

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Petr Veselý 2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA AGROEKOLOGIE A ROSTLINNÉ PRODUKCE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Možnosti stimulace ječmene jarního v suchých letech

Autor: Petr Veselý 2024

Územní technická správní služba v životním prostředí

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Možnosti stimulace ječmene jarního v suchých letech

Zpracoval: Petr Veselý

Praha, 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti stimulace ječmene jarního v suchých letech" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne datum odevzdání _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za vedení a cenné rady při vypracovávání této práce. A dále bych rád poděkoval mé rodině, která mi je oporou celý život.

Možnosti stimulace ječmene jarního v suchých letech

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je problematika stimulace ječmene jarního v suchých letech. Ječmen jarní je jedna z nejvýznamnějších hospodářských plodin v České republice. V souvislosti s environmentální ochranou hospodářské krajiny jsou proto více popsány i podmínky pěstování, nároky na prostředí a způsoby jeho pěstování. Rešerše předkládá ucelený přehled možností stimulace klíčení i růstu osiva. Je zde popsána komplexní charakteristika rostliny, morfologie, růst i vývojové fáze a stejně tak i látky obsažené v zrnech.

Tato práce předkládá vlastní experimentální výzkum, kde se s použitím chemických látek sledoval vliv na stimulaci růstu ječmene jarního.

Experimenty probíhaly in vitro v laboratořích FAPPZ ČZU.

Bylo potvrzeno, že vzorky ječmene bez chemické stimulace vykazovala o 30 % vyšší klíčivost než zrna ošetřena přípravkem Universal. Evaluace vlastního výzkumu tak nepotvrdila výhodnost ani významný přínos chemických látek ke stimulaci růstu a klíčení ječmene jarního. Tyto závěry ale otevírají nový prostor k diskusi, zdali stimulaci ovlivňovat hnojením či jinými abiotickými faktory a za jakých podmínek.

Klíčová slova:

Stimulace, dozrávání, sucho, výživa

Abstract

Possibilities of stimulation of spring barely in dry seasons

The aim of this thesis is the issue of stimulation of spring barley in dry seasons. Spring barley is one of the most important economic crops in the Czech Republic. In connection with the environmental protection of the farmland, growing conditions, land requirements and forms of agriculture are therefore described in more detail. The research presents a comprehensive overview of the possibilities of stimulating germination and seed growth. It describes the complex characteristics of the plant, its morphology, growth and development phases, as well as the substances contained in the grains.

This thesis presents its own experimental research, where the effect on the stimulation of the growth of spring barley was monitored with the use of chemical substances.

The experiments were carried out in vitro in the FAPPZ laboratories of the Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Science.

It was confirmed that the barley samples without chemical stimulation showed 30 % higher germination than the grains treated with Universal. The evaluation of our own research thus did not confirm the usefulness or the significant contribution of chemical substances to stimulate the growth and germination of spring barley. However, these conclusions open a new area for discussion, whether stimulation should be influenced by fertilization or other abiotic factors and under what conditions.

Keywords:

Stimulation, maturing, dry season, nutrition

Obsah

1	ÚVOD	1
2	CÍL PRÁCE	3
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	3
3.1	MORFOLOGIE A BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA JEČMENE.....	4
3.1.1	<i>Kořenová soustava</i>	5
3.1.2	<i>Stéblo</i>	6
3.1.3	<i>Listy</i>	7
3.1.4	<i>Květ</i>	7
3.1.5	<i>Zrno</i>	7
3.2	FENOLOGICKÉ FÁZE RŮSTU	8
3.2.1	<i>Klíčení a vzházení</i>	8
3.2.2	<i>Oдноžování</i>	8
3.2.3	<i>Sloupkování a metání</i>	9
3.2.4	<i>Dozrávání</i>	9
3.3	LÁTKY OBSAŽENÉ V ZRNU.....	10
3.4	VÝZNAM A VYUŽITÍ.....	13
3.4.1	<i>Ječmen sladovnický</i>	13
3.4.2	<i>Potravinářské využití</i>	14
3.4.3	<i>Krmné využití</i>	14
3.5	POŽADAVKY NA PROSTŘEDÍ	15
3.5.1	<i>Teplotní vlivy</i>	15
3.5.2	<i>Vláhový deficit</i>	16
3.5.3	<i>Světelné požadavky</i>	17
3.5.4	<i>Půdní faktor</i>	17
3.6	MOŽNOSTI STIMULACE OSIVA	18
3.6.1	<i>Rostlinné živiny</i>	18
3.6.2	<i>Biologická regulace růstu rostlin</i>	18
3.6.3	<i>Půdní mikroorganismy</i>	19
3.7	HNOJENÍ A JEHO VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	19
3.7.1	<i>Nitráty</i>	20
3.7.2	<i>Organické hnojení</i>	20
3.7.3	<i>Využití odpadních organických látek</i>	21
3.7.4	<i>Vápnění</i>	21

3.7.5	<i>Hnojiva s obsahem dusíku</i>	21
3.7.6	<i>Hnojiva s obsahem fosforu a síry</i>	22
3.8	PŘÍPRAVA A ZPRACOVÁNÍ PŮDY	22
3.8.1	<i>Minimalizační technologie</i>	23
3.9	ZPŮSOB SETÍ JAKO OVLIVŇUJÍCÍ FAKTOR PŮDNÍ EROZE	23
3.9.1	<i>Setí do mulče</i>	24
3.9.2	<i>Strip-till</i>	24
3.9.3	<i>No-till</i>	25
3.10	DRUHY APLIKOVANÝCH ZEMĚDĚLSTVÍ A VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ ...	26
3.10.1	<i>Ekologické zemědělství</i>	26
3.10.2	<i>Konvenční zemědělství</i>	27
3.10.3	<i>Trvale udržitelné zemědělství</i>	28
4	OŠETŘENÍ JEČMENE POMOCÍ PŘÍPRAVKŮ	28
4.1	LEXIN.....	28
4.2	GALLEKO UNIVERSAL	29
5	METODIKA A PRŮBĚH EXPERIMENTU	29
6	EVALUACE A ZHODNOCENÍ VÝZKUMU	31
6.1	SMĚR DALŠÍHO VÝZKUMU A DISKUZE.....	32
7	ZÁVĚR	32
8	POUŽITÁ LITERATURA	33

1 Úvod

Ječmen setý je jednou z nejstarších kulturních plodin, jejíž pěstování se datuje tisíce let před n. l. Původ i raná historie domestikace primárních obilnin středního pásma je potvrzena archeologickými nálezy, které přináší nové poznatky o jeho pěstování i využití nejen v evropských civilizacích. Dostupné důkazy naznačují, že příznivé podmínky pro první pěstované ječmeny mohly ovlivnit i vývoj jejich dalších kultivarů, a to nejen v oblasti Asie, ale také v Babylónii a Číně odkud se později rozšířily i do ostatních částí světa (Clark, 1967). Vývojová geneze pěstovaného ječmene je důležitá pro pochopení evolučních vztahů mezi kultivary a poskytuje informace o rozšíření i dalším vývoji ječmene, a to zejména schopnosti adaptace plodiny na nové prostředí a podmínky (Jones et al., 2011). Průměrný roční nárůst teplot, nízké úhrny srážek, kvalita půdy a další faktory, tak přináší otázku, jak optimálně adaptovat a přizpůsobit jednotlivé kultivary současným podmínkám. Výsledky analýz populací ječmene, fenotypů, struktur i krajových odlišností ječmene potvrdily souvislosti s adaptací k prostředí, a to nejen dobou kvetení, různorodými růstovými fázemi plodiny, ale i finálním výnosem obilí, čímž přináší racionální výsledky pro budoucí šlechtitelské programy. (Jones et al., 2011) Jako reakcí na tyto klimatické i environmentální změny by mohla být přínosná možnost abiotické stimulace ječmene jarního se zaměřením na způsoby a kvalitu klíčení zrna.

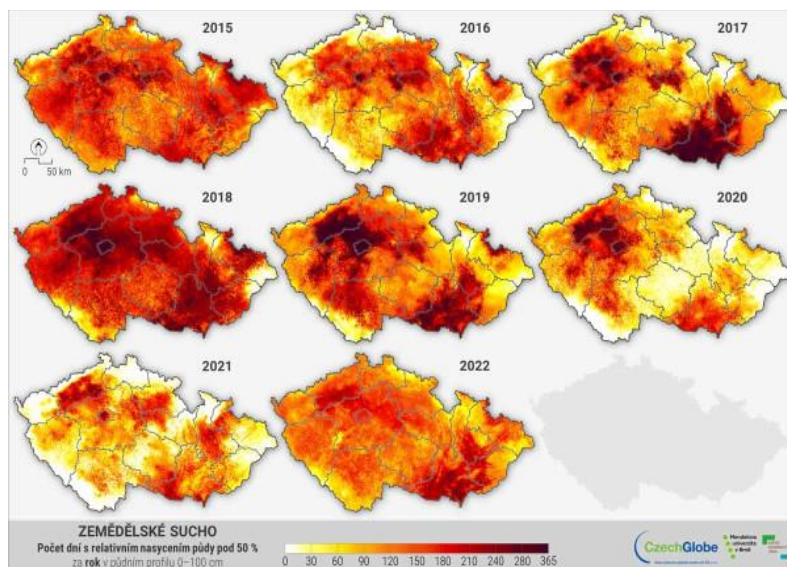
Kontinuální změna klimatických podmínek v Evropě, významně ovlivňuje podmínky pěstování plodin a představuje reálnou hrozbu pro nízké hospodářské výnosy. Simulace ječmene jarního tak může být východiskem, jak reagovat na tyto změny (Bindereif et al., 2021). Zvyšování teploty vzduchu, nízké úhrny srážek a častá absence sněhové pokrývky, reflektují důsledky, které tyto klimatické změny působí. Na území České republiky se při porovnání průměrných teplot v obdobích od r. 1800-2022 potvrdil nárůst teploty o 2,1°C. Avšak roční úhrny srážek se nezměnily natolik jako jejich rozložení a skupenství v zimním období. Důsledkem absence sněhové pokrývky bývá často nejen nedostatečná ochrana před nízkými teplotami, ale především nedostatek zdroje vody v jamích měsících. (Žalud, 2023).

Potřeba monitoringu suchosti půd, ze kterých lze vyvodit reálné předpovědi v následujících obdobích, vedla k vytvoření komplexního integrovaného systému, kde je možné nalézt současný stav půd, a to nejen vyhodnocením intenzity sucha, ale také deficity zásob vody a odhady fyzického sucha/vlhka půdy na přehledných mapách v rámci ČR (Obrázek 1). Další monitorovací systém, který sleduje chemicko-fyzikální faktory prostředí a přináší tak objektivní prognózy a současně přehled aktuálních biotických i abiotických rizik zemědělských plodin je portál www.agrorisk.cz.

Ze světové produkce ječmene připadá 60 % na Evropu. (Bindereif et al., 2021). V České republice je druhou nejčastěji pěstovanou plodinou, z jejíž celkové produkce připadá 30 % na zpracování ve sladovnictví, 70 % pro krmné účely a pouze minimální množství v potravinářství. Vzhledem ke krátké vegetační době a slabšímu kořenovému systému, je citlivý na pěstitelské podmínky (Černý et al., 2007), zejména teplotu a vláhu, což se v roce 2018 promítlo při extrémně suchém období nejen v Německu, které je největším producentem ječmene jarního v Evropě a zapříčinilo nejnižší výnos obilovin od roku 1994 (Bindereif et al., 2021). Dalším významným pěstitelským faktorem je kvalita půdy a způsoby setí. Nejvhodnějšími typy půd k pěstování jsou zejména černozemě, hnědozemě, dále pak hlinité, jílovito-hlinité a písčito-hlinité za předpokladu, že předplodinou byla jedna z běžně používaných okopanin (Černý et al., 2007).

Pro zvýšení odolnosti vůči výše zmíněným faktorům, je vhodné ošetřit semena podpůrnými přípravky, kterými docílíme vyšší klíčivosti navzdory nevhodným klimatickým podmínkám vyšším teplotám a nízké závlaze (V.Hosnedl et al., 2003).

Chemickým ošetřením podpůrnými přípravky je možné zvýšit klíčivost i odolnost semen a současně ovlivnit celkový výnos i kvalitu.



Obrázek 1 Nasycenost půdy v jednotlivých regionech ČR – přehledné zobrazení regionální nasycenosti půd v ČR v letech 2015-2022 (Žalud, 2023)

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je ověřit možnosti stimulace osiva ječmene jarního v suchých letech se zaměřením na rovnoměrné a kvalitní klíčení zrna. Pro stanovení výsledků bude analyzován zejména vliv stimulace na celkovou klíčivost semene a současně bude analyzován potenciál pro rychlejší a kvalitnější klíčivost v simulovaných podmínkách laboratoří ČZU FAPPZ. Všechny výstupy by měly přispět ke zvyšování odolnosti i vyšší produkci zrn v období sucha, jelikož stanovená práce předpokládá, že stimulované osivo bude mít potenciál pro rychlejší dozrávání a tím i vyšší produkci biomasy zrna.

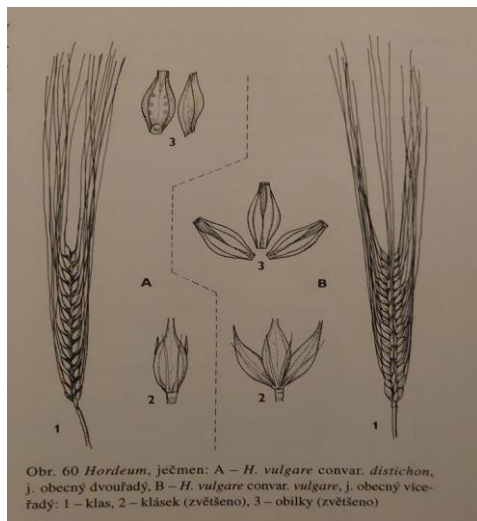
3 Literární rešerše

Stimulace ječmene jarního v suchých letech je reakcí na změnu klimatu v Evropě, která významně ovlivňuje podmínky pro pěstování a tím i celkové výnosy. Evropa představuje významného dodavatele ječmene s podílem více než 60 % z celkové světové produkce (Bindereif et al., 2021). V České republice je druhou nejčastěji pěstovanou plodinou, která vzhledem ke krátké vegetační době a slabšímu

kořenovému systému, je citlivý na pěstitelské podmínky (Černý et al.,2007) a to zejména teplotu a vláhu. V roce 2018 zapříčinilo extrémně suché období nejnižší výnos od roku 1994. Nejvíce zasažené oblasti byly na území Německa (Bindereif et al., 2021). Dalším významným pěstitelským faktorem, který ovlivňuje kvalitu i výnos osiva je kvalita půdy (Černý et al.,2007). Pro zvýšení odolnosti vůči výše zmíněným faktorům, je vhodné ošetřit semena podpůrnými přípravky, kterými docílíme vyšší klíčivosti navzdory nevhodným klimatickým podmínkám vyšším teplotám a nízké závlaze. Klíčovou roli zde hraje také koncentrace dusíku a dusíkatých látek v půdě, kterou můžeme ovlivnit jejím dodatečným ošetřením, a to nejen chemickou úpravou (Hosnedl et al., 2003), ale také podpořením aktivity půdních bakterií, které dusíkatý stejně jako uhlíkový půdní cyklus samovolně podporují (Hoorman et al., 2016). Chemickým ošetřením podpůrnými přípravky je možné zvýšit klíčivost i odolnost semen a současně ovlivnit celkový výnos i kvalitu (Černý et al.,2007).

3.1 Morfologie a Botanická charakteristika ječmene

Ječmen obecný je jednou z nejstarších kulturních plodin, jejíž pěstování se datuje tisíce let před naším letopočtem. O tomto faktu svědčí archeologické nálezy v různých částech světa. Díky krátké vegetační době a malým požadavkům na vodní režim, jej lze pěstovat v zimním období v polopouštních oblastech subtropů ale také v chladnějších horských oblastech tropů (Beneš et al., 2011). *Jedná se o jednoletou rostlinu, s čepelí úzce čárkovitou se středně vyvinutým jazýčkem a dlouhými, často překříženými oušky. Lichoklas složený z jednokvětých klásků seskupených nejčastěji po třech ve výkrojích článků vřetena klasu. Plucha a pluška u většiny variet přirůstají k obilce (obilka pluchatá), nebo je obilka volná (obilka nahá). Plucha často vybíhá v osinu, méně se vyskytují odrůdy bezosinné* (Valíček et al.,2002) viz Obrázek 2.



Obrázek 2 Morfologie klasu ječmene

Dle morfologie klasu dělíme ječmen do pěti skupin:

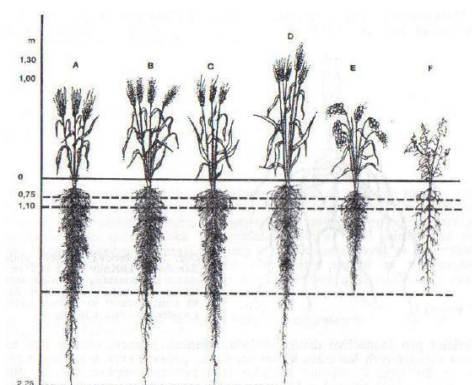
- *Hordeum vulgare* convar. *vulgare* (ječmen obecný víceřadý).
- *Hordeum vulgare* convar. *intermedium* (ječmen obecný přechodný).
- *Hordeum vulgare* convar. *distichon* (ječmen obecný dvouřadý).
- *Hordeum vulgare* convar. *deficiens* (ječmen obecný chudý).
- *Hordeum vulgare* convar. *labile* (ječmen obecný labilní).

Ječmen jarní řadíme z hlediska morfologie do kategorie *Hordeum vulgare* convar. *distichon*, tedy ječmen obecný dvouřadý. Pouze prostřední ze tří klásků na článku klasového vřetena je plodný, kápovitý, dlouze osinatý nebo bez osin. Krajiní klásky jsou vždy bezosinné, s prašníky či jalové, ale vždy s pluchou a pluškou. Zralé lichoklasy mají tedy jen dvě podélné řady obilek. Je to nejvýznamnější skupina, do které patří ječmeny sladovnické (Valíček et al., 2002).

3.1.1 Kořenová soustava

Růst a vývoj ječmene je ovlivněn mohutností a funkcí kořenové soustavy. Ječmen má oproti dvouděložným rostlinám slabší svazčité kořeny, které nesílí. (Samuel., Dines, 2023) Toto je typické pro druhy z čeledi lipnicovitých. Ve střední části kořenového systému ječmene se vyvíjí bohatě větvené jemné vlásečnice s délkou do 3 mm, což ovlivňuje jejich citlivost na okolní prostředí a celkově také životnost. V důsledku nízké závlahy tak často odumírají a současně tak tento nedostatek vláhy

ovlivňuje růst a výsledný výnos. (Středa, Heřmanská, 2015) Zárodečné kořínky, které jsou významnější pro zásobení rostliny vláhou i v období sucha, prorůstají až do hloubky 140 cm. Oproti tomu adventivní kořínky se nalézají v hloubce 30–50 cm. Samotná tvorba a hloubka kořenového systému závisí na vlastnostech půdy a jejím vyživujícím potenciálu. Poté také na vláhových podmínkách, nahuštění porostu a v neposlední řadě na tvaru a velikosti plochy určené k pěstění (Zimolka, 2006) viz Obrázek 3.



A – Ječmen jarní, B – Pšenice jarní, C – Pšenice ozimá, D – Žito, E – Proso, F – Pohanka (Špaldon 1980)

Obrázek 3 Délka kořenů obilnin

3.1.2 Stéblo

Stébla jsou formována do 4–8 válcovitých částí s dutým jádrem. Obvykle dorůstají do délky 80-130 cm. Růst ale zásadně ovlivňují vnější faktory jako teplota, úhrny srážek a kvalita půdy. Zejména příprava seťového lůžka, obdělávání půdy i použití podpůrných růstových směsí jako jsou např. hnojiva (Prombergová, 2023). V místech, kde vyrůstají listy se nacházejí tzv. kolénka (nodus), tato místa celkově zpevňují stébla a jsou tak opěrnými body podporující vzpřímený růst. Boční větve neboli odnože jsou tvořeny z podzemních uzlů. Nové odnože, které si vytváří tzv. adventní kořeny jsou již nezávislé na původním stéble, neboť dokážou přijímat živiny samostatně (Zimolka, 2006).

3.1.3 Listy

Ječmen má dlouhé kopinaté listy, uspořádané ve dvouřadu, rostoucím proti sobě až do výšky 25 cm. Z horní části kolénka vyrůstá pochva, která obepíná stéblo. Na rozhraní listové pochvy a čepele, je uložen blanitý jazýček. Dlouhá ouška obtáčí stéblo a navzájem se překrývají. Toto uspořádání je specifické a usnadňuje tak druhové rozlišení ječmene ještě před konečným dorůstáním klasu. (ÚKZÚZ, RL portál, © 2024). Čepele listů jsou vzpřímené a zužují se až k hornímu okraji listu. V porovnání s dalšími obilovinami má ječmen světle zelenou barvu, která je charakteristické pro xerofytní rostliny. Tyto rostliny se fyziologicky adaptovaly na sušší oblasti a přizpůsobily se také svým tvarem listů, které jsou výrazně vyšší. (Kubát et al., 2002)

3.1.4 Květ

Květenstvím ječmene je lichoklas, který na členitých částech tvoří tři jednokvěté klásky. Stéblo tak nese jedno až tři květenství v podobě klasu. U domestikovaného ječmene jsou všechny plodné (Prombergová, 2023) Podle postavení a četnosti klásků lze od sebe rozeznat dvouřadý, čtyřřadý i šestiřadý lichoklas. Z pluchy prostředních klásků vyrůstají až 12 cm dlouhé Osiny, ale je možné vidět i lichoklasy bezosinné. Osiny mohou přecházet na svých koncích až do modrofialové barvy. Květ má dvě blizny a tři tyčinky s podlouhlými prašníky, ve kterých se vytvářejí pylová zrna. Květy jsou chráněny na vnější straně pluchou a vnitřní pluškou. Plucha je opatřena dvěma oválnými lodikulami, které v době květenství klásek otevírají. Ječmen kvete v květnu a červnu (Kubát et al, 2002). U obilovin s pluchatými klasy jsou k zrnu připojeny pluška i plucha a na rozdíl od variet s nahými klasy tzv. bezpluchost. Ta je geneticky podmíněna a usnadňuje oddělení jednotlivých vrstev při sklizni (Grausgruber et al., 2012).

3.1.5 Zrno

Zrno (obilka) ječmene je tvořeno třemi částmi: embryem (klíček), endospermem a Aleuronová vrstva, která tvoří nejsvrchnější obal endospermu. Vnější obalová vrstva zrna tzv. plucha je spojena s vnitřní menší pluškou a chrání tak tělo obilky před vnějšími vlivy. Endosperm je významný zásobní prvek zrna, neboť poskytuje potřebné látky ke klíčení nové rostliny. Je opatřen cévními svazky a epitelální vrstvou, které vytváří zárodečnou pochvu poskytující potřebnou ochranu při vzházení (Seibel, et al. 2011). Klíček je nejmenší část zrna a je nezbytný pro další reprodukci rostliny, neboť

je nositelem genetické informace (Příhoda et al., 2003). V klíčku se dále formuje zárodečné kolénko, ze kterého postupně vzchází nové zárodečné kořínky a tvoří se zárodky pro nové listy (Gubatz, Weschke, 2014). Podle počtu klásků může ječmen tvořit 2-6 řad obilek. Jednotlivé kultivary se mohou navzájem odlišovat rozdílným zbarvením a plodit žluté, oranžové, hnědé, fialové až modročerné obilky (Zimolka, 2006).

3.2 Fenologické fáze růstu

3.2.1 Klíčení a vzcházení

Počáteční fáze růstu je zahájena klíčením zrna. Pro klíčení je nezbytný přísun vláhy, kyslíku a také optimální teplotní podmínky. Samotné klíčení pak nastává procesem nabobtnání, kdy zrno spotřebovává větší množství vody a současně spouští metabolické procesy, které zvyšují oxidativní reakce uvnitř obilky. Již 3.dnem se zvyšuje spotřeba kyslíku zárodečným embryem, které vlastní produkcí giberelinů začínou enzymaticky rozkládat zásobní škroby na jednoduché cukry a tím získávat dostatek energie pro další růstové fáze (Mach, 2016). Tyto fyziologické změny probíhají postupně v rozmezí 1.-3.dne klíčení a při nedostatku alespoň jednoho z výše uvedených faktorů se může celkový proces zpomalit nebo zastavit. Současně dochází ke štěpení tuků, jejichž produkty se také podílí na dalším štěpení škrobů a současně vstupují do citrátového cyklu (SPROWT LABS, 2021). Bílkoviny mají v růstu také nezastupitelnou úlohu, jelikož jejich meziprodukty se podílejí na biosyntéze cytokininů jako například rostlinných hormonů typu Auxinů, které podporují tvorbu kořenů (Procházka et al., 1998). Nižší koncentrace auxinů stimuluje růst kořenových systémů a vyšší koncentrace podporují silný růst vegetativní části rostliny. Dochází tedy k rychlejší a kvalitnější tvorbě kořenů a tím i rostlinka získává větší přísun energie a živin z okolního prostředí k dalšímu růstu. Můžeme tak podstatně ovlivnit celkový výnos i kvalitu ječmene (Mach, 2016).

3.2.2 Odnožování

Za příznivých podmínek, obvykle 2 až 3 týdny po vzejití začíná proces tzv. odnožování. Koncentrace fytohormonů se v průběhu růstu mění. V této fázi klesá hladina auxinů a zvyšuje se hladina cytokininů. Cytokininy jsou látky, které mimo jiné zvyšují poměr chlorofylu (Procházka et al., 1998). Vznikají postranní kořenové výběžky, které tyto cytokininy produkují v nejvyšší míře. Současně vzniká větší objem

zelené hmoty v nadzemní části (Mach, 2016). Externí podmínky mohou tento proces významně ovlivnit. Intenzita a rychlost odnožování mohou být velmi variabilní a jsou ovlivněny dostupností půdních živin, vláhou, časem a množstvím zrn při setí. Pokud proces odnožování bude uměle stimulován s cílem dosáhnout co 18 nejvyššího počtu odnoží. Může být tento proces naopak velmi kontraproduktivní. Příliš hustá síť kořenových vláken může způsobit zasychání odnoží v rané fázi růstu a stejně tak i poléhání odnoží nadzemní částí rostliny (Samuel, Dines, 2023).

3.2.3 Sloupkování a metání

Při nárůstu teploty a prodlužování denního světla se začíná formovat stéblo. V této fázi intenzivního sloupkování je zapotřebí dostatečného množství světla, vláhy a půdní výživy (Shewry, 2014). Nedostatek těchto faktorů se negativně projeví především na odrůdách s vyšším výnosem. Zejména vliv na tempo růstu rostliny a následným snížením počtu zrn v klásku. Dochází také k předčasnému vysychání nově vytvořených odnoží. Když nejvyšší článek stébla, dosáhne plné zralosti, ječmen začíná tzv. metat a dojde k uvolnění ze sloupkového konce (Samuel, Dines, 2023).

3.2.4 Dozrávání

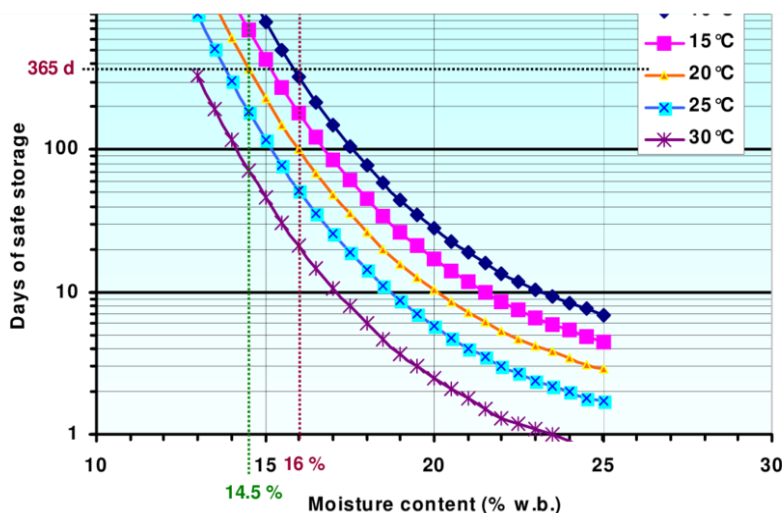
Při tvorbě zrna je dominantní přísun dusíkatých látek do zrna, později převládají asimiláty (látky bezdusíkaté). Ve fázi dozrávání zrna se začínají zvyšovat hladiny inhibitorů růstu. Živiny rostlina směřuje k zrnům a dokončuje proces mléčné zralosti oproti růstovým fytohormonům, jejichž produkce klesá. Vytváření asimilátů zahrnuje fotosyntetickou činnost všech zelených částí rostliny, především listů v nejvyšších polohách. Je klíčové, aby během tohoto období měly tyto části co největší plochu bez poškození houbovými chorobami schopnou provádět fotosyntézu. Světlo, vlaha a teplota jsou nezbytnými faktory při tvorbě a zrání zrna (Mach, 2016). Stimulace, která vede k akcelerovanému zrání významně ovlivňuje poměr obsahových látek v zrnech, a to zejména sacharidy a dusíkaté látky. Odráží se také v nízkých výnosech. (Špaldon, 1986) Jednotlivé růstové fáze ječmene v časové ose jsou ilustrovány viz Tabulka 1 (Zimolka, 2006).

Tabulka 1 Růstové fáze ječmene v časové ose (Zimolka, 2006)

Růstové fáze	DC
Klíčení	00 - 09
Vzcházení	10
První listy	11 - 19
Odnožování	20 - 29
Sloupkování	30 - 39
Naduřování listové plochy	40 - 49
Metání	50 - 59
Kvetení	60 - 69
Mléčná zralost	70 - 79
Vosková zralost	80 - 85
Žlutá zralost	86 - 90
Plná zralost	91 - 99

3.3 Látky obsažené v zrně

Zrno ječmene obsahuje převážně vodu a sušinu, přičemž obsah vody je obecně kolem 12–14 %. Další látky obsažené v zrnech jsou sacharidy ve formě škrobů, neškrobové a nízkomolekulární polysacharidy, tuky, fosfáty, polyfenoly, dusíkaté a minerální látky viz Tabulka 2. Nižší obsah vody není žádoucí, měl by negativní dopad na kvalitu zrna, jelikož buněčná struktura je tvořena vodou. Naopak vyšší obsah vody může být komplikací při skladování, například z důvodu plísňových chorob, které zvyšují obsah toxických látek (Cahagnier et al., 2001) viz Graf 1.



Graf 1 Vztah růstu hub a vzniku mykotoxinů jako predikce trvanlivosti vyjádřená v čase

Mezi další složky patří Antioxidanty, vláknina a B-Glukany. Minerální látky, které jsou nejvíce zastoupeny v obalu zrna. Endosperm těchto látek obsahuje nejméně. Z minerálních látek je nejvíce zastoupen K, P, Mg, Si (Dung et al, 2015).

V endospermu jsou uloženy zásobní polysacharidy, a to zhruba v poměru (60–65 %), které současně slouží jako zdroj energie. Jedná se o škrobové látky, a to zejména amylozu a amylopektin. Tyto látky jsou tvořeny v znu při procesu dozrávání. Základ a nosný skelet rostlinných pletiv je tvořen polysacharidy vázanými molekulami celulózy, hemicelulózy, ligniny a dalšími prvky. Tyto látky představují 10–14 % neškrobových polysacharidů. Dalším významným stavebním prvkem jsou ječmenné proteiny, které rozdělujeme dle rozpustnosti ve vodě na Albuminy, Globuliny, Prolaminy, Hordeiny a Gluteniny. Celkový obsah bílkovin se pohybuje v rozmezí od 7–25 % (Zavřelová, 2014).

Proteiny v jádře ječmene se vyskytují v různých formách a jsou odpovědné zejména za metabolickou aktivitu. Mají také specifické strukturální funkce a doplňují dusíkaté látky ve fázi klíčení. Ječmenné zárodky navíc obsahují cytoplazmatické proteiny albumin a globulin (Lásztity, 1984). Hlavními proteiny v endospermu ječmene jsou hordein a glutenin. Hordeiny se na základě chemického složení dále rozdělují do 3 kategorií, a to s ohledem na obsah síry – bohaté na síru, chudé na síru

a vysokomolekulární prolaminy (Newman, Newman, 2008). Aminokyselinové složení ječmene je podobné ostatním obilným zrnům. Odstraněním obalu se zvyšuje obsah bílkovin a aminokyselin ve zbývajícím jádře ječmene (Newman, Newman, 2005). Kromě globulinu a gluteninu je hlavním zásobním proteinem obsaženým v ječmeni prolamin, který tvoří 30–50 % z celkového obsahu proteinu (Procházka et al., 1998).

Vitamíny se v ječmenném zrně nacházejí především ve vnější vrstvě a v endospermu. Otruby jsou bohaté na vitamíny skupiny B, vitamin E a minerály, jako je například hořčík. Endosperm obsahuje především vitamíny skupiny B, které jsou důležité pro metabolismus a energetické procesy. Antioxidanty obecně zahrnují vitamin E (tokotrienoly a tokoferoly), kyselinu askorbovou (vitamin C), enzymy, fenolické sloučeniny a karotenoidy. Ve srovnání s jinými obilovinami je ječmen nejbohatší na vitamin E (Dung et al, 2015).

Tabulka 2 Chemické složení zrna (Zimolka, 2006).

Látka	Procento v obilce
Sacharidy	
Škrob	60 - 65
Nízkomolekulární sacharidy	
Sacharóza	1,0 - 2,0
Ostatní cukry	1
Rafinóza	0,3 - 0,5
Maltóza	0,1
Glukóza	0,1
Fruktóza	0,1
Neškrobnaté polysacharidy	
Hemicelulózy	
beta - glukany	3,3 - 4,9
pentosany	9
celulóza	4,0 - 7,0
Tuky	3,5
Fosfáty	
Fytin	0,9
Polyfenoly	0,1 - 0,9
Dusíkaté látky	9,5 - 11,9 (7 - 18)
Rozpustné dusíkaté látky	1,9
Albuminy a globuliny	3,5
Hordeiny (prolaminy	3,0 - 4,0
Gluteliny	3,0 - 4,0
Minerální látky	2

3.4 Význam a využití

Ječmen jarní má v České republice velmi zásadní ekonomický význam. Zaujímá kolem 400 tis. ha plochy a je druhou, nejčastěji pěstovanou plodinou. Z celkové sklizně ječmene jarního připadne cca 30 % pro sladovnické využití, kolem 70 % pro krmné účely a pouze nepatrná část pro potravinářský průmysl. Krátká doba vegetace, menší rozvinutí kořenového systému a biologická povaha ječmene způsobují jeho citlivou reakci na různé stresové podmínky, a to včetně pěstitelských (Černý et al 2007).

3.4.1 Ječmen sladovnický

V našem regionu je převážně pěstován ječmen jarní, zatímco v západní Evropě se častěji vyskytuje dvouřadý ječmen, ozimá forma. Pro zpracování ječmene do sladu či

jiných produktů existuje řada požadavků, které ovlivňují jeho zařazení jako sladovnický nebo nesladovnický (Richter, 2017) Mezi hlavní kritéria kvality patří obsah bílkovin (N-látek), podíl předního zrna, obsah beta-glukanů (neškrobových polysacharidů), klíčivost a další faktory. Kvalita zrna pro sladovnické využití je z větší části ovlivněna faktory jako jsou půda, počasí a agrotechnika, zbytek závisí na vybrané odrůdě (Zimolka, 2006).

Ve sladovnickém průmyslu je klíčovým produktem, kde slouží jako hlavní surovina pro výrobu sladu. Slad se používá jako základní složka při výrobě piva, ale také při výrobě jiných alkoholických nápojů, jako je whisky. Kvalita ječmene je zásadní pro konečnou kvalitu sladu a následně i piva (Shewry, 2014). Je také hodnocen podle své odolnosti vůči chorobám a škůdcům, což má vliv na stabilitu a kvalitu sklizně. Správná agrotechnika a výběr vhodných ječmenných odrůd je klíčový pro zajištění optimálních výsledků ve sladovnickém průmyslu (Černý et al., 2007).

3.4.2 Potravinářské využití

V tradiční české a moravské kuchyni se používají ječné kroupy jako nedílná součást různých specialit, kterými jsou zabijačkové pokrmy a vánoční kuba. Jsou považovány za typický potravinářský výrobek z ječmene. Kromě toho se kroupy využívaly k přípravě léčivých odvarů pro nemocné a ke zlepšení kondice lidí během rekonvalescence či ve vyšším věku. Především v rozvinutých zemích se ječmen využívá pro výrobu tzv. funkčních potravin, které obsahují účinné složky známé jako nutraceutika. Tyto potraviny poskytují další benefity podporující fyziologické funkce těla a přispívající ke zdraví. Její konzumaci můžeme předcházet civilizačním chorobám, a to především onemocněním oběhového ústrojí či nádorovým onemocněním. Své uplatnění ječmen nachází i při výrobě ječných vloček, potřebných do různých cereálních výrobků. Dalším z významných způsobů využití zrna ječmene je jeho stále populárnější přímý konzum vegetariány v podobě naklíčených zrn. Proces naklíčování obilky aktivuje enzymy a zvyšuje obsah dalších živin, které jsou pro výživu cenné (Zimolka, 2006).

3.4.3 Krmné využití

Během své dlouhé historie prošel ječmen, jedna z nejstarších obilovin světa, vývojem od běžné potravinářské plodiny až k primárnímu využití pro krmení. V globálním měřítku je přibližně 67 % celkové produkce ječmene každoročně určeno

pro krmení, zatímco 28 % se využívá v pivovarském průmyslu a přibližně 5 % se používá jako osivo. Toto rozložení spotřeby je v současnosti typické i pro Českou republiku (Zimolka, 2006).

3.5 Požadavky na prostředí

V žádné oblasti nenajdeme podmínky pro pěstování ječmene, které by v podobě dostatku živin, srážek a optimálních teplot představovaly ideální podmínky. Přesto je ječmen pěstován ve všech klimatických zónách. Dokonce v suchých oblastech západní Asie a severní Afriky dosahuje vyššího výnosu zrna než pšenice. Je pěstován jak v oblastech specializovaných na řepu i obiloviny, tak v regionech teplejších, vhodných pro pěstování kukuřice, a také v chladnějších oblastech typických pro pěstování brambor (Černý et al., 2007).

Růst a vývoj ječmene jsou významně ovlivňovány zejména vnějšími faktory, které mají podstatný dopad na výnos zrna. I přes možnost moderní agrotechniky a účinného hnojení, jsou nepříznivé vlivy neodstranitelné, a je proto nutné je brát v úvahu v zemědělské praxi. Klima a půda jsou klíčovými faktory prostředí ovlivňujícími růst a vývoj jarního ječmene. Zatímco klimatické podmínky mohou být využity, v agronomické praxi máme omezenou možnost jejich ovlivnění. Naopak půdní podmínky lze upravit pomocí různých agrotechnických opatření. Z hlediska klimatu jsou pro výnosy jarního ječmene klíčové faktory jako teplota, vláha a světlo (Špaldon, 1986).

3.5.1 Teplotní vlivy

Především teplota je jedním z faktorů výrazně ovlivňujících celé oblasti, kde se ječmen pěstuje. Díky své krátké vegetační době (95–120 dní) je možné ječmen jarní pěstovat na severu i ve vyšších nadmořských výškách, například v Alpách (1900 m), na Kavkaze (2700 m) nebo v Tibetu (4700 m). Jižní hranice pěstování ječmene zasahuje v některých oblastech téměř k rovníku (Špaldon, 1986). Ječmen vykazuje odolnost vůči teplotám až do -12 °C (Kubinec, Kováč, 1998). Zatímco teplota vzházení a zakořeňování ječmene je vyšší a je potřeba její postupné stoupání, klíčení začíná již při teplotě 1 °C. Dlouhodobé chladné a vlhké období po vzejití ječmene škodí jeho růstu, zatímco ve fázi sloupkování je mu škodlivé sucho a rychlé teplotní zvýšení. Tyto podmínky vedou k růstu krátkých stébel, a pokud je provází nadměrné sucho, může dojít k nedostatečnému vyvinutí porostu. 16,3 °C je optimální teplotou

pro kvetení ječmene, 18 °C pro jeho dozrávání. V oblastech s průměrnými ročními teplotami kolem 8-9 °C a průměrnou teplotou během celého vegetačního období okolo 14,5 °C je dosahováno vysokých výnosů sladovnického ječmene (Špaldon, 1986).

3.5.2 Vláhový deficit

V posledních letech se nedostatek srážek stává stále více limitujícím faktorem pro výnosy ječmene. Proto je úspěšné pěstování ječmene pozorováno i v oblastech s nadmořskou výškou kolem 400-500 m, kde nedostatek srážek nemá tak katastrofální dopad na celkovou produkci jako v teplejších oblastech s pěstováním obilovin a kukuřice (Černý et al., 2007). Transpirační koeficient ječmene se pohybuje v rozmezí od 258 do 676, s průměrnou hodnotou kolem 300 až 350. Různé typy a odrůdy ječmene vykazují odlišné nároky na vodu. Celkové roční srážky v oblastech s pěstováním ječmene se obvykle pohybují mezi 450 až 650 mm. Kvůli zvýšené potřebě vláhy během sloupkování a metání a krátkému vegetačnímu období, má rozložení srážek během vegetačního období zásadní význam. Pokud jsou v březnu a dubnu srážky méně intenzivní, umožňuje to ječmenu optimální klíčení, vzcházení a odnožování. Klíčové jsou srážky v období sloupkování a metání ječmene v květnu a červnu. Kromě celkového množství srážek je důležité také jejich rozložení. Časté a prudké srážky mohou poškodit půdní strukturu a vést k poléhání porostu. Sucho a horko během dozrávání může způsobit nouzové dozrávání ječmene.

Vodní deficit je považován za hlavní faktor limitující růst, fotosyntézu a produktivitu rostlin po celém světě. Tento fakt se bude v budoucnosti projevovat stále intenzivněji vlivem klimatických změn, a proto je zlepšení světového hospodaření s vodními zdroji jednou z nejdůležitějších výzev 21. století (Emelko et al. 2011). Systémy vodních zdrojů se zakládají na cirkulaci a ekologii vody v prostředí a udržují tak rovnováhu mezi jejich udržitelností, hydrologickým cyklem a podporou sociálního a ekonomického vývoje (Sun et al. 2016). Nedostatek vody je hlavním omezujícím faktorem pro růst, fotosyntézu a produktivitu rostlin po celém světě (Jones et al., 2011). Tento problém se v budoucnosti pravděpodobně ještě zintenzivní v důsledku klimatických změn, což zdůrazňuje potřebu zlepšení správy světových vodních zdrojů jako jednu z klíčových výzev 21. století (Emelko et al., 2011). Systémy správy vodních zdrojů jsou založeny na principu oběhu a ekologie vody v prostředí, které mají za cíl udržet rovnováhu mezi udržitelností, hydrologickým cyklem a podporou sociálního a ekonomického rozvoje (Sun et al., 2016).

3.5.3 Světelné požadavky

Klimatické faktory, zejména světlo, mají klíčový vliv na růst ječmene. Světlo je nezbytné pro fotosyntézu a pozitivně ovlivňuje tvorbu odnoží. Nedostatek světla vede k vytváření delších, ale slabších stébel, která se snadno sklánějí a jsou náchylné k poléhání. Dostatek světla spolu s dobrým provzdušněním přispívá k prevenci před určitými chorobami, jako je například padlí. Délka světelného dne ovlivňuje vývoj ječmene; ječmen preferuje dlouhý světelný den, což má vliv na časování různých fází jeho vývoje, včetně tvorby klasů. Časně zaseté ječmeny mají obvykle delší světelnou expozici, což prodlužuje některé vývojové fáze a vede k lepším výnosům ve srovnání s pozdějším sázením (Špaldon, 1986).

3.5.4 Půdní faktor

Biologické charakteristiky jarního ječmene, jako je slabší kořenový systém a tím i menší schopnost absorpce vláhy, spolu s jeho omezeným, ale rychlým růstem během vegetačního období, ovlivňují jeho požadavky na půdu. Jarní ječmen vyžaduje půdu s dobrou strukturou a dostatečnou propustností pro vzduch, s optimální vodní kapacitou a snadno dostupnými živinami. Tyto živiny by měly být uvolňovány postupně během vegetace původní biologickou aktivitou půdy (Špaldon, 1986). Ideálními půdními typy pro pěstování jarního ječmene jsou hluboké černozemě a hnědozemě s dostatečným obsahem jílu. Jílovitá půda je schopna udržovat vlhkost a podporuje kořenový systém rostliny, což je zvláště výhodné v období sucha. Naopak, na lehkých půdách nelze očekávat vysoké výnosy a existuje zvýšené riziko vysokého obsahu dusíku v zrně způsobeného předčasným vyschnutím před sklizní a nedostatečným efektem zředění (Černý et al., 2007). Ideální pH půdy pro pěstování ječmene by mělo být v rozmezí 5,8 až 6,2 v oblasti určené pro brambory a 6,2 až 7,2 v oblasti určené pro řepu. Prostředí s vysokým pH půdy negativně ovlivňuje růst ječmene a sladovnickou kvalitu, omezuje kořenový vývin a účinnost živin. Vysoká míra zhutnění půdy, nestabilní vláhový režim, obsáhlé zaplevelení oblasti má negativní vliv na pěstování sladovnického ječmene (Kubinec, Kováč 1998).

3.6 Možnosti stimulace osiva

3.6.1 Rostlinné živiny

Rostlinné živiny se z hlediska obsahu prvků v rostlině dělí na makroprvky, mikroprvky a prvky užitečné. Mezi makroprvky se řadí prvky takové, které se vyskytují v rostlinách od několika desetin do desítek procent. Do této skupiny patří C, H, O, N, P, K, Ca, Mg a S. Přičemž prvky C, H a O jsou přijímány v plynné a kapalné formě (H₂O, CO₂ nebo O₂, C může být přijímán také ve formě kapalného aniontu HCO₃) a jsou nejdůležitějšími stavebními kameny organických molekul. Mikroprvky zastávají v rostlině zpravidla menší obsah než 0,05 % a často jsou uváděny v ppm (tedy parts per milion). Mezi ně patří Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl a Ni. Pro prvky užitečné je typické, že se v rostlině mohou vyskytovat v různých koncentracích, avšak jejich přítomnost není nutná pro všechny rostlinné druhy. Patří sem například Na, Al, Si aj. Charakteristickými znaky živiny je její nezbytnost, nezastupitelnost a přímé zapojení do metabolismu rostliny (Vaněk et al., 2016).

3.6.2 Biologická regulace růstu rostlin

Prostředí ovlivňuje aspekty týkající se biologických a abiotických podmínek. Z toho můžeme vyvodit závěr, že s ohledem na rychlost růstu rostlin probíhá biologická regulace pomaleji než regulace chemickými prostředky. Tyto znalosti jsou využívány v ekologickém zemědělství, ve kterých je prioritou kvalita namísto kvantity. V návaznosti lze uvést výhody biologické metody, která je šetrná k ekosystému a lze ji aplikovat dlouhodobě. (Konvalinková 2017). Půdy, které jsou hnojeny přírodními nebo biologickými hnojivy vykazují nárůst mikrobiální aktivity. Kvalita půdy aktivně ovlivňuje obsah a množství mikrobiální populace. Tato skutečnost a struktura půdy se projevuje na následném koloběhu živin a z toho plynoucího růstu rostlin (Diacono, Montemurro, 2010). Biologická fixace dusíku má příznivý dopad na vyživenost půdy. Tento proces probíhá na bakteriální úrovni transformací atmosférického dusíku na amoniak pomocí mykorrhizních hub (Igiehon, Babalola, 2017). Tyto houby svou přítomností v půdě napomáhají k prevenci proti erozi a zároveň přispívají k výživě rostlin. Svou koherencí s více než 80 % jsou jedním z nejdůležitějších mikrobiálních prvků v půdě (Johnson, Gehring, 2007).

3.6.3 Půdní mikroorganismy

Půdními mikroorganismy se zabývá obor mikrobiologie. Obsahem zkoumání jsou bakterie, viry, řasy a jejich vzájemný vztah. Důvodem pro výzkum je snaha porozumět všem živým organismům na buněčně-molekulárním stupni. Následné poznatky jsou využívány v mnoha odvětvích jako je zemědělství, průmysl, ekologie a jiné (Mendez-Vilas, 2006). Biologicky aktivní látky přítomné v mikroorganismech rhizosféry (vrstva půdy u kořenů) se významně projevují na zdraví, růstu a výživě rostlin (Šimon a Mikanová, 2010).

3.7 Hnojení a jeho vliv na životní prostředí

Hnojení zabezpečuje půdní výživu, která kladně přispívá k vyššímu výnosu půdy. Rostliny s mělkým kořenovým systémem, mezi které patří i ječmen jarní, kladou vysoké nároky na výživnost půdního prostředí (Vaněk, 2016). Aby byla docílena co nejvyšší produkce, jsou aplikovány organická a minerální hnojiva, která jsou aplikována s předplodinou. Předplodiny lze rozdělit do těchto skupin:

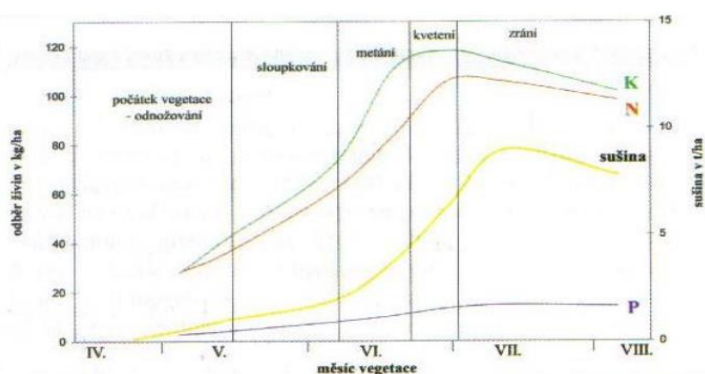
- organicky hnojené okopaniny (cukrovka, brambory, kukuřice);
- bohaté na pohotovostní živiny zanechávající v půdě (řepka, mák, hořčice);
- s vysokým podílem posklizňových zbytků půdu vyčerpávajících (ozimá pšenice, kukuřice na zmo), (Černý et al., 2007).

Trendem v zemědělství je hnojení chemickými látkami a pesticidy, což na jedné straně přináší zvýšení produkce a výsledný výnos, na straně druhé však větší zátěž životního prostředí pro ztrátu struktury půdy, znečištění podzemních vod a celkové zvýšení nákladů. Pro snížení dopadu na životní prostředí je důležitým faktorem včasná aplikace živin, kdy dochází k jejich maximální asimilaci a minimální ztrátě. Dalším možným způsobem může být přechod na organická hnojiva (Johnston a Bruulsema, 2014).

Jarní ječmen se mezi obilovinami vyznačuje nižší schopností přijímat živiny a je méně tolerantní vůči kyselým půdám. Potřebné množství živin na výnos 1 tuny na hektar sladovnického ječmene je z půdy využito kolem 52 kg viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Maximální množství odebraných živin je ve fázi metání a kvetení viz Graf 2 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

Tabulka 3 Odběr jednotlivých živin (kg) na 1 t zrna ječmene (Čermý, 2007)

Odběry jednotlivých živin (kg) na 1 t zrna ječmene				
N	P	K	Ca	Mg
20 – 25	4 – 6	16 – 20	5 – 7	1,8 – 2,2



Graf 2 Dynamika odběru živin jarním ječmenem a nárůst sušiny (Vaněk, 2002)

3.7.1 Nitráty

Aplikace dusičnanů v zemědělství má negativní dopad na životní prostředí. To se projevuje nadměrným růstem řas, které způsobují snižování kyslíku ve vodě a celkovou degradaci vodních ekosystémů (Baethgen, 1995). Na základě těchto faktů Rada Evropských společenství prohlásila, že stanovené limity pro obsah dusíku v pitné vodě byly v některých oblastech překročeny. Ze zkoumaných oblastí byla zjištěna eutrofizace řek a jezer u téměř 33 %. (Hrabánková, 2016). Na základě tohoto faktu vznikla Nitrátová směrnice Evropské unie (91/676/EHS). V České republice je obsažena v § 33 vodního zákona (zákon č. 254/2001 Sb.) (Klír, Kozlovská, 2018).

3.7.2 Organické hnojení

Při pěstování ječmene se organického hnojení obvykle nepoužívá, na druhou stranu v osevních postupech, které se vyznačují vysokým zastoupením obilovin a kdy ječmen následuje po sklizni obilné plodiny, je možné využít organické hnojení. Zelené hnojení ve spojení se zaorávkou slámy se ukázalo jako účinná metoda, která nejen dodává živiny půdě, ale také přispívá k přerušení monokulturního cyklu mezi různými druhy obilovin (Hůla, Procházková, 2008).

Zelené hnojení představuje jednu z nejčistších forem organických hnojiv, jelikož je zbaveno těžkých kovů, antibiotik, hormonů a dalších potenciálních rizik. Tato metoda zahrnuje využití plodin primárně jako zdroje živin pro následné plodiny, podporu půdních mikroorganismů a zlepšení kvality plodin a výnosů (Agromanual, 2019). Praktikování zeleného hnojení pomáhá ke snížení půdní eroze, zvýšení schopnosti zadržování živin v půdě, potlačení růstu plevelů a snížení počtu škůdců. Na rozdíl od chemických hnojiv je zelené hnojení bohaté na organické substráty, zdroje uhlíku pro mikrobiální růst, ovlivňuje půdní biomasu a podporuje mikrobiální aktivitu a rozmanitost (Tao et al., 2017).

3.7.3 Využití odpadních organických látek

Organická hnojiva mají za následek zlepšení kvality půd v oblastech, kde je snížená retence vody, což je typické pro půdy písčité. Díky aplikaci organických hnojiv se zvyšuje mikrobiální aktivita a obsah organického uhlíku, fosforu a draslíku. Možným organickým hnojením může být kompost, který svým složením přispívá k celkovému zlepšení a úrodnosti půdy. Je složen z 32 % biologického odpadu, 9 % smíšeného odpadu a zelených odpadů či kalů (Mench a kol., 2009).

3.7.4 Vápnění

Ječmen jarní, pro svůj slabší kořenový systém je z hlediska vápnění poměrně náročný, avšak na samotnou aplikaci reaguje velmi dobře. Vápník v rostlinách umocňuje tvorbu kořenů, příznivě ovlivňuje pevnost buněčné stěny a elasticitu pletiv, což napomáhá proti poléhání a napadení různými chorobami. Celý proces je však závislý na pH půdy. Nízké pH způsobuje nižší koncentraci půdních makroprvků a tím negativně ovlivňuje výživu kořenů zejména v období vzcházení, odnožování a sloupkování (Černý, 2007).

3.7.5 Hnojiva s obsahem dusíku

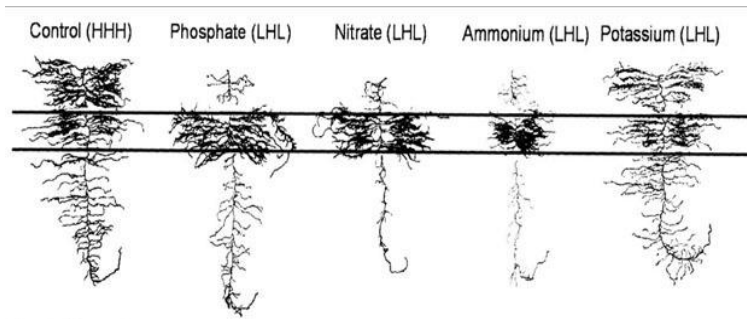
Aplikace hnojiv s obsahem dusíku je považováno za základní pro dosažení optimálních výnosů. Obvyklá spotřeba dusíku pro výnos jedné tuny zrna na hektar je okolo 50 kg, avšak množství je závislé na předplodině, půdní úrodnosti a směru pěstování. Při aplikaci nadměrného množství dusíku dochází k přebytkům nadzemní biomasy, jelikož jsou stébla tenká a dlouhá a jsou náchylná k poléhání, a tedy i k napadení houbovými chorobami. Dalším negativním dopadem je snížení počtu

klásků a zrn v něm. V opačném případě malé množství dusíku způsobuje malé množství bílkoviny v obilce. Ukazatelem mohou být světlejší, slabší a nižší porosty (Příhoda et al., 2003).

3.7.6 Hnojiva s obsahem fosforu a síry

Aplikace potřebné dávky fosforu je závislé na chemickém složení půdy. Provádí se v podzimním období, a to pouze v případě slabě kyselých a neutrálních půd nejlépe pod patu semena. Nedostatek fosforu způsobuje krátká slabá stébla, rovné listy v barvě tmavohnědé až červenofialové a dochází ke zmírnění odnožování. Dále se tvoří nepříznivý poměr mezi dusíkem a fosforem v nadzemní části a rostlina nedokáže využít přijatý dusík. Správné množství aplikovaného fosforu příznivě ovlivňuje dobu zrání, celkový zdravotní stav a odolnost před poléháním. (Hodge, 2012).

Rostliny, které mají nedostatek síry, mají obdobně jako při nedostatku dusíku užší a celkově menší listy, stébla jsou tenčí a kratší a tvoří menší počet klasů a zrn. Hnojení sírou se aplikuje společně s dusíkatými (síran amonný, dusičnan amonný), draselnými hořečnatými hnojivy (síran draselný, hořká sůl), jelikož mohou mít příznivější dopad na celkový výnos viz Obrázek 4 (Příhoda et al., 2003).



Obrázek 4 Změna v kořenovém systému (*Hordeum vulgare*) in response to zones of high phosphate, nitrate, ammonium and potassium availability

3.8 Příprava a zpracování půdy

Samotnému setí předchází příprava půdy, která se odvíjí od půdní struktury a vybavení podniku. Použity mohou být konvenční. či minimalizační způsoby přípravy půd. Dnešní zemědělství se stále přiklání ke klasické orbě (Černý, 2007)

Účelem přípravy půdy je vytvořit ideální podmínky pro naklíčení a růst po celou dobu vegetace. Nezbytnou podmínkou je utužení spodní části seťového lůžka pro zajištění optimálního přísunu vody k semenům a dostatečné provzdušnění vrchní vrstvy půdy, což přispívá ke klíčení semen. To zajišťuje stálou strukturu půdy po celou dobu vegetace (Novotný, 2019).

3.8.1 Minimalizační technologie

Minimalním zpracováním půdy se rozumí nezahrnovat tradiční, obvyklé technologie pro zpracování půdy k pěstování plodin. Tento přístup zahrnuje opatření, která vedou k omezení počtu potřebných operací na minimum. Tyto kroky nezahrnují pouze kombinaci nebo vynechání některých postupů, ale také podstatné změny v technologii pěstování plodin (Šimon, Lhotský 1989).

Hlavními faktory ovlivňujícími užití minimalizačních technologií zpracování půdy a zakládání porostů ječmene jarního jsou stanovištní podmínky. Středně těžké strukturální půdy s přirozenou vyšší úrodností jsou půdami s nejvýhodnějšími podmínkami pro minimalizační postupy, kterými mohou být setí do mulče, strip-till, no-till (Badalíková, 1997)

3.9 Způsob setí jako ovlivňující faktor půdní eroze

Jarní ječmen nejvyšší jakosti pro sladovnické zpracování lze získat pouze v oblastech s optimálními podmínkami, jako jsou Polabská nížina, nižší polohy Středočeské pahorkatiny a střední Morava, zejména Haná. Ostatní regiony mají méně vhodné podmínky pro pěstování kvalitního sladovnického ječmene a jsou spojeny s vyšším rizikem ohledně dosažení vysoké kvality sladu (Hůla et al., 2004). Ječmen má poměrně nízké nároky na teplotu a vlhkost, ale je náročný na kvalitu půdy, protože jeho kořeny sahají z většiny do hloubky 30 cm. Černozemě a hnědozemě, stejně jako jílovito-hlinité, hlinité a písčito-hlinité půdy se považují jako nejvhodnější pro pěstování ječmene, avšak dalším významným faktorem je také kyselost půdy, která by ideálně měla být v rozmezí pH 6,2 až 7,2 pro oblasti určené pro řepářství a 5,8 až 6,2 pro oblasti určené pro bramborářství (Känkänen, 2008). Aspektem pro vyhovující pěstební podmínky je setí předplodin, které tvoří starou půdní sílu prospěšnou pro následné osetí ječmenem. Nejvhodnějšími předplodinami jsou okopaniny jako brambory či cukrovka, ale i kukuřice na siláž nebo zmo (Mašek, 2012). Cukrovka

může být pro ječmen určitým rizikem, jelikož při půdním rozkladu zaoraného chrástu se uvolňuje dusík a tím hrozí hromadné poléhání ječmene. Na druhé straně posklizňové zbytky kukuřice způsobují plísňové infekce rodu *Fusarium*. S úbytkem ploch určených pro okopaniny se často vyskytuje potřeba setí ječmene po obilovině, ideálně po ozimé pšenici. K dosažení dobrých výnosů z ječmene setého po sklizni obilovin napomáhá zaorávání slámy společně s přidáním přibližně 10 kg dusíku na tunu zaorávané slámy. Přísnější nároky na předplodinu má ječmen sladovnický. Jako předplodinu vyžaduje okopaniny, které jsou hnojeny chlévskou mrvou a zaorávání chrástu cukrovky a zařazení ječmene po obilovině způsobuje zvýšení obsahu bílkovin v obilce a tím zhoršení sladovnické jakosti (Langmaier, 2022).

3.9.1 Setí do mulče

Při použití technologie setí do mulče se provádí mělký zpracování půdy bez obracení, na rozdíl od použití konvenční technologie orby pluhem. Mulč, který je tvořen biomasou z mezplodiny nebo sláma z předplodiny, zůstává na povrchu půdy jak před setím, tak i po něm (Buss, 1997). Půda není vystavena zamokření ani následné erozi a dochází k vytvoření stabilní půdní struktury, která má nižší tendenci k zhutnění. Tato technologie splňuje požadavky „Správné zemědělské praxe“ pro pozemky ohrožené erozí (opatření CC). V zimním období může být preventivním opatřením proti ztrátě dusičnanů vázáním na biomasy. Při použití této technologie pro zpracování půdy není v porovnání s tradiční orbou zaznamenáno snížení výnosů ani kvality. Další výhodou může být zvýšení populace bezobratlých živočichů (žížaly), což má za následek provzdušňování a promíchávání ornice. Tento proces také podporuje ohřev půdy na chladných místech a stimuluje růst mladých rostlin (KWS SAAT SE & Co. KGaA, © 2023).

3.9.2 Strip-till

Jedná se o půdoochranné obdělávání půdy v řádcích, při kterém stroj podrývá, nadzvedává a zároveň provzdušňuje půdu (neobrací půdu). Současně je schopný uložení hnojiva a semen do profilu půdy v jednom technologickém kroku (Lammers, 2019) Pro svůj nízký profil kořenového systému jsou obilniny závislé na povrchových srážkách, které jsou potřebné v období pozdního jara a léta. V opačném případě kořenový systém degraduje a odumírá. Strip-till technologie dokáže tento fakt eliminovat díky správnému umístění hnojiva do profilu půdy. Kořenový systém bude

mít lepší přístup k živinám, zvětší svůj objem a podpoří tak růst rostliny a celkový výnos (Nowatzki, 2017).

Výhody technologie strip-till:

- částečné zpracování půdy do řádků a s tím spojena úspora energií je šetrné k životnímu prostředí (eliminace některých primárních a sekundárních zpracování půdy);
- je dosaženo snížení půdní eroze díky zbytkům plodin, kterými je půda celý rok pokryta. Zároveň to udržuje vlhkost půdy;
- vyšší hladina organické hmoty v půdě a méně uhlíku uvolněného do atmosféry;
- pruhy umožňují rychlejší prohřátí na jaře, což podporuje klíčení semen a růst rostlin;

(Šebela, 2022)

3.9.3 No-till

No-till technologie je specifická přímým setím a hnojením v jednom technologickém kroku. Umožňuje současně setí a hnojení jednoletých plodin systémem, který prořezává zbytky předplodin, otevírá 20 cm široké úžlabí, do kterého jsou sázena semena a dusík/fosforová hnojiva, která jsou poté pevně zahrnuta, aby se podpořil kontakt mezi semenem a půdou (Mrabet, 2012). Setí probíhá dříve než při konvenčních metodách, které vyžadují přípravu secího lůžka. Rozestupy mezi řádky jsou upraveny podle druhu plodiny následovně – 20 cm pro pšenici nebo ječmen, 40 cm pro čočku a cizrnu. Hloubka obrábění je mezi 5–12 cm v závislosti na zpracovatelnosti půdy a obsahu vlhkosti (Šabatka, 1997)

Použití no-till technologie zajišťuje minimální práci s půdou a cílené aplikace hnojiv pod semena. Udržování zbytků plodin na polích zvyšuje organickou hmotu půdy a tím i množství vázaného uhlíku a hladinu živin (Spears, 2018) Lze tedy snížit použití anorganických hnojiv. Přínosem je i snížení odtoku a výparu vody z polí díky zbytkům předplodin zanechaných po předchozím osetí. Avšak (Lankoski et al., 2006) uvádí, že benefity použití No-till technologie spočívají především ve snížení výrobních nákladů, které se následně promítají v samotném výnosu, nežli environmentální prevenci (Lankoski et al., 2006).

Shrnutí celkových nákladů a výnosů při různém zpracování půdy znázorňuje Tabulka 4 Vybrané zjištěné hodnoty minimalizace a orby

Tabulka 4 Vybrané zjištěné hodnoty minimalizace a orby (Polan, 2021)

Parametr	Minimalizace	Orba
Průměrná spotřeba PHM (l/ha)	11,2	25,5
Průměrná výkonnost (ha/h)	5,4	2,04
Náklady na PHM (Kč/ha)	654,1	1 036,30
Náklady na pracovníka (Kč/ha)	26,77	71,2
Celkové náklady (Kč/ha)	680,87	1 107,50
Hmotnost při 1. odkopu (g)	65	85
Hmotnost při 2. odkopu (g)	88	128
Hmotnost při 3. odkopu (g)	238	458
Průměrná délka kořenů při 1. odkopu (cm)	15	18
Průměrná délka kořenů při 2. odkopu (cm)	15	18
Průměrná délka stonků při 3. odkopu (cm)	60	64
Průměrný počet odnoží při 1. odkopu (ks)	3	4
Průměrný počet odnoží při 2. odkopu (ks)	3	4
Průměrný počet pravých odnoží před sklizní (ks)	2	3
Výnos (t/ha)	8,2	6,45
Zisk před odpisem ostatních nákladů (Kč/ha)	28 839,13	22 112,5

3.10 Druhy aplikovaných zemědělství a vliv na životní prostředí

3.10.1 Ekologické zemědělství

Intenzivní zemědělské praktiky, charakterizované významným používáním hnojiv a pesticidů umožnily dostatečnou produkci potravin pro globální potřeby. Vedly ovšem k ekologickým škodám a degradaci určitých služeb v ekosystému. Ekosystémové služby, kterými jsou sekvestrace uhlíku, hydrogeochemické cykly, prevence půdní eroze, opylení plodin, biologická kontrola chorob, škůdců a plevelů, jsou klíčovým faktorem pro udržitelné zásobování potravin. Podpora ekosystémových služeb na zemědělské půdě může posloužit jako podnět pro transformaci malých zemědělských podniků směrem k novým ekologickým technologiím, založených na moderních ekologických znalostech. To může napomoci uspokojování potravinových potřeb rostoucí populace bez negativního dopadu na lidské zdraví a životní prostředí. Ekologické zemědělství, které využívá a zachovává ekosystémové

služby, se jeví jako udržitelnější alternativa v porovnání s tradičním zemědělstvím, jež může přispívat k degradaci některých ekosystémových služeb (Sandhu et al., 2010).

Ekologické zemědělství (EZ) představuje systém, který se opírá o šetrné metody hospodaření v souladu s životním prostředím. Klíčovým prvkem ekologického hospodaření je zdravá půda, k čemuž je zapotřebí absence průmyslově vyráběných minerálních hnojiv (Stach, 1997). S ohledem na ekologické a ekonomické aspekty je výroba syntetického dusíku energeticky náročná. Nadměra dusíku může zvýšit náchylnost rostlin k různým škůdcům a onemocněním. Fosfor a draslík se těží ze zdrojů, které jsou již téměř vyčerpány. Dusík lze pro rostliny získávat ze vzduchu fixací dusíku (diazotofie) pomocí symbiotických bakterií nacházejících se v půdě (Azotobakter), nebo mineralizací organického půdního materiálu. Přísun vápníku, fosforu, draslíku a jiných živin rostlinám zajišťuje zvětrávání půdních minerálů, což napomáhá udržitelnému a ekologicky šetrnému zemědělství (Dlouhý, Urban, 2011).

V České republice začalo ekologické zemědělství (EZ) nabývat významu až od roku 1990, zhruba o dvacet let později ve srovnání se západní Evropou. Předpisy pro systém EZ jsou v rámci Evropské unie jednotné a jednotlivé členské státy podléhají úředním kontrolám. V ČR je tato koordinace a dohled prováděn Ministerstvem zemědělství ČR. Kromě toho jsou všechny provozy v rámci systému EZ podrobeny pravidelným kontrolám ze strany nestátních kontrolních a certifikačních firem. Ty každoročně monitorují všechny provozy v systému EZ a podléhají dohledu Českého institutu pro akreditaci (ČIA) (Dlouhý, Urban, 2011).

3.10.2 Konvenční zemědělství

Konvenčním zemědělstvím je obvykle označován systém hospodaření převládající v průmyslově vyspělých zemích. Za účelem maximalizace produkce či ekonomického okamžitého efektu je využíváno většího množství energie a materiálů a celkově vyšší hospodářské intenzity. Klíčové prvky intenzifikace zahrnují koncentraci (zvýšení hustoty produkčních organismů v čase a prostoru), vysoký stupeň mechanizace a automatizace, intenzivní používání chemických hnojiv a energií. Důsledkem tohoto intenzivního zemědělského systému je vysoký stupeň urbanizace krajiny potlačující přirozený vývoj vegetace, ostré pozemkové ohraničení a výstavbu městských oblastí. Pole jsou typická svou uniformitou porostu, nízkou biodiverzitou kvůli pěstování monokultur, neschopností samoregulace a často nedostatečnou

adaptací k prostředí. Dochází k trvalému poškození půdního prostředí a často je nutné regulovat systém dalšími materiálovými a energetickými zásahy (Smutný et al, 2015).

3.10.3 Trvale udržitelné zemědělství

Poslední dvě desetiletí se zvyšuje požadavek na radikální změnu způsobu hospodaření, která by dokázala uspokojit potřeby současné generace bez ohrožení potřeb budoucích generací a bez poškozování jiných národů. Toto hospodaření by mělo zachovávat základní funkce ekosystémů a přírodních zdrojů, biodiverzitu a nepřekračovat kapacitu přírodního prostředí k samočištění. Toto jsou zásady filozofie trvale udržitelného rozvoje (TUR). Hlavním cílem TUR je zachování ekologického potenciálu planety (Laurett, 2021).

4 Ošetření ječmene pomocí přípravků

4.1 Lexin

Lexin je rostlinný pomocný produkt, který obsahuje vodný roztok získaný hydrolyticko-oxidačním rozkladem technických lignosulfonátů. Tento roztok představuje kombinaci huminových kyselin, fulvokyselin a jejich solí, s převahou fulvokyselin a jejich solí (dle informací od MU, PF, KACH, Brno).

Huminové látky příznivě ovlivňují růst a vývoj rostlin, rozvoj kořenového systému, což pomáhá rostlinám překonávat nepříznivé environmentální podmínky. Auxiny, které jsou součástí Lexinu, pozitivně ovlivňují růst a vývoj rostlin.

Lexin je snadno smíchatelný s vodou. Rostliny, které byly ošetřeny Lexinem, jsou obecně vitálnější, zdravější a lépe odolávají působení různých stresorů (Agromanual, 2020).

4.2 Galleko Universal

Jedná se o univerzální hnojivo, které díky svému složení podporuje růst v celém období vegetace. Je kombinací huminových látek a jejich solí, obohaceno prvky Fe, Cu, Zn, Mn, MgO, SO₄, Mo a B s hodnotou pH 8-9. Podporuje tvorbu celé kořenové soustavy od hlavního kořene až po jemné kořenové vlásečnice. Napomáhá navýšení výkonu fotosyntézy a odolnosti vůči stresům a patogenům. Celkově zlepšuje příjem živin a tvorbu chlorofylu. Ošetření přípravkem Galleko oproti kontrolního vzorku bez ošetření a porovnání znázorňuje Obrázek 5 (Šotik, 2019).



Obrázek 5 Ječmen jarní - detail porostu po ošetření přípravkem Galleko (Šotik, 2019)

5 Metodika a průběh experimentu

Metodika byla rozdělena na dvě výzkumné oblasti. První část sledovala vliv stimulace na klíčivost zrna a druhá rychlost klíčení před a po použití biologické stimulace v laboratorních podmínkách.

Testy klíčivosti probíhaly ve dnech 20., 23., 27.12.2023 v laboratořích FAPPZ. Pro validitu testu byla volena stabilní teplota 20 °C. K testu klíčivosti byla využita odrůda ječmene jarního Amadora.

Pro podmínky experimentu bylo použito 630 zrn rozdělených do 3 setů po 210 zrnech. Na první set byl aplikován roztok Lexin (0,1 %), druhý set byl ošetřen

roztokem přípravku Galleko (0,1 %) a třetí set byl bez ošetření a jednalo se o kontrolní vzorek.

Doba klíčení pro vyhotovení kontrolního odečtu byla stanovena na 3 a 7 dnů.

Průběh experimentu:

- **První kontrola klíčivosti** – bylo zjištěno, že vzorky ošetřené přípravkem Univerzal vykazovaly klíčivost celkem 51 zrn z 210 vzorků, což odpovídá 24,28 %. Kořenů bylo zaznamenáno celkem 174. Vzorky ošetřené přípravkem Lexin vykazovaly klíčivost 6 zrn z 210 vzorků, což odpovídá 2,85 %. Počet kořenů bylo zaznamenáno 139. Vzorky bez ošetření určené pro kontrolu vykazovaly klíčivost 39 zrn z 210, což odpovídá 18,57 %. Kořenů bylo zaznamenáno celkem 178.
- **Druhá kontrola klíčivosti** – bylo zjištěno, že vzorky ošetřené přípravkem Univerzal vykazovaly klíčivost celkem 87 zrn z 210 vzorků, což odpovídá 41,42 %. Pro četnost nebylo možné. Vzorky ošetřené přípravkem Lexin vykazovaly klíčivost 74 zrn z 210 vzorků, což odpovídá 35,23 %. Vzorky bez ošetření určené pro kontrolu vykazovaly klíčivost 152 zrn z 210, což odpovídá 72,38 %. Počet kořenů nebylo možné určit u žádného zkoumaného vzorku z důvodu četnosti.

Výsledek experimentu je shrnut v Tabulka 5.

Tabulka 5 Evaluace testu klíčivosti v laboratorních podmínkách

	1. kontrola	2. kontrola	1. kontrola	2. kontrola
	23.12.2023	27.12.2023	23.12.2023	27.12.2023
Univerzal	počet klíčků		počet kořenů	
A	23/70	42/70	55/70	N/A
B	11/70	34/70	62/70	N/A
C	17/70	11/70	57/70	N/A
Lexin				
A	1/70	13/70	40/70	N/A
B	1/70	45/70	47/70	N/A
C	4/70	16/70	52/70	N/A
Kontrola				
A	16/70	52/70	60/70	N/A
B	8/70	55/70	59/70	N/A
C	15/70	45/70	59/70	N/A

Vyhodnocení testu klíčivosti dne 23.12.2023 proběhlo v prostorách laboratoří FAPPZ. Nejvyšší průměrné klíčivosti dosahovalo osivo ošetřeno přípravkem Galleto Univerzal. Ošetřená zrna vykazovala klíčivost až 24,28 %. Nejméně účinný byl kontrolní set zrn, který byl ošetřen přípravkem Lexin, který vykazoval klíčivost 2,85 %. Kontrolní set, ošetřený pitnou vodou vykazoval klíčivost 18,57 %. Všechny sledované vzorky byly po odečtení umístěny zpět do inkubátoru. Výsledný odečet proběhl dne 27.12.2023 a bylo zjištěno, že Univerzal vykazoval klíčivost v průměru 41,42 % zrn. Nejlepší výsledek po odečtení vykazoval kontrolní vzorek, a to 72,38 %. Nejmenší klíčivosti dosáhl vzorek ošetřený přípravkem Lexin 35,23 % viz Tabulka 6. Vzorky ošetřené přípravkem Univerzal dosáhly o 30 % nižší klíčivosti než vzorky bez chemické stimulace. S ohledem na tyto výsledky by bylo vhodné zvážit další výzkum se zaměřením na půdu a její nasycenost minerálními a chemickými látkami. Nebylo možné dosledovat vliv těchto faktorů na klíčení zrn, jelikož výzkum probíhal v laboratorních podmínkách.

Tabulka 6 Výsledky klíčivosti v %

2.kontrola	Univerzal	Lexin	Kontrola
Výsledná hodnota klíčivosti v %	41,42	35,23	72,38

6 Evaluace a zhodnocení výzkumu

Vyhodnocení testu klíčivosti dne 23.12.2023 proběhlo v prostorách laboratoří FAPPZ. Nejvyšší průměrné klíčivosti dosahovalo osivo ošetřeno přípravkem Galleto Univerzal. Ošetřená zrna vykazovala klíčivost až 24,28 %. Nejméně účinný byl kontrolní set zrn, který byl ošetřen přípravkem Lexin a vykazoval klíčivost 2,85 %. Kontrolní set, ošetřený pitnou vodou vykazoval klíčivost 18,57 %. Všechny sledované vzorky byly po odečtení umístěny zpět do inkubátoru. Výsledný odečet proběhl dne 27.12.2023 a bylo zjištěno, že Univerzal vykazoval klíčivost v průměru 41,42 % zrn. Nejlepší výsledek po odečtení vykazoval kontrolní vzorek, a to 72,38 %. Nejmenší klíčivosti dosáhl vzorek ošetřený přípravkem Lexin 35,23 % viz Tabulka 6. Vzhledem k tomu, že rozdíl mezi ošetřenými vzorky přípravkem Univerzal, který dosahoval

lepších výsledků a vzorky bez ošetření je o více než 30 %, je předmětem dalšího výzkumu půda, její nasycenost minerálními a chemickými látkami a její vliv na klíčení zrn.

Práce byla zpracována na základě laboratorního výzkumu v prostorách laboratoří ČZU FPPZ. Sledovala vliv stimulace na klíčivost zrna před a po použití Biologické stimulace.

Pokusy byly rozděleny na testy klíčivosti osiva ječmene v laboratorních podmínkách in vitro. Pro ověření účinnosti biologické stimulace ječmene jarního byla zrna ošetřena běžně dostupnými prostředky typu Lexin a Universal. Kontrolní skupina zrn nebyla ošetřena žádným přípravkem.

6.1 Směr dalšího výzkumu a diskuze

V současnosti roste tlak na uplatňování precizních metod hospodaření a využití technologií, které nejen zvyšují výnosy, ale také chrání půdu před trvalým poškozením. Z tohoto důvodu rostou požadavky na samotné zemědělské stroje i na způsoby ošetření zemědělských plodin (Černý et al., 2007). Výzkum potvrzuje vztah mezi velikostí kořenového systému a výnosu semen při kolísavé distribuci srážek. Tuto skutečnost vyzdvihl v časopise Nature 2010, J Lynch, který potvrzuje morfologické změny kořenových systémů, které zvyšují rezistenci rostliny v obdobích sucha. Stimulace růstu, a to zejména kořenového systému se proto zdá být klíčovým faktorem při šlechtění odolnějších plodin vůči klimatickým změnám a současně poskytující vyšší výnosy obilí (Středa, Heřmanská, 2015). Znalost kořenové soustavy a s tím spojená distribuce živin se tak může stát předmětem dalšího výzkumu. (Atkinson et al, 2019). Výzkumu, který povede k vyšším hospodářským výnosům a kvalitnějšímu klíčení a dozrávání zrn i v suchých letech.

7 Závěr

Tato bakalářská práce předkládá ucelený přehled možností stimulace ječmene jarního v suchých letech. V literární rešerši byly zachyceny klimatické vlivy na výsledné hospodářské výnosy i kvalitu pěstovaného ječmene jarního na území České republiky. Pro srovnání byly popsány i významné lokality nejen na území ČR, ale také v dalších evropských zemích. Práce detailně popsala morfologii, růstové fáze a podmínky pěstování. Stejně tak i látky obsažené v zrnech. Tyto detaily považují za

podstatné v souvislosti s problematikou environmentální ochrany krajiny, a to zejména v zemědělských oblastech, kde jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu půd. Z tohoto důvodu jsem obsáhl také problematiku setí ječmene a typy zemin, které mají mimořádný význam pro výsledné výnosy. Ječmen jarní je jedou z nejvýznamnějších hospodářských plodin v České republice. Tato práce se proto zaměřila na problematiku stimulace ječmene se zaměřením na kvalitu i rychlost klíčení zrn. Tyto jevy jsem vyhodnotil ve vlastním výzkumu, který je popsán v metodologii a experimentální části této práce. Výzkum probíhal v laboratoři FAPPZ a všechny sledované vzorky ječmene byly testovány in vitro v inkubačních klima boxech.

Závěrem bylo zjištěno, že ošetřená zrna přípravkem Universal vykazovala o více než 30 % nižší klíčivost než vzorky ječmene bez chemické stimulace. Vzorky ošetřené přípravkem Univerzal dosahovaly průměrné klíčivosti 41,42 %, vzorky bez ošetření 72,38 %. Vzorky ošetřené přípravkem Lexin vykazovaly klíčivost 35,23 %. Evaluace vlastního výzkumu nepotvrdila výhodnost ani významný přínos chemických látek ke stimulaci růstu a klíčení ječmene jarního.

8 Použitá Literatura

Knihy

BADALÍKOVÁ B. 1997: Půdochranné technologie zpracování půdy s využitím netradičních meziplodin. In: Sb. Nové trendy ve zpracování půdy. České Budějovice, Scientific Pedagogical Publishing, s. 43-46.

Baethgen WE, Christianson CB, Lamothe AG. 1995: Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley. *Field Crops Research* 43:87-99.

BENEŠ, J., ŠÁLKOVÁ, T., VANĚČEK, Z. 2011: Původ a nejstarší historie ječmene setého (*Hordeum vulgare*) na Předním východě: pohled archeobotaniky. *Kvasný průmysl* 57: 121-126.

BUSS U. 1997: Půdochranné zpracování půdy. Dutzi. In: Nové trendy ve zpracování půdy. České Budějovice, Scientific Pedagogical Publishing, s. 7-13.

ČERNÝ L., et al. 2007: Jarní sladovnický ječmen, Pěstitelský rádce. Vydání první, listopad 2007 © Katedra rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze

- HŮLA J., et al. 2004: Minimalizační a půdoochranné technologie. Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky, 58 s.
- HŮLA J., PROCHÁZKOVÁ B. (2008): Minimalizace zpracování půdy. Praha, Profi Press, 248 s.
- KUBÁT K, HROUDA L, CHRTEK J, KAPLAN Z, KIRSCHNER J, ŠTĚPÁNEK J. 2002. Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha 928 s.
- LASZTITY, Radomir. The Chemistry of Cereal Proteins. 2. United Kingdom: CRC Press, 1995. ISBN 9780849327636.
- MAŠEK J. (2012): Technologie zpracování půdy a jejich vliv na půdní vlastnosti. Mechanizace zemědělství, 8: s. 82-86.
- MENDEZ-VILAS, A. 2006: Modern Multidisciplinary Applied Microbiology, Edited by Antonio Mendez-Vilas Copyright © 2006 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, s.800, ISBN: 978-3-527-31611-3
- MIKANOVÁ, Olga a Tomáš ŠIMON. Alternativní výživa rostlin dusíkem. 1. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2013. ISBN 978-80-7427-143-4.
- NEWMAN RK, NEWMAN CW. © 2008. Barley for food and health: Science, Technology, and Products. Barley Biotechnology: Breeding and Transgenics © 2008 John Wiley & Sons, Inc. 245:32-55.
- PROCHÁZKA, S, I MACHÁČKOVÁ, I KREKULE a J ŠEBÁNEK. Fyziologie rostlin. 1. Praha: Akademie věd, Academia, 1998, 484 s. ISBN 80-200-0586-2.
- PROCHÁZKOVÁ B. et al. (2011): Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 40 s.
- RICHTER R, HRIVNA L, BĚHAL R. 2017. Vliv předplodiny na výnos a kvalitu zrna sladovnického ječmene. Available from http://konference.agrobiologie.cz/2017-01-31/06_Richter_Hrivna_Behal_VLIV_PREDPLODINY_NA_VYNOS_A_KVALITU_ZRNA_SLADOVNICKEHO_JECMENE.pdf (accessed March 2021)
- R. SHEWRY, Peter, John R.N. TAYLOR a Hamit KOKSEL. ICC Handbook of 21st Century Cereal Science and Technology: Chapter 16 - Barley. 1. Academic Press, 2023.
- SAMUEL A., DINES LOUISA. (2023): Lockhart and Wiseman's Crop Husbandry Including Grassland (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition). Cereals, 694: s. 349-394

SHEWRY, Peter R a Steven E. ULLRICH. (2014): Barley Chemistry and Technology. 2. Woodhead Publishing and AACC International Press.

SMUTNÝ, Vladimír. Význam technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření při pěstování obilnin. 1. Brno: Reklamní studio REIS Brno, 2015. ISBN 978-80-7509-369-1.

ŠABATKA J. (1997): Obecná charakteristika faktorů, které působí při zpracování půdy bez orby. In: Sb. Nové trendy ve zpracování půdy. České Budějovice, Scientific Pedagogical Publishing, s. 3-6.

ŠIMON J., LHOTSKÝ J. (1989): Zpracování a zúrodnění půd. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 320 s.

ŠPALDON, Emil; et. al. Rostlinná výroba. Vyd. 1. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986.

STACH J. (1997): Nové trendy ve zpracování půdy a regulace plevelů. In: Sb. Nové trendy ve zpracování půdy. České Budějovice, Scientific Pedagogical Publishing, s. 69-73.

TAO J., LIU, X., LIANG Y., NIU J., XIAO Y., GU Y., MA L., MENG D., ZHANG Y., HUANG., PENG., YIN H., 2017: Maize growth responses to soil microbes and soil properties after fertilization with different green manures. Applied microbiology and biotechnology 101. P. 1289- 1299.

VALÍČEK P., 2002: Užité rostliny tropů a subtropů. Academia, AV ČR. Praha 486 s.

VANĚK, V. et al. Výživa a hnojení polních plodin. Praha: Profi Press, 2016.

ZIMOLKA, J. 2006. Ječmen – formy a užité směry v České republice. Praha: Profi Press.

Články

ANDERT, D., FRYDRYCH, J., ABRHAM, Z., GERNDTOVÁ, I., HEROUT, M., 2014: Energetické využití trav. Výzkumný ústav zemědělské techniky., v.v.i., Praha, 2014

DUNG T.T., COZZOLINO D., MUHLHAUSER B., BOX A., ABLE A.J., 2015: Antioxidant capacity and vitamin E in barley: Effect of genotype and storage, Food Chemistry Volume 187, ,Pages 65-74: Antioxidant capacity and vitamin E in barley: Effect of genotype and storage - ScienceDirect

EMELKO M.B., SILINS U, BLADON K.D., STONE M. 2011. Implications of land disturbance on drinking water treatability in a changing climate: Demonstrating the need for “source water supply and protection” strategies. *Water research* 45: 461-472.

GRAUSGRUBER, H., KONVALINA, P. 2012: Growing and use of minority cereals and pseudocereals in organic farming, 1st ed. České Budějovice: Vlastimil Johanus for the University of South Bohemia in České Budějovice, the Faculty of Agriculture, 2012, 171 s.

HODGE, A., 2012: The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients. *Nature Education, New Phytol* 162, 9–24 (2004). © All rights reserved.

Igiehon N. O., Babalola O. O., 2017: Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied microbiology and biotechnology* 101. P. 4871–4881.

JOHNSTON, A.M., BRUULSEMA, T.V., 4R Nutrient Stewardship for Improved Nutrient Use Efficiency. *Procedia Engineering*. 2014, (83), 365-370.

KÄNKÄNEN, H. J., MIKKOLA, H. J., ERIKSSON C. I., 2008: Effect of Sowing Technique on Grow of Undersown Crop and Yield of Spring Barley. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187 (2), 127-136

KONVALINKOVÁ, T. 2017: Symbioza, kam se podíváš. O Arbuskulárně mykorhizních houbách a soužití s rostlinami, *ŽIVA* 5/2017, s.233, © Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017

KUBINEC S., KOVÁČ K.A KOL., 1998: Progresívne technológie pestovania jarného jačmeňa. Piešťany, Výskumný ústav rastlinnej výroby. 82 s.

LAURETT, R., Sustainable Development in Agriculture and its Antecedents, Barriers and Consequences – An Exploratory Study. *Sustainable Production and Consumption*. 2021, 27(6), 298-311.

LANKOSKI J., OLLIKAINEN M., UUSITALO P., No-till technology: benefits to farmers and the environment? Theoretical analysis and application to Finnish agriculture. *European Review of Agricultural Economics*. 2006, 2(33), 193-221.

Wheat yield and water use efficiency under contrasting residue and tillage management systems in a semi-arid area of Morocco. *Experimental Agriculture* 38: 237–248

MENCH, M., SCHWITZGUÉBEL, J. P., SCHRODER, P., BERT, V., GAWORSKI, S., GUPTA, S., 2009. Assessment of successful experiments and limitations of phytotechnologies: contaminant uptake, detoxification and sequestration, and consequences for food safety. *Environmental science and pollution research* 16. P. 876–900

SANDHU H. S., WRATTEN S. D., CULLEN R., 2010: Organic agriculture and ecosystem services. *Environmental science & policy* 13. P. 1-7.

SEIBEL W., KIM O., CHUNG, D. WEIPERT, S. PARK:

2011: CEREALS v Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry (Barbara Elvers, Ed.), 7. vydání, VCH: Weinheim 2011; sv. 8. str. 1-40.

SUN S., WANG Y., LIU J., CAI H.: Sustainability assessment of regional water resources under the DPSIR framework. *Journal of Hydrology*. 2016, (532), 140-148.

STŘEDA, T., HEŘMANSKÁ, A., 2015: Šlechtění na větší kořenový systém přináší efektivnější využití vody a živin. *ŽIVA* 3/2015, XLVIII-XLIX ©Nakladatelství Academia, SS Č AV ČR, v. v. i., Praha 2015

ZAVŘELOVÁ, M.: 2014 Složení zrna ječmene z hlediska potravinářského využití. *Kvasný průmysl*. 2014, 60(5), 127-130.

Internetové zdroje

AGROMANUAL. *Jak a proč organické hnojení zvyšuje přístupnost fosforu rostlinám* [online]. 2019 [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/jak-a-proc-organicke-hnojeni-zvysuje-pristupnost-fosforu-rostlinam>

Agromanual, 2020: Přípravky na ochranu rostlin, hnojiv a osiv, Lexin, Copyright © 2020 (online) [cit. 2024.02.09], dostupné z <https://www.agromanual.cz/cz/pripravky/ostatni/pripravek/lexin>

BERNET T., WEIDMANN G., 2021: Biologischer Landbau – Grundprinzipien und gute Praxis, 2021 výzkumný ústav pro ekologické zemědělství FiBL ve Švýcarsku [online] 2021 [cit. 2024-02-22] dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/-a27572---tPq6U2m5/ekologicke-zemedelstvi-zakladni-principy-a-dobra-praxe>

BINDEREIF, S.G., et al., 2021: Impact of Global Climate Change on the European Barley Market Requires Novel Multi-Method Approaches to Preserve Crop Quality and Authenticity, Research Gate, Foods 2021 © 2021, by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland, (online) [cit. 2023.12.01], dostupné z https://www.researchgate.net/publication/362145248_Impact_of_Global_Climate_C

[hange on the European Barley Market Requires Novel Multi-Method Approaches to Preserve Crop Quality and Authenticity](#)

CAHAGNIER, B., JACOBSEN, E., LESSARD, F., (2001). Des moisissures aux mycotoxines : signification écophysio-logique de marqueurs biochimiques de croissance fongique et prévision des durées de conservation sans risque de détérioration. & Jacobsen, E & Lessard, F. Des moisissures aux mycotoxines : signification écophysio-logique de marqueurs biochimiques de croissance fongique et prévision des durées de conservation sans risque de détérioration. (citováno) [cit. 23. 1. 2024] dostupné z https://www.researchgate.net/figure/Safe-storage-life-of-barley-as-a-function-of-moisture-content-and-temperature-E_fig1_305041242

CLARK, H. 1967: The Origin and Early History of the Cultivated Barleys: A Botanical and Archaeological Synthesis (online) [cit. 2024.01.24], The Agricultural History Review Vol. 15, No. 1, pp. 1-18 (1967), © 1967 Published By: British Agricultural History Society, (online) [cit. 2024.01.24], dostupné z <https://www.jstor.org/stable/40273219>

Dlouhý J., Urban J., 2011: Fakta o ekologickém zemědělství a biopotravinách pro média. (online). Dostupné z: https://bioinstitut.cz/documents/myty_EZ_final.pdf

DIACONO, M., MONTEMURRO, F. (2010) Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 401-422. [online]. 2011 [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1051/agro/2009040>

DR GREEN, © 2023: Sowing, cultivation and fertilization of spring barley, (citováno) [cit. 19. 1. 2023] dostupné z <https://www.dr-green.eu/sowing-cultivation-and-fertilization-of-spring-barley>

Změněn kód pole

- GUBATZ, S., WESCHKE, W., ©2014: Barley - Chemistry and Technology, Barley Grain: Development and Structure, Copyright © 2014 AACC International, Inc. Published by Elsevier Inc. in cooperation with AACC International. All rights reserved. (online) [cit. 2024.03.24], dostupné z <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781891127793500020>
- HOSNEDL, V. et al., 2003: Klíčivost a vzházivost osiva (citováno) [cit. 20. 1. 2024] dostupné z <http://www.agris.cz/clanek/125695>
- HOORMAN J.J. et al., 2016: Role of Soil Bacteria (citováno) [cit. 21. 1. 2024] dostupné z <https://ohioline.osu.edu/factsheet/anr-36>
- HRABÁNKOVÁ, A., 2016: Ochrana vod před dusičnany ze zemědělství (online) [cit. 2024.02.02], dostupné z [5589-VTEI Ochrana-vod-pred-dusicnany.pdf](#)
- JONES, H. et al., 2011: Evolutionary history of barley cultivation in Europe revealed by genetic analysis of extant landraces, BMC Ecology and Evolution 11b, Article number: 320 (2011), dostupné z <https://bmcecolvol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2148-11-320>
- KLÍR J., KOZLOVSKÁ L., 2018: Úpravy akčního programu od 1. 3. 2018. (online) [cit. 2018.14.04], dostupné z [Domů - nitrat.cz](#)
- LANGMAIER, Vít. AGROMANUAL. *Navrátí regenerativní zemědělství život do půdy?* [online]. 2022 [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/navrati-regenerativni-zemedelstvi-zivot-do-pudy>
- MACH, Jaroslav. SBORNÍK Z KONFERENCE „DOBRÝ ZAČÁTEK...JAKÝ KONEC?“. PRAKTICKÁ FYZIOLOGIE VÝVOJOVÝCH FÁZÍ JARNÍHO JEČMENE [online]. 2016 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: http://konference.agrobiologie.cz/2016-01-25/20_Mach_PRAKTICKA_FYZIOLOGIE_VYVOJOVYCH_FAZI_JARNIHO_JE_CMENE.pdf
- MRABET, Rachid. WOCAT SLM DATABASE. No-till technology [Morocco] [online]. 2012 [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: https://qcat.wocat.net/en/wocat/technologies/view/technologies_1253/

McNEAR Jr., D. H., 2013: The Rhizosphere – Roots, Soil and Everything In Between (online) [cit. 2024.02.24], dostupné z Nature Education Knowledge 4(3):1, <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/the-rhizosphere-roots-soil-and-67500617/>

NOVOTNÝ, Filip. AGROPORAL24H.CZ. *Technologie zpracování půdy, talířové pluh, talířové podmiče a talířové brány* [online]. 2019 [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/technologie-zpracovani-pudy-talirove-pluh-talirove-podmitace-a-talirove-brany>

NOWATZKI, J., ENDRES, G., DEJONG-HUGHES, J.. *Strip Till for Field Crop Production* [online]. 2017 [cit. 2024-01-10]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/strip-till-co-se-deje-v-pasech-1>

POLAN, Tomáš. AGROMANUAL.CZ. Porovnání konvenčního a minimalizačního zpracování půdy [online]. 2021 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/porovnani-konvencniho-a-minimalizacniho-zpracovani-pudy>

PRABET, Rachid. WOCAT SLM DATABASE. No-till technology [Morocco] [online]. 2012 [cit. 2024-01-06]. Dostupné z: https://qcat.wocat.net/en/wocat/technologies/view/technologies_1253/

PROMBERGOVA, I., 2023: Ječmen setý-poklady z přírody 26, Ifauna ©2024 (online) [cit. 20.3.2024] dostupné z: <https://www.ifauna.cz/clanky/7756-jecmen-sety-poklady-z-prirody-26.html>

SPEARS, Stefanie. REGENERATION INTERNATIONAL. *What is No-Till Farming?* [online]. 2018 [cit. 2024-01-20]. Dostupné z: <https://regenerationinternational.org/2018/06/24/no-till-farming/>

SPROWT LABS, © 2021: A Guide to Growing Barley, (citováno) [cit. 19. 1. 2023] dostupné z <https://www.sprowtlabs.com/blog/barley-growing-guide>

ŠEBELA, Josef. AGROMANUAL.CZ. Strip-till - co se děje v pásech (1) [online]. 2022 [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/strip-till-co-se-deje-v-pasech-1>

ŠOTIK, 2019: Přípravky Galleko a ich význam v období sucha (online) [cit. 2024.02.24], dostupné z Agromanual, https://www.agromanual.cz/data/web/clanky/2019/sotik_2_2019_sucho_galleko/2.jpg

Ústřední kontrolní zkušební ústav zemědělský, Rostlinolékařský portál :Ječmen obecný (online) [cit. 20.3.2024] dostupné z: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp/plodiny/detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c5ec7d3

ŽALUD, Z.,2023: Změna klimatu a sucho v zemědělské krajině od roku 2015 (online) [cit. 2023.12.01], dostupné z <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/management-a-legislativa/management/zmena-klimatu-a-sucho-v-zemedelske-krajine-od-roku-2015>

KWS SAAT SE & Co. KGaA, © 2023: Technologie základního zpracování půdy, (online) [cit. 19. 12. 2023] dostupné z <https://www.kws.com/cz/cs/poradenstvi/zakladani-porostu/zpracovani-pudy/technologie-zakladniho-zpracovani-pudy/>