

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv formy dusíku na výnos zrna jarního ječmene
Bakalářská práce**

**Jan Roh
Rostlinná produkce**

Ing. Jindřich Černý, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "**Vliv formy dusíku na výnos zrna jarního ječmene**" 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 3. 5. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jindřichu Černému, Ph.D. za vedení a pomoc při tvorbě bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval Martinu Rohovi za poskytnutí pozemku a celé rodině za pomoc při odběrech vzorků a kontrole pokusů.

Vliv formy dusíku na výnos zrna jarního ječmene

Souhrn

Bakalářská práce je zaměřena na hnojení ječmene jarního. V práci je zkoumán zejména vliv formy dusíku na jednotlivé výnosotvorné prvky ječmene jarního. Dusík se v minerálních hnojivech vyskytuje ve více formách, pro tuto bakalářskou práci bude důležitá zejména forma nitrátová, amonná a amidická.

Bakalářská práce je rozdělena na část literárního přehledu a praktickou část, která byla provedena formou polního pokusu. Literární přehled je zaměřen na obecné informace o samotném ječmeni, jeho historii, morfologii a pěstování. Teoretická část se také dotýká kvalitativních prvků ječmene jarního, jako je obsah dusíkatých látek. Poslední část je věnována samotnému dusíku, jeho koloběhu, jednotlivým formám, fixaci vzdušného dusíku nebo příjmu rostlinami.

Polní pokus byl prováděn na vlastních rodinných pozemcích v katastrálním území obce Čakovice na Pelhřimovsku. Pozemek s výměrou 5,76 ha byl rozdělen na tři díly, které odpovídali jednotlivým variantám. Všechny varianty byly hnojené dávkou 80 kg N/ha. První varianta byla hnojena ledkem amonným s dolomitem + zde byla zaseta jetelotravní směs. Druhá varianta byla hnojena ledkem amonným s dolomitem (bez podsevu) a třetí varianta byla hnojena amidickou formou dusíku = močovinou. Na všech variantách byly zkoumány stejné výnosotvorné prvky, tedy počet odnoží, počet zrn v klasu, počet klasů/m² a obsah dusíkatých látek v znu.

Výsledky polního pokusu byly ovlivněny zejména srážkově nadprůměrným květnem a srpnem. V této době se rozhoduje o výnosu, ale i o kvalitě zrna. Ve všech sledovaných parametrech kromě obsahu dusíkatých látek vyšla nejlépe varianta hnojená močovinou, ale je nutné zdůraznit, že pokus nebyl v rámci bakalářské práce opakován a výsledky všech sledovaných parametrů byly na všech variantách velmi podobné. Obsah dusíkatých látek byl nejvyšší na variantě hnojené ledkem amonným s dolomitem bez podsevu, ale rozdíly mezi variantami nebyly opět významné.

Klíčová slova: jarní ječmen, dusík, výnos, polní pokus, hnojení

Effect of nitrogen form on spring barley grain yield

Summary

The bachelor thesis is focused on fertilizing of spring barley. The work examines in particular the influence of the form of nitrogen on the individual yield - forming elements of spring barley. Nitrogen occurs in several forms in mineral fertilizers, for this bachelor's thesis the nitrate, ammonium and amide forms will be especially important.

The bachelor thesis is divided into a part of a literary review and a practical part, which was performed in the form of a field experiment. The literature review focuses on general information about the barley itself, its history, morphology and cultivation. The theoretical part also touches on the qualitative elements of spring barley, such as the content of nitrogenous substances. The last part is devoted to the nitrogen itself, ie to its cycle, individual forms, fixation of atmospheric nitrogen or intake by plants.

The field experiment was carried out on own family plots in the cadastral territory of the village of Čakovice in the Pelhřimov region. The land with an area of 5.76 ha was divided into three parts, which corresponded to the individual variants. All variants were fertilized at a rate of 80 kg N/ha. The first variant was fertilized with calcium ammonium nitrate + a clover-grass mixture was sown here. The second variant was fertilized with calcium ammonium nitrate (without undersowing) and the third variant was fertilized with the amide form of nitrogen = urea. The same yield-generating elements were examined on all variants, ie the number of shoots, the number of grains in the ear, the number of ears/m² and the nitrogen content in the grain.

The results of the field experiment were mainly affected by above-average precipitation in May and August. At this time, it is decided on the yield, but also on the quality of the grain. In all monitored parameters, except for the nitrogen content, the best variant was fertilized with urea, but it is necessary to emphasize that the experiment was not repeated in the bachelor's thesis and the results of all monitored parameters were very similar in all variants. The content of nitrogenous substances was the highest in the variant fertilized with calcium ammonium nitrate without backing, but the differences between the variants were again not significant.

Keywords: Spring barley, nitrogen, yield, field experiment, fertilization

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Literární přehled	10
3.1	Historie ječmene jarního	10
3.2	Morfologie ječmene jarního	12
3.3	Agrotechnika ječmene jarního	14
3.4	Hnojení ječmene jarního	19
3.4.1	Hnojení fosforem	19
3.4.2	Hnojení draslíkem	19
3.4.3	Hnojení sírou	19
3.5	Kvalita a složení zrna	20
3.6	Charakteristika sladu	21
3.7	Dusík	22
3.7.1	Dusík v půdě	22
3.7.2	Dusík v rostlinách	25
4	Metodika	29
4.1	Lokalita pokusu	29
4.2	Charakteristika pozemku	29
4.3	Zpracování půdy a předplodina	31
4.4	Osivo	32
4.5	Založení pokusu	33
4.6	Hnojení	34
4.7	Průběh počasí	35
4.8	Ochrana ječmene jarního	37
4.9	Skližeň	38
4.10	Sledované parametry	38
4.10.1	Počet odnoží	38
4.10.2	Počet klasů/m ²	38
4.10.3	Počet zrn v klasu	38
4.10.4	Obsah dusíkatých látek v zrně	38
4.11	Výnos zrna	39
4.11.1	Teoretický výnos zrna	39
4.12	Polní deník	39
5	Výsledky	40
5.1	Počet odnoží	40
5.2	Počet klasů/m²	41
5.3	Počet zrn v klasu	42

5.4	Obsah dusíkatých látek v zrnu.....	43
5.5	Výnos zrna	44
5.5.1	Teoretický výnos zrna.....	44
6	Diskuze.....	45
6.1	Vliv stanoviště.....	45
6.2	Vliv předplodiny a zeleného hnojení	45
6.3	Vliv průběhu počasí	46
7	Závěr	48
8	Literatura.....	49

1 Úvod

Pro bakalářskou práci bylo zvoleno jako téma hnojení dusíkem. Dusík se vyskytuje v půdě v několika formách a jeho příjem je pro rostliny velice důležitý a zejména má veliký vliv na výnos polních plodin. Rostliny mohou přijímat pouze dusík v minerálních formách, kterými jsou amonniáková forma, nitrátová forma a za specifických podmínek i amidická forma (např. mimokořenová výživa rostlin). Vzdušný dusík není pro rostliny přístupný, stejně tak i dusík vázaný v organických sloučeninách. Pro příjem těchto forem dusíku je nutná jejich transformace pomocí mikroorganismů do minerálních forem.

Výživa dusíkem je celospolečensky velmi diskutována, neboť často dochází k přehnojování touto živinou. Dusík, ačkoli je pro rostliny nezbytný, může kontaminovat spodní nebo povrchové vody a v tu chvíli se v určitých koncentracích stává pro člověka toxický, toto nastává nejčastěji u malých dětí, které jsou na nitráty ve vodě velmi citlivé. Toto nadužívání reguluje nitrátová směrnice, která se snaží omezit přehnojování a tedy nespotebovávání polními plodinami, omezit. V podobném duchu je myšlena i dohoda Green-Deal, která se snaží dovést státy Evropské unie k formě dlouhodobě udržitelného zemědělství.

Jako pokusná plodina byl zvolen ječmen jarní dvouřadý. Jelikož se jednalo o odrůdu pěstovanou pro sladovnické účely, bylo hnojení dusíkem, a tedy obsah dusíkatých látek v zrně, velmi důležité. Základními výnosotvornými prvky u jarního ječmene jsou počet odnoží, počet klasů/m² a počet zrn v klasu, které byly sledované v této práci. Mezi sledovaný kvalitativní prvek se řadí obsah dusíkatých látek v zrně.

2 Cíl práce

Cílem celé práce je ověřit, jakým způsobem působí jednotlivé formy dusíku na výnos zrna ječmene jarního. Porovnat vlivy na tvorbu sledovaných výnosotvorných prvků a obsah dusíkatých látek v zrně v poloprovozních podmínkách.

Hypotézy:

- 1) Předpokládám, že při hnojení močovinou bude vyšší obsah dusíkatých látek v zrně jarního ječmene, než při hnojení LAD.
- 2) Předpokládám, že při hnojení močovinou bude vyšší počet odnoží jarního ječmene než, při hnojení LAD.
- 3) Na variantě hnojené LAD předpokládám vyšší počet zrn v klasu, než na variantě hnojené močovinou.

3 Literární přehled

3.1 Historie ječmene jarního

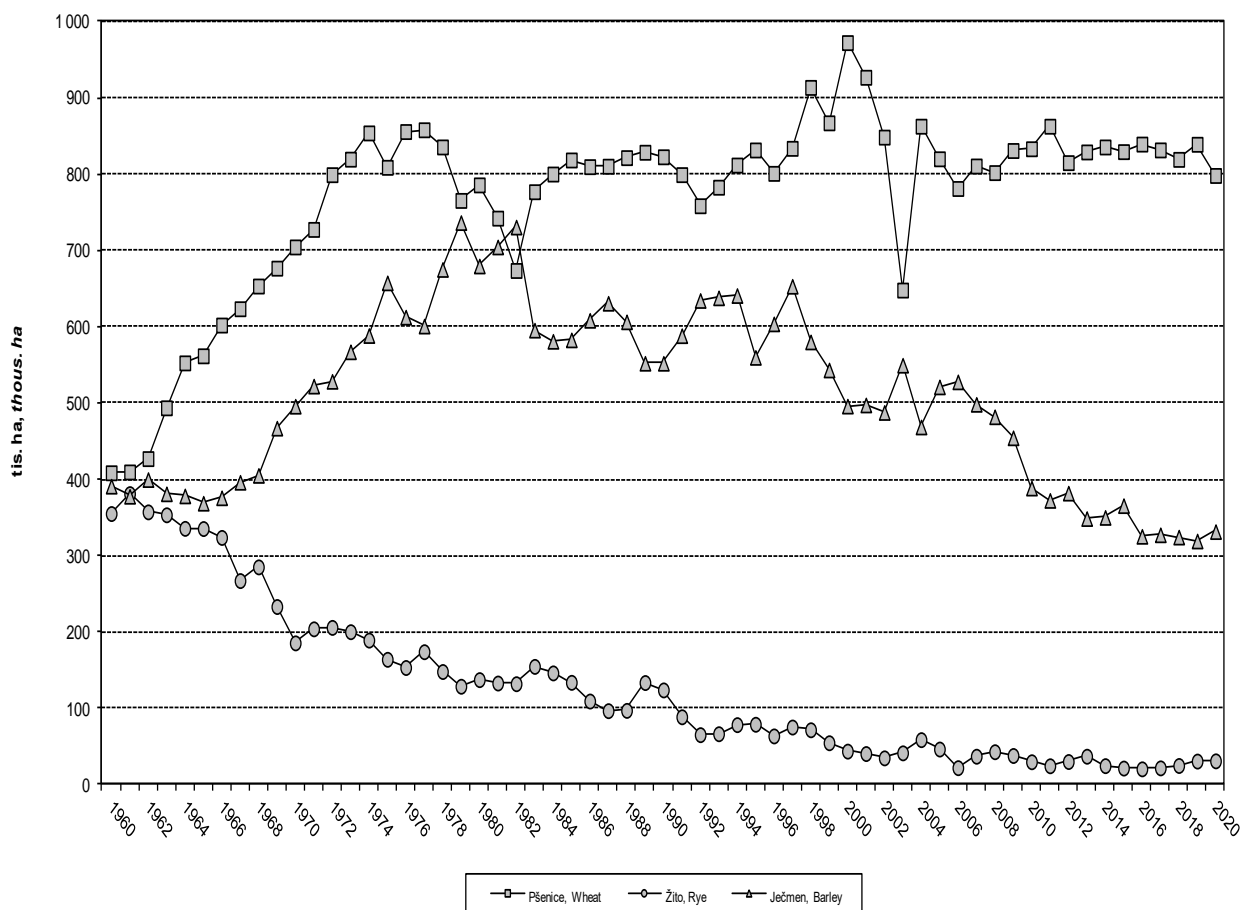
Ječmen zařazujeme vedle pšenice mezi nejstarší obilniny. O jeho pěstování před několika tisíciletími svědčí různé nálezy z vykopávek v Číně, Přední Asii, Arménii, Iráku a na dalších místech. Nejstarší nálezy a zobrazení znázorňují ječmen víceřadý, jehož zrna se nacházejí nejčastěji společně se zrny pšenice. Ječmeny dvouřadé se objevují až později, po přechodu ze starověku do středověku. K podstatnému rozšíření pěstování ječmene přispělo zavedení norfolkského osevního systému, který poskytoval ječmeni výbornou předplodinu – řepu (Špaldon et al. 1981).

Příběhy, ve kterých jsou zmínky o ječmenu a pokrmu z něj, existují i v nejstarší řecké, indické, židovské, mezopotámské nebo třeba čínské mytologii. Velmi významnou úlohu hrál ječmen u starých Řeků a Římanů. Ječná kaše byla v té době běžným jídlem. Ječmen posiloval při kláních gladiátory v aréně, jimž se také přezdívalo „ječmen-jedlíci“. Ječné odvary se užívaly též jako náhradní výživa kojenců a posilující prostředek pro rekonvalescenty a těžce nemocné. V Tibetu se ječmen stal základní potravinou v 5. století našeho letopočtu. Starověké národy pěstovaly ječmen nejen jako poživatinu, ale vařily z něj i pivo. Ječné pivo byl pravděpodobně první nápoj vyvinutý lidmi v mladší době kamenné. Zrno ječmene se používalo také jako nejmenší váhová a délková jednotka. O jeho obrovském významu svědčí, že byl používán i jako měna. Na území, kde se dnes rozkládá Česká republika, se podle údajů z archeologických nalezišť ječmen pěstuje údajně už 5000 let. Z ječmene se u nás dříve dělala mouka a pečivo a také různé kaše. Ve středověké Evropě byl běžným pokrmem chléb z ječmene a žita. Později ječmen vytěsnila pšenice a zůstal jen ve výživě chudších vrstev (Příhoda et al. 2012).

Postavení jarního ječmene v našem obilnářství mělo do roku 1990 poměrně stabilní a příznivé podmínky, kromě období dvou světových válek. Po celé období První republiky tj. 1919-1938 byla osevní plocha jarního ječmene okolo 350 tisíc hektarů s výnosem mírně pod 2 tuny na 1 ha. Po II. světové válce sice v prvních letech osev klesl pod 300 tisíc ha, ale záhy se až do roku 1968 pohyboval okolo 350 tisíc ha (357,4 tis.). V roce 1969 se osevní plocha téměř zdvojnásobila a vzrostla na 655,2 tisíc, a na této vysoké úrovni zůstala až do roku 1983, kdy poklesla opět na 436 tisíc ha, a pokles osevu pokračoval na 350 tisíc. To ovšem souvisí s poměrně rychlým rozšířením ozimého ječmene, který byl velmi výnosný a v tehdejších zimách dobře přezímoval. V roce 1992 stoupl osev jarního ječmene

o 100 tisíc ha a v roce 1998 opět klesl pod 400 tisíc ha, což je plocha, která neumožňuje s jistotou získat dostatek kvalitního sladovnického ječmene pro domácí zpracování a na vývoz. V některých letech byl vlivem nepříznivého počasí podíl kvalitního ječmene z celkové sklizně sotva 20 %. Tuto skutečnost umocňuje, významný pokles výnosů jarního ječmene. Rozdíl mezi průměrným výnosem v letech 1989 a 1991 a výnosem v letech 1992-2003 je přes 1 tunu, což by ročně znamenalo asi 90 kg. V předcházejícím třicetiletém období se naopak výnos postupně zvyšoval ročně až o 70 kg. Příčiny poklesu osevních ploch jsou zcela zřejmé z cenového přehledu, kdy při poklesu nákupní ceny pod 3000 Kč a při odbytových potížích se pěstitelé raději orientovali na potravinářskou pšenici než na jarní ječmen.

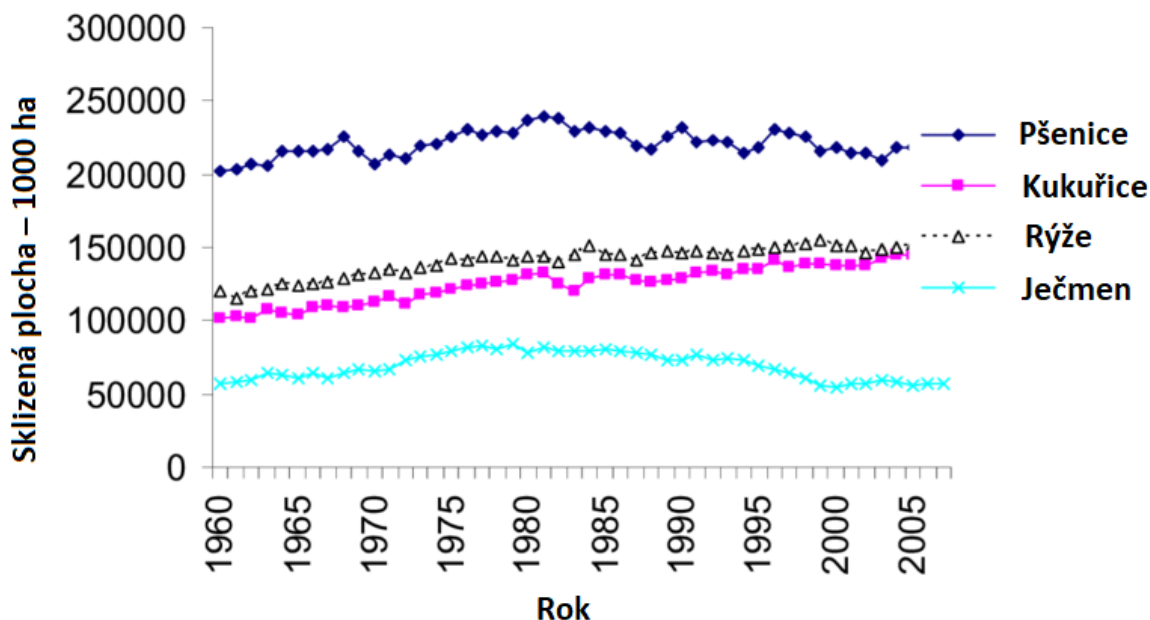
Graf 1: Plochy ječmene na našem území v porovnání s dalšími plodinami



Zdroj: Český statistický úřad 2020

Graf 2 zobrazuje velikost oseté plochy ve světě, která klesla z více než 80 milionů ha na zhruba 55 milionů ha. Roční světová sklizeň ječmene na konci století činila přibližně 140 milionů tun. Je velmi všestranný ve všech směrech a během svého vývoje se dobře přizpůsobil. Ve skutečnosti se jedná o nejvíce adaptabilní obiloviny. Velká část světového ječmene se vyrábí v regionech, kde obiloviny, jako je kukuřice a rýže, nemohou dobře růst. Zasahuje do arktické nebo subarktické oblasti. Některé druhy se blíží k subtropické zóně. Druhy hordeum se vyskytují ve většině oblastí se středomořským podnebím. Rod je také zastoupen v zónách s oceánským i kontinentálním podnebím (Zhou 2010).

Graf 2: Plochy jednotlivých plodin ve světě



Zdroj: Zhou 2010

3.2 Morfologie ječmene jarního

Stéblo je vysoké 80-130 cm se skládá ze 4-8 článků, které jsou odděleny kolénky. Čárkovité pravotočivé listy mají světle zelenou barvu. Na rozhraní listové pochvy a čepele se nachází krátký rovný blanitý jazýček. Dlouhá ouška obepínají celé stéblo a značně se překrývají. Květenstvím je lichoklas složený z jednokvětých klásků, který bývá čtyřřadý nebo šestřadý, vzácně dvouřadý. Vřeteno lichoklasu je na uzlinách hustě krátce chlupaté, nečlánkované a za zralosti se nerozpadá. Z pluchy prostředních klásků vyrůstá 6-12 cm dlouhá osina. Osina bývá hladká nebo zubatá, avšak existují i formy bez osin. Plodem je

obilka, která u pluchatých variet srůstá s pluchou a pluškou, zatímco u nahých variet plucha obilku volně objímá. Ječmen kvete v květnu a červnu (Kubát et al. 2002).

Z hlediska vývoje trav rozlišujeme několik charakteristických stadií – stadium semene, semenáčku (vzcházející rostlinka žije ze zásobních látek semene – trvá 1-3 týdny), následuje stadium juvenilní, které trvá několik měsíců, virginální, kdy je tráva již dospělá, ale dosud sterilní (může trvat měsíce, ale i roky), generativní, kdy tráva vytváří pravidelně generativní orgány (trvá několik let) a nakonec stadia subsenilní a senilní, kdy převažuje stále více odumírání odnoží nad tvorbou nových. Tato stadia lze oddálit správným ošetřováním trávníku a prodloužit tak jeho životnost (Straka et al. 2011).

Po vyklíčení závisí růst nadzemních částí na aktivitě apikálních meristémů, které vytváří opakující se „moduly“ zvané fytomery. Základní fytomer sestává z internody (segment stonku), listu a axilárního pupenu. Konkrétní průběh růstu se liší situace od situace a závisí na faktorech prostředí, jako je světlo vlhko, teplota. Ze dvou identických semen vyrostou odlišné rostliny, pokud vyklíčí na suchém horkém místě nebo ve vlhku a ve stínu. V závislosti na genotypu (odrůdě) a podmínkách prostředí (průběhu počasí), ale také době setí, může být u ječmene vytvořen různý počet listů s různým počtem bazálních internod, které zůstávají krátké, a dalších, které se prodlužují po přechodu z vegetativní do reprodukční (generativní) fáze (Černý et al. 2020).

Trávy, od přírody štíhlé a relativně vysoké rostliny, vyžadují odpovídající zakotvení v půdě. Na rozdíl od dvouděložných druhů se na bázi lodyhy nevyvíjí hlavní či kulový kořen, ale velmi hustý a rozvětvený kořenový systém, který kromě příjmu živin a vody a ukládání zásobních látek zajišťuje pevnou fixaci travních výhonů v půdě a vytváří tak předpoklad pro značnou mechanickou zátěž travního drnu. Délka života kořenů, hloubka zakořenění, hmotnost a rozvrstvení kořenového systému vykazují značné druhové a odrůdové rozdíly, které mohou být modifikovány vlivem stanoviště, úrovní ošetřování a účinkem stresu. Čím hlouběji sahají kořeny, tím lépe mohou získávat vláhu i z větších hloubek a tím odolávat stresům ze sucha. Hloubka prokořenění klesá s rostoucí četností kosení a vyšším utužením vegetační vrstvy. Na intenzivně zatěžovaných plochách se nachází 80-90 % veškeré kořenové biomasy ve svrchní vrstvě půdy 0-50 mm (Straka et al. 2011).

Přechod z vegetativní do generativní fáze u jarního ječmene pěstovaného za příznivé teploty a světelných podmínek obvykle probíhá během časných stadií vývoje (2-4 týdny po vyklíčení). Obecně se jedná o přeměny, které jsou řízeny geneticky a hormonálně, ale velký vliv mají také environmentální faktory. První fáze vývoje vegetačního vrcholu určuje, kolik se na rostlině vytvoří odnoží. Rozhodující období je během tvorby listů

(cca 2.-6. list). Dále je již diferencován klas. To je zejména v období odnožování. Toto, často krátké období, tak rozhoduje o budoucím počtu zrn v klasech. Na rozdíl od ozimých obilnin by u jarního ječmene přihnojení dusíkem v období sloupkování tvorbu výnosu již výrazně nepodpořilo, pokud předchozí podmínky neumožnily „přirozený vývoj klasů“. V několika týdnech počátečního vývoje jarního ječmene tak může být rozhodnuto o výnosu, neboť jsou formovány hlavní výnosotvorné prvky, a to počet odnoží (resp. počet klasů na jednotku plochy) a počet zrn v klasech (Černý et al. 2020)

Vzhledem k odnožovací schopnosti jarního ječmene a nebezpečí poléhání není vhodné zvyšovat doporučené výsevky. V řepařské výrobní oblasti je doporučován výsevek 3,5 milionu klíčivých zrn na hektar (většinou nejpříznivější podmínky). V kukuřičné oblasti (riziko prísušků) a v obilnářské oblasti je rozmezí výsevku 3,5-4,0 MKZ na 1 ha. V bramborářské a píceňářské oblasti lze pěstovat jarní ječmen jen pro nesladovnické účely při výsevku 4,0-4,5 MKZ na 1 ha. Zvýšení výsevku o 0,5 MKZ má opodstatnění jen při velmi pozdním setí po 15. dubnu (Faměra 2002).

Kritické období pro realizace počtu produktivních stébel i počtu zrn v klase je vymezováno růstovou fází 2.-3. listu a polovinou sloupkování. V tomto období dochází k utváření základů těchto výnosotvorných prvků i k jejich zásadní redukci. Výsledky z četných pokusů prokazují, že pro dosažení špičkových výnosů jarního ječmene na úrovni okolo 8-9t/ha by se měla hustota klasů pohybovat mezi 800-1000 klasů /m². Zvyšování počtu klasů nad hodnotu 1000 klasů/m² je ovšem provázeno snižováním podílu předního zrna a při hodnotách nad 1100 klasů/m² může být redukován i výnos (Klem et al. 2006).

3.3 Agrotechnika ječmene jarního

Struktura půdy – prostorové uspořádání jednotlivých částic, jejich agregátů aporů – hraje mnohostrannou klíčovou roli ve faktorech určujících výkonnost plodin a vegetace (Letey, 1985; Hamblin, 1985; Passioura, 1991; Brussaard a Kooistra, 1993). Mezi tyto faktory patří nejen fyzikální a fyzikálně-chemické procesy a účinky biologické aktivity, které interagují s využíváním půdy a počasím, ale také postupy obhospodařování (zpracování půdy, odvodnění, zavlažování, hnojení a mulčování) určené k vytvoření a nebo udržení optimálních podmínek pro vznik, zakořenění a příjem vody a živin (Miedema 1997).

Pěstování ječmene je možné ve všech výrobních oblastech. Nároky ječmene na teplotu a vláhu nejsou velké, ale zato má vysoké nároky na půdu. Nejvhodnějšími půdami jsou černozemě, hnědozemě, dále pak hlinité a jílovito-hlinité půdy s pH v řepařské oblasti 6,2-7,2, v bramborářské oblasti 5,8-6,2. Nevhodné jsou půdy se ztuhnutým podorničím.

Jarní ječmen (pěstovaný u nás obvykle jako dvouřadý pro sladovnické a potravinářské účely) je vhodnější pro EZ než ozimý. Jeho pěstování ztěžuje slabě vyvinutý kořenový systém a potřeba rychlé dodávky lehce rozpustných živin v krátké době (Škeřík et al. 2008)

Ječmen je velmi přizpůsobivá plodina. Má nesmírně široký pěstební areál, od arktických oblastí až po oázy Sahary. Ječmen vlastně určuje horizontální a i vertikální hranici pěstování obilnin. Optimální podmínky pro růst však nachází právě ve střední Evropě, v nadmořských výškách 200-300 m, s průměrnými teplotami 9 °C a srážkami 500-600 mm (Krejčířová et al. 2007).

V souvislosti s nižší produkcí hnoje roste význam předplodiny a kvality zaorávaných posklizňových zbytků. Výrazná redukce ploch cukrovky na cca 52 tisíc ha v roce 2015 a cca 60 000 ha v roce 2016, brambor na 23,5 tisíc ha, vedla k nutnosti orientovat se u jarního ječmene na jiné předplodiny dříve netypické pro jeho pěstování. Zde je důležité především respektovat množství a kvalitu posklizňových zbytků. U posklizňových zbytků je zvláště důležité vycházet z hodnoty poměru C:N, který by se měl pohybovat v rozpětí 1 : 25-35. Pokud tento poměr není dodržen, je třeba ho před jejich zapravením do půdy upravit dusíkatými hnojivy (Hřivna et al. 2017).

Ještě větší setrvačnost v působení na jarní ječmen může mít zaorávka zeleného hnojení nebo dnes již obvyklá zaorávka řepného chrástu. Oba typy organického hnojení jsou do půdy zapravovány pozdě na podzim, takže rozklad v půdě závisí na průběhu teplot během zimy. Největší problémy mohou mít pěstitelé sladovnického ječmene, jestliže během zimy je půda zamrzlá a jaro je suché. Opětovné uvolňování dusíku mineralizací se posune do druhé poloviny vegetace, kdy nepříznivě ovlivní obsah N-látek v zrně sladovnického ječmene (Faměra et al. 1996)

Základním agrotechnickým opatřením pro jarní obilniny zůstává nadále podzimní orba. Jarní ječmen vyžaduje dobře provzdušněné půdy, nedostatek kyslíku pro respiraci kořenů ječmen špatně snáší. Doporučená hloubka podzimního zpracování půdy se pohybuje v rozmezí 15-22 cm, v závislosti na předplodině a fyzikálním stavu půdy. Pokud se na pozemku nevyskytují vytrvalé plevele, lze i v podmínkách ekologického zemědělství využívat minimalizace, jak snižováním hloubky zpracování, tak náhradou orby zpracováním půdy kypřiči nebo talířovým nářadím. Je však třeba mít na paměti, že orba má významný vliv na redukci zapevelení i jednoletými plevele. Minimalizační technologie lze využívat po téměř všech předplodinách. Z významnějších předplodin se jejich použití jeví jako nevhodné po kukuřici, a to zejména po kukuřici na zrno. Na základě experimentálních výsledků i četných praktických zkušeností panuje vcelku shoda v tom, že uplatnění

minimalizačních technologií k hustě setým obilninám je vhodné na úrodných půdách kukuřičné, řepařské i obilnářské oblasti. V horších půdně – klimatických podmínkách (mělké, méně úrodné půdy, chladnější a humidnější prostředí) vede minimalizace zpracování půdy k výnosové depresi (Svobodová et al. 2017).

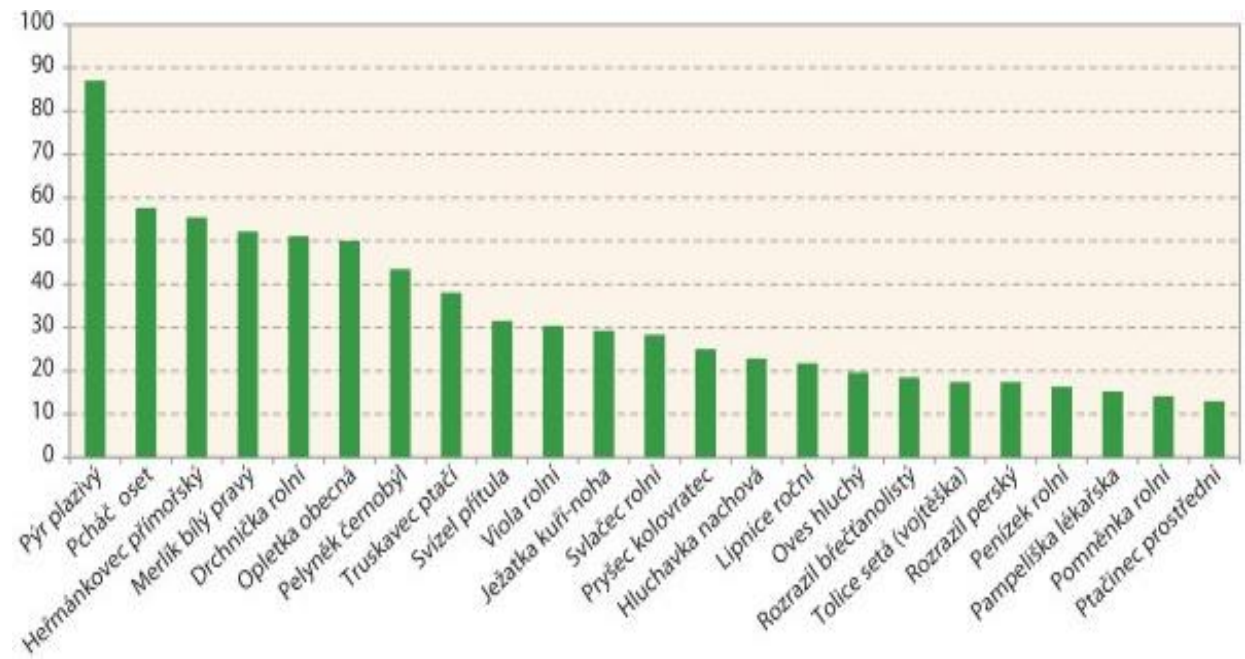
U jarního ječmene rozhoduje setí o mnohých vlastnostech porostu i konečném výnosu částečně i kvalitě. Všichni pěstitelé znají, že jarní ječmen se musí dostat do půdy co nejdříve, aby vzešlé rostliny byly příznivě ovlivňovány krátkým dnem. Za těchto podmínek pokračuje vývoj vzrostného vrcholu pomaleji a prodlužuje se vegetativní období růstu ječmene, tj. odnožování. V letošním roce byly v nižších polohách velmi příznivé podmínky pro časnou setí jařin. Kdo nelenil, včas ječmen zasil. Zahájení setí na jaře je limitováno více vlhkostí půdy než teplotou vzduchu. Půda se při přípravě a setí nesmí mazat (přílišná vlhkost), aby se osivo nadměrnou vlhkostí neuzavřelo a nedusilo se. Ječmen potřebuje při klíčení a vzcházení dostatek vzduchu, aby porost rovnoměrně vzešel. K tomu přispívá i mělká hloubka setí 2-3 cm. Setí je prováděno výkonnými samostatnými sečkami nebo secími kombinacemi – při jednom pojezdu – příprava půdy a setí. Významná je kvalita osiva. Uzané, tedy odzkoušené, osivo má předpoklady pro rovnoměrnější vzcházení a počáteční růst, než špatně upravené vlastní osivo s neznámými vlastnostmi. Nezanedbatelnou úpravou osiva je moření, které chrání proti chorobám přenosným osivem – pruhovitostí ječmene, sněti prašné. Osivové hodnoty slouží k výpočtu výsevky podle skutečných vlastností osiva (Faměra 2002).

Stres suchem je jedním z nejvýznamnějších abiotických stresorů ovlivňujících výnos plodin. Vliv stresu suchem na růstové a vývojové projevy rostlin je dán jeho intenzitou, dobou trvání a počátkem působení. Nedostatek vody v generativní fázi vegetace může způsobit zřetelné výnosové ztráty. Významnou roli hraje kořenový systém a jeho schopnost získávat v kritických obdobích vodu a živiny. Hloubka pronikání kořenů je geneticky determinována a způsobilost získat vodu z méně dostupných míst může být esenciální vlastností rostlin pro přežití déletrvajících přísušků. Lynch (1995) považuje vhodně rozložený kořenový systém v půdě za klíč ke zvýšení produktivity rostliny. Dostupnost zdrojů determinuje také poměr podzemní a nadzemní části rostliny a mění tak strategii rostlin, která je projevem jejich genetických předpokladů v úzké souvislosti s požadavky prostředí (Noordwijk a kol., 1998).

Jarní ječmen je schopen efektivně potlačovat především dvouděložné plevely a to i na pozemcích s vysokou zásobou plevelných semen v půdě. Mezi hlavní plevelné druhy patří pýr plazivý, pcháč oset – graf 3. Vysoká konkurenční schopnost jarního ječmene předpokládá rychlý růst jak kořenové, tak nadzemní biomasy, což je závislé nejen na průběhu

počasí, ale především na přípravě půdy, termínu a kvalitě výsevu, odrůdě a obsahu živin v půdě (Graf 4). To znamená, že jarní ječmen je schopen potlačovat vzešlé plevele a udržovat porost nezaplevelený až do sklizně pouze za určitých podmínek (Klem 2001).

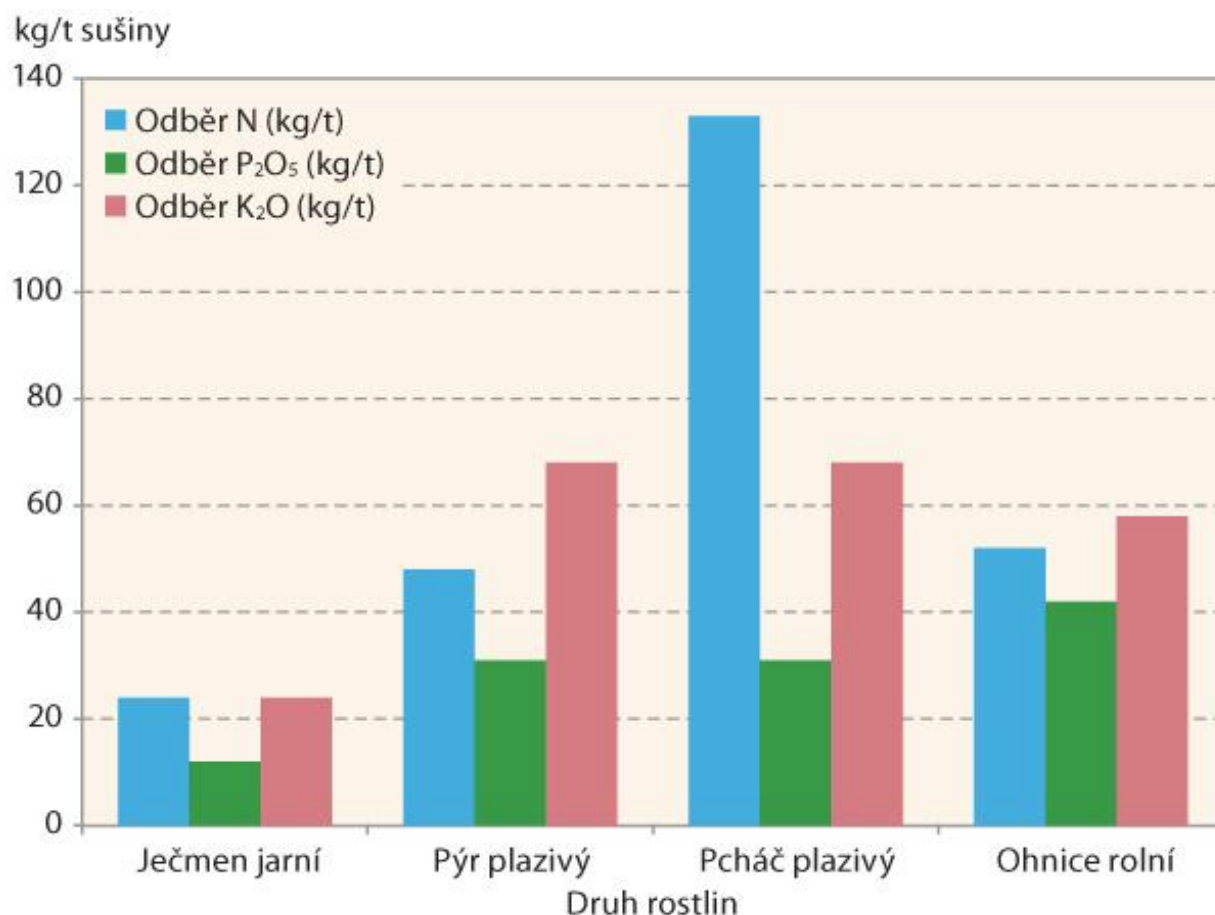
Graf 3: Nejčastější plevelné rostliny v jarním ječmeni (jednotlivé druhy v celém spektru)



Zdroj: Winkler 2018

Množství srážek je jedním z určujících faktorů druhové rozmanitosti rostlin na daném stanovišti (Moravec, 2000) Voda patří k nejvýznamnějším vegetačním činitelům a je důležitá pro přežití, růst a rozmnožování rostlin. Srážky tak určují, zda na daném stanovišti budou druhy snášející více srážek nebo naopak druhy, které snesou částečné období sucha (Winkler, 2011). Podle Hrona (1953) mají některé druhy plevelů mohutnější kořenový systém, kterým lépe získávají živiny a vodu z půdy než plodiny, proto snadněji vzdorují nedostatku vody. Plevelé jsou stejně jako ostatní vegetace ovlivňovány meteorologickými charakteristikami. Jednou z těchto charakteristik jsou srážky v jarním období. Ty mohou vést ke změně intenzity klíčení plevelů v jarním období a k odlišnému zaplevelení jarních plodin (Winkler et al. 2013).

Graf 4: Odběr živin jednotlivými plevelnými druhy



Zdroj: Winkler 2018

Z pohledu kvality zrna a také jeho výnosu je potřebné zajištění dobrého zdravotního stavu rostlin v průběhu celé vegetace. Vliv chorob asimilačních orgánů na jakost je v podstatě nepřímý–narušením metabolismu a snížením asimilační plochy je negativně ovlivněn transport asimilátů do zrna, tím se snižuje i HTZ a výtěžnost předního zrna (Černý et al. 2007).

Nejčastější choroby ječmene jarního jsou: padlí travní (*Blumeria graminis*) (v hustých porostech) hnědá skvrnitost a pruhovitost lisů (*Drechslera teres*) a žlutá virová zakrslost (barley yellow dwarf virus). Žlutá zakrslost je přenášena mšicemi, takže je důležité pečlivě zaorat posklizňové zbytky (strniště) napadených honů a podporovat přirozené nepřátele mšic. Ze škůdců v teplejších oblastech bejlomorka (ječmen nesejeme do blízkosti honů, kde byl pěstován v předešlém roce). Účinnou ochranu před chorobami poskytne osevnický postup, výběr odolných odrůd a dodržení zásad správné agrotechnické praxe (Konvalina et al. 2008).

3.4 Hnojení ječmene jarního

3.4.1 Hnojení fosforem

Fosfor je jedním z nejdůležitějších prvků pro růst po dusíku. Má významné zastoupení v několika biochemických a fyziologických funkcích. Ovlivňuje fotosyntézu, transport látek, převod asimilátů na škrob a přenos genetických informací (Mehrvaz et al. 2008).

Fosfor je pro rostliny velmi důležitým prvkem, protože pomáhá správnému vývoji kořenového systému a také urychluje zralost. Je nezbytný pro tvorbu semen, syntézu proteinů a enzymů, ale také je nezbytný pro téměř všechny aspekty růstu rostlin (Abbas et al. 2016).

3.4.2 Hnojení draslíkem

Při dostatku draslíku v rostlinách je lepší vyžívání pletiv a zlepšuje se anatomická stavba pletiv – jsou silnější buněčné stěny, zmnožují se sklerenchymatické buňky a snižuje se nebezpečí poléhání. Nadbytek draslíku porušuje rovnováhu živin a snižuje tvorbu odnoží. Draslík zlepšuje zdravotní stav a kvalitu zrna. Působí na jemnost pluch, příznivě působí na obsah škrobu v zrně, na kyprost endospermu a snižuje obsah dusíkatých látek v zrně. Vysoká zásobenost půdy draslíkem inhibuje tvorbu odnoží, výrazně zvyšuje obsah hrubých bílkovin v sušině zrna, snižuje obsah škrobu, extraktivnost sladu, Kolbachovo číslo a relativní extraktivnost při 45 °C.

Draselná hnojiva se doporučuje aplikovat ve všech výrobních podmínkách na podzim, spolu s organickými hnojivy. Při podzimní aplikaci dáváme přednost 40 % draselné soli před 50 a 60 %. Podle výsledků rozborů půdy můžeme použít startovací dávku hnojiva před setím a na základě koncentrace draslíku v rostlinách se dříve doporučovalo dohnojování v průběhu vegetace (Příkopa 2005).

3.4.3 Hnojení sírou

Síra patří k významným esenciálním živinám a hraje zásadní roli v rostlinném metabolismu. Její nedostatek vede ke snížení výnosu a negativně ovlivňuje nutriční a technologickou kvalitu zrna ječmene jarního. Se snižováním atmosférických vstupů a změnami v praktikách hnojení se začíná vyskytovat deficit síry v půdě. V případě ječmene, který sklizní odebírá přibližně 15–25 kg.ha⁻¹ síry, není tomuto problému zatím věnována odpovídající pozornost. Potřeba síry pro ječmen je spjata s tvorbou bílkovin a sirných aminokyselin. Pro dosažení vyšší kvality zrna a sladu je doporučeno aplikovat síru i v pozdějších fázích růstu rostlin. To může snížit koncentraci dusíku v zrně a příznivě

ovlivnit extrakt ve sladu a hodnotu Kolbachova čísla. Síra má vliv také na kvalitativní parametry vyráběného piva. Za určitých podmínek mohou vznikat sloučeniny ovlivňující nepříznivě jeho senzorickou kvalitu. Patří k nim např. dimethylsulfid (DMS), produkovaný v průběhu sladování i při výrobě piva z jeho prekurzorů (PDMS). U světlých sladů se hodnota DMS pohybuje v rozmezí 2-15 mg/kg, u tmavých 1-3 mg/kg (Hřivna et al. 2010).

3.5 Kvalita a složení zrna

Ječmen je velmi univerzální obilovina. Je to jedna ze základních surovin pro výrobu piva, používá se jako krmivo pro hospodářská zvířata a částečně ve výživě člověka. V současné době jsou kvalitativní parametry pro vaření zrna ječmene velmi dobře specifikovány. Nicméně některé látky v zrně ječmene, které jsou z hlediska výroby piva a krmiva pro hospodářská zvířata nežádoucí, mají vědecky prokázané výhody pro lidské tělo. Tato studie popisuje složky v zrně ječmene s pozitivními účinky na lidskou výživu (Zavřelová 2014).

Velikost zrna je důležitým popisným znakem založeným na fyziologii obilí. Konečná velikost zrna je určena vlivy prostředí, které ovlivňují biochemické složky v samotném zrně (Coventry et al. 2003). Velikost zrna pohybující se nad 2,5 mm poskytuje zvýšenou kvalitu zrna pro sladovnické účely (Agu et al. 2007). Tvrdost zrna je vlastnost, podle které se určuje struktura a složení ječmene. Odrůdy sladovnického ječmene lze charakterizovat jako měkké odrůdy, zatímco krmný ječmen je tvrdý (Alison et al. 1976).

Hlavní částí zrna ječmene je endosperm, embryo a obaly. Endosperm se skládá ze škrobových zrn a okolní aleuronové vrstvy. Škrobnatý endosperm tvoří největší morfologickou část zrna ječmene obsahující cca 75 % své hmotnosti (Evers & Millar 2002).

Škrobový endosperm slouží jako úložiště živin pro rostoucí embryo během klíčení. To se sestává z mrtvých buněk postrádajících jádra a obsahujících vložené škrobové granule v matici zásobních proteinů. Okolní buněčné stěny se skládají ze smíšených vazeb (1-3,1-4)-D-glukan (B-glukan) a arabinoxylan v podílech 75 % a 20 % (Fincher & Stone 1986).

Aleuronová vrstva v zrně ječmene se skládá ze 2-4 řad buněk se silnými buněčnými stěnami skládající se převážně z arabinoxylanu, zatímco B-glukan je minoritním komponentem (Fincher a Stone 1986). Aleuronové buňky obsahují bílkoviny, lipidy, vitamíny a minerály. Aleuronové buňky jsou ve srovnání s buňkami škrobového endospermu izodiametrické. Kromě embrya je aleuronová vrstva jedinou částí zrna obsahující živé buňky (Evers & Millar 2002).

Embryo se skládá z koleoptýle, listových základů a apikálního meristému, uzlová oblast mezi kořenem a výhonkem je pokryta koleorhizou. Embryo je odděleno od endospermu štítkem, což je modifikovaný kotyledon. Nejvzdálenější vrstva scutellum, směřuje k vnější vrstvě endospermu, což je v této části zrna vrstva stlačených buněk, vytvořených ze stlačeného materiálu buněčné stěny (Palmer 1998).

3.6 Charakteristika sladu

Sladování je řízený proces klíčení sestávající z máčení nebo hydratace zrna, fáze klíčení ve vlhkých podmínkách a nakonec ukončení fyziologické aktivity zrna zahříváním během fáze zvané pečení. Cílem sladování je v zásadě uvolnit škrobové granule z okolní buňky stěny a proteinová matrice, aby se z nich mohly optimálně uvolňovat fermentovatelné cukry během procesu vaření (Swanston et al. 2014).

Sledované parametry kvality sladu = 1. Aktivita α -amylasy – aktivita enzymu je závislá na odrůdě a podmínkách sladování, tvoří se de novo. Gibereliny z embrya vnikají do aleuronové vrstvy, ve které indukují tvorbu α -amylasy, která s dalšími hydrolytickými enzymy v endospermu odbourává škrob. 2. Obsah β -glukanů ve sladu – endospermální buňky u štítku obsahují β -glukany, které ovlivňují pohyb hydrolytických enzymů ze štítku do endospermu. Je to významný parametr pivovarské jakosti sladu. Množství odbouraného β -glukanu (BGI) je ukazatelem aktivity β -glukanasy a technologických podmínek sladování. Buněčné stěny v endospermu bohaté na β -glukan se štěpí během sladování. Tento proces se zviditelní barvivem Calcofluor, které specificky reaguje na β -glukanasy obsažené v buněčných stěnách. V UV světle analyzátoru (systém Carlsberg) jsou rozluštěné části zrn výrazně modré, nerozluštěné světlejší až bílé. 3.-4. Homogenita a modifikace sladu – metoda rozboru kvality sladu dle EBC (metoda dle Carlsbergu), která objektivně posoudí úroveň podmínek sladování a umožní vysoce spolehlivý odhad dalších parametrů jakosti sladu. 5. Výtěžnost sladování – významný ekonomický parametr. Pomocí něho lze zpětně posoudit průběh technologie sladování a fyziologický stav zrna (Fišerová et al. 2010).

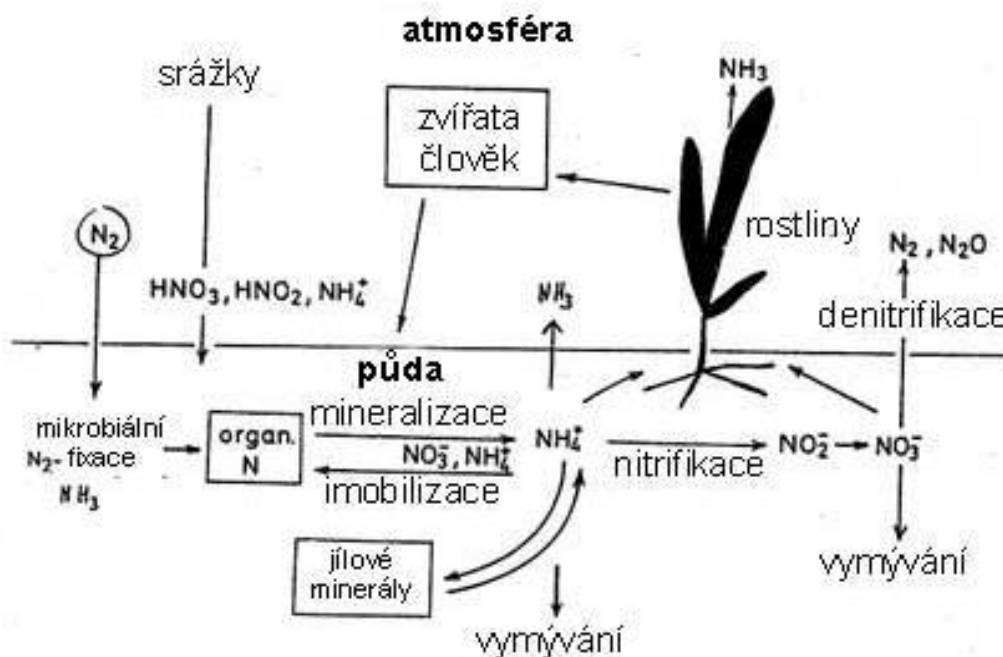
3.7 Dusík

CYKLUS DUSÍKU (Obr. 1)

Dusík je zásadně důležitou složkou pro celý život. Je důležitou součástí mnoha buněk a procesů, jako jsou aminokyseliny, proteiny a dokonce i naše DNA. Je také nutné vyrábět chlorofyl v rostlinách, který se používá při fotosyntéze k výrobě potravy (Miedema 1997).

Dusík existuje v systému v mnoha formách a změny (transformace) probíhají velmi snadno. Tento proces nazýváme cyklus dusíku (Lamb et al. 2014).

Obr. 1: Koloběh dusíku v přírodě



Zdroj: Richter 2007

3.7.1 Dusík v půdě

Hlavním zdrojem dusíku pro rostliny jsou amonné a nitrátové ionty obsažené v půdě. Obsah celkového dusíku v ornici (svrchní vrstva půdy 0-25 cm) je poměrně stálý (98-99 % organicky vázaný dusík a 1-2 % anorganicky vázaný dusík), protože je v rozhodující míře zabudovaný do těžce biologicky i chemicky rozložitelných sloučenin. Dusík je zde vázán

na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin, huminů a dalších složitých organických sloučenin. Průměrný obsah dusíku v ornici se pohybuje v rozmezí 0,11-0,23 %. V závislosti na půdním typu se za vegetační období z půdních zásob (organicky vázaného dusíku) zpřístupní mineralizací 90-200 kg N na hektar. Mineralizace (tvorba anorganického dusíku) probíhá aerobním rozkladem půdní organické hmoty. Vzniklé aniony NO_3^- se nacházejí v půdním roztoku a kationy NH_4^+ jsou výměnným způsobem vázány na půdní sorpční komplex nebo pevně fixovány do mezivrstevových prostorů jílových minerálů. Koncentrace anorganického dusíku v půdním roztoku je relativně nízká a např. u dusičnanového dusíku se pohybuje od 0,1 do 1,0 mmol/l (Zehnálek et al. 2006).

Kromě N_2 a NH_3 , existuje dusík v mnoha různých formách, a to jak anorganických (například amoniak, dusičnan) a organické (například, amino a nukleových kyselin) formy. Dusík tedy prochází v ekosystému mnoha různými transformacemi, které se mění z jedné formy na druhou, protože organismy ji používají pro růst a v některých případech pro energii. Hlavní transformace dusíku jsou fixace dusíku, nitrifikace, denitrifikace (Bernhard 2010).

Symbiotické bakterie fixující dusík napadají kořenové vlasy hostitelských rostlin, kde se množí a stimulují tvorbu kořenových uzlíků, zvětšování rostlinných buněk a bakterií v těsném spojení. V uzlech bakterie přeměňují volný dusík na amoniak, který hostitelská rostlina využívá pro svůj vývoj. Aby byla zajištěna dostatečná tvorba uzlíků a optimální růst luštěnin (např. vojtěšky, fazolí, jetelů, hrachu, sóji), jsou semena obvykle naočkována komerčními kulturami vhodných druhů rhizobium, zejména v půdách chudých nebo bez požadovaných bakterií (Rogers 2009).

Nitrifikace je klíčová mikrobiální dvoustupňová transformace (Obr. 2) v dusíkovém cyklu, protože je to jediná přirozená cesta, při které se v systému produkuje dusičnan. Energetický zisk z tohoto aerobního chemoautotrofního procesu je relativně nízký a rychlosti jsou obecně nízké ve srovnání s jinými procesy dusíkového cyklu. Protože však proces může fungovat při nízkých rychlostech i při relativně nízkých koncentracích amoniaku (Dodds a Jones, 1987), vyskytuje se v mnoha prostředích. Přirozeně nízké rychlosti nitrifikace následně vyžadují delší inkubační časy ve srovnání s měřením rychlostí jiných procesů, zejména pokud se nepoužívají izotopy. I když jsou rychlosti nízké, studie ukázaly, že rychlost nitrifikace je ovlivněna důležitými faktory prostředí, včetně světla, teploty, O_2 , dostupnost amoniaku, pH, dostupnost organického uhlíku a poměr C:N (Strauss a Lamberti, 2000; Strauss et al., 2002). Nitrifikační bakterie jsou obecně připojeny k substrátům nebo je třeba jejich doplnění (Dodds & Strauss 2017).

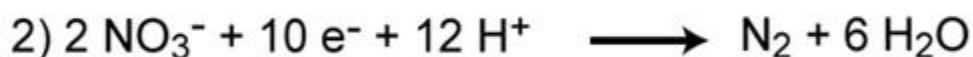
Obr. 2: Chemická rovnice nitrifikace



Zdroj: Bernhard 2010

Denitrifikace je proces, který přeměňuje dusičnany na plynný dusík (obr. 2), čímž odstraňuje biologicky dostupný dusík a vrací ho do atmosféry. Plynný dusík (N_2) je konečným produktem denitrifikace, ale existují i jiné přechodné plynné formy dusíku. Některé z těchto plynů, jako je oxid dusný (N_2O), jsou považovány za skleníkové plyny reagující s ozonem a přispívající ke znečištění ovzduší. Na rozdíl od nitrifikace je denitrifikace anaerobní proces, který se vyskytuje většinou v půdách a sedimentech a anoxické zóny v jezerech a oceánech. Podobně jako při fixaci dusíkem se denitrifikace provádí různorodou skupinou prokaryotů a v poslední době existují důkazy, že některé eukaryoty jsou také schopné denitrifikace. Denitrifikace je důležitá v tom, že odstraňuje fixovaný dusík (tj. dusičnan) z ekosystému a vrací ho do atmosféry v biologicky inertní formě (N_2). To je zvláště důležité v zemědělství, kde je ztráta dusičnanů v hnojivech škodlivá a nákladná (Bernhard 2010).

Obr. 3: Chemická rovnice denitrifikace



Zdroj: Bernhard 2010

Přestože je dusík živinou, která limituje výnos, je častým problémem intenzivního zemědělství jeho nadbytek. Aplikací vysokých dávek hnojiv může být do půdy vnášeno více dusíku, než je spotřeba na tvorbu výnosu a výsledkem je kladná bilance. Do jisté míry může být kladná bilance přínosem pro růst úrodnosti a dusík může být ukládán v podobě organické hmoty, ale množství dusíku, které je agroekosystém schopen pojmout je omezené (Körschens et al., 2013). Proto nadbytečný dusík vede k přehnojení s mnoha škodlivými dopady.

Vstupy dusíku by proto měly být udržovány na úrovni odpovídající úrovni výstupů. Určitý bilanční přebytek dusíku, na pokrytí tzv. neodstranitelných ztrát, způsobených přirozenou promyvností půd nebo výměnou plynů mezi půdou a ovzduším, nelze při současné úrovni hnojení příliš regulovat, zvláště v oblastech s vlhčím klimatem a lehčími půdami. Omezení nezbytného hnojení totiž většinou vede ke snižování výnosů plodin. Přitom se často současně snižuje i obsah N na jednotku produkce, takže výsledek bilance může být nakonec stejný, jako při vyšších, ale optimálně aplikovaných dávkách N-hnojiv. Nedostatečné hnojení dusíkem může současně znamenat, že rostliny čerpají dusík z půdních zásob v podobě organické hmoty, které nejsou dostatečně doplňovány a výsledkem je ochuzování půdy o humus (Hynšt et al. 2018).

3.7.2 Dusík v rostlinách

Pro výživu rostlin je však rozhodující dusík, který je ze stabilních dusíkatých, především organických sloučenin v půdě uvolňován mineralizací. Během mineralizačních procesů tak vznikají formy dusíkatých látek, které jsou snadno detekovatelné moderními analytickými postupy, a jejich stanovení bývá poměrně jednoduché. Obecně jsou označovány, jako tzv. lehce mineralizovatelné formy N. Změny v obsahu mineralizovatelného N jsou mnohem více ovlivněné zemědělskou činností než obsahy celkového dusíku. Z podílu celkového dusíku v půdě tvoří sice malý podíl, ale výrazně se podílejí na výživě rostlin a také přeměnách mikrobiální biomasy. Mezi tyto složky patří např. horkou vodou extrahovatelný dusík (N_{hwe}), dusík mikrobiální biomasy (N_{bio}), dusík stanovený inkubačními testy (N_{ink}), extrahovatelný organický dusík (N_{org}). Nejčastěji se v zemědělské praxi využívá stanovení minerálního dusíku (N_{mi}) (Balík et al. 2012).

Za normálních podmínek má nitrát pro výživu rostlin největší význam. Kořeny ho přijímají aktivně ve směru elektrochemického gradientu. V protikladu s příjmem je výdej NO_3^- procesem pasivním. Nitrátový dusík je přijímán při pH kyseljším. Při pH 6,8 se příjmem NO_3^- a NH_4^+ v rostlinách může vyrovnat. Amonný iont působí inhibičně na příjem nitrátové formy. Dříve než může být nitrát metabolizován, je třeba jej redukovat na NH_3 . Tento proces zvaný redukce nitrátů sestává ze dvou etap, a to z redukce NO_3^- na NO_2^- a z další redukce NO_2^- na NH_3 . Příjem kationtové formy dusíku není dosud plně objasněn. Názory se liší v tom, jestli je dusík přijímán jako NH_4^+ kationt nebo ve formě neutrální molekuly NH_3 . Předpokládá se, že NH_3 je přijímán přednostně, zvláště při vyšším pH, tj. v neutrálním a zásaditém prostředí. Amonný iont působí inhibičně na příjem nitrátové formy N. Inhibice není zdůvodňována zvyšující se koncentrací NH_4^+ v roztoku,

ale je i důsledkem saturace specifických míst jeho příjmu. Vznikem aminokyselin a iontů H^+ jako produktu asimilace NH_4^+ se v cytoplazmě zvyšuje acidita, která může neutralizací transmembránového gradientu pH v kořenových buňkách omezit přenos iontů NO_3^- přes membránu do buňky. Při výživě rostlin amoniakálním dusíkem je celkově nižší příjem většiny iontů, ale zvláště kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) a organických aniontů. Z energetického hlediska je amoniakální dusík výhodným zdrojem pro rostliny, protože může být přímo zapojen do metabolismu bez dalších požadavků na energii. Tuto „výhodu“ můžeme pozorovat jen při nízkých koncentracích NH_4^+ dusíku v živném prostředí. Močovina může být přijímána rostlinami po jejím předchozím rozkladu v půdě ureázou nebo ve formě celých molekul (zvláště při foliární výživě). V přirozených půdních podmínkách je močovina přijímána rostlinami po jejím rozkladu na NH_4^+ nebo dále po mikrobiální přeměně na NO_3^- . Rostliny jsou schopny přijímat také močovinu ve formě celých molekul a v kořenech i dalších rostlinných pletivech ji ureázou přeměňovat na amoniak (Richter 2004).

Zdravé rostliny často obsahují 3 – 4 procenta dusíku ve svých nadzemních tkáních. Ve srovnání s jinými živinami je to mnohem vyšší koncentrace. Uhlík, vodík a kyslík, živiny, které nehrají významnou roli ve většině programů řízení úrodnosti půdy, jsou jedinými dalšími živinami přítomnými ve vyšších koncentracích. Dusík je tak důležitý, protože je hlavní složkou chlorofylu, sloučeniny, kterou rostliny využívají energii slunečního záření k výrobě cukrů z vody a oxidu uhličitého (tj. fotosyntéza). Je také hlavní složkou aminokyselin, stavebních kamenů bílkovin. Bez bílkovin rostliny chřadnou a umírají. Některé proteiny působí v rostlinných buňkách jako strukturní jednotky, zatímco jiné jako enzymy, což umožňuje mnoho biochemických reakcí, na nichž je založen život. Dusík je součástí sloučenin přenášejících energii, jako je ATP (adenosintrifosfát). ATP umožňuje buňkám šetřit a využívat energii uvolněnou v metabolismu. A konečně, dusík je významnou složkou nukleových kyselin, jako je DNA, genetický materiál, který umožňuje buňkám (a případně celým rostlinám) růst a množit se. Bez dusíku by neexistoval život, jak ho známe (Eckert 2020).

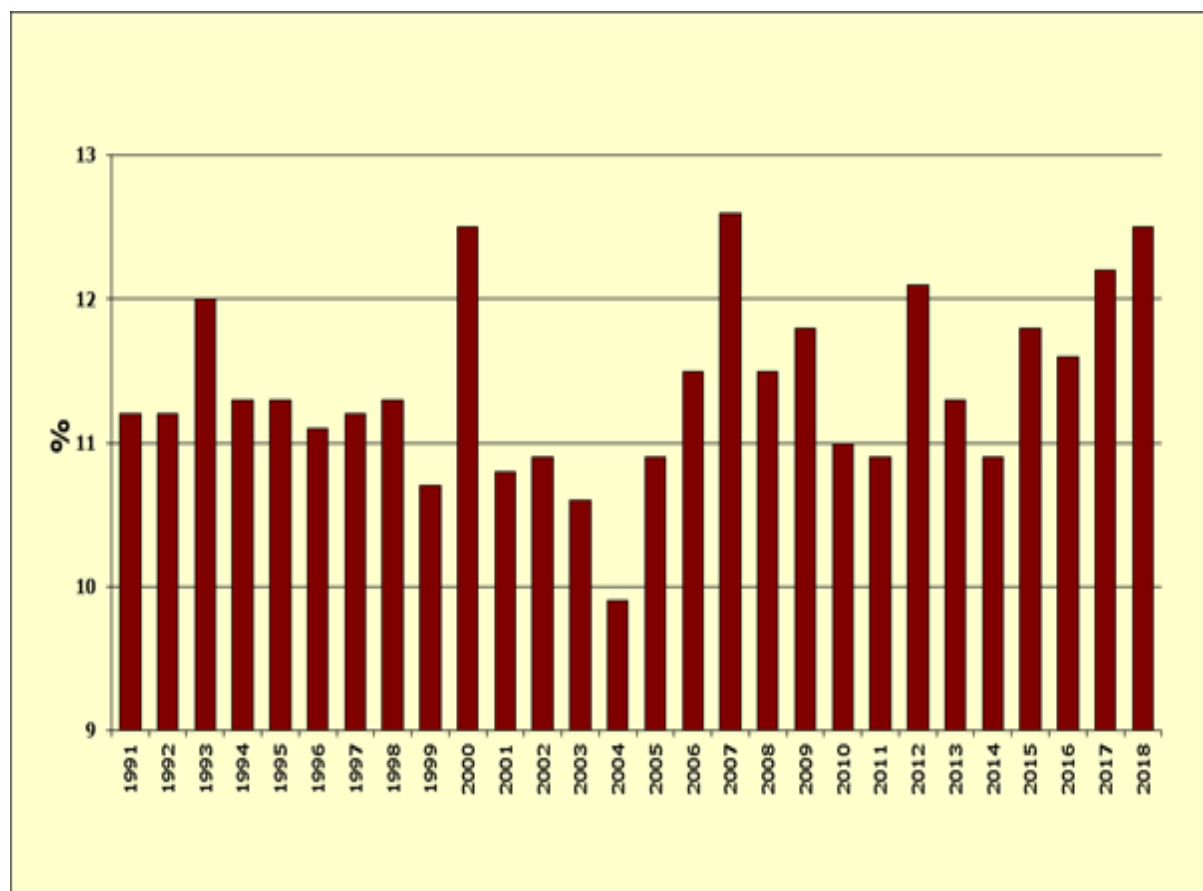
Při syntéze bylo 44-57 % rostlinného N ve stonku a 43-56 % v listech. V dospělosti bylo 58–68 % celkového rostlinného N v zrna, 14-17 % zůstalo ve stoncích a 18-25 % v listech. Při plnění zrna se části stonků a listů ztratily ze 45-69 % jejich obsahu dusíku, přičemž stonky měly větší ztrátu než listy. Relativní příspěvek remobilizovaného N k zrna N byl větší při ošetření nízkým obsahem N půdy, ačkoli absolutní obsah rostlinného N byl vyšší při ošetření vysokým obsahem N. Vyšší akumulace N během plnění zrna nebyla nutně spojena s vyššími výnosy zrna. Zachování produkce celkové sušiny na jednotku rostliny N nebylo

mechanismem pro zvýšení výnosu při ošetření vysokým N. Vyšší výnosy v půdě s vysokým N v tomto experimentu byly způsobeny zvýšením produktivních kultivátorů. Ačkoli absolutní obsah rostlinného N byl vyšší při ošetření vysokým půdním N (Youngqvist & Maranville 2008).

Aplikovaný N, který není absorbován plodinou nebo imobilizován v půdních organických N zásobách – které zahrnují jak mikrobiální biomasu, tak půdní organickou hmotu - je citlivá na ztráty způsobené těkáním, denitrifikací a louhováním (Cassman 2002).

Obsah dusíkatých látek v zrnu je dán především bilancí mezi množstvím dusíku, který má rostlina k dispozici a výnosem, do kterého se tento dusík v podobě bílkovinných struktur ukládá. Tento vztah ale není tak jednoduchý, jak by se mohlo na první pohled zdát. Do této základní bilance vstupuje faktor času, ve kterém je dusík rostlinám k dispozici a jeho rozdílné působení v různých růstových fázích na výnos a kvalitu. V určitých růstových fázích může vyšší množství dusíku stimulovat více výnos a tím paradoxně posunovat bilanci směrem k nižšímu obsahu dusíkatých látek v zrnu, zatímco v pozdějších fázích vyšší množství dusíku přispívá přímo k jejich zvyšování. Pokud mají rostliny v průběhu odnožování k dispozici dostatečné (optimální) množství dusíku, dochází ke zvyšování počtu produktivních stébel, zvyšování výnosu a tím také ke zvýšenému zředovacímu efektu, kdy je mineralizovaný dusík ukládán ve vyšším množství zrna (graf 5). Naopak pokud rostliny ječmene trpí v průběhu odnožování nedostatkem dusíku, vytváří se základ nižšího počtu produktivních stébel, a následně mineralizovaný dusík je ve zvýšené míře využíván k ukládání v nižším výnosu zrna, který byl limitován předchozím nedostatkem dusíku. Faktor času je proto pro výsledný obsah dusíkatých látek v zrnu zásadní. Stejně množství dusíku, které je rostlinám ječmene přístupné v různých růstových fázích může obsah dusíkatých látek v zrnu snižovat i zvyšovat. Cílem pěstitelské technologie proto musí být zajistit posun mineralizace dusíku do časných růstových fází ječmene, a vytvoření předpokladů pro vysoký výnos, ve kterém dojde naředění uvolněného dusíku (Klem et al. 2010).

Graf 5: Obsah dusíkatých látek v zrně ječmene v letech 1991-2018



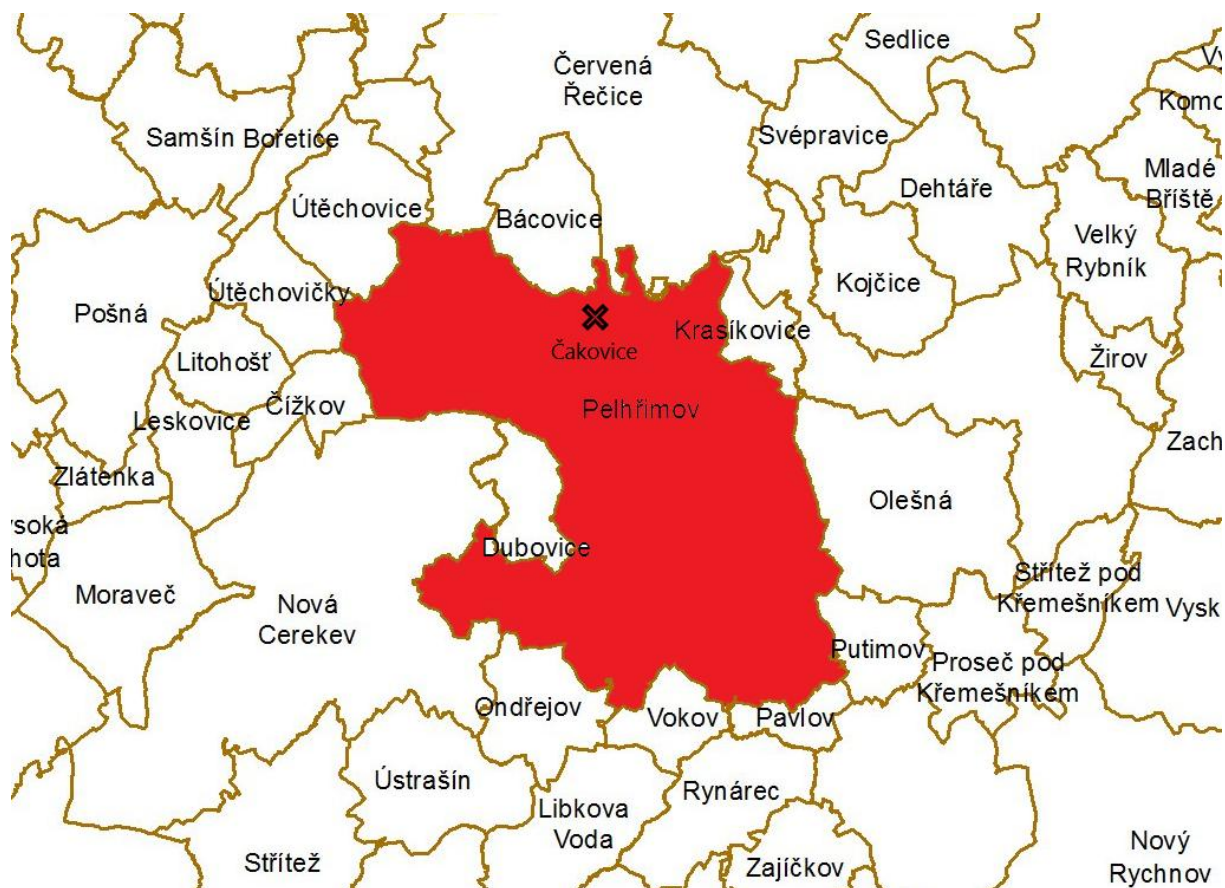
Zdroj: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský

4 Metodika

4.1 Lokalita pokusu

Pokusný pozemek se nachází na území České republiky, v kraji Vysočina, v katastru okresního města Pelhřimov, v místní části Čakovice.

Obr. 6: Lokalizace pokusu na mapě



Zdroj: Kraj Vysočina

4.2 Charakteristika pozemku

Číslo honu dle Lpis je 8906/8, výměra je 5,76 ha a místní název je „Nad Splavem“. Pozemek se nachází v bramborářské výrobní oblasti, v průměrné nadmořské výšce 513 m n. m. Dle BPEJ mu náleží kód **7.29.11**.

BPEJ:

7-Bonitovaná půdně ekologická jednotka spadá do sedmého klimatického regionu, který je z klimatických regionů plošně nejrozšířenější. Zaujímá všechny vyšší části pahorkatin. Výnosnost pozemku má hodnotu 37/100, což odpovídá velmi málo úrodným půdám.

29-Modální kambizem, půdy se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité, nízká náchylnost k utužení, půdy bez zamokření, půdy ohrožené acidifikací

1-Pozemek s mírným sklonem (3°-7°)

1-Středně hluboká půda (do 30cm) se skeletovitostí do 25 %

Z hlediska přístupných živin pro rostliny a pH se jedná o kyselé a chudší půdy na živiny s potřebou doplňování základních živin. Množství přístupných živin je zobrazeno v následující tabulce (tab. 1), která je výsledkem agrochemického zkoušení půd (AZP) z roku 2015, který prováděl ÚKZÚZ. Tabulka 2 (tab. 2) je výsledkem zkoušení půd z roku 2019, které prováděla společnost AGRO-LA s r.o.

Tab. 1: Přístupné živiny 2015

kultura: standardní orná půda kod pozemku: 8906/8 výměra: 5,76 ha počet vzorků: 1

číslo vzorku	Rok	Druh půdy	hodnota pH (v CaCl ₂)	potřeba vápnění [CaO t.há ⁻¹ rok ⁻¹]	kategorie CO ₃	P	K	Mg	Ca	S	Al	Cu	Zn	Mn	Fe	B
						[mg.kg ⁻¹ půdy]										
260	2015	S	5,5	0,70	N	69	192	130	1320							
hodnocení			K	4,03	-	VH	D	VH	VH							

Tab. 2: Přístupné živiny 2019

Vzorek číslo: 1518
 Materiál: půda
 Místo odběru:
 Odebral: zadavatel
 Datum odběru: Čas odběru:
 Typ rozboru: Rozbor vybraných ukazatelů dle objednávky.
 Poznámka: Nad Splavem

Ukazatel	Ve 100% ¹²⁾ sušině	V pův. ¹¹⁾ hmotě ¹²⁾	V lab. sušině	Jednotka	Limitní hodnota ⁵⁾ (typ)	Nejistota měření	Použitá metoda ¹⁴⁾
fosfor (P)	65,0	65,0	64,0	mg/kg		±20 %	(A) SOP 43-2
hořčík (Mg)	123	123	121	mg/kg		±15 %	(A) SOP 42
draslík (K)	170	170	167	mg/kg		±20 %	(A) SOP 42
vápník (Ca)	1320	1320	1300	mg/kg		±20 %	(A) SOP 42
pH (CaCl ₂) ^{7) 8)}			5,32	-		±0,1 pH	(A) SOP 44

Na pozemku není pravidelně využíváno hnojení statkovými hnojivy z důvodu absence živočišné výroby na farmě. Organická hmota je do půdy dodávána pomocí zaorávky zeleného hnojení, které se na pozemku vyskytuje přibližně jednou za 3 roky a je nejčastěji složeno ze svazenky vratičolisté, řepky olejné a lupiny mnoholisté. Dále je pozemek pravidelně vápněn. Vápnění probíhá pravidelně jednou za 2 roky v dávce 1,5-2,0 t/ha. Častější vápnění je z důvodu snahy upravit pH a doplnit vápník, který je každý rok odebrán vegetací.

4.3 Zpracování půdy a předplodina

Předplodinou pro pokus byla pšenice setá ozimá. Sklizená byla 10. 8. 2019. Na pozemku byla následně provedena mělká podmítka do hloubky 5 cm. Do podmítky bylo následně zaseto zelené hnojení, které bylo tvořeno směsí řepky ozimé a lupiny úzkolisté. Zelené hnojení narostlo přibližně do výšky 50cm. Následovala podzimní orba (obr. 7) do hloubky 20cm prováděná 1. 11. 2019.

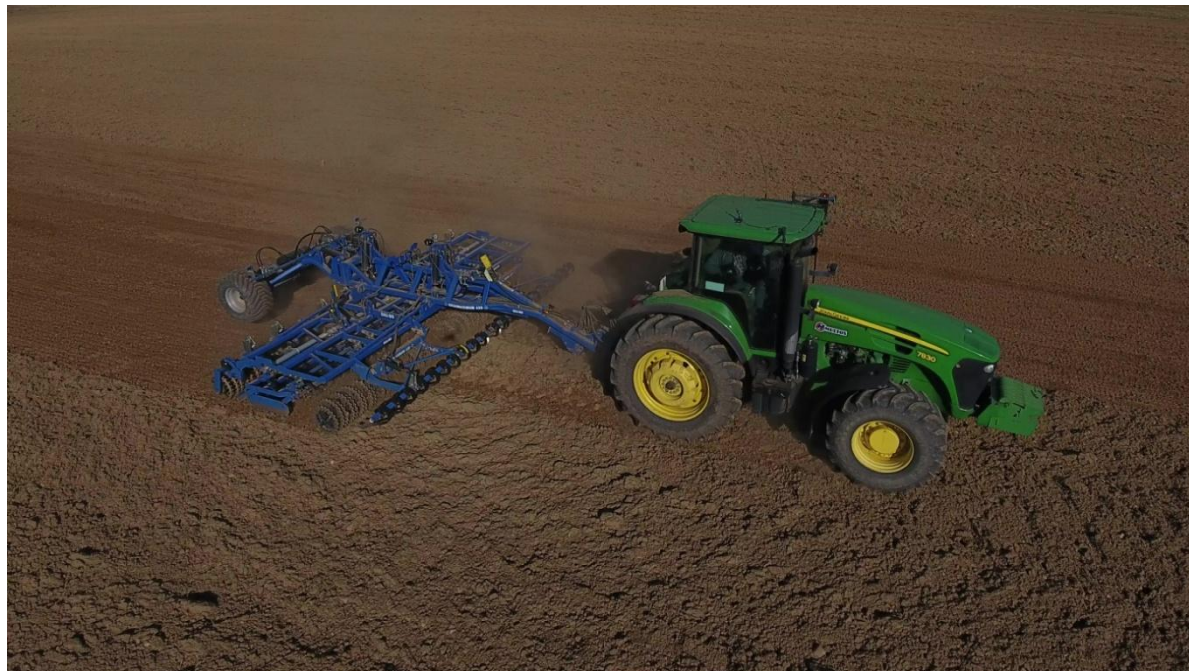
Obr. 7: Podzimní orba



Zdroj: archiv autora

Příprava před setím probíhala na jaře 2020 kompaktořem do hloubky 4 cm (obr. 8). Po zasetí následovalo zaválení pozemku válci cambridge.

Obr. 8: Předset'ová příprava



Zdroj: archiv autora

4.4 Osivo

Pro pokus bylo zvoleno osivo ječmene jarního dvouřadého odrůda Bojos. Jedná se o odrůdu sladovnického ječmene, který v dlouhodobých pokusech dosahuje vysoké sladovnické kvality a z tohoto důvodu je také vykupován všemi sladovny v České republice. Bojos je nejvýznamnější odrůdou pro český sladovnický a pivovarnický průmysl. Jedná se o profilovou odrůdu pro České pivo. Bojos je nejpěstovanější odrůda v ČR od roku 2014. V roce 2019 její výměra přesáhla 23 % množitelských ploch jarních ječmenů. Jedná se o českou odrůdu, vyšlechtěnou na šlechtitelské stanici Plant Select v Hrubčicích. Má výběrovou sladovnickou kvalitu a je doporučena pro výrobu Českého piva.

Bojos je díky svým agrotechnickým vlastnostem velmi oblíbený mezi pěstiteli. Má dobrou odnožovací schopnost a středně dlouhé rostliny s dobrou odolností vůči poléhání a lámání stébla. Zrno má velké s HTZ 47 g a velmi vysokým podílem předního zrna 93 %. Bojos má rovněž velmi dobrý zdravotní stav. Bojos je nejvýznamnější odrůdou ve společnosti Plzeňský Prazdroj a je nakupován společnostmi Sladovny SOUFFLET ČR, Pivovary Lobkowicz,

Budějovický Budvar a všemi ostatními významnými producenty a zpracovateli sladů pro výrobu Českého piva. Je také významnou exportní komoditou do Německa, Rakouska, Polska a na Slovensko (Hudec 2020).

4.5 Založení pokusu

Pozemek číslo 8906/8 byl po předset'ové přípravě nejdříve rozdělen, dle vybraných variant hnojení (obr. 9). Osivo bylo uloženo do hloubky 3 cm s šířkou řádků 12,5 cm. Výsevek ječmene byl nastaven na 3,0 MKS/ha (milionu klíčivých semen). Díky kvalitní přípravě set'ového lože a kvalitnímu zasetí celý porost vzcházel rovnoměrně (Obr. 10).

Obr. 9: Rozdělení pozemku



Zdroj: Lpis 2021

Varianta č. 1: Hnojená nitrátovou a amonnou formou dusíku (ledek amonný s dolomitem). Společně s ječmenem zde byla zasetá jako podsev jetelotrávní směs. Výměra pro variantu č. 1 činila 0,76 ha.

Varianta č. 2: Hnojená nitrátovou a amonnou formou dusíku (ledek amonný s dolomitem). Na tuto variantu byl zasetý pouze ječmen jarní. Výměra pro variantu činila 2,5 ha.

Varianta č. 3: Hnojená amidickou formou dusíku (močovina). Výměra pro variantu činila 2,5 ha.

Obr. 10: Rovnoměrnost vzcházení ječmene jarního



Zdroj: archiv autora

4.6 Hnojení

Charakteristika hnojiv:

1. Močovina: je koncentrované dusíkaté hnojivo (46 % N) určené k základnímu hnojení před setím nebo výsadbou a k přihnojování během vegetace. Pro základní

hnojení se močovina aplikuje na povrch půdy a následně se do ní zapraví kultivací. Všude tam, kde není k dispozici DAM, je možné použít roztok močoviny k foliární výživě rostlin. Postřiky ve večerních hodinách jsou nejvhodnější, aplikace při vyšších teplotách během dne se nedoporučují – hrozí popálení rostlin (eagri 2020).

2. LAD: Ledek amonný s dolomitem obsahuje dusičnanový a amonný dusík (27% - ½ dusičnanový a ½ amonný dusík). Používá se k základnímu hnojení nebo přihnojování během vegetace. Je vhodný pro všechny plodiny s výjimkou azalek, rododendronů a kanadských borůvek (eagri 2020).

Celková dávka dusíku byla 80 kg/ha čisté živiny a byla rozdělena na 2 dávky (2/3 dusíku jako základní hnojení a 1/3 dusíku jako přihnojení. Všechny varianty byly hnojené i přihnojené v jeden den, z důvodu zajištění co nejpodobnějších podmínek pro všechny varianty.

Nejprve bylo provedeno základní hnojení (2/3 dávky dusíku). Hnojivo na jednotlivé varianty bylo aplikováno odstředivým rozmetadlem s pracovním záběrem 18 m. Aplikace proběhla po předset'ové přípravě.

Přihnojení (1/3 dávky dusíku) byla aplikována na jednotlivé varianty v období sloupkování.

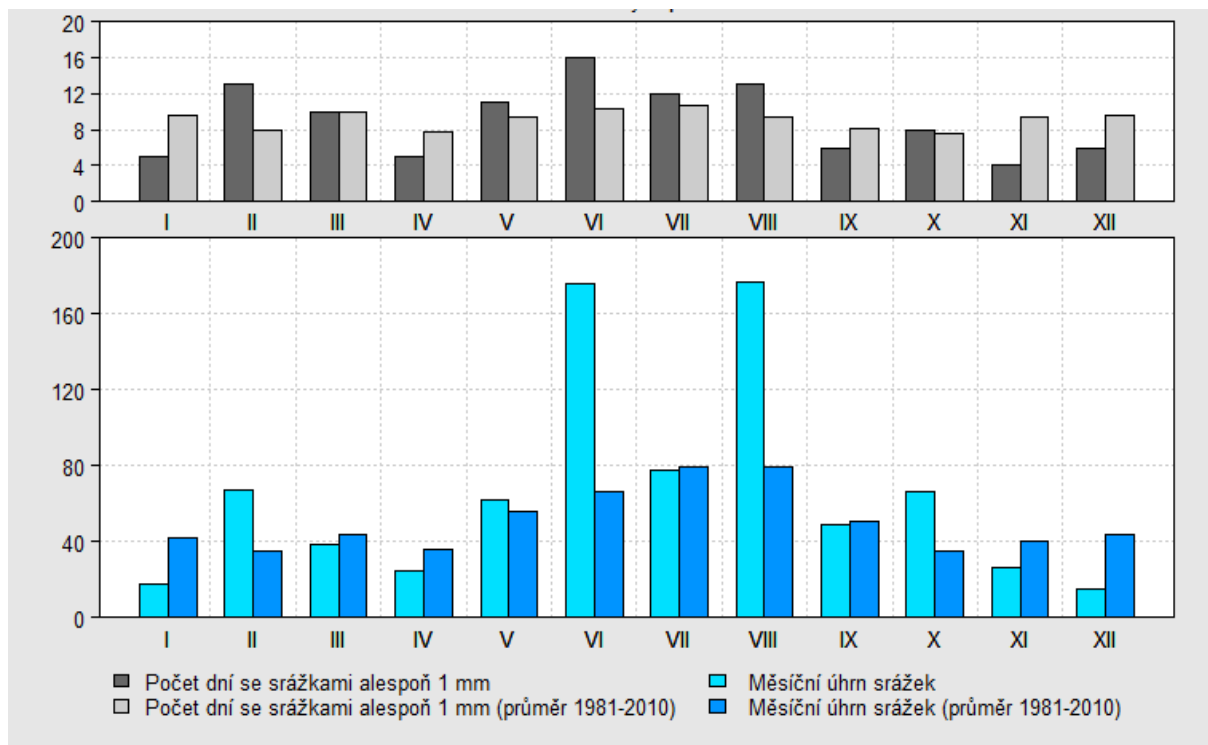
4.7 Průběh počasí

Charakter počasí pro rok 2020 v oblasti s pokusným pozemkem je znázorněn v grafech (graf 10 a graf 11). Pokus nejvíce ovlivnily 2 výkyvy počasí od dlouhodobých průměrů. Prvním výkyvem bylo nízké množství srážek v období dubna a tvorba nízké sněhové pokrývky. Sněhová pokrývka ovšem vydržela na povrchu pouze 1 den, z důvodu předešlých vyšších teplot kolem 10°C a dostatečnému prohřátí vrchní vrstvy půdy. Druhým výkyvem byl srážkově nadprůměrný červen a srpen.

Vegetační období je možné z hlediska počasí dále charakterizovat náhlou sněhovou pokrývkou v období vzcházení – počátku odnožování. Sněhová pokrývka měla cca 1 cm, a z důvodu již předem prohřáté půdy, sníh rychle odtál.

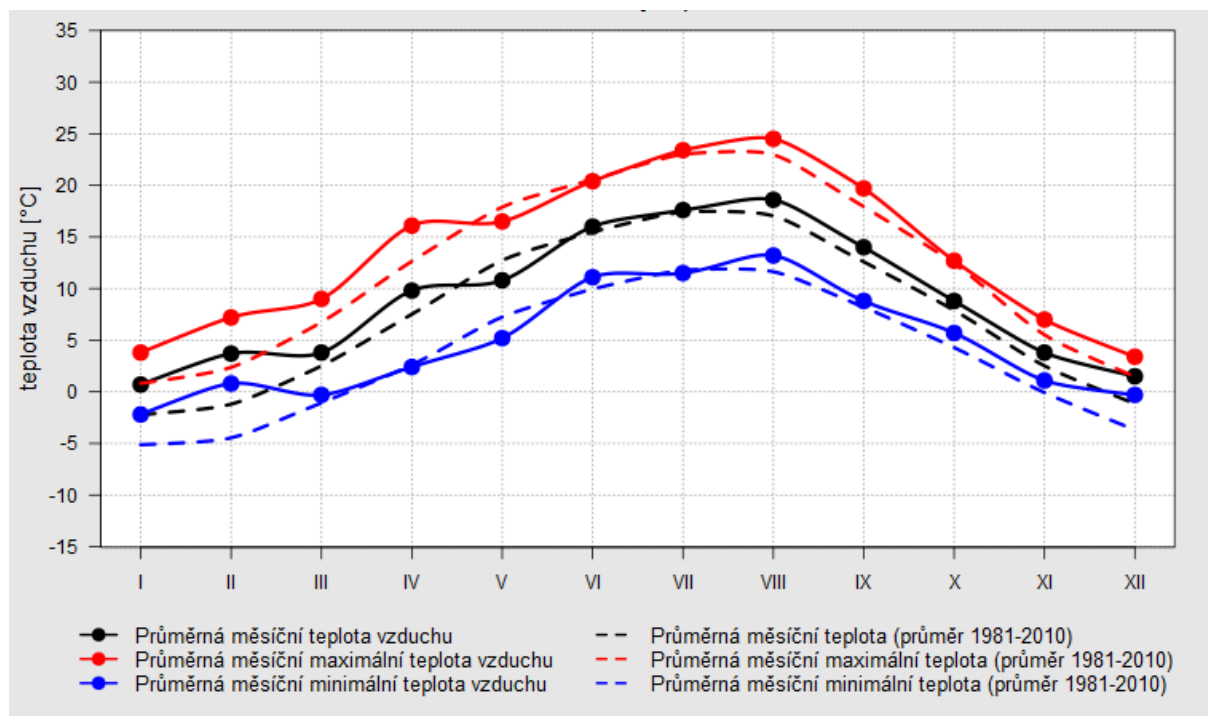
Data o průběhu počasí byla použita z nedaleké meteorologické stanice v obci Košetice, která je od pokusného pozemku vzdálena přibližně 15 km. Meteorologická stanice je ve správě Českého hydrometeorologického ústavu.

Graf 10: Průběh srážek (leden-prosinec)



Zdroj: Český hydrometeorologický ústav 2021

Graf 11: Průběh teplot (leden-prosinec)



Zdroj: Český hydrometeorologický ústav 2021

4.8 Ochrana ječmene jarního

Během vegetace byla na pokusných variantách prováděna pouze ochrana proti houbovým chorobám, z důvodu srážkově nadprůměrného ročníku. Během vegetace byla na celém pozemku provedena 2x fungicidní ochrana.

1. Zásah proti padlí = přípravek ROMBUS TRIO v dávce 0,6l/ha
2. Zásah proti klasovým chorobám = přípravek ATLAS v dávce 0,2l/ha

Ochrana proti škůdcům nebyla prováděna.

Na obrázku 11 (Obr. 11) je patrná účinnost jednotlivých fungicidů a tedy zdravotní stav porostu. Na jednotlivých stéblech se nevyskytují žádné znaky houbového napadení.

Obr. 11: Zdravotní stav porostu



Zdroj: archiv autora

4.9 Sklizeň

Sklizeň pokusných variant probíhala 13. 8. 2020. Všechny pokusné varianty byly sklizeny v jeden den pomocí sklízecí mlátičky NewHolland TC 5070 s 5 vytrásadly. Mlátička byla přednastavena dle tabulek a poté došlo ke korekci jednotlivých nastavitelných částí. Vlhkost ječmene při sklizni se pohybovala kolem 13,9 %.

4.10 Sledované parametry

U jednotlivých variant na pokusném pozemku byly pozorovány jednotlivé výnosotvorné prvky a jejich odečítání probíhalo po dobu celé vegetace ječmene.

4.10.1 Počet odnoží

Počet odnoží je jedním ze základních výnosotvorných prvků. Doba vzniku odnoží následuje hned po vzházení. Dojde k vytvoření odnožovacího uzlu, ze kterého následně vyrůstají další stébla. Počet odnoží na pokusných variantách byl počítán na konci tohoto procesu tvorby odnoží. Počet odnoží byl na pokusných variantách počítán pomocí rámečku o obsahu $\frac{1}{4} \text{ m}^2$. Po spočítání všech odnoží došlo k přepočtu na jednu rostlinu.

4.10.2 Počet klasů/ m^2

Počet klasů je dalším z hlavních výnosotvorných prvků u ječmene jarního. Tento parametr udává počet klasů ječmene na jednotku plochy (nejčastěji 1 m^2). Počítání klasů bylo na pokusných variantách prováděno rámečkem o obsahu $\frac{1}{4} \text{ m}^2$. Po spočítání klasů na jednotlivých variantách byly výsledky zapsány a následně přepočítány na 1 m^2 .

4.10.3 Počet zrn v klasu

Dalším výnosotvorným prvkem je počet zrn v klasu. Počet zrn v klasu je dán odrůdou ječmene, průběhem počasí a výživou ječmene. Na pokusných variantách byl počet zrn v klasu určován těsně před sklizní. Na jednotlivých variantách došlo k odstřížení klasů. S klasy bylo nutné zacházet opatrně z důvodu možného vypadávání zrn a tedy ke zkreslení výsledků.

4.10.4 Obsah dusíkatých látek v zrně

Obsah dusíkatých látek se řadí mezi kvalitativní ukazatele sklizeného ječmene. Obsah dusíkatých látek v zrně ječmene jsou jedním z hlavních ukazatelů sladovnické kvality. Dle normy se za sladovnický vhodný ječmen považuje zrno s obsahem dusíkatých látek

do 11,5 %. Obsah těchto látek byl pro pokusné varianty vyhodnocován v laboratoři ZZN Pelhřimov.

4.11 Výnos zrna

Výnos zrna byl počítán pomocí sklizené plochy, která byla zaznamenána ve sklízecí mlátičce a jednotlivému odvozu zrna dle variant. Z důvodu technických možností bylo možné provést pouze jedno opakování při vyhodnocování výnosu zrna ječmene na pokusných variantách.

4.11.1 Teoretický výnos zrna

Díky zjištěné průměrné HTS (hmotnost tisíce semen) a dalším zjištěným parametrům je možné spočítat teoretický výnos zrna ječmene v rámci celého pozemku dle vzorce.

Výpočet:

$$\text{Výnos t/ha} = [\text{počet klasů/m}^2 \times \text{počet zrn v klasu} \times \text{HTS (g)}] / 100\,000$$

4.12 Polní deník

Pro záznamy jednotlivých polních prací byl vytvořen a používán polní deník.

Tab. 3: Polní deník

Polní deník		
Datum	Typ úkonu	Typ stroje
28.3.	příprava	kompaktor
29.3.	hnojení	odstředivé rozmetadlo
29.3.	setí	pneumatický secí stroj
29.3.	válení	půdní válce
26.4.	hnojení	odstředivé rozmetadlo
3.5.	fungicidní ochrana	tažený postřikovač
15.6.	fungicidní ochrana	tažený postřikovač
13.8.	sklizeň	sklízecí mlátička

5 Výsledky

Jednotlivé výsledky jsou zaznamenány v dalších podkapitolách. Společným znakem všech sledovaných znaků jsou nízké odchylky jednotlivých měření. Výsledky nejsou nikterak rozdílné v rámci jedné varianty, ale ani mezi jednotlivými variantami nedošlo k výraznějším rozdílům.

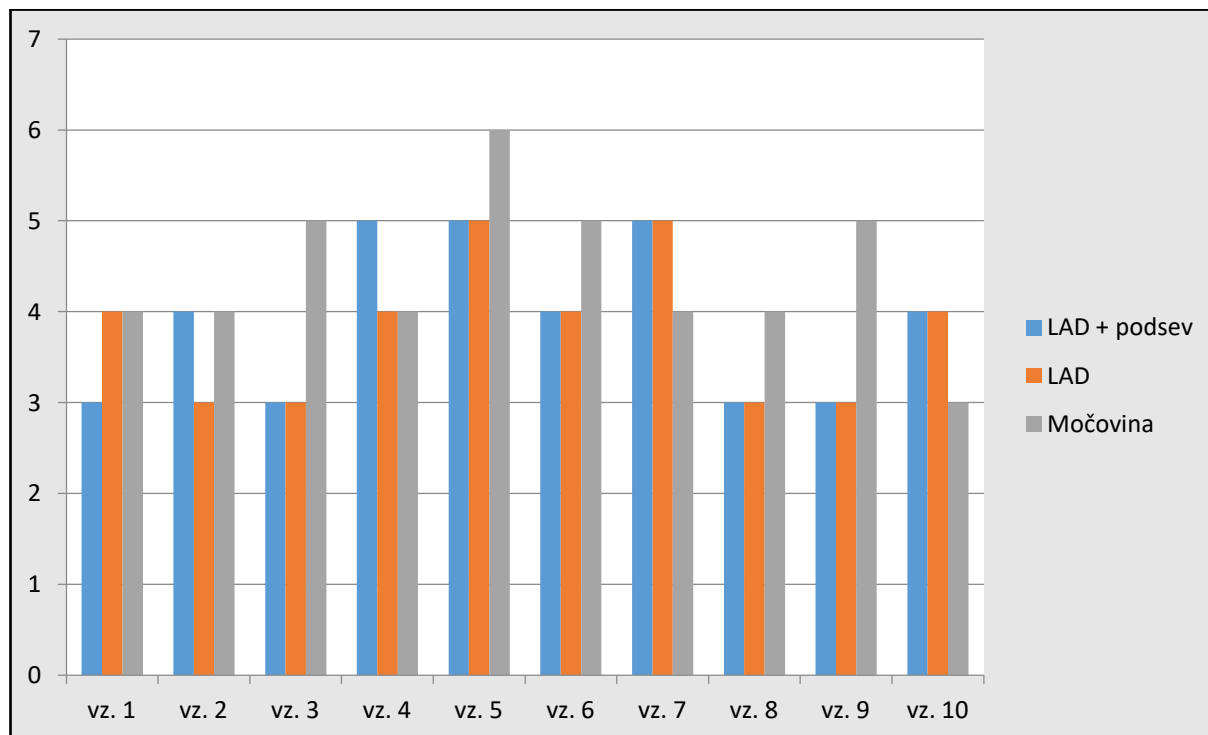
5.1 Počet odnoží

Počet odnoží se pohyboval na všech variantách v intervalu od 3-6 odnoží. V rámci jednotlivých variant byl počet odnoží na jednotlivých vzorcích obdobný (tab. 4, graf 12). Průměr počtu odnoží je mírně vyšší na variantě hnojené močovinou.

Tab. 4: Počet odnoží

	vz. 1	vz. 2	vz. 3	vz. 4	vz. 5	vz. 6	vz. 7	vz. 8	vz. 9	vz. 10	PRŮMĚR
LAD + podsev	3	4	3	5	5	4	5	3	3	4	3,9
LAD	4	3	3	4	5	4	5	3	3	4	3,8
Močovina	4	4	5	4	6	5	4	4	5	3	4,4

Graf 12: Počet odnoží



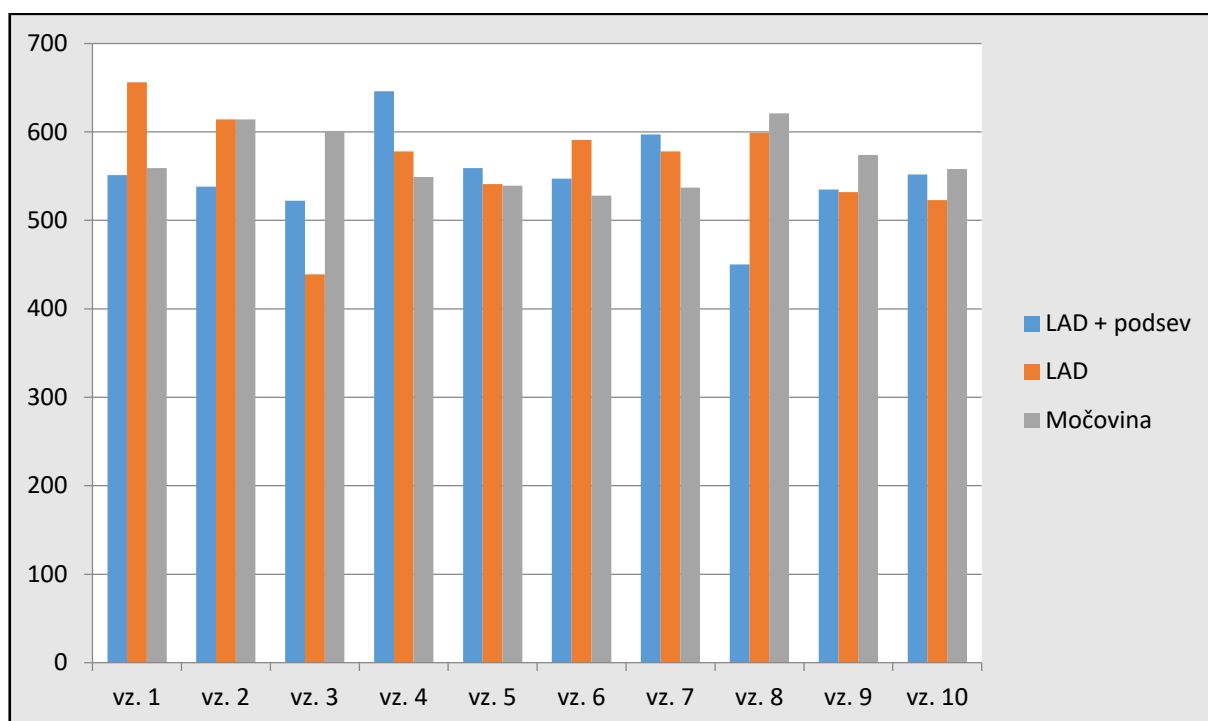
5.2 Počet klasů/m²

Počty klasů na 1m² byly stanovovány v období mléčné zralosti ječmene. Počet klasů se pohyboval na všech variantách v intervalu 550-650 klasů.

Tab. 5: Počet klasů/m²

	vz. 1	vz. 2	vz. 3	vz. 4	vz. 5	vz. 6	vz. 7	vz. 8	vz. 9	vz. 10	PRŮMĚR
LAD + podsev	551	538	522	646	559	547	597	450	535	552	549,7
LAD	656	614	439	578	541	591	578	599	532	523	565,1
Močovina	559	614	601	549	539	528	537	621	574	558	568,0

Graf 13: Počet klasů/m²



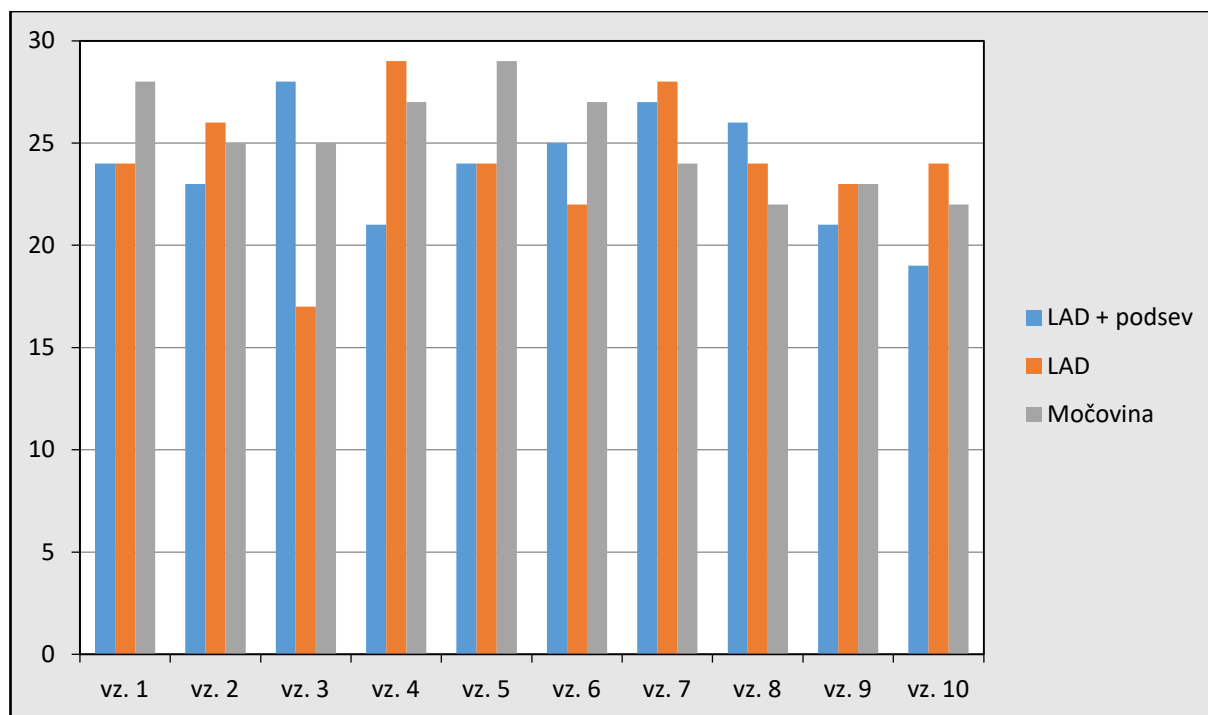
5.3 Počet zrn v klasu

Počet zrn v klasu byl vyhodnocován na jednotlivých variantách těsně před sklizní. Počet zrn se pohyboval na všech variantách v intervalu 19-29 zrn. Nejvyšší průměrný počet zrn byl v klasech varianty hnojené močovinou.

Tab. 6: Počet zrn v klasu

	vz. 1	vz. 2	vz. 3	vz. 4	vz. 5	vz. 6	vz. 7	vz. 8	vz. 9	vz. 10	PRŮMĚR
LAD + podsev	24	23	28	21	24	25	27	26	21	19	23,8
LAD	24	26	17	29	24	22	28	24	23	24	24,1
Močovina	28	25	25	27	29	27	24	22	23	22	25,2

Graf 14: Počet zrn v klasu



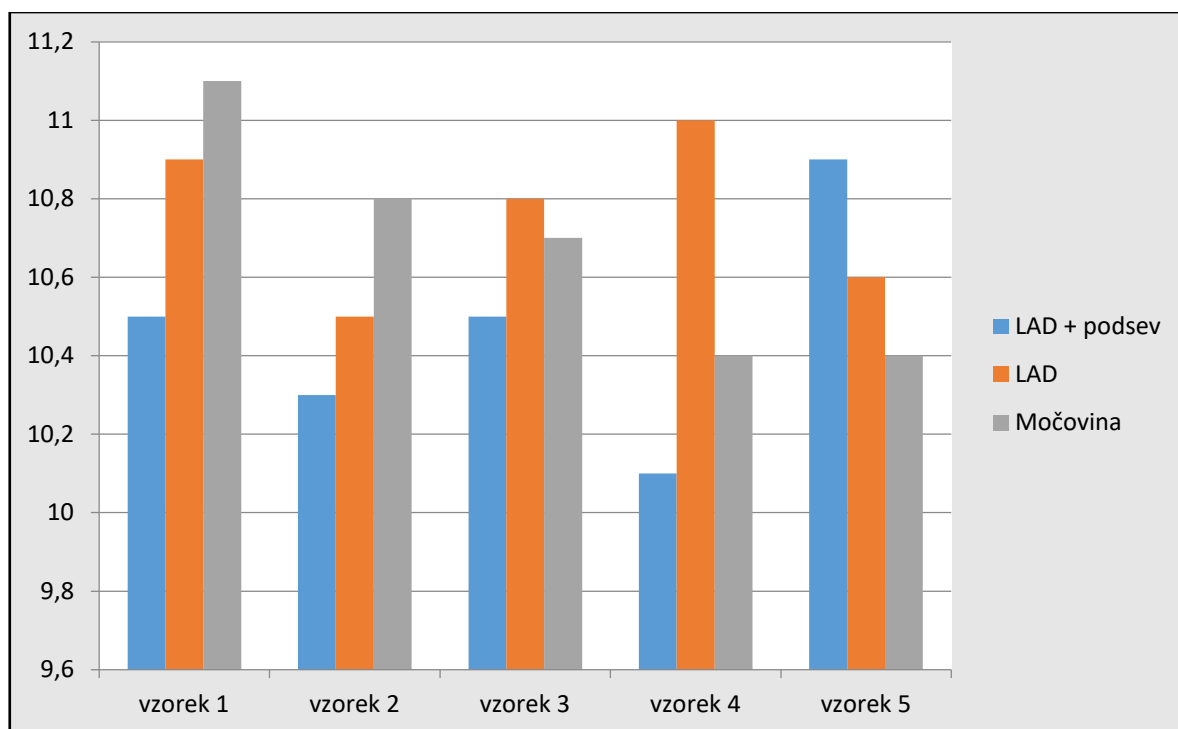
5.4 Obsah dusíkatých látek v zrně

Obsah dusíkatých látek v zrně byl stanovován v laboratoři. Obsah dusíkatých látek se na pokusných variantách pohyboval v rozmezí 10,1-11,1%. Na všech variantách vyšly dusíkaté látky v rámci normy na sladovnický ječmen.

Tab. 7: Obsah dusíkatých látek v zrně

	vzorek 1	vzorek 2	vzorek 3	vzorek 4	vzorek 5	PRŮMĚR
LAD + podsev	10,5	10,3	10,5	10,1	10,9	10,46
LAD	10,9	10,5	10,8	11	10,6	10,76
Močovina	11,1	10,8	10,7	10,4	10,4	10,68

Graf 15: Obsah dusíkatých látek v zrně



5.5 Výnos zrna

Dle postupů popsaných v metodice byl jedním opakováním stanoven výnos na jednotlivých variantách:

1. varianta – 4,86 t
2. varianta – 4,83 t
3. varianta – 4,89 t

Nejvyšší zjištěný výnos zrna byl na variantě hnojené močovinou, ale z důvodu pouze jednoho opakování není možné použít tuto hodnotu jako směrodatný výsledek pro další výpočty dle jednotlivých variant.

5.5.1 Teoretický výnos zrna

Pro výpočet teoretického výnosu byla v laboratoři zjištěna HTS, která byla 46 g.

Výsledky dle jednotlivých variant:

1. varianta – 6,01 t/ha
2. varianta – 6,26 t/ha
3. varianta – 6,58 t/ha

Teoretický výnos zrna byl počítán dle vzorce. Rozdíly mezi skutečným výnosem a teoretickým jsou způsobeny zejména nezapočítáním ztrát při sklizni. Dalším faktorem může být i nevyrovnanost porostu v rámci pozemku.

6 Diskuze

Diskuzní část bude věnována objasnění jednotlivých výsledků a působení jednotlivých vlivů na výnos ječmene jarního.

6.1 Vliv stanoviště

Dle Faměry (2002) je velmi podstatný vliv stanoviště na tvorbu výnosu zrna ječmene jarního. Nejlepší podmínky pro pěstování poskytují urodnější části republiky, mezi které se řadí například okolí velkých řek (Vltava, Labe nebo Ohře). Tyto půdy poskytují ječmeni dostatečné množství přístupných živin z půdní zásoby. Pokusné pozemky, které se nacházejí na Českomoravské vrchovině, nemají půdní zásobu přístupných živin tak velkou. Tyto rozdíly se v rámci pokusu mohly projevit zejména na počátku růstu, kdy kořenový systém rostlin nebyl dostatečně mohutný a fosfor nebo draslík nebyl součástí základního hnojení.

Pro pěstování ječmene je ideální neutrální, až mírně zásaditá půdní reakce. Při této hodnotě pH není omezen růst kořenů a tedy ani příjem látek kořenovým systémem. Pokusný pozemek, který je tvořen kambizeměmi, má půdní reakci mírně kyselou (pH 5,5). Tato půdní reakce přispívá k omezenému růstu kořenového systému a s tím i horší dostupnosti základních živin pro růst a vývoj ječmene, zejména v raných částech vývoje (Černý et al. 2007).

Kyselá půdní reakce má také vliv na mobilitu jednotlivých prvků v půdním systému. Prvky jako jsou hliník, železo, mangan nebo zinek jsou v kyselejším prostředí pro rostliny více dostupné a rostliny netrpí jejich nedostatkem. Vápník, hořčík nebo molybden jsou naopak mobilnější v lehce zásaditém prostředí a jejich dostupnost s klesajícím pH klesá. Základní živiny (N, P, K) jsou obecně méně dostupné na kyselejších půdách. Tento poznatek souvisí s nízkou biologickou aktivitou těchto půd (Pavlů 2018). Na pokusném pozemku byla agrochemickou zkouškou stanovena hodnota pH 5,5 - tedy mírně kyselá půdní reakce. Tento faktor mohl ovlivnit mobilitu základních živin v půdě a tím i tvorbu výnosu zrna ječmene jarního.

6.2 Vliv předplodiny a zeleného hnojení

Předplodinou pro pokus s jarním ječmenem byla pšenice ozimá. Pšenice ozimá se vyznačuje vysokou náročností na hnojení. Dle odběrového normativu je odběr pšenice na tvorbu jedné tuny zrna 20 kg N – počítáno je pouze se zrnem, jelikož sláma byla na pokusném pozemku ponechána (Klír 2006). Výnos zrna pšenice ozimé na tomto pozemku

byl v roce 2019 6,5 t. Celková dávka dusíku však dosáhla 160 kg/ha, což znamená dle normativu teoretický výnos 8,0 t. Ačkoli nebylo na pozemku provedeno měření minerálního dusíku na počátku vegetace v pokusném roce, lze předpokládat, že v půdě došlo k vytvoření zásoby dusíku, která ovlivnila výsledky pokusu. Na pokusných variantách se pohyboval výnos i dusíkaté látky v podobných hladinách. Dle výsledků pokusu převažovala v obou případech varianta hnojená močovinou (ve výnosu i v množství dusíkatých látek), rozdíly byly ovšem velmi nízké. Tato půdní zásoba dusíku mohla ovlivnit celkovou tvorbu výnosotvorných prvků. Pokud mají rostliny v průběhu odnožování k dispozici dostatečné (optimální) množství dusíku, dochází ke zvyšování počtu produktivních stébel, zvyšování výnosu a tím také ke zvýšenému zřed'ovacímú efektu, kdy je mineralizovaný dusík ukládán ve vyšším množství zrna (Klem et al. 2010).

Výsledky mohly být dále ovlivněny i zaorávkou slámy z předplodiny. Při zaorávce pšeničné slámy je zvláště důležité vycházet z hodnoty poměru C : N, který by se měl pohybovat v rozpětí 1 : 25-35. U pšeničné slámy se poměr C : N pohybuje kolem 1 : 80. Pokud tento poměr není dodržen, je třeba ho před jejich zapravením do půdy upravit dusíkatými hnojivy. Zde můžeme použít kejdu, močůvku, Betaliq (melasové výpalky scca 3 % obsahem N) případně i minerální N hnojiva (DAM-390, SAM 240 apod.) (Richter et al. 2017). Na pokusném pozemku nebyl poměr C : N při zaorávce slámy z předplodiny nijak upravován, což mohlo ovlivnit množství dusíku v půdě.

Dalším vlivem působícím na výsledky pokusu byla zaorávka zeleného hnojení. Vegetace sice odebrala část využitelného dusíku, ale následná podzimní zaorávka a zejména jarní mineralizační procesy, uvolnily další množství dusíku využitelného rostlinami.

6.3 Vliv průběhu počasí

Přestože průběh počasí v době vegetace můžeme jen velmi obtížně předpovídat, znalost působení počasí ve vztahu k obsahu dusíkatých látek nám dává možnost provést určitá opatření ve druhé polovině vegetace, omezující negativní vliv ročníku. Vliv ročníku opět souvisí s nabídkou dusíku a jeho využitím. Z jednoletých výsledků získáváme poměrně těsné závislosti mezi obsahem dusíku v sušině rostlin v polovině odnožování a obsahem dusíkatých látek v zrně. Tyto závislosti jsou ovšem v jednotlivých ročnících odlišné, a zatímco v jednom roce je zřejmá kladná závislost mezi obsahem dusíku v sušině rostlin a dusíkatými látkami v zrně, v následujícím roce můžeme pozorovat závislost obrácenou. To souvisí s dynamikou uvolňování minerálního dusíku a případně také s dostupností dusíkatých hnojiv při suchém počasí. V ročníku kdy dochází k rychlé mineralizaci a dusík je dobře přístupný (vlhké a teplé

počasí), znamená obvykle zvýšený obsah dusíku v rostlinách ječmene snížení obsahu dusíkatých látek v znu. To souvisí s využitím dusíku pro tvorbu výnosových prvků, především pak počtu produktivních stébel a navazujícímu zředovacímu efektu. Naopak v letech kdy je mineralizace posunována suchým jarním počasím, představuje zvýšený obsah minerálního dusíku zvýšený potenciál navazující mineralizace a závislost k obsahu dusíkatých látek v znu je proto opačná. Suché počasí rovněž snižuje rozpouštění minerálních hnojiv a pohyb dusíku ke kořenům. Tento dusík se pak stává přístupným pro rostliny až v pozdějších fázích vegetace a podílí se na zvýšení obsahu dusíkatých látek v znu (Klem et al. 2010).

7 Závěr

- Předpokládali jsme, že největší množství dusíkatých látek v zrně ječmene jarního bude na variantě hnojené močovinou. Tato hypotéza se nenaplnila, protože nejvyšší množství dusíkatých látek bylo zjištěno na variantě hnojené LAD bez podsevu.
- Dalším předpokladem bylo, že na variantě hnojené močovinou bude zjištěn nejvyšší počet odnoží. Tato hypotéza byla potvrzena, ačkoli rozdíly ve výsledcích na jednotlivých variantách nebyly velké.
- Nejvyšší počet zrn v klasu byl očekáván na variantě hnojené LAD. Tato hypotéza nebyla potvrzena, protože se nevyšší průměrný počet zrn objevil na variantě hnojené močovinou.
- Nejvyšší počet klasů/m² byl zaznamenán na variantě hnojené močovinou.
- Výsledky pokusu plně neodpovídají zadaným předpokladům v podobě hypotéz. Tento fakt je způsoben zejména průběhem počasí v rámci vegetace a vlivem předplodiny. Vyšší úhrn srážek způsobil nižší hladinu dusíkatých látek v zrně a tím do určité míry vyrovnal jednotlivé varianty. Z důvodu nízkého výnosu předplodiny, došlo k vytvoření půdní zásoby dusíku a tím ke snížení vlivu hnojení na jednotlivé výnosotvorné prvky.

8 Literatura

Andraščík M, Bechyně M, Belej J, Fric V, Fuciman L, Hruška L, Krausko A, Petr J, Rybáček V, Škula K, Špaldon E, Váša F, Votoupal B, Vrzalová J. 1982. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství, Praha

Konvalina P, Moudrý J, Kalinová J, Capouchová I, Stehno Z. 2008. Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Moral L F G, Miralles D J, Slafer G A. 2002. Initiation and appearances of vegetative and reproductive structures throughout barley development. Haworth Press, Binghamton

Agu R C. 2003. Some relationships between Malted Barleys of Different Nitrogen Levels and the Wort Properties. *J Inst Brew* **109**: 106-109

Alison M J, Cowe I, McHale R. 1976. A Rapid Test for the Prediction of Malting Quality of Barley. *J Inst Brew* **82**: 166-167

Kubát K, Hrouda L, Chrtek J, Kaplan Z, Kirschner J, Štěpánek J. 2002. Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha

Evers T, Millar S. 2002. Cereal grain structure and development: Some implications for quality. *Journal of Cereal Science* **36**: 261–284

Fincher G B, Stone B A. 1986. Cell walls and their components in cereal grain technology. *Advances in Cereal Science and Technology* **8**: 207–295

Swanston J S, Wilhelmson A, Ritala A, Gibson BR. 2014. Malting, brewing and distilling. In: Shewry PR, Ullrich SE, eds. *Barley: Chemistry and Technology*. St. Paul: AACC International, 193–222

Palmer G H. 1998. Ultrastructure of the cell walls of the transport pathway for gibberellic acid in barley aleurone layer. *Journal of the Institute of Brewing* **104**: 137–142

Faměra O. 2002. Založení porostu jarního ječmene vyžaduje velkou péči. *Úroda*. Profi Press, Praha

Eckert D. 2020. Nitrogen. Agronomics insights. Available from <https://www.cropnutrition.com/nutrient-management/nitrogen> . (Accessed November 2020)

Fišerová H, Prokeš J, Helánová A, Hartmann J. 2010. Změny kvality sladu v průběhu posklizňového dozrávání ječmene. *Kvasný průmysl* **56**: 94-95

Cassman K G. 2002. Agroecosystems, Nitrogen-use Efficiency, and Nitrogen Management. Available from <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1356&context=agronomyfacpub> . (Accessed November 2020)

Gutschick V P, Kay L E. 1995. *Jour. Exp. Bot.* **46**: 995

Hřivna L, Richter R, Běhal R. 2017. Vliv předplodiny na výnos a kvalitu zrna sladovnického ječmene. Sborník z konference „Ječmen v praxi. Klíčem k úspěchu je kvalita“. Mendelova univerzita v Brně, Brno

Balík J, Černý J, Kulhánek M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha

Youngqvist J B, Maranville J W. 2008. Patterns of nitrogen mobilization in grain. *Journal of plant nutrition* **15**: 445-555

Klem K. 2006. Základy utváření výnosových prvků u intenzivních technologií pěstování sladovnického ječmene. Úspěšné plodiny pro velký trh **1**: 69

Klem K, Klemová Z, Míša P. 2010. Faktory ovlivňující obsah dusíkatých látek v zru ječmene a možnosti ovlivnění. Sladovnický ječmen – průměrná ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna **1**: 25

Mehrvarz S, Chaichi M R, Alikhani H A. 2008. Effects of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.). *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment* **6**: 822-828

Abbas W, Anwar S, Akram W, Shah W A, Islam M, Iqbal B, Iqbal A. 2016. Response of Barley varieties to Phosphorus and Sulphur levels. *Pure and Applied Biology* **5**: 247

Faměra O, Jurečka D, Pařízek P. 1996. Pěstitelské požadavky jarního ječmene a význam odrůd. Zamyšlení nad rostlinnou výrobou. Česká zemědělská univerzita v Praze

Svobodová I, Spáčilová V, Hartman I, Míša P. 2017. Metodika pro pěstování sladovnického ječmene v ekologickém zemědělství. Available from https://www.vukrom.cz/userfiles/files/vysledky_vyzkumu/Metodiky/2017_Metodika_pro_pes_tovani_sladovnickeho_ječmene_v_ekologickem_zemedelstvi.pdf. (accessed November 2020)

Černý J, Balík J, Kulhánek M, Sedlář O. 2020. Hnojení jarního ječmene dusíkem - co vše spolu může souviset a proč vždy hnojení „nefunguje“, jak si přejeme. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-jarniho-ječmene-dusikem-co-vse-spolu-muze-souviset-a-proc-vzdy-hnojeni-nefunguje-jak-si-prej>. (accessed November 2020)

Lynch J. 1995. Root architecture and Plant Productivity, *Plant Physiology* **109**: 7 – 13

Noordwijk M, Martikainen P, Botner P, Cuevas E, Rouland C, Dhillon S S .1998. Global change and root function, *Global Change Biology* **4**: 759 – 772

Klimešová J, Středa T, Středová H. 2015. Tvorba kořenového systému a výnos zrna ječmene jarního v odlišných vláhových podmínkách. Mendelova univerzita v Brně. Available from <http://www.cbks.cz/SbornikMikulov15/Klimesova.pdf>. (accessed November 2020)

Hřivna L, Gregor T, Šottníková V, Cerkal R, Ryant P, Prokeš J, Radoch T, Vavroušová P. 2010. Role síry při tvorbě výnosu zrna ječmene jarního, parametrů jakosti sladu PDMS. *Kvasný průmysl* **2**: 69

Příkopa M. 2005. Ječmen jarní – nároky na živiny. Ústav agrochemie a výživy rostlin. Available from http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/jecmen_jarni.htm . (accessed November 2020)

Faměra O. 2002. Jarní ječmen chce svoje – vhodné prostředí a dobrou péči. Úroda. Profi Press, Praha

Příhoda J, Sluková M, Krejčířová L, Honců I. 2012. Renaissance ječmene. Potravinářská komora České republiky, Praha

Černý L, Vašák J, Křováček J, Hájek M. 2007. Jarní sladovnický ječmen – pěstitelský rádce. Katedra rostlinné výroby ČZU. Praha

Konvalina P, Moudrý J, Kalinová J, Capouchová I, Stehno Z. 2008. Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zavřelová M. 2014. Složení zrna ječmene z hlediska technologie potravin. *Kvasný průmysl* **5**: 127-130

<https://agrilifeextension.tamu.edu/library/gardening/what-happens-to-nitrogen-in-soils/>
<https://www.cropnutrition.com/nutrient-management/nitrogen>

Zhou M. 2010. Barley production and consumption. University of Tasmania. Available from [\(PDF\) Barley Production and Consumption \(researchgate.net\)](#) (accessed January 2021)

Miedema R. 1997. Applications of Micromorphology of Relevance to Agronomy. *Advances in agronomy*. Available from <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-structure> (accessed January 2021)

Lamb J A, Fernandez F G, Kaiser D E. 2014. Extension Specialists in Nutrient Management. University of Minnesota. Available from <https://bwsr.state.mn.us/sites/default/files/2019-07/UnderstandingNitrogenCycleinSoils.pd> (accessed January 2021)

Bernhard A. 2010. The nitrogen cycle: Processes, players and human impact. *Nature Education* **3**: 25

Rogers K. 2009. Nitrogen fixation. *Encyklopedia Britannica*. Available from <https://www.britannica.com/science/nitrogen-fixing-bacteria/additional-info#history> (accessed January 2021)

Dodds W K, Strauss E A. 2017. Transformation of nitrogen. *Methods in stream ecology*. Elsevier Inc.

Hynšt J, Prchalová R, Klement V. 2018. Lyzimetrická sledování. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělství. Brno

Straka J. Straková M. 2016. Zakládání trávníků a péče o trávníky. Available from <https://www.szuz.cz/UserFiles/File/Zakladani%20travniku%20a%20pece%20o%20travniky.pdf> (accessed January 2021)

Zehnálek J. Adam V. Kizek R. 2006. Asimilace dusičnanového, amonného a lidického dusíku u zemědělských plodin. Chemické listy **100**: 508-514

Richter R. 2004. Asimilace dusíku. Available from https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/nasimilace.htm (accessed January 2021)

Kolektiv Českého hydrometeorologického ústavu. 2021. Archiv průběhu počasí. Český hydrometeorologický ústav. Available from <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-prehledy-pozorovani#> (accessed March 2021)

Richter R. 2007. Živný režim půd. Available from https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_n.htm (accessed March 2021)

Winkler J. 2018. Škodlivost plevelů v porostech jarního ječmene. Agromanuál. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/skodlivost-plevelu-v-porostech-jarniho-jecmene> (accessed March 2021)

Kolektiv Českého statistického úřadu. 2020. Vývoj ploch zemědělských plodin. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2020> (accessed March 2021)

Zhou M. 2010. World production of corn, rice, wheat and barley: area harvested. American statistics department.

Hudec S. 2020. Sladovnický ječmen - plodina s jistým odbytem. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/sladovnicky-jecmen-plodina-s-jistym-odbytem> (accessed March 2021)

Klem K, Klemová Z, Miša P. 2010. Faktory ovlivňující obsah dusíkatých látek v zrna ječmene a možnosti. Available from <https://adoc.pub/faktory-ovlivujici-obsah-dusikatych-latek-v-zrnu-jemene-a-mo.html> (accessed March 2021)

Pavlů L. 2018. Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita v Praze

Klír J. 2006. Evidence hnojení. VÚRV. Praha

Richter R, Hřivna 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)