

Zvolená odrůda KWS Amadora je mimořádně výkonná, s výběrovou sladovnickou jakostí. Poskytuje nadprůměrný výnos ve všech oblastech pěstování, a to jak v ošetřené, tak neošetřené variantě. Rostliny jsou nižšího vzrůstu, s výraznou odnožovací schopností a produktivitou klasu. Vyniká vysokou HTZ (50 g) a podílem předního zrna (96 %). Odrůda KWS Amadora má výborné agronomické vlastnosti. Je přizpůsobivá všem podmínkám pěstování, dokáže se vyrovnat i s přísuškem. Vyznačuje se raným metáním a zráním. Odolnost proti padlí je kryta genem Mlo, k listovým skvrnitostem vykazuje střední odolnost. Vzhledem k výkonnosti a nízkému obsahu N látek v zrna, je vhodná do intenzivních technologií ([www.soufflet-agro.cz](http://www.soufflet-agro.cz)).

## 4.5 Popis přípravků

### 4.5.1 Sapropel

Huminový rašelinovo-sapropelový koncentrát PRECOGROW firmy Preco Invest s.r.o., je výrobcem prezentován jako půdní kondicionér a stimulátor růstu rostlin. Výrobce udává zvýšení počtu mikroorganismů v půdě, které rozkládají těžce rozpustné minerály a organické sloučeniny fosforu. Po aplikaci koncentrátu dochází ke zlepšení zásobování půdy asimilovaným dusíkem, zvyšuje se počet amonifikačních bakterií 3-5 krát (v některých případech byl zaznamenán až desetinásobný nárůst amonifikátorů) a počet nitrifikačních bakterií se zvyšuje až 3-7 krát. Dále se zvyšuje schopnost volně žijících bakterií fixovat molekulární dusík z atmosféry, a to téměř desetinásobně. Aplikace koncentrátu PRECOGROW do půdy tedy stimuluje aktivitu všech typů mikroorganismů, které fixují atmosférický dusík a zpřístupňují jej pěstovaným rostlinám ([www.precoinvest.cz](http://www.precoinvest.cz)).

### 4.5.2 Utrisha

Produkt Utrisha™ od výrobce Corteva je propagován jako biostimulant určený ke zvýšení růstu a odolnosti rostlin, a to zlepšením dostupnosti dusíku v plodinách v průběhu vegetačního období. Prostřednictvím bakterie *Methylobacterium symbioticum* se vzdušný dusík ve formě N<sub>2</sub> přeměňuje na amonium, což rostlině zajišťuje konzistentní přísun využitelné formy dusíku

(Pearce 2022). Má tak jít o udržitelné řešení, které dodává rostlině dusík v průběhu celého cyklu plodiny účinným a kontrolovaným způsobem. Podle výrobce má být výrobek aplikován mezi BBCH 14 a 31 (od 4. listu do fáze 1. kolénka) ([www.utrish.us](http://www.utrish.us)).

#### **4.5.3 Mustang Forte**

Mustang Forte je širokospektrální herbicid k postemergentnímu postřiku širokého spektra dvouděložných plevelů.

#### **4.5.4 Karate ZEON**

Jedná se o pyrethroidní nesystemický insekticid proti širokému spektru žravého a savého hmyzu. Usmrcuje hmyz jako dotykový a požerový jed. Působí zejména proti žravým škůdcům (*Lepidoptera*, *Coleoptera*) jako kontaktní jed s výraznou účinností.

#### **4.5.5 Elatus Era**

Tento fungicidní přípravek obsahuje účinné látky solatenol a prothiokonazol. Solatenol patří k nové generaci SDHI fungicidů s vyšší účinností a efektivitou při ničení patogenních buněk. Prothiokonazol je širokospektrální, systematický fungicid, který účinně likviduje patogeny z řad *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* a *Deuteromycetes*. Má preventivní, kurativní (léčebný) a eradikativní účinek (chorobu vymýtl).

### **4.6 Přístroj NIR**

Blízká infračervená spektroskopie (NIRS) je analytická technika, která využívá zdroj emitujícího záření známé vlnové délky (800–2500 nm) a umožňuje získat kompletní obraz organického složení analyzovaného materiálu. Principem metody je pohlcování či reflexe různých vlnových délek dopadajícího záření, které závisí na chemickém složení analyzovaného vzorku. Pomocí NIR lze měřit simultánně všechny potřebné parametry (obsah vody, proteinů, tuků a sacharidů), přičemž analýza je otázkou desítek vteřin a vzorek nepotřebuje žádnou úpravu. Aplikace spektroskopie NIR je však mnohem širší a zahrnuje i stanovení sensorických a fyzikálně chemických parametrů. Měření probíhalo na fakultě v laboratoři KARP FAPPZ dne 23.8. Byl zjišťován obsah škrobu a dusíkatých látek a byla změřena vlhkost zrna.

## 5 Výsledky

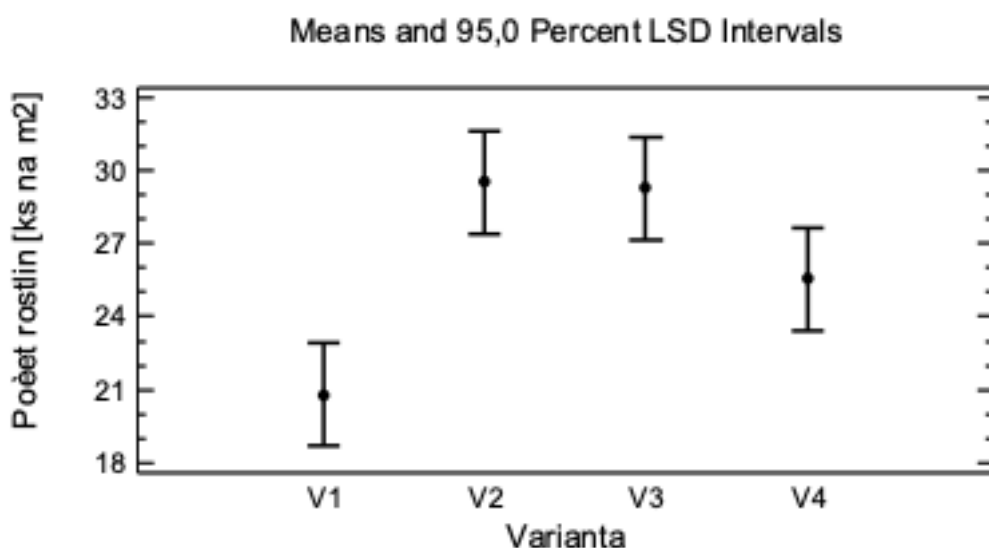
Pro zpracování statistických výsledků byl použit program Statgraphics Centurion XVI for Windows, verze 16.1.11, použitím ANOVA HSD Tukey test a LSD test.

### 5.1 Statistické zhodnocení výsledků Utrisha

Pro zpracování statistických výsledků byl použit LSD test (konkrétně uveden u tabulek). Pro grafické znázornění bylo použito: Means and 95% LSD Intervals. Body znázorňují průměr a úsečka hodnotu minimální statistické diference. Pokud se úsečky nepřekrývají v horizontální rovině, pak se jedná o statisticky významný rozdíl mezi skupinami, a to za předpokladu, že  $P < 0.05$ . HTZ byla hodnocena spočítáním 2x 500 semen z každého opakování.

#### 5.1.1 Počty rostlin (ks) na 0,5 bm

V rámci pokusu byl hodnocen počet rostlin na 0,5 bm (27.7. 2022) u pokusných parcel 1 až 4 – tzn. varianty s mořením osiva (graf 5). Průměrný počet rostlin se u variant pohyboval mezi 20,8 ks (kontrola C1) až V3 (29,25 ks). Byl zjištěn průkazně vyšší počet u všech mořených variant (V2,V3,V4) v porovnání s nemořenou variantou kontrola C1.



Graf 5: Počet rostlin na 0,5 bm

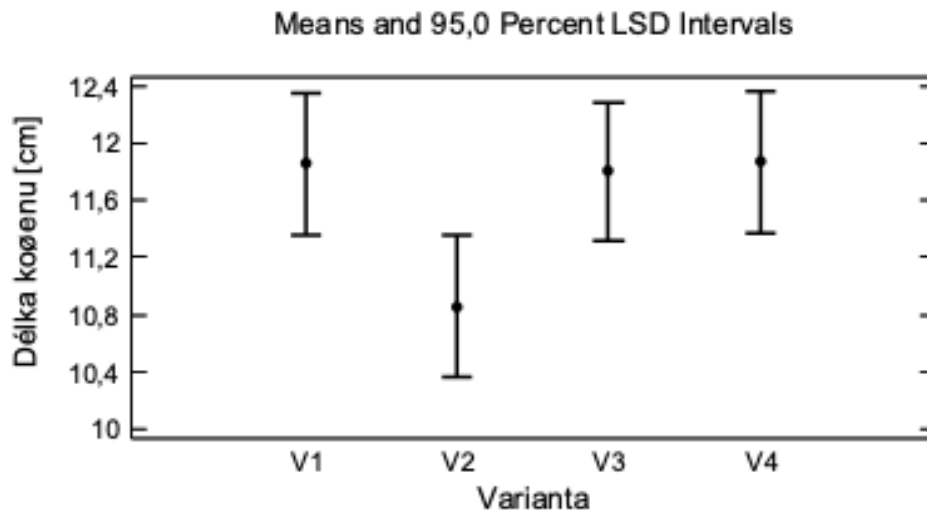
Tab.8: Hodnocení počtu rostlin (ks/m<sup>2</sup>) jednotlivých variant

Method: 95,0 percent LSD

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
V1	4	20,75	X
V4	4	25,5	X
V3	4	29,25	X
V2	4	29,5	X

### 5.1.2 Vliv moření na délku kořenů rostlin ječmene (cm)

V rámci odkopků rostlin ve fázi BBCH 37 se měřily jednotlivé části rostlin u variant, které byly založeny s mořeným osivem. Z grafu 6 vyplývají výrazně delší kořeny u varianty V1 a V4 vůči variantě V2.



Graf 6: Vliv moření na délku kořenu (cm)

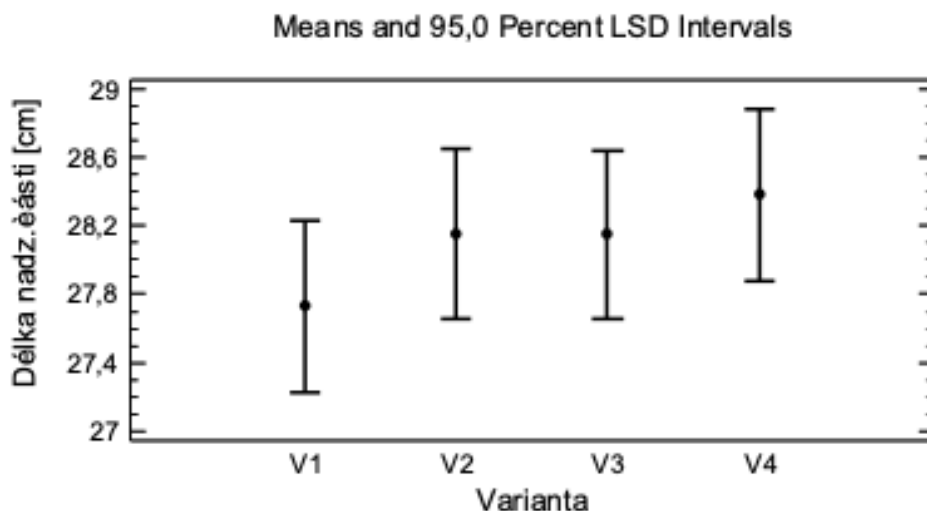
Tab.9: Hodnocení délky kořenů (cm) jednotlivých variant

Method: 95,0 percent LSD

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
V2	40	10,85	X
V3	42	11,7976	XX
V1	40	11,85	X
V4	40	11,8625	X

### 5.1.3 Vliv moření na délku nadzemní části rostlin ječmene (cm)

Moření osiva nemělo průkazný vliv na délku nadzemní části ječmene (graf 7).



Graf 7: Vliv moření na délku nadzemní části rostliny (cm)

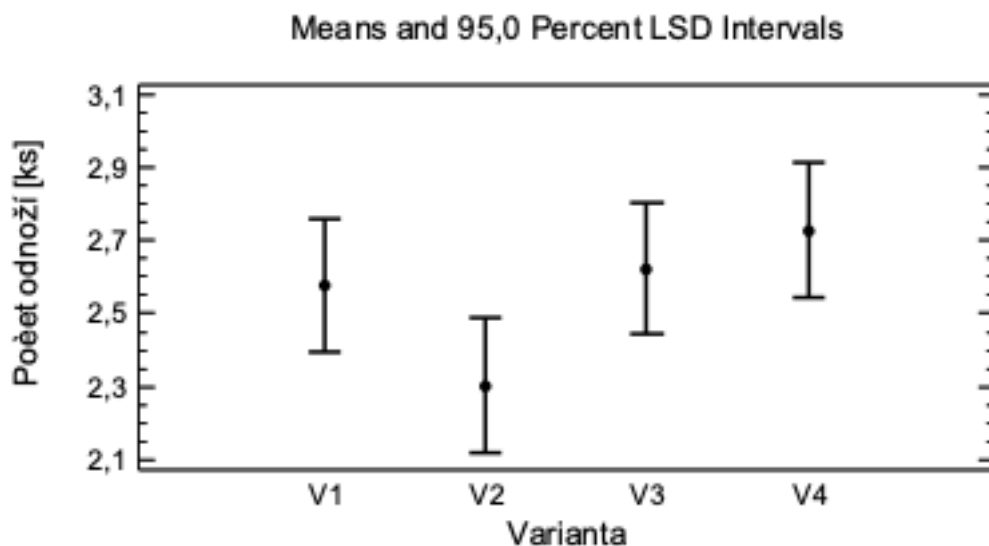
Tab.10: Hodnocení délky nadzemní části rostlin (cm) jednotlivých variant

Method: 95,0 percent LSD

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
V1	40	27,725	X
V3	42	28,1429	X
V2	40	28,15	X
V4	40	28,375	X

#### 5.1.4 Vliv moření na počet odnoží (ks)

V grafu 8 je znázorněn vliv varianty (moření) na počet odnoží u ječmenů. Z grafu a tabulky pod grafem vyplývá statisticky průkazný vliv vyššího počtu odnoží varianty V4 v porovnání s variantou V2. U varianty V4 je rovněž patrný trend vyššího počtu odnoží než u kontrolní varianty V1, to ale nebylo statisticky potvrzeno.



Graf 8: Vliv varianty na počet odnoží

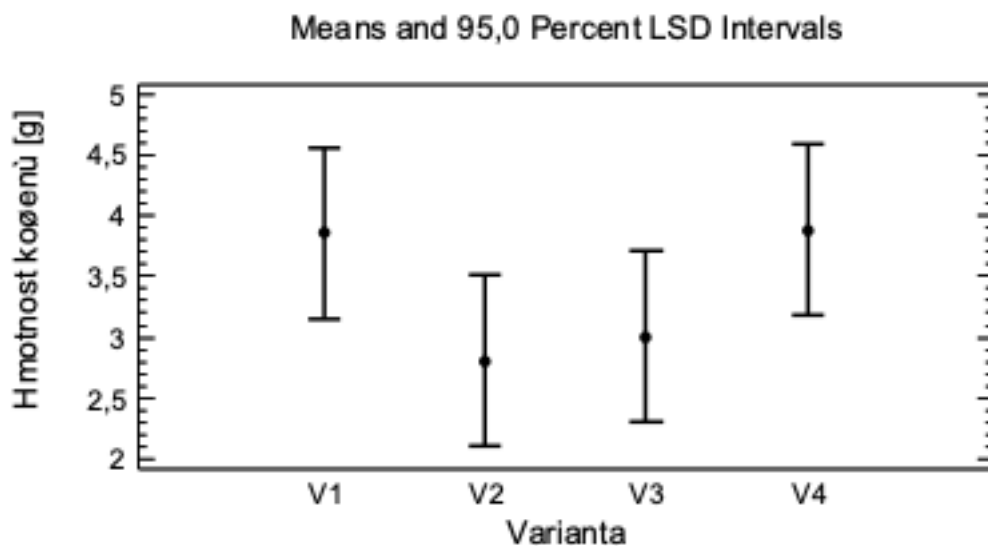
Tab.11: Hodnocení počtu odnoží (ks) jednotlivých variant

Method: 95,0 percent LSD

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
V2	40	2,3	X
V1	40	2,575	XX
V3	42	2,61905	XX
V4	40	2,725	X

### 5.1.5 Vliv moření na hmotnost kořenů (g)

Nebyl prokázán statisticky významný vliv. Při posuzování vlivu moření osiva na hmotnost kořenů jednotlivých pokusných variant nebyl zjištěn významný statistický rozdíl (viz graf 9).



Graf 9: Vliv varianty na hmotnost kořenů

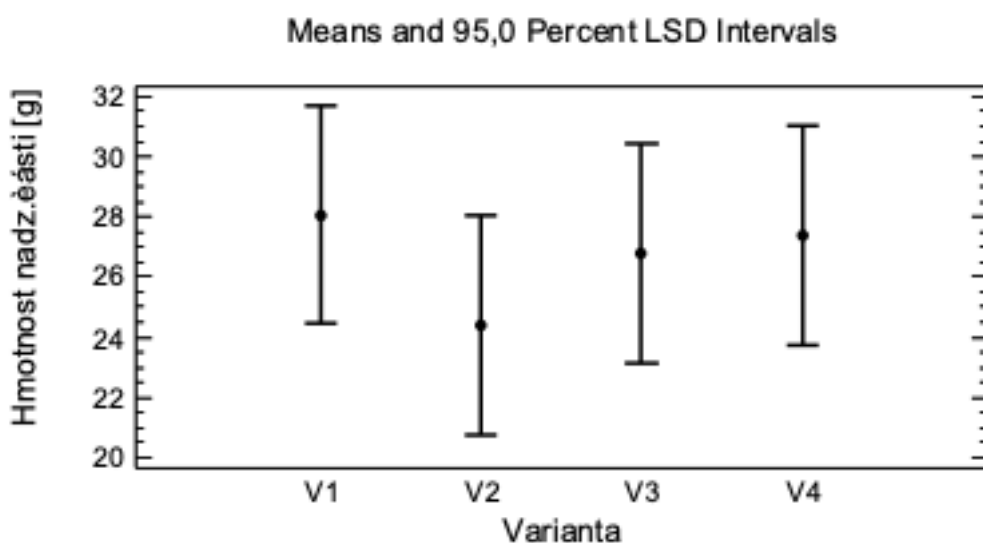
Tab.12: Hodnocení hmotnosti kořenů (g) jednotlivých variant

Method: 95,0 percent LSD

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
V2	4	2,8	X
V3	4	3,0	X
V1	4	3,85	X
V4	4	3,875	X

### 5.1.6 Vliv moření na hmotnost nadzemní biomasy (g)

Nebyl rovněž prokázán významný vliv ošetření (moření) osiv na hmotnost nadzemní biomasy (graf 10).



Graf 10: Vliv ošetření na hmotnost nadzemní biomasy

Tab.13: Hodnocení hmotnosti nadzemních částí (g) jednotlivých variant

Method: 95,0 percent LSD

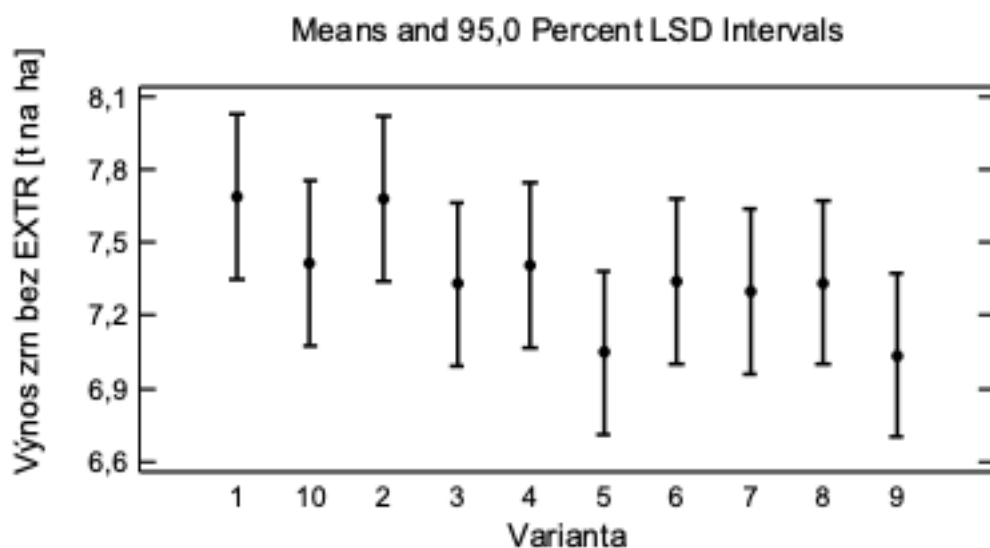
Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
V2	4	24,35	X
V3	4	26,775	X
V4	4	27,375	X
V1	4	28,05	X

### 5.1.7 Vliv přípravků na výnos zrna

Pro posouzení výnosu zrna je potřeba zohlednit dvě části pokusu. Varianty V1 až V4 jsou varianty moření. V1 je kontrolní nemořená varianta. Moření nemělo průkazný vliv na výnos zrna (graf 11). Podrobněji jsou výsledky zobrazeny v tabulce 13 (viz kapitola 5.4).

Druhou částí pokusu byly varianty V5 až V10 s odstupňovanou dávkou dusíku. V5 a V6 jsou varianty se základním hnojením 60 % dávky dusíku. V7 a V8 mají 80 % N. V9 a V10 mají 100 % N. Byla aplikována Nutrisha v doporučené dávce výrobcem na varianty V6, V8 a V10. Přičemž kontrolní variantou pro tento blok pokusů je varianta V9 se 100 % dávkou dusíku a bez ošetření Nutrisha. Z výsledků vyplývá trend vyššího výnosu zrna použitím Nutrisha (V6,8,10). Vždy se jedná o 0,3 t/ha oproti kontrole. Jistý trend vyššího výnosu při použití Nutrisha je patrný, ale není významný. Není možné potvrdit vliv přípravku Nutrisha na vyšší výnos ječmene jarního. Může to být způsobené optimálním průběhem počasí v roce 2022, nebo tento přípravek zrovna na ječmen nevykazuje takovou účinnost. Je to ovšem jen spekulace.

Graf 11: Výnos zrna podle varianty bez extrémů





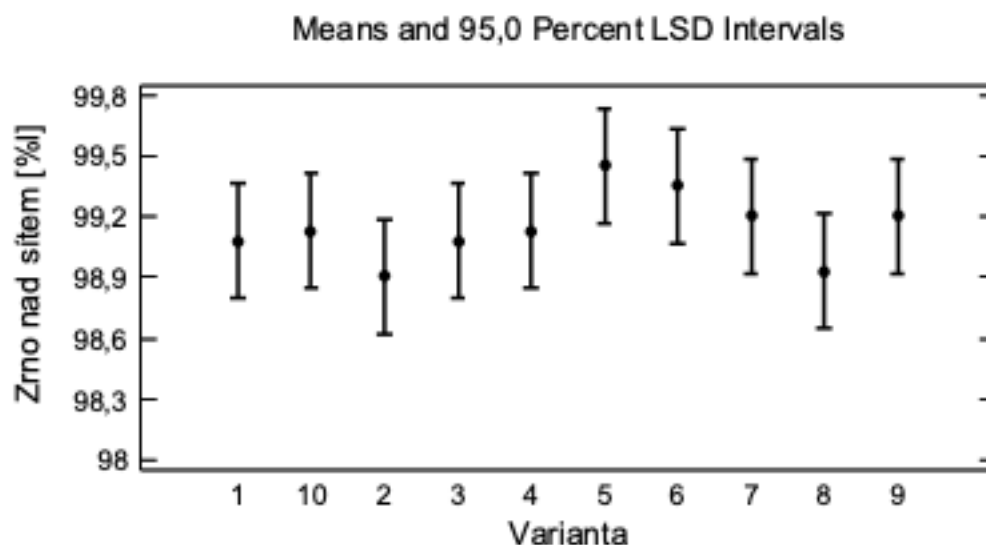
Tab.14: Hodnocení výnosu zrna bez extrémů (t/ha) jednotlivých variant

Method: 95,0 percent LSD

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
9	3	7,03333	X
5	3	7,04267	X
7	3	7,29733	X
3	3	7,32533	X
8	3	7,332	X
6	3	7,33467	X
4	3	7,40533	X
10	3	7,412	X
2	3	7,67733	X
1	3	7,684	X

### 5.1.8 Hodnocení zrna nad sítím

Jakost jarního ječmene se posuzuje podle normy ČSN 46 1100-5. Hodnocení procenta zrna nad sítím musí být minimálně 90 %. V pokusu Corteva byly tyto parametry dodrženy u všech pokusných variant. Hodnocení zrna nad sítím – hmotnost zrna nad 2,5 mm ukazuje graf 12, kde není patrný průkazný vliv ošetření ječmenů na velikost zrna. Letošní průběh vegetační sezóny byl pro růst ječmenů příznivý a byl zjištěn nižší podíl menších zrn, to znamená, že zrna byla ve velikosti vyrovnaná. Technologie ošetření Corteva Agriscience Czech s.r.o. neměly vliv na velikost zrna ječmene jarního.



Graf 12: Podíl zrna nad sítím

Tab.15: Hodnocení procenta zrna nad sítím jednotlivých variant

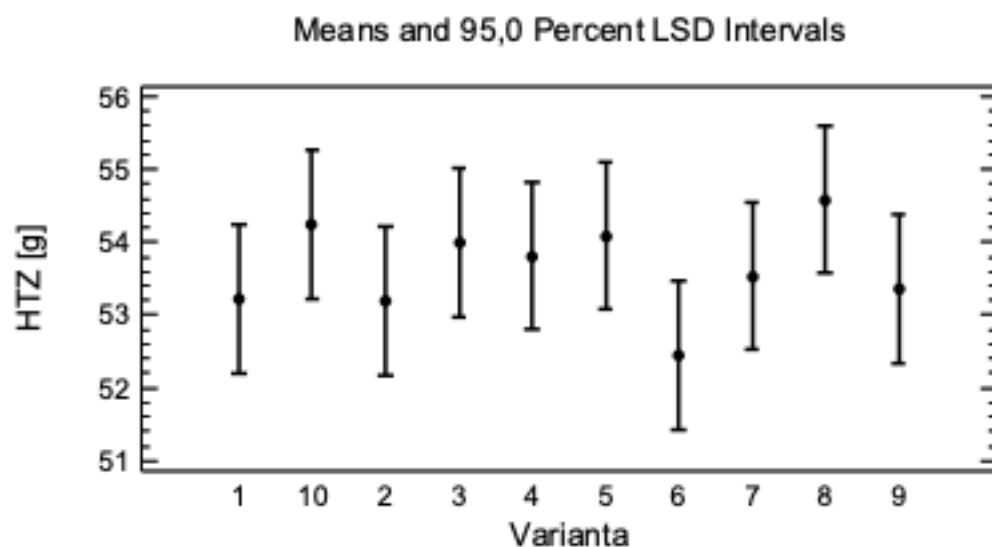
Method: 95,0 percent LSD

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
2	4	98,9	X
8	4	98,925	X
3	4	99,075	X
1	4	99,075	X
4	4	99,125	X

10	4	99,125	X
9	4	99,2	X
7	4	99,2	X
6	4	99,35	X
5	4	99,45	X

### 5.1.9 Hodnocení HTZ

Hmotnost tisíce zrn (HTZ) byla hodnocena počítadlem semen – 2x500 semen z každého opakování. Hodnoty ukazuje graf 13. Při porovnání vlivu ošetření firmy Corteva Agriscience Czech s.r.o. byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi variantou V6 (Nutrisha 60 % N) a V8 (Nutrisha 80 % N). Z moření má vyšší HTZ varianta V3 a V4 ve srovnání s variantou kontrola (V1).



Graf 13: Vliv varianty na hodnotu HTZ

Tab.16: Hodnocení HTZ (g) jednotlivých variant

Method: 95,0 percent LSD

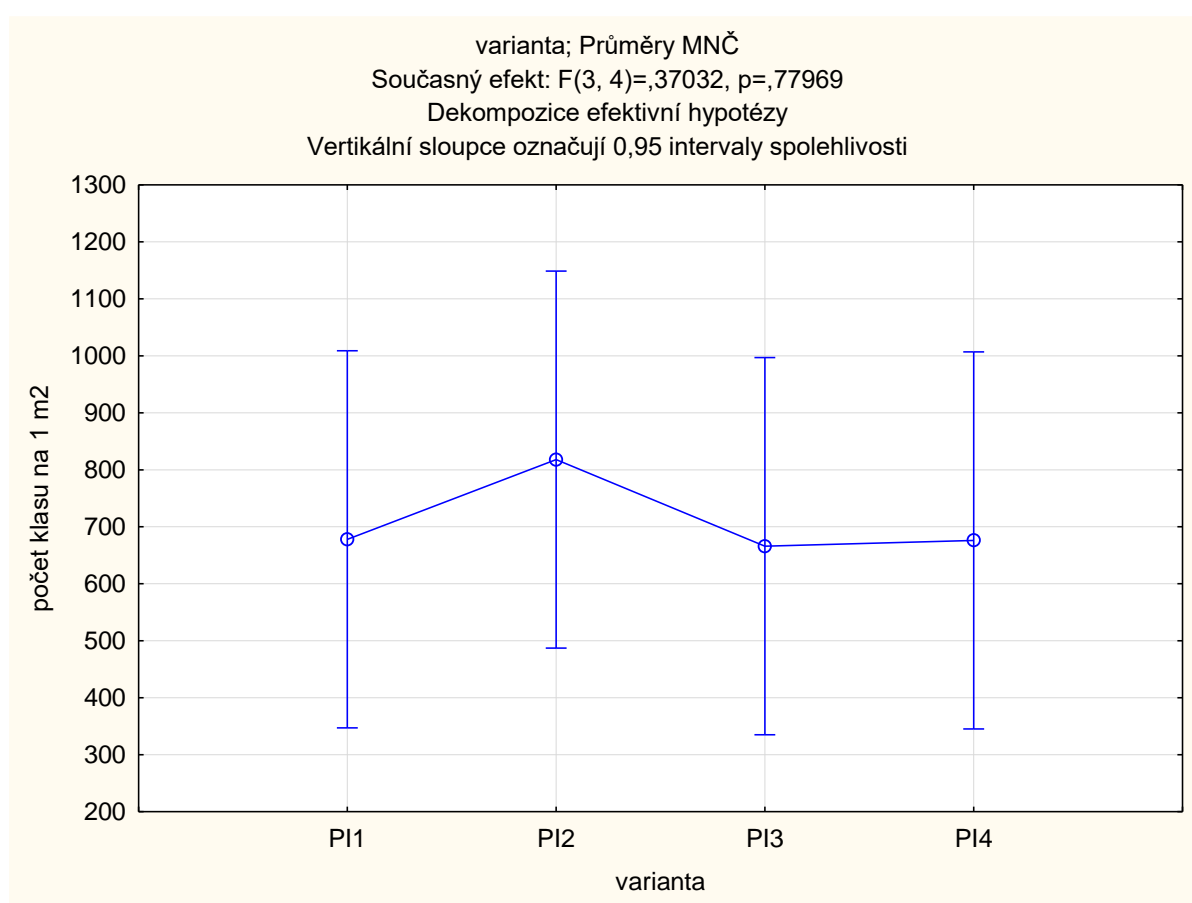
Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
6	4	52,425	X
2	4	53,175	XX
1	4	53,2	XX
9	4	53,35	XX
7	4	53,525	XX
4	4	53,8	XX
3	4	53,975	XX
5	4	54,075	XX
10	4	54,225	XX
8	4	54,575	X

## 5.2 Statistické zhodnocení výsledků sápropel

Pro statistické zhodnocení byl použit ANOVA HSD Tukey test. HTZ byla hodnocena spočítáním 2x 500 semen z každého opakování.

### 5.2.1 Počet klasů na 1m<sup>2</sup>

V rámci pokusu byl hodnocen počet klasů na metr čtverečný (27.7. 2022) u všech pokusných parcel (graf 14). Průměrný počet klasů byl u pokusných variant velmi podobný, nedošlo k významnému rozdílu při porovnání jednotlivých variant, což je v pořádku. Celkový počet klasů byl mírně nižší než je standard, blížil se optimu (850 klasů na 1 m<sup>2</sup>) jen u varianty PI2 (818 ks). Ostatní varianty v průměru dosahovaly 700 rostlin na 1 m<sup>2</sup>.



Graf 14: Průměrný počet klasů podle varianty

### 5.2.2 Vliv sápropelu na růst a vývoj rostlin

Vliv sápropelu na růst a vývoj rostlin je uveden v tabulce 17. Vzhledem k rozsáhlé práci jsme vybrali variantu PI2, což je 100% dávka dusíku (81 kg N/ha), moření osiva Sápropel a 2x aplikace Sápropel na list, v porovnání s kontrolní variantou bez sápropelu, 100 % dávky N (varianta PI1). Hodnocení proběhlo 21.6.2022. Byly odebrány rostliny ze ¼ metrovky, posléze byly hodnoceny délky kořenů a nadzemní biomasy rostlin, byla zvážena biomasa kořenů a nadzemní část rostlin, byly spočítány počty rostlin na ¼ metrovce a byl zjištěn počet odnoží. Při porovnání obou variant byl zjištěn statisticky neprůkazný rozdíl, byly ovšem zjištěny určité

trendy. Varianta PI2 disponuje vyšším počtem rostlin (+ 5,5 ks na ¼ m<sup>2</sup>), mírně delšími kořeny (+2 cm), s mírně vyšší hmotností kořenů (+0,05g). Rostliny u kontrolní varianty (PI1) byly naopak mírně delší (+1,3 cm) s mírně vyšší hmotností (+0,4 g).

Tab. 17: Vliv přípravku Saproel (moření + 2x aplikace na list) na vývoj rostlin

varianta	počet rostlin na 1/4 m v řádku <sup>1</sup>	délka kořenů (cm) <sup>2</sup>	délka nadzemní části (cm) <sup>3</sup>	počet odnoží (ks) <sup>4</sup>	hmotnost kořenů (g) <sup>5</sup>	hmotnost nadzemní biomasy (g) <sup>6</sup>
PI1	20,8 a	10,4 a	31,3 a	3,25 a	4,13 a	30,68 a
PI2	26,3 a	12,4 a	30,0 a	2,50 a	4,18 a	29,03 a

1 Tukey HSD test; proměnná počet rostl (Ječmen ROZBORY) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 19,917, sv = 6,00

2 Tukey HSD test; proměnná délka kořeny (Ječmen ROZBORY) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 2,0625, sv = 6,00

3 Tukey HSD test; proměnná délka nadzemní č. (Ječmen ROZBORY) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 12,125, sv = 6,00

4 Tukey HSD test; proměnná počet odnoží (Ječmen ROZBORY) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 0,95833, sv = 6,00

5 Tukey HSD test; proměnná hmotn. kořenů (Ječmen ROZBORY) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 0,82250, sv = 6,00

6 Tukey HSD test; proměnná hmotn. nadz.hm. (Ječmen ROZBORY) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 41,402, sv = 6,00

a – stejné písmo ve sloupci pod sebou značí statisticky neprůkazné rozdíly mezi průměry variant

### 5.2.3 Vliv spropelu na výnos zrna

V tabulce 18 jsou znázorněny statistické výsledky hodnocení výnosu zrna ječmene jarního. Mezi pozorovanými variantami nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Je to do jisté míry způsobeno tím, že podmínky pro růst a vývoj ječmenů, především průběh počasí, byly v roce 2022 velmi příznivé a také to, že počet opakování je jen 4. Nejvyšší výnos zrna byl zjištěn u varianty PI3 (6,25 t/ha), což je o 0,23 t/ha víc než u kontroly PI1. Nejnižší výnos byl zjištěn u varianty PI4, která nebyla hnojena žádným dusíkatým hnojivem.

Výsledky jsou pozitivní, že i přes nulové hnojení dusíkem u varianty PI4 v kombinaci s postřikem Saproelu, je docílen 98% výnos kontrolní varianty.

Tab. 18: Hodnocení výnosu zrna jednotlivých variant

varianta	výnos t/ha	Tukey HSD test
PI1	6,02	a
PI2	6,08	a
PI3	6,25	a
PI4	5,90	a

Tukeyův HSD test; proměnná výnos kg/ha (Ječmen\_2022\_celý) Homogenní skupiny, alfa = 0,05; Chyba: meziskup. PČ = 0,11233, sv = 12,00

a – stejné písmo ve sloupci pod sebou značí statisticky neprůkazné rozdíly mezi průměry variant

## 5.2.4 Hodnocení zrna nad sítím

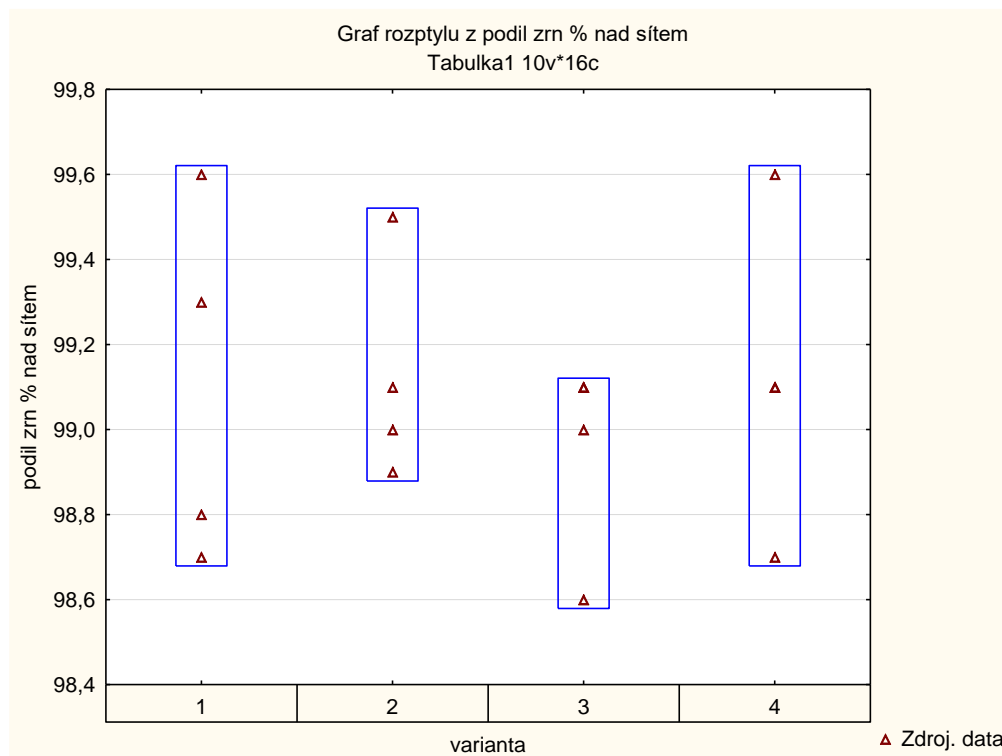
Jakost jarního ječmene se posuzuje podle normy ČSN 46 1100-5. Hodnocení procenta zrna nad sítím musí být minimálně 90%. V našem pokusu tyto parametry byly dodrženy u všech pokusných variant. Hodnocení zrna nad sítím – hmotnost zrna nad 2,5 mm ukazuje tab. 10, kde není patrný průkazný vliv ošetření ječmenů na velikost zrna. Shodně vyšla varianta PI2 a PI4 – 99,13 % zrna nad sítím, nejnižší podíl zrna byl u varianty PI3 98,95 %. Letošní průběh vegetační sezóny byl pro růst ječmenů příznivý a navržená metodika pokusu měla vliv na rovnoměrné rozložení velikosti zrna. Rozptyl jednotlivých měření je znázorněn v grafu 15. Nejmenší rozptyl podílu zrna nad sítím byl zjištěn u varianty PI3.

Tab. 19: Hmotnost zrn nad sítím v g/100g zrna (zrna nad 2,5 mm, vyjádřeno v %)

varianta	podíl zrna nad sítím (%)	Tukey HSD test
PI1	99,10	a
PI2	99,13	a
PI3	98,95	a
PI4	99,13	a

Tukeyův HSD test; proměnná podíl zrn % nad sítím (Tabulka1) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = ,11042, sv = 12,00

a – stejné písmo ve sloupci pod sebou značí statisticky neprůkazné rozdíly mezi průměry variant



Graf 15: Hodnocení rozptylu u proměnné: procento zrn nad sítím

### 5.2.5 Hodnocení HTZ

Hmotnost tisíce zrn (HTZ) byla hodnocena počítadlem semen – 2x500 semen z každého opakování. Hodnoty ukazuje tab. 20. Při porovnání vlivu hnojiv firmy Preco Invest s.r.o. nebyl zjištěn statisticky průkazný vliv ošetření. Z pohledu hmotnosti tisíce zrn (HTZ) je nejlepší varianta PI1 (52,45 g). Ostatní varianty dosahovaly o něco nižší HTZ, ovšem toto číslo je zanedbatelné. Můžeme konstatovat, že i při nižší intenzitě hnojení N v polním pokusu v kombinaci se Sapropem (různé formy jeho užití), docílily shodnou HTZ jako konvenční technologie pěstování ječmene jarního.

Tab. 20: HTZ zrna ječmene jarního

varianta	HTZ (g)	Tukey HSD test
PI1	52,63	a
PI2	52,28	a
PI3	52,33	a
PI4	52,45	a

Tukeyův HSD test; proměnná HTS (Ječmen HTS) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 1,5863, sv = 12,00

a – stejné písmo ve sloupci pod sebou značí statisticky neprůkazné rozdíly mezi průměry variant

### 5.2.6 Hodnocení obsahových látek v zrně ječmene

Na přístroji NIR v laboratořích KARP FAPPZ byl zjišťován obsah škrobu, dusíkatých látek a byla změřena vlhkost zrna (tab. 21). Mezi pozorovanými variantami nebyl zjištěn průkazný rozdíl v obsahu škrobu, ten se pohyboval od 61,85 % (PI1) po 62,48 % (PI3).

Obsah vlhkosti je důležitý parametr pro skladování ječmene a zároveň kontrola zralosti a kvality sklizeného materiálu. V případě pokusu Preco Invest s.r.o. byly zjištěny nízké vlhkosti zrna, konkrétně 12,83 % u PI4 a nejvyšší 13,05 % u varianty PI3. Můžeme tedy konstatovat, že sklizeň proběhla za příznivých podmínek, zrno bylo vyzrálé, bez zelených obilek.

Obsah N-látek byl v pokusu se Sapropem mírně vyšší u varianty PI1 a PI2 (13,13 % a 12,93 %) než udává česká norma pro jakost ječmene (limitní je 12,5 % N-látek). Průměry obsahu N-látek byly velmi podobné u pokusných variant, norma byla dodržena u variant PI3 (50 % N) a PI4 (0 % N).

Tab. 21: Hodnocení parametrů: obsah škrobu, N-látky a vlhkost dle variant pokusu

varianta	obsah škrobu (%) <sup>1</sup>	N - látky (%) <sup>2</sup>	vlhkost (%) <sup>3</sup>
PI1	61,85 a	13,13 a	12,88 a
PI2	61,88 a	12,93 a	12,85 a
PI3	62,48 a	12,48 a	13,05 a
PI4	62,33 a	12,53 a	12,83 a

1 Tukeyův HSD test; proměnná Škrob (NIR\_ječmen\_jarní) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 0,25271, sv = 12,00

2 Tukeyův HSD test; proměnná N-látky % (NIR\_ječmen\_jarní) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 0,11417, sv = 12,00

3 Tukeyův HSD test; proměnná Vlhkost % (NIR\_ječmen\_jarní) Homogenní skupiny, alfa = 0,05 Chyba: meziskup. PČ = 0,02292, sv = 12,00

a – stejné písmo ve sloupci pod sebou značí statisticky neprůkazné rozdíly mezi průměry variant

### 5.3 Souhrn výsledků

Průběh počasí v sezóně 2022 byl srážkově a teplotně nadnormální v porovnání s dlouhodobým normálem let 1991-2020.

Na výsledky pokusu s ječmenem jarním v pokusné lokalitě Červený Újezd měl průběh počasí následující vliv: Březen byl v teplotním normálu, selo se včas- 10.3. varianty Preco Invest (sapropel), 18.3. varianty ošetřené přípravkem Utrisha. Duben poskytl nižší teploty než dlouhodobý normál. Celá vegetační doba byla bohatá na úhrn srážek, nebyl výraznější výskyt chorob, problémy nebyly ani s okusem drobné zvěře či poškozením od myší. Byly zjištěny vysoké výnosy zrna s nízkým podílem menších zrn.

#### 5.3.1 Souhrn výsledků Utrisha

Ošetření porostů přípravkem Utrisha přinesly u ječmene jarního v roce 2022 následující výsledky, které jsou zhodnoceny v tabulce 22:

Přínos moření pro výnos zrna nebyl prokázán. Použitím Nutrisha u varianty V6 a V8 došlo ke zvýšení výnosu zrna o 0,30 t/ha, u varianty V10 byl výnos zrna zvýšen o 0,38 t/ha v porovnání s kontrolou V9(100 % N). Tyto výsledky však nebyly statisticky průkazné. Byl zjištěn mírný trend vyššího HTZ zrna u varianty V8 a V10, v porovnání s kontrolou. Vliv moření na hmotnost a délku nadzemní hmoty a kořenů nebyl potvrzen, kromě trendu vyšší délky nadzemní části rostliny u varianty V2, V3 a V4.

Tab. 22: Souhrnné přínosy ošetření porostů ječmene jarního přípravkem Utrisha

varianta	výnos zrna t/ha	přínos varianty pro výnos zrna (t/ha)	procentuální přínos pro výnos zrna	HTZ (g)	přínos pro HTZ (%)
V1	7,68	0	0	53,2	0,00
V2	7,68	0,00	0,1	53,2	-0,05
V3	7,33	-0,35	-4,5	54,0	1,46
V4	7,41	-0,27	-3,5	53,8	1,13
V5 - 60 % N	7,04	0,01	0,2	54,1	1,36
V6 Utrisha - 60 % N	7,33	0,30	4,3	52,4	-1,73
V7 - 80 % N	7,30	0,27	3,8	53,5	0,33
V8 Utrisha - 80 % N	7,33	0,30	4,3	54,6	2,30
V9 - Kontrola - 100 % N	7,03	0,00	0,0	53,4	0,00
V10 Utrisha - 100 % N	7,41	0,38	5,4	54,2	1,64

#### 5.3.2 Souhrn výsledků sapropel

Aplikace rašelino-sapropelového koncentráту (moření+2 aplikace) u ječmene jarního přinesla v roce 2022 následující výsledky:

U varianty PI2 (sapropel+moření+100 % dusíku) byly v porovnání s kontrolou (100 % dusíku) zjištěny delší kořeny o 2 cm a mírně vyšší hmotnost kořenů o 0,05 g. Naopak kontrolní varianta měla mírně delší rostliny (+1,3 cm) s mírně vyšší hmotností (+0,4 g).

Varianty ošetřené sapropelem měly nižší počet odnoží (-0,75 ks), zároveň ale větší počet rostlin +5,5 ks na 1/4m<sup>2</sup>.

Výnosy variant jsou podobné, nejvyšší dosažený výnos byl u varianty PI3 (6,25 t.ha<sup>-1</sup>, což je o 0,23 t.ha<sup>-1</sup> více než kontrola PI1). Výnos zrna byl vyšší i u varianty PI2 (6,08 t.ha<sup>-1</sup>) o 0,06 t.ha<sup>-1</sup> v porovnání s kontrolní variantou.

Byl zjištěn nízký obsah vlhkosti u všech variant, hraniční obsah dusíkatých látek v zrnu u variant se sníženou dávkou dusíku na hektar (PI3) a bez hnojení dusíkem (PI4). U kontrolní varianty (PI1) a varianty (PI2) byl obsah lehce překročen, v porovnání s českou normou. Porovnáním HTZ mezi variantami byly zjištěny statisticky neprůkazné rozdíly.

## 5.4 Stanovisko k výzkumným hypotézám

**Hypotéza č. 1:** Předpokládá se, že aplikace *Methylobacterium symbioticum* bude mít vliv na dynamiku růstu kořenů ječmene jarního, a to se projeví ve vyšším výnosu zrna.

### **Hypotéza č. 1 nebyla přijata.**

V rámci hodnocení vlivu aplikace přípravku Utrisha na výnos zrna ječmene nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi sledovanými variantami

**Hypotéza č. 2:** Je předpoklad, že oba dva biologické postupy mohou snížit potřebu minerálního hnojení u ječmene jarního.

### **Hypotéza č. 2 byla přijata.**

V případě hodnocení přínosu rašelino-sapropelového koncentráту (moření osiva v kombinaci s postřiky porostu) bylo potvrzeno zachování nebo mírné zvýšení výnosu zrna ječmene jarního, v porovnání s konvenční technologií využívající větší vstupy minerálního dusíku. Ačkoli hypotéza č.1 nebyla přijata, z výsledků bylo možné pozorovat mírný, ač statisticky neprůkazný nárůst výnosu zrna ječmene (o 0,3 t/ha) po aplikaci *Methylobacterium symbioticum*, v porovnání s kontrolní variantou hnojenou dusíkem. Předpoklad, že využití obou biologických preparátů může pomoci snížit potřebu minerálního hnojení, byl proto potvrzen.



## 6 Diskuze

### 6.1 Vliv sapropelu na porost a výnosy plodin

Bakšienė & Janušienė (2005) studovali dlouhodobý vliv sapropelu na fyzikálně-chemické vlastnosti půdy. Sapropel byl vždy aplikován k první plodině v osevním postupu (kukuřice) při každé rotaci, která byla provedena vždy po šesti letech. Bylo zjištěno, že na konci třetí rotace (po 18 ti letech) po aplikaci dávky 150 a 200 t sapropelu na hektar, došlo ke zvýšení produktivity plodin. Současně došlo ke snížení kyselosti půdy, ke zvýšení výměnného Ca a Mg, zvýšení obsahu organického uhlíku a celkového dusíku. Dále bylo prokázáno zlepšení složení humusu. Podobné výsledky uvádí ve své studii i Booth et al. (2007). Aplikací sapropelu došlo ke značnému zvýšení pH půdy, dostupného fosforu a draslíku a obsahu organické hmoty v půdě. Výsledky dále prokázaly, že sapropel může zlepšit produktivitu plodin na srovnatelnou úroveň jako při aplikaci hnoje. Je tedy zřejmé, že aplikace sapropelu má především dlouhodobé výhody, kdy v důsledku zlepšení vlastností půdy dojde ke zlepšení produktivity plodin.

Z našich výsledků vliv moření sapropelem na zvýšení výnosů není zcela jistý, jsou patrné mírné rozdíly ve vývoji rostlin v počátečních fázích vývoje (BBCH37), které se ve výnosu tolik neprojeví. Vzhledem k mírně vyššímu výnosu u varianty PI3, která kombinuje 50 % N a moření osiva Sapropelem, nicméně není jasné, jaký faktor převládal pro udržení stejného výnosu jako u kontroly – jestli to bylo samotné moření nebo dávka 40,5 kg N.ha<sup>-1</sup> při setí ječmene. S ohledem na výše uvedenou studii se však nabízí otázka, zda by se zvýšení výnosů ječmene neprojevilo více v případě dlouhodobějšího pokusu. Afganová et al. (2015) ve své studii zmiňuje, že pozitivní účinek sapropelu se projevuje až v dalších letech pěstování plodin.

Edesi et al. (2020) uvádějí pozitivní ovlivnění výnosů a kvality zrna ječmene při dávce sapropelu 100 t.ha<sup>-1</sup>. Dále bylo zvýšeno množství půdní organického uhlíku, množství mobilního vápníku, celkového dusíku a obsah bóru v půdě. Obě aplikační dávky ve výši 50 t.ha<sup>-1</sup> a 100 t.ha<sup>-1</sup> dále zvýšily obsah hořčíku, mědi a manganu v půdě.

Gazizov et al. (2021) posuzoval vliv listového ošetření ultradispergovaných suspenzí sapropelu, vermikompostu a diatomitu. Tato tři organická hnojiva byla rozemleta ultrazvukem na jemný prášek a následně byla připravena suspenze s deionizovanou vodou, jelikož takto připravená hnojiva by měla mít vyšší stimulační účinek na plodinu a vykazovat lepší výsledky ve srovnání s konvenčními mletými hnojivy. Ošetření listů rostlin ultrajemným sapropelem a vermikompostem mělo nejlepší vliv na vývoj ječmene, přičemž byla pozitivně ovlivněna délka a hmotnost rostlin a HTZ. Nejlepších výnosových ukazatelů bylo dosaženo aplikací suspenze z vermikompostu a diatomitu v ultradispergované formě, přičemž výnos zrna byl navýšen až o 22,1 %.

### 6.2 Vliv *Methylobacterium symbioticum* sp. na porost a výnosy plodin

*Methylobacterium* sp. může na rostliny působit prospěšně několika způsoby. Ve fylosféře působí synergicky, využívá methanol z listů jako jediný zdroj uhlíku a energie a výměnou může produkovat fytohormony. Různé kmeny mohou prokazatelně zvýšit růst rostlin a zlepšit klíčení, a to produkcí cytokininů a auxinů (Chauhan et al. 2015).

Studie Tani et al. (2015) se zaměřila na mechanismus podpory růstu a specifčnosti interakce rostlina-mikrobiom. Bylo zjištěno lepší zrání semen rýže a zvětšení velikosti zrn ječmene vlivem očkování, současně však nebyl zvýšen celkový výnos. Výsledky našeho pokusu naopak nepotvrdily vliv ošetření přípravkem Utrisha na velikost zrna ječmene jarního. Nicméně byl zjištěn vliv na zvýšení hmotnosti tisíce zrn, přičemž toto navýšení se projevilo u varianty V6 (60 % dávky N + Utrisha) a V8 (80 % dávky N+Utrisha). Co se týče vlivu ošetření na celkové výnosy zrna, byl pozorován nárůst u variant V6 a V8 o  $0,30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  a V10 (100 % dávky N + Utrisha) a  $0,38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , tyto výsledky však nebyly statisticky průkazné.

Darkanzali a Kisileva (2018) studovali schopnost *Methylobacterium* sp. podporovat růst ječmene a snižovat toxicitu těžkých kovů. Výsledky ukázaly o 23 % vyšší míru asimilace  $\text{CO}_2$  a vyšší celkový obsah chlorofylu u naočkovaných rostlin ve srovnání s rostlinami pěstovanými ze sterilních semen. Je proto předpoklad, že bakterie stimulovaly fotosyntetickou funkci v ječmeni. Výsledky také ukázaly, že *Methylobacterium* sp. dokázaly podpořit odolnost ječmene vůči stresu při působení těžkých kovů (Chauhan et al. 2015). Zjištění ohledně navýšení obsahu chlorofylu je v rozporu s našimi výsledky, kdy na základě multispektrálního snímku, který byl proveden Laboratoří Postoloprty, nebyl prokazatelný vyšší obsah chlorofylu u variant ošetřených *Methylobacterium* (samostatná příloha č. 2).

Pozitivní účinky aplikace *Methylobacterium symbioticum* byly kromě obilnin studovány i u dalších plodin. Madhaiyan et al. (2015) studovali účinek listového postřiku obsahující kmen L2-4 *Methylobacterium* spp. na zvýšení výnosů semen keřovité rostliny dávivce černého, jež se zdá být potenciální plodinou pro výrobu bionafty. Po aplikaci postřiku došlo k významnému zvýšení výšky rostlin, počtu listů, obsahu chlorofylu a objemu stonku. Produkce semen se zlepšila o 96,3 % u rostlin pěstovaných ve sterilizované a nesterilizované půdě. Zvýšení výnosu semen bylo přitom spojeno se zvýšením poměru samičích a samčích květů.

Ve studii Grossi et al. (2015) byl *in vitro* potvrzen pozitivní účinek *Methylobacterium* sp. 2A na růst a vývoj brambor a na zvýšení hustoty kořenových vlásků. Při porovnání rozdílů mezi neočkovanými rostlinami a rostlinami naočkovanými *Methylobacterium* v půdních podmínkách se zvýšeným obsahem soli, byl pozorován významný rozdíl ve většině výše zmíněných parametrů, což prokázalo schopnost tohoto izolátu zmírnit negativní účiny salinity. Dále byla *in planta* prokázána schopnost snížit škodlivé účinky plísňových onemocnění brambor.

Byl objeven genom nového druhu *Methylobacterium* spp. NMS14P, izolovaný z kořenů kávovníku v Thajsku. Testy *in vivo* potvrdily významnou podporu růstu a vývoje kukuřice, chilli a cukrové třtiny při inokulaci. Potenciálně je tedy možná aplikace na širokou škálu hostitelských rostlin jako biohnojivo na bázi *Methylobacterium*, případně v kombinaci s již známými bakteriálními kmeny (Jirakkakul et al. 2023).

### 6.3 Vliv moření osiva na zvýšení výnosů

Abdelhamid a Bugaev (2020) hodnotili vliv předseťových úprav a organominerálního hnojiva na morfofyziologické hodnocení sadby, kvalitu osiva a produktivitu jarního ječmene. Bylo zjištěno, že kombinace předseťové úpravy osiva mikrohnojivem Polaris a Siliplant a organominerálního hnojiva Ecofus umožňuje v příznivých letech zlepšit kvalitu semen, což zvyšuje energii i rychlost klíčení a růstovou sílu osiva a dále podporuje větvení kořenového

systemu, což se odráží na produktivitě ječmene. Jako neúčinnější se ukázala předúprava osiva v letech s dostatkem srážek, zatímco při nízké vlhkosti půdy se účinnost předseťového ošetření osiva snižovala. S ohledem na srážkové a klimatické poměry došlo v roce 2017 ke zvýšení produktivity ječmene při ošetření semen směsí Polaris se Siliplantem o 25 % oproti kontrole, zatímco v roce 2018 se výnos zvýšil o 7,1 % oproti kontrole při aplikaci totožné směsi.

S výše zmíněnými výsledky nekorespondují výsledky získané z našeho pokusu. Vliv moření byl ověřován v roce srážkově a teplotně nadnormálním v porovnání s dlouhodobým normálem. Přesto nebyl z našich výsledků potvrzen prokazatelný přínos moření pro výnos zrna.

Ve studii Dostálová a Hřivna (2014) byl v rámci maloparcelních polních pokusů testován vliv pozdní aplikace K-gelu, Yara Vita Kombiphos a Sunagreen na výnos a kvalitu jarního sladovnického ječmene Bojos. Nejvyšší výnos zrna (9,268 t/ha) byl získán po aplikaci K-gelu. Po aplikaci Yara Vita Kombos byl potvrzen významný vliv na velikost zrna a na HTZ. Aplikace Sunagreen prokazatelně podpořila především zvýšení obsahu škrobu v zrně. Vyšší dávka N přitom obecně snížila výnos a dokonce zhoršila kvalitu zrna.

V našem pokusu byl prokázán mírný trend navýšení HTZ u varianty V8 (80 % N + Utrisha) a V10 (100 % N + Utrisha), tedy u variant bez moření, tudíž naše výsledky nejsou v souladu s výše uvedenou studií. V rámci našich výsledků nebyl potvrzen vliv moření ani na hmotnost a délku nadzemní hmoty a kořenů, kromě trendu vyšší délky nadzemní části rostliny u varianty V2 (TE osivo), V3 (Ympact) a V4 (M Sunagreen).

Molnárová (2014) uvádí statisticky vysoce významné rozdíly mezi výnosy, kdy při zvýšené dávce dusíku v kombinaci s listovým hnojivem Zincuran SC a růstovým stimulantem Sunagreen bylo dosaženo nejvyšších výnosů v porovnání s kontrolou.

Ověření účinků M Sunagreen spolu s mořidlem Primseed provedli také Maco et al. (2019). Ve studii byl hodnocen vliv těchto přípravků na velikost kořenového systému, tvorbu výnosových složek, výnos zrna a jeho kvalitu. Ošetření osiva přípravkem Sunagreen zvýšilo výnos ječmene o cca 200 kg/ha, aplikace stimulantu Primseed zvýšila objemovou hmotnost zrna, HTZ i zrnitost nad 2,5 mm využitelnou pro sladování. Aplikace obou přípravků dále zvýšila velikost kořenového systému rostlin, počet klasů na m<sup>2</sup>, zvýšil se i počet zrn na klas a také počet zrn na rostlinu.

## 7 Závěr

- Bylo potvrzeno, že technologie střídající rašelino-sapropelový přípravek jako mořidlo osiva v kombinaci se stimulačním postřikem docílila stejného nebo mírně vyššího výnosu zrna při zachování kvalitativních parametrů, v porovnání s konvenčními technologiemi s většími vstupy minerálního dusíku. Z provedeného pokusu vyplývá doporučení, že i samotný postřik 2x během vegetace v technologii ječmene jarního – termín T1 (13.5.2022) a T2 (22.5.2022) – je dostačující pro udržení dostatečného výnosu zrna, který dosáhl bez hnojení dusíkem 98% výnosu kontrolní varianty s aplikací 81 kg N.ha<sup>-1</sup>
- Vliv moření rašelino-sapropelovým koncentrátem na výši výnosů nebyl zcela ověřen. Z výsledků jsou viditelné mírné rozdíly ve vývoji rostlin v počátečních fázích vývoje (BBCH 37), které se však ve výnosu prokazatelně neprojeví. U varianty PI3, která kombinuje ošetření 50 % dávky dusíku a moření osiva sapropelem, lze pozorovat mírné zvýšení výnosů o 0,23 t.ha<sup>-1</sup> oproti neošetřené kontrole s dávkou dusíku 100 %. Nicméně v tomto případě není jasné, zda bylo vysokých výnosů dosaženo následkem samotného moření, či aplikací 40,5 kg N.ha<sup>-1</sup> při seti ječmene.
- Při ošetření porostů přípravkem Utrisha vyplývá z výsledků určitý trend vyššího výnosu (vždy o 0,3 t.ha<sup>-1</sup> oproti kontrole), který však nebyl statisticky průkazný. Nelze proto prokazatelně potvrdit vliv přípravku na zvýšení výnosů ječmene jarního. To mohlo být způsobeno optimálním průběhem počasí v roce 2022, dobrými půdními podmínkami či plodinou, na které byl přípravek testován. Můžeme však doporučit aplikaci přípravku u půd s horšími fyzikálně-chemickými vlastnostmi či v roce, kdy průběh srážek a teplot není optimální.
- Závěrem lze potvrdit, že za pomoci obou biologických postupů lze snížit potřebu minerálního hnojení u ječmene jarního při zajištění stejných, či dokonce vyšších výnosů. Aplikace biologických přípravků je navíc ekologicky šetrným a trvale udržitelným způsobem, jak zajistit zlepšení produkce plodin pro rostoucí světovou populaci při minimalizaci znečištění životního prostředí.
- Co se týče přípravku Utrisha, jedná se o poměrně nový produkt, k dnešnímu dni proto nejsou v dostatečném počtu dostupné studie, které by prokazovaly jeho pozitivní vliv na zvýšení výnosů pěstovaných plodin. Domníváme se, že by tomuto tématu měla být věnována další pozornost, která by dala podnět ke vzniku dalších, případně i dlouhodobějších studií.

## 8 Literatura

- Abdelhamid S, Bugaev PD. 2020. Impact of Seed Treatments Pre-sowing and Organo-mineral Fertilizer on Spring Barley Production. *Indian Journal Of Agricultural Research*. 10.18805/IJARE.A-519.
- Agafonova L, Alsina I, Sokolov G, Kovrik S, Bambalov N, Apse J, Rak M. 2015. New Kinds of Sapropel and Peat Based Fertilizers. *Environment, Technology, Resources* **2**: 20-26.
- Ali MA, Ghazy AI, Alotaibi KD, Ibrahim OM, Al-Doss AA. 2022. Nitrogen efficiency indexes association with nitrogen recovery, utilization, and use efficiency in spring barley at various nitrogen application rates. *Agronomy Journal* **114**: 2290-2309.
- Alshamlan NS. 2023. Effect of Germination process on Chemical Composition of barley Grains, Nutritional Value. *Journal of Food and Dairy Sciences* **14**: 1-4.
- Anusauskas J, Steponavičius D, Romanekas K, Lekavičienė K, Zaleckas E, Sendžikienė E. 2023. The Influence of Bacteria-Inoculated Mineral Fertilizer on the Productivity and Profitability of Spring Barley Cultivation. *Plants* **12**: 1227. DOI: 10.3390/plants12061227.
- Anbessa Y, Juskiw P. 2012. Review: Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley. *Canadian Journal of Plant Science*. **92**: 617-625.
- Anderson MC, Hain ChR, Jurecka F, Trnka M, Hlavinka P, Dulaney W, Otkin JA, Johnson D, Gao F. 2016. Relationships between the evaporative stress index and winter wheat and spring barley yield anomalies in the Czech Republic. *Climate Research* **70**: 215-230.
- Anderson PM, Oelke EA, Simmons SR. 1995. *Growth and Development Guide for Spring Barley*. St. Paul, MN: University of Minnesota Extension Service. Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy, <https://hdl.handle.net/11299/165839>.
- Askegaard M, Thomsen IK, Berntsen J, Hovmøller MS, Kristensen K. 2011. Performance of spring barley varieties and variety mixtures as affected by manure application and their order in an organic crop rotation. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* **61**: 421-430.
- Bakšienė E, Janušienė V. 2005. The effects of calcareous sapropel application on the changes of Haplic Luvisols chemical properties and crop yield. *Plant, Soil and Environment* **51**: 539-544.
- Banwart S, Black H, Cai Z, et al. 2015. The global challenge for soil carbon. In: Banwart S, Noellemeyer E, Milne E, editors. *Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits*. Oxfordshire: CAB International; pp. 1-9.
- Banwart S, Black H, Cai Z, Gicheru P, Joosten H, Victoria R, Milne E, Noellemeyer E, Pascual U. 2015. 1 The Global Challenge for Soil Carbon. In Book: *Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits*. eISBN : 978-1-78924-452-6. Pages 1-9. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/312371321\\_1\\_The\\_Global\\_Challenge\\_for\\_Soil\\_Carbon](https://www.researchgate.net/publication/312371321_1_The_Global_Challenge_for_Soil_Carbon) (accessed May 2023).

- Bartosiewicz B, Jadczyzyn J. 2021. The impact of drought stress on the production of spring barley in Poland. *Polish Journal of Agronomy* **45**: 3-11.
- Bezpal'ko VV, Stankevych SV, Zhukova LV, Zabrodina IV, Turenko VP, Horyainova VV, Poedinceva AA, Batova OM, Zayarna OY, Bondarenko SV, Dolya MM, Mamchur RM, Drozd PY, Sakhnenko VV, Matsyura A. 2020. Pre-sowing seed treatment in winter wheat and spring barley cultivation. *Ukrainian Journal of Ecology* **10**: 255-268.
- Birkhofer K, Arvidsson F, Ehlers D, Mader VL, Bengtsson J, Smith HG. 2015. Organic farming effects the biological control of hemipteran pests and yields in spring barley independent of landscape complexity. *Landscape Ecology* **31**. DOI: 10.1007/s10980-015-0263-8.
- Blečić A, Railić B, Dubljević R, Mitrović D, Spalevic V. 2014. Application of sapropel in agricultural production. *Agriculture and Forestry* **60**: 243-250.
- Booth CA, Baksienė E, Fullen MA, Ciunys A. 2007. Long-term agrochemical dynamics: Engineering, application and challenges of calcareous sapropel as a soil fertilizer. *International Journal of Ecodynamics* **2**: 108-116.
- Bravo D, Braissant O. 2022. Cadmium-tolerant bacteria: current trends and applications in agriculture. *Lett Appl Microbiol* **74**: 311-333. doi: 10.1111/lam.13594.
- Brown P, Saa S. 2015. Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science* **6**: 671. DOI: 10.3389/fpls.2015.00671.
- Czembor E, Kaczmarek Z, Pilarczyk W, Mańkowski D, Czembor JH. 2022. Simulating Spring Barley Yield under Moderate Input Management System in Poland. *Agriculture* **12**:1091. <https://doi.org/10.3390/agriculture12081091>.
- Černý J, Balík J, Kulhánek M, Časová K, Nedvěd V. 2010. Mineral and organic fertilization efficiency in long-term stationary experiments. *Plant, Soil and Environment* **56**: 28-36.
- Darkazanli M, Kiseleva IC. 2018. The effects of inoculation barley by endophytic bacteria (*Methylobacterium* sp.). Ural Federal University named after the firsts President of Russia B.N. Yeltsin. Available from: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/86485/1/978-5-7996-2278-7\\_2018\\_008.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/86485/1/978-5-7996-2278-7_2018_008.pdf) (accessed May 2023).
- Dostálová Y, Hřivna L. 2014. The effect of late application of foliar nutrition and supporting materials on the yield and the quality of barley grain.
- Edesi L, Kangor T, Loide V, Vettik R, Tamm I, Kennedy HJ, Haljak M, Tamm Ü, Võsa T, Tamm K, Talve T, Karron E. 2020. Effects of lake sediment on soil chemical composition, dehydrogenase activity and grain yield and quality in organic oats and spring barley succession. *Agronomy Research* **18**: 2022-2032.
- Enz M, Dachler Ch. 1997. Compendium of Growth Stage Identification Keys for Mono- and Dicotyledonous Plants. Extended BBCH scale. a joint publication of BBA BSA IGZ IVA AgrEvo BASF Bayer Novartis. ISBN 3-9520749-3-4.
- Friedt W, Horsley RD, Harvey BL, Poulsen D, Lance RCM, Ceccarelli S, Grando S, Capettini F. 2011. Barley Breeding History, Progress, Objectives, and Technology. In book: *Barley: Production, Improvement, and Uses* (p. 160-220). DOI: 10.1002/9780470958636.ch8.

- Gazizov R, Sukhanova I, Prishchepenko E, Sidorov V. 2021. Influence of Sapropel, Diatomite, Brown Coal and Vermicompost in Normal and Ultrafine Forms on Productivity and Quality of Spring Barley. *BIO Web of Conferences* **37**: 00058. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700058>.
- Gocheva M. 2014. Study of the productivity elements of spring barely using correlation and path-coefficient analysis. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences* **1**: 1638-1641.
- Goñi O, Łangowski Ł, Feeney E, Quille P, O'Connell S. 2021. Reducing Nitrogen Input in Barley Crops While Maintaining Yields Using an Engineered Biostimulant Derived From *Ascophyllum nodosum* to Enhance Nitrogen Use Efficiency. *Frontier in Plant Science* **12**: 664682. DOI: 10.3389/fpls.2021.664682.
- Grantina-Ievina L, Karksons A, Andersone-Ozola U, Ievinsh G. 2014. Effect of freshwater sapropel on plants in respect to its growth- affecting activity and cultivable microorganism content. *Zemdirbyste-Agriculture* **101**: 355-366.
- Grossi CEM, Fantino E, Serral F, Zawoznik MS, Fernandez Do Porto DA, Ulloa RM. 2020. *Methylobacterium* sp. 2A Is a Plant Growth-Promoting Rhizobacteria That Has the Potential to Improve Potato Crop Yield Under Adverse Conditions. *Frontiers in Plant Science* **11**. 10.3389/fpls.2020.00071. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.00071> (accessed April 2023).
- Grzebisz W, Diatta J, Hardter R, Cyna K. 2010. Fertilizer consumption patterns in central european countries-Effect on actual yield development trends in 1986-2005 years-A comparative study of the Czech Republic and Poland. *Journal of Central European Agriculture* **11**: 73-82.
- Hakala K, Jauhiainen L, Rajala AA, Jalli M, Kujala M, Laine A. 2020. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. *Field Crops Research* **259**: 107956. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107956>.
- Handlířová M, Lukas V, Smutný V. 2017. Yield and soil coverage of catch crops and their impact on the yield of spring 55arely. *Plant, Soil and Environment* **63**: 195-200.
- Hanhur V, Marenych M, Korotkova I, Gamayunova V, Oleksandr L, Marinich L, Olepir R. 2021. Dynamics of nutrients in the soil and spring barley yield depending on the rates of mineral fertilizers. *International Journal of Botany Studies* **6**:1298-1306.
- Hassan MK, McInroy JA, Kloepper JW. 2019. The Interactions of Rhizodeposits with Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in the Rhizosphere: A Review. *Agriculture*. <http://doi.org/10.3390/agriculture9070142>.
- Hejzman M, Berková M, Kunzová E. 2013. Effect of long-term fertilizer application on yield and concentrations of elements (N, P, K, Ca, Mg, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) in grain of spring barley. *Plant, Soil and Environment* **59**: 329-334.
- Hlisnikovský L, Kunzová E. 2014. Effect of Mineral and Organic Fertilizers on Yield and Technological Parameters of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) on Illimerized Luvisol. *Polish Journal of Agronomy* **17**: 18-24.

- Hlisnikovský L, Křížová K, Menšík L, Kunzová E. 2021. How Mineral Fertilization and Soil-Climatic Conditions Affect Spring Barley Grain Yield and Soil Chemical Properties. *Agronomy* **11**:1843. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091843>.
- Hlisnikovský L, Menšík L, Kunzová E. 2020. The Development of Winter Wheat Yield and Quality under Different Fertilizer Regimes and Soil-Climatic Conditions in the Czech Republic. *Agronomy* **10**: 1160. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081160>.
- Hlisnikovský L, Menšík L, Čermák P, Křížová K, Kunzová E. 2022. Long-Term Effect of Pig Slurry and Mineral Fertilizer Additions on Soil Nutrient Content, Field Pea Grain and Straw Yield under Winter Wheat–Spring Barley–Field Pea Crop Rotation on Cambisol and Luvisol. *Land* **11**: 187. <https://doi.org/10.3390/land11020187>.
- Horobets M, Chaika T, Korotkova I, Pysarenko P, Mishchenko O, Shevnikov M, Lotysh I. 2021. Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops. *International Journal of Botany Studies* **6**: 340-345.
- Hudzenko V, Demydov O, Kavunets V, Kachan L, Ishchenko V, Sardak M. 2022. Regulatory Mechanisms in Biosystems Assessment of ecological stability in yield for breeding of spring barley cultivars with increased adaptive potential. *Regulatory Mechanisms in Biosystems* **11**:425-430.
- Chauhan H, Bagyaraj DJ, Selvakumar G, Sundaram SP. 2015. Novel plant growth promoting rhizobacteria—Prospects and potential. *Applied Soil Ecology* **95**: 38-53.
- Ingvordsen CH, Backes G, Lyngkjaer MF, Peltonen-Sainio P, Jensen J, Jalli M, Jahoor A, Rasmussen M, Mikkelsen TN, Stockmarr A, Jørgensen RB. 2015. Significant decrease in yield under future climate conditions: Stability and production of 138 spring barely accessions. *European Journal of Agronomy* **63**: 105-113.
- Jurečka F, Fischer M, Hlavinka P, Balek J, Semerádová D, Bláhová M, Anderson MC, Hain Ch, Žalud Z, Trnka M. 2021. Potential of water balance and remote sensing-based evapotranspiration models to predict yields of spring barley and winter wheat in the Czech Republic. *Agricultural Water Management* **256**: 107064. ISSN 0378-3774. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107064>.
- Kacienė G, Žaltauskaitė J, Milčė E, Juknys R. 2015. Role of oxidative stress on growth responses of spring barley exposed to different environmental stressors, *Journal of Plant Ecology* **8**: 605–616. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtv026>.
- Kanarek P, Breza-Boruta B, Bauza-Kaszewska J, Lamparski R. 2022. Application of Straw and Biopreparations as a Sustainable Method for Increasing the Organic Carbon Content and Chemical, Physical, and Biological Soil Properties in Spring Barley Culture. *Energies* **15**: 6903. <https://doi.org/10.3390/en15196903>.
- Kanter D, Zhang X, Mauzerall D. 2014. Reducing Nitrogen Pollution while Decreasing Farmers' Costs and Increasing Fertilizer Industry Profits. *Journal of Environmental Quality*. doi:10.2134/jeq2014.04.0173.



- Kauppi K, Rajala A, Huusela E, Kaseva J, Ruuttunen P, Jalli H, Alakukku L, Jalli M. 2021. Impact of Pests on Cereal Grain and Nutrient Yield in Boreal Growing Conditions. *Agronomy* **11**: 592. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030592>.
- Kiær LP, Skovgaard IM, Østergård H. 2012. Effects of inter-varietal diversity, biotic stresses and environmental productivity on grain yield of spring barley variety mixtures. *Euphytica* **185**:123-138.
- King JA, Bradley RI, Harrison R. 2005. Current trends of soil organic carbon in English arable soils. *Soil Use and Management* **21**: 189-195.
- Kłeczek A, Anielak AM. 2021. Humic substances and significance of their application – a review. *Technical Transactions* e2021012 <https://doi.org/10.37705/TechTrans/e2021012>.
- Klepeckas M, Januškaitienė I. 2017. Changes in *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare* chlorophyll content and fluorescence parameters under impact of various sapropel concentrations. *Biologija* **62**: 216-226.
- Klikocka H, Narolski B, Michałkiewicz G. 2014. The effects of tillage and soil mineral fertilization on the yield and yield components of spring 57arely. *Plant, Soil and Environment* **60**: 255-261.
- Klír J, Wollnerová J, Dědina M, Beranová J. 2021. Bilancování dusíku v zemědělství. Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2021 ISBN 978-80-7427-357-5.
- Kolář P, Trnka M, Brázdil R, Hlavinka P. 2013. Influence of climatic factors on the low yields of spring barley and winter wheat in Southern Moravia (Czech Republic) during the 1961–2007 period. *Theoretical and Applied Climatology* **117**: 707-721.
- Kunzová E, Hejzman M. 2010. Yield development of winter wheat over 50 years of nitrogen, phosphorus and potassium application on greyic Phaeozem in the Czech Republic. *European Journal of Agronomy* **33**: 166-174.
- Koryagin YV, Kulikova EG, Koryagina NV, Trishina VA. 2022. Application of microbiological fertilizers in barely cultivation technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 953 (012005) DOI: 10.1088/1755-1315/953/1/012005.
- Labudda M, Marsuzyńska E, Gietler M, Różańska E, Rybarczyk-Płońska A, Fidler J, Prabucka B, Dababat AA. 2020. Efficient antioxidant defence systems of spring barley in response to stress induced jointly by the cyst nematode parasitism and cadmium exposure. *Plant Soil* **456**: 189-206. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04713-y>.
- Le Cocq k, Gurr SJ, Hirsch PR, Mauchline TH. 2017. Exploitation of endophytes for sustainable agricultural intensification. *Molecular Plant Pathology* **18**:469-473.
- Maco R, Hřivna L, Neradová V, Dufková R, Sotnikova V, Gregor T. 2019. The effect of seed treating in growth-promoting substances on malting barley root system size and formation of yield components. *MendelNet* **26**: 42-47. Available from: <https://mendelnet.cz/pdfs/mnt/2019/01/05.pdf> (accessed May 2023).

- Madhaiyan M, Alex TH, Ngoh ST, Prithiviraj B, Ji L. 2015. Leaf-residing Methylobacterium species fix nitrogen and promote biomass and seed production in *Jatropha curcas*. *Biotechnol Biofuels* **21**: 222. doi: 10.1186/s13068-015-0404-y.
- Matoka ChM, Schittenhelm S, Greef JM, Agong SG. 2014. Spring barley (*Hordeum vulgare* L.) Responses to Soil Injected Liquid Ammonium Nutrition under Different Growth Temperatures. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* **7**: 2319-2380.
- Mäe A, Kiiker R. 2022. Challenges in *Ramularia collo-cygni* Control. *Encyclopedia* **2**: 256-263.
- Meier U, Bleiholder H, Buhr L, Feller C, Hack H, Heß M, Lancashire P, Schnock U, Stauß R, Boom T, Weber E, Zwerger P. 2009. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants-history and publications. *Journal für Kulturpflanzen* **61**: 41-52.
- Menšík L, Hlisnikovský L, Kunzová E. 2019. The State of the Soil Organic Matter and Nutrients in the Long-Term Field Experiments with Application of Organic and Mineral Fertilizers in Different Soil-Climate Conditions in the View of Expecting Climate Change. In book: *Organic Fertilizers - History, Production and Applications*. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/67534> (accessed April 2022).
- Mosa A, Taha A, Elsaeid M. 2020. Agro-environmental applications of humic substances: A critical review. *Egyptian Journal of Soil Science*. DOI: 10.21608/ejss.2020.27425.1351.
- Molnárová M. 2014. Yield and technological quality of spring barely grain depending on year and selected cultivation factors. *Annals of the University of Oradea, Fascicle: Environmental Protection*: **23**. Available from: [http://protmed.uoradea.ro/facultate/publicatii/protectia\\_mediului/2014B/agr/14.%20Molnarova%20Juliana.pdf](http://protmed.uoradea.ro/facultate/publicatii/protectia_mediului/2014B/agr/14.%20Molnarova%20Juliana.pdf) (accessed May 2023).
- Murunga SI, Wafula EN, Sang J. 2020. The Use of Freshwater Saproel in Agricultural Production: A New Frontier in Kenya. *Advances in Agriculture* **2020**: 8895667. <https://doi.org/10.1155/2020/8895667>.
- Naumova N, Nechaeva T, Smirnova N, Fotev YV, Belousova V. 2017. Effect of Saproel Addition on Selected Soil Properties and Field Tomato Yield in South West Siberia. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition* **1**: 1-11.
- Newton AC, Flavell AJ, George TS, Leat P, Mullholland B, Ramsay L, Revoredo-Giha C, Russell J, Steffenson BJ, Swanston JS, Thomas WTB, Waugh R, White PJ, Bingham IJ. 2011. Crops that feed the world 4. Barley: A resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. *Food Security* **3**: 141-178.
- Niero M, Ingvordsen CH, Peltonen-Sainio P, Jalli M, Lyngkjær MF, Hauschild MZ, Jørgensen RB. 2015. Eco-efficient production of spring barley in a changed climate: A Life Cycle Assessment including primary data from future climate scenarios. *Agricultural Systems* **136**: 46-60.
- Noskova EN, Lisitsyn EM, Shchennikova IN, Svetlakova EV. 2023. Top-dressing treatment of spring barley to modify its quality. *Foods and Raw Materials* **11**.

- Noworolnik K. 2012. Morphological characters, plant phenology and yield of spring barley (*Hordeum sativum* L.) depending on cultivar properties and sowing date. *Acta Agrobotanica* **65**: 171-176. 10.5586/aa.2012.071.
- Östman Ö, Ekbom B, Bengtsson J. 2003. Yield increase attributable to aphid predation by ground-living natural enemies in spring barley in Sweden. *Ecological Economics* **45**:149-158.
- Palberg D, Kisiąła A, Jorge GL. *et al.* 2020. A survey of *Methylobacterium* species and strains reveals widespread production and varying profiles of cytokinin phytohormones. *BMC Microbiol* **22**, 49. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02454-9>.
- Panfilova A, Korkhova M, Gamayunova V, Fedorchuk M, Drobitko A, Nikonchuk N, Kovalenko O. 2019. Formation of photosynthetic and grain yield of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) depend on varietal characteristics and plant growth regulators. *Agronomy Research* **17**: 608-620.
- Panfilova A, Mohylnytska A, Gamayunova V, Fedorchuk M, Drobitko A, Tyshchenko S. 2020. Modeling the impact of weather and climatic conditions and nutrition variants on the yield of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy Research* **18**: 1388-1403.
- Pearce R. 2022. The latest in herbicides and fungicides for 2022. Country Guide. Available from: <https://www.country-guide.ca/crops/the-latest-in-herbicides-and-fungicides-for-2022/> (accessed November 2022).
- Petr J, Černý V, Hruška L. 1988. Yield Formation in the Main Field Crops. Elsevier, New York, 336. *Developments in Crop Science, Volume 13*. ISBN 0-444-98954-4.
- Plaza-Bonilla D, Arrúe JL, Cantero-Martínez C, Fanlo R, Iglesias A, Álvaro-Fuentes J. 2015. Carbon management in dryland agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **35**: 1319-1334.
- Raza A, Razzaq A, Mehmood SS, Zou X, Zhang X, Lv Y, Xu J. 2019. Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. *Plants (Basel)* **8**: 34. DOI: 10.3390/plants8020034.
- Rozhkova TO, Burdulanyuk AO, Bakumenko OM, Yemets OM, Vlasenko VA, Tatarynova VI, Demenko VM, Osmachko OM, Polozhenets VM, Nemerytska LV, Zhuravska IA, Matsyura AV, Stankevych SV. 2021. Influence of seed treatment on microbiota and development of winter wheat seedlings. *Ukrainian Journal of Ecology* **11**: 55-61.
- Sanina NV. 2020. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems. *BIO Web of Conferences* **27**: 00049. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700049>.
- Sapkota TB, Askegaard M, Lægdsmand M, Olesen JE. 2012. Effects of catch crop type and root depth on nitrogen leaching and yield of spring barley. *Field Crops Research* **125**: 129-138.

- Sedlář O, Balík J, Kozlovský O, Peklová L, Kubešová K. 2011. Impact of nitrogen fertilizer injection on grain yield and yield formation of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Soil Environment* **57**: 547-552.
- Sergeeva AA, Gasimova GA, Semenov VG, Valiullina DF, Yakimov OA, Gainullina MK, Frolov GS, Kashaeva AR, Aksakov DV. 2022. Environmental safety of a humin-based formulation and its impact on crop output both in quantity and quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **981**: 022075. DOI 10.1088/1755-1315/981/2/022075.
- Shashibhushan D, Reddy A. 2021. The evolution of plant breeding techniques. *The Pharma Innovation Journal* **10**: 580-584.
- Shejbalová Š, Černý J, Vašák F, Kulhánek M, Balík J. 2014. Nitrogen efficiency of spring barley in long-term experiment. *Plant, Soil and Environment* **60**: 291-296.
- Spáčilová B, Sřreda T, Thonnová P, Dvořáčková O. 2013. Yields of Spring Barley in the Climatic Conditions of the Czech Republic. *Kvasný průmysl* **59**: 352-357.
- Ståhl P, Andersson K, Nätterlund H, Lübeck E. 2020. Slutrapport Organiska gödselmedel och biostimulanter.
- Stankevica K, Vincevica-Gaile Z, Klavins M. 2016. Freshwater sapropel (gyttja): its description, properties and opportunities of use in contemporary agriculture. *Agronomy Research* **14**:929-947.
- Szulczewski W, Żyromski A, Biniak-Pieróg M, Machowczyk A. 2010. Modelling of the effect of dry periods on yielding of spring barley. *Agricultural Water Management* **97**:587-595.
- Tani A, Sahin N, Fujitani Y, Kato A, Sato K, Kimbara K. 2015. *Methylobacterium Symbioticum Promoting Rice and Barley Growth and Interaction Specificity Revealed with Whole-Cell Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization-Time-of-Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF/MS) Analysis.* *PLoS ONE* **10** (e0129509) DOI: 10.1371/journal.pone.0129509.
- Tiwari A, Tikoo S, Angadi S, Kadaru S, Rao M. 2023. Plant Breeding: Its Evolution and Recent Trends. DOI: 10.1007/978-981-19-5434-4\_1.
- Tratwal A, Bocianowski J. 2018. Cultivar mixtures as part of integrated protection of spring barley. *Journal of Plant Diseases and Protection* **125**: 41-50.
- Tratwal A, Roik K, Bocianowski J. 2014. The effect of growing mixtures of spring barley cultivars on pest occurrence and yields. *Polish Journal of Entomology* **83**:295-311.
- Tricase C, Amicarelli V, Lamonaca E, Rana R. 2018. Economic Analysis of the Barley Market and Related Uses. In book: *Grasses as Food and Feed*. DOI: [10.5772/intechopen.78967](https://doi.org/10.5772/intechopen.78967).
- Trnka M, Dubrovský M, Žalud Z. 2004. Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Spring Barley Production in the Czech republic. *Climatic Change* **64**: 227–255.

- Trnka M, Hlavinka P, Semerádová D, Dubrovský M, Žalud Z, Možný M. 2007. Agricultural drought and spring barley yields in the Czech Republic. *Plant, Soil and Environment* **53**: 306-316.
- Usubaliev B, Brantestam AK, Kurmanbekova G, Chekirov K, Totubaeva N, Bothmer R. 2020. Agronomic Performance of Spring Barley Cultivars under Different Eco-Environmental Conditions. *Polish Journal of Environmental Studies* **29**: 4331-4344.
- Wahlström EM, Kristensen HL, Thomsen IK, Labouriau R, Pulido-Moncada M, Nielsen JA, Munkholm LJ. 2021. Subsoil compaction effect on spatio-temporal root growth, reuse of biopores and crop yield of spring barley. *European Journal of Agronomy* **123**: 126225. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126225.
- Wasson A, Richards R, Chatrath R, Misra S, Sakuru S, Rebetzke G, Kirkegaard J, Christopher J, Watt M. 2012. Traits and selection strategies to improve root systems and water uptake in water-limited wheat crops. *Journal of experimental botany* **63** DOI: 10.1093/jxb/ers111.
- Yang F, Antonietti M. 2020. The sleeping giant: A polymer View on humic matter in synthesis and applications. *Progress in Polymer Science*. <http://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2019.101182>.
- Zhukova LV, Stankevych SV, Turenko VP, Bezpál'ko VV, Zabrodina IV, Bondarenko SV, Poedinceva AA, Golovan LV, Klymenko IV, Melenti VO. 2019. Root rots of spring barley, their harmfulness and the basic effective protection measures. *Ukrainian Journal of Ecology* **9**:232-238.
- Žalud Z, Trnka M, Dubrovský M, Hlavinka P, Semerádová D, Kocmánková E. 2009. Climate change impacts on selected aspects of the Czech agricultural production. *Plant Protection Science* **45**: S11-S19.



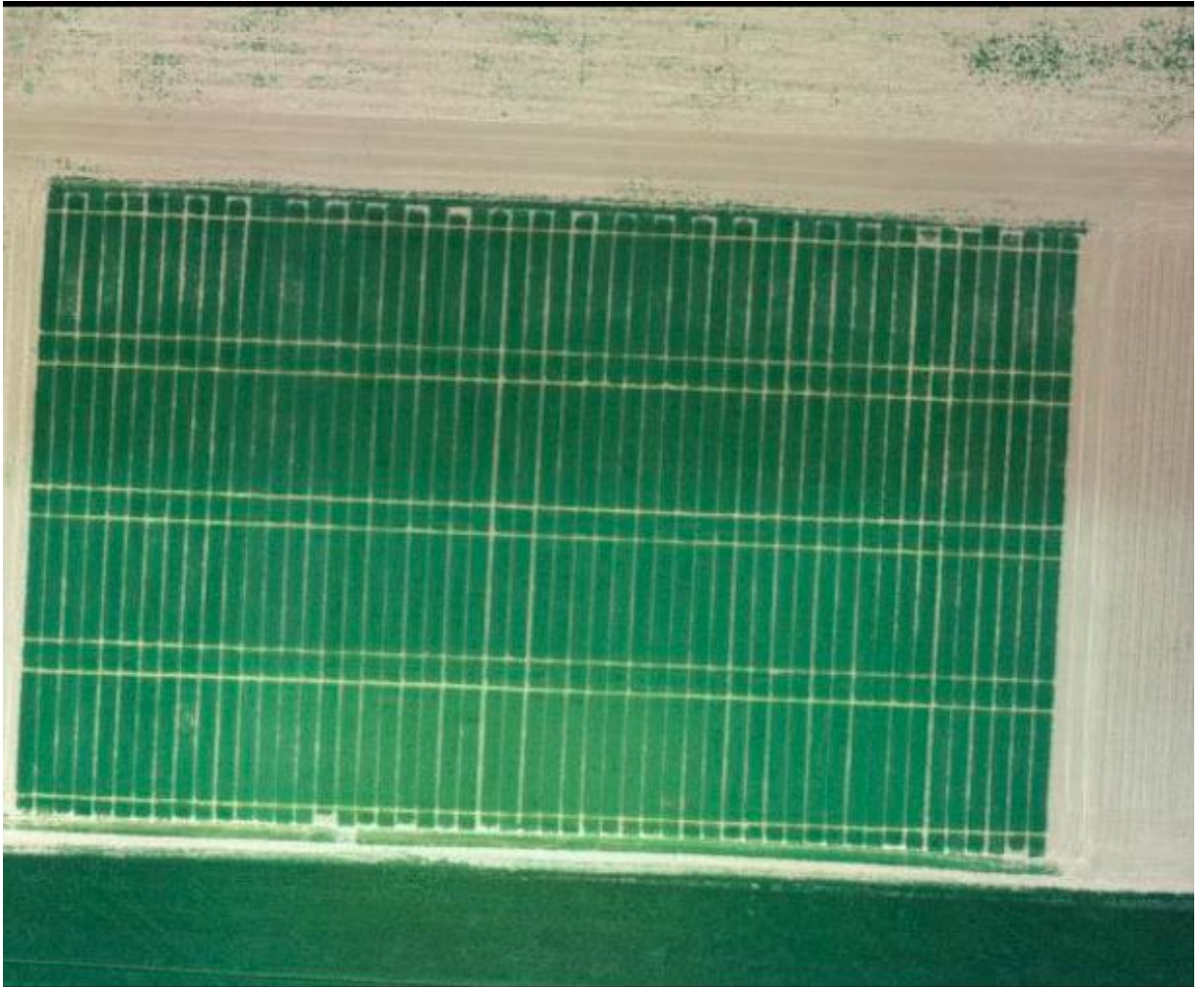
## 9 Samostatné přílohy

### 9.1 Seznam příloh

Příloha č. 1: Snímek maloparcelkového pokusu z dronu

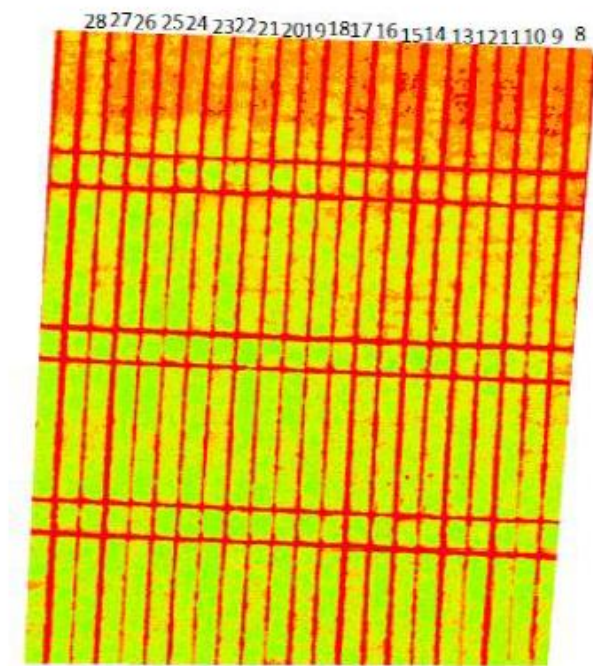
Příloha č. 2: Multispektrální snímek porostu ječmene jarního

#### Příloha č. 1: Snímek maloparcelkového pokusu z dronu



Obrázek č. 1: Snímek maloparcelkového pokusu z dronu  
(Zdroj: Laboratoř Postoloprty, 2022)

## Příloha č. 2: Multispektrální snímek porostu ječmene jarního



Obrázek č. 2: Multispektrální snímek porostu ječmene jarního, index NDVI  
(Zdroj: Laboratoř Postoloprty, 2022)