

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Vliv heterogenity pozemku na vitalitu sklizeného osiva

Diplomová práce

**Bc. Josef Chára
Rostlinná produkce**

**Vedoucí práce
Ing. Pavel Procházka, Ph.D.**

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv heterogenity pozemku na vitalitu sklizeného osiva" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26. 4. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Pavlu Procházkovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při řešení této práce. Dále bych chtěl poděkovat členům řešitelského kolektivu z Centra precizního zemědělství při ČZU. Panu doc. Ing. Václavovi Brantovi, Ph.D. za odborné připomínky v průběhu celé práce a pomoc při zpracování výsledků. Dále panu doc. Ing. Milanovi Kroulíkovi, Ph.D. za vstřícnost, poskytnutí technického vybavení a pomoc při zpracování provedených měření. Děkuji také paní Ing. Kateřině Hamouzové, Ph.D. za pomoc se statistickým zpracováním dat.

Vliv heterogenity pozemku na vitalitu sklizeného osiva

Souhrn

Cílem diplomové práce bylo prokázat závislost mezi heterogenitou pozemku a vitalitou sklizeného osiva. Provozní pokus proběhl na dvou půdních blocích osetých ječmenem jarním odrůdou Bojos. Na základě dlouhodobých výnosových potenciálů byly stanoveny produkční zóny půdních bloků s odběrnými body. Na každém z odběrných bodů byly v průběhu vegetace hodnoceny parametry porostu. Hodnocen byl počet vzešlých rostlin (m^2), vzcházivost (%), počet plodných odnoží (kusy) a počet klasů (kusy). K podrobnějšímu popisu půdních vlastností proběhlo měření tzv. on-the-go senzory. V tomto případě měřící soupravou, která kombinovala měření elektrické vodivosti půdy sondou EM38-MK2 a aktivity izotopů v půdě pomocí gamaspektrometru GSCar. Po ruční sklizni a výmlatu vzorků z odběrných bodů, byly získané vzorky laboratorně hodnoceny. Hodnoceny byly kvalitativní parametry semen - vlhkost zrna (%), obsah dusíkatých látek (N, %), HTS (g) a škrob (%). Hodnocení osivářských parametrů jednotlivých bodů bylo stanoveno testem klíčivosti (%) dle platné metodiky ÚKZÚZ. Proběhlo také detailnější zkoumání klasů, kdy byl zkoumán vliv HTS na uložení semen v klasu a vliv uložení semen v klasu na klíčivost semen. Výsledky neprokázaly vliv zón výnosového potenciálu na osivářské parametry a kvalitativní parametry semen. Byla prokázána závislost mezi HTS a uložením semen v klasu. Závislost uložení semen v klasu na klíčivost nebyla prokázána.

Klíčová slova: produkční zóny pozemku, precizní zemědělství, vitalita osiva

Influence of heterogeneity of field on vitality of harvested seed

Summary

The aim of this master thesis was to prove a correlation between field heterogeneity and vitality of the harvested seed. The experiment took place on two fields which were both sown with spring barley of the Bojos variety. The field production zones and sampling spots were determined based on long-term yield potentials. Multiple times during the vegetation period various characteristics were evaluated on each of the sampling spots. The evaluated characteristics were the following: number of emerged plants (m²), germination capacity (%), number of fertile shoots and number of spikes. The so-called on-the-go sensors were used for a more detailed characterization of the soil properties. In this case, a measuring kit that combined an EM38-MK2 probe for the assessment of soil electrical conductivity and a GSCar gamma spectrometer for assessment of isotope activity was used. Samples from each sampling spot were manually harvested, threshed and later used for laboratory evaluations. Laboratory evaluations assessed the qualitative characteristics of the seed: grain moisture (%), nitrogen content (N, %), TKW (Thousand Kernel Weight); (g) and the amount of starch (%). Samples from each sampling point were also subjected to germination testing (%) according to the relevant methodology of ÚKZÚZ. Furthermore, a more in-depth appraisal of spikes was conducted. The points of interest were the effect of TKW on seed placement on the spike and the effect of seed placement on seed germination. The examination did not show any link between management zones and qualitative seed characteristics. No correlation between seed placement on the spike and seed germination was proven, either. However, a connection between TKW and seed placement was found.

Keywords: management zones, precision agriculture, seed vitality

Obsah

1 Úvod	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Ječmen jarní	11
3.1.1 Pěstování jarního ječmene	11
3.1.1.1 Botanická systematika	11
3.1.1.2 Historie a pěstování	11
3.1.1.3 Požadavky na prostředí.....	12
3.1.1.4 Výběr odrůdy	13
3.1.2 Pěstební technologie jarního ječmene	13
3.1.2.1 Zpracování půdy.....	13
3.1.2.2 Setí.....	14
3.1.2.3 Výsevek	15
3.1.2.4 Výživa a hnojení	16
3.1.2.5 Regulace růstu.....	16
3.1.2.6 Ochrana proti škodlivým činitelům.....	17
3.1.2.7 Sklizeň a posklizňová úprava.....	17
3.1.3 Parametry jarního ječmene	18
3.1.3.1 Struktura porostu a výnosotvorné prvky	18
3.1.3.2 Kvalitativní ukazatele	18
3.2 Heterogenita půdních vlastností	21
3.2.1 Vnímání heterogenity	21
3.2.1.1 Vliv heterogenity na porost.....	22
3.2.2 Mapování prostorové heterogenity pozemků.....	23
3.2.2.1 Digitální modely terénu	24
3.2.2.2 Výnosové mapy.....	24
3.2.2.3 Identifikace produkčních zón z výnosových map	25
3.2.2.4 Identifikace produkčních zón z družicových dat	26
3.2.2.5 Vzorkování půdy	27
3.2.2.6 Nepřímé metody mapování.....	27

4 Metodika	30
4.1 Základní charakteristika stanoviště	30
4.1.1 Charakteristika půdních bloků	30
4.1.2 Průběh počasí.....	30
4.1.3 Agrotechnika.....	31
4.1.4 Odrůda Bojos	32
4.1.5 Hodnocení parametrů	32
4.2 Polní část.....	33
4.2.1 Hodnocení porostu	33
4.2.2 Hodnocení půdních vlastností.....	34
4.2.3 Sklizeň.....	34
4.3 Laboratorní část	35
4.3.1 Sklizeň, posklizňová úprava	35
4.3.2 Kvalita vzorků.....	36
4.3.3 Vliv umístění semen v klasu na klíčivost	36
4.3.4 Hodnocení klíčivosti celých vzorků.....	39
4.3.5 Statistické vyhodnocení.....	39
4.4 Zpracování mapových podkladů	39
4.4.1 Stanovení hodnot výnosového potenciálu	39
4.4.2 Stanovení hodnot půdních vlastností	39
5 Výsledky	41
5.1 Vliv změny během vegetace pro jednotlivé zóny	41
5.1.1 Vliv výnosového potenciálu na počet semen v klasu.....	41
5.1.2 HTS v závislosti na uložení semen v klasu	41
5.1.3 Vliv uložení semen v klasu na hodnoty klíčivosti	41
5.2 Výnosotvorné ukazatele	42
5.2.1 Parametry porostu	42
5.2.2 Parametry semen.....	42
5.3 Hodnocení půdních vlastností.....	43
5.4 Mapy půdních vlastností	44
5.5 Hodnocení T50.....	46
5.6 Variabilita půdního bloku k biometrickým parametrům porostu	46
6 Diskuze	47

6.1	Vliv změny během vegetace pro jednotlivé zóny	47
6.1.1	Vliv výnosového potenciálu na počet semen v klasu.....	47
6.1.2	HTS v závislosti na uložení semen v klasu.....	47
6.1.3	Vliv uložení semen v klasu na hodnoty klíčivosti	47
6.2	Výnosotvorné ukazatele	48
6.2.1	Parametry porostu	48
6.2.2	Parametry semen	48
6.3	Hodnocení půdních vlastností	49
6.4	Mapy půdních vlastností	49
6.5	Hodnocení T50.....	50
6.6	Variabilita půdního bloku k biometrickým parametrům porostu	50
7	Závěr.....	52
8	Literatura	54

1 Úvod

V České republice se ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) pěstuje na výměře přesahující 200 tis. ha. Jeho využití je směřováno do potravinářství, především k výrobě sladu, který má na našem území dlouhou tradici. Produkce určená pro výrobu sladu musí splňovat přísné požadavky sladoven. Základním požadavkem skladoven je vysoká klíčivost semen. Ještě přísnější požadavky na kvalitu semen jsou kladeny pěstiteli ječmene na výrobce osiv. Výsev jarního ječmene je spojený s jarními přísušky, které se v posledních letech výrazně podepisují na výnosovém potenciálu. Základním předpokladem pro dosažení výnosového potenciálu ječmene jarního je zdravé, vitální osivo.

Produkce osiv podléhá kontrole a certifikaci odboru osiva sadby Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ). Certifikace zaručuje základní semenářskou kvalitu, ale i zde se mohou v kvalitě partií vyskytovat rozdíly. Partie osiva představuje heterogenní směs semen, ve které se vyskytují semena s rozdílnými fyzikálními vlastnostmi, klíčivostí a vitalitou. Standardní posklizňová úprava osiv spočívá v oddělení semen od nečistot a příměsí. Dalšími posklizňovými úpravami můžeme zlepšit uniformitu, která spočívá ve sjednocení fyzikálních vlastností semen. Zlepšení uniformity přináší sjednocení klíčení a polní vzcházivosti, které je nezbytné pro dosažení vyrovnaného porostu s jednotným vývojem. Nelze opomenout nutnost uniformity fyzikálních vlastností pro potřeby přesného setí, které začíná být diskutovaným tématem také u obilnin.

Kvalita osiv je ovlivněna především odrudou, ročníkem a lokalitou. V odborné literatuře je největší míra připisována vlivu lokality, která může v extrémních případech dosáhnout až 60 % z faktorů ovlivňující kvalitu osiva. Většina prací se minulosti zabývala vlivem lokality na úrovni výrobní oblasti nebo regionu, nikoli na úrovni pozemku, kterou se zabývá tato diplomová práce. Variabilitu obhospodařovaných pozemků si uvědomovali již naši předkové, kteří vybírali osivo na další rok na základě dlouholetých zkušeností vypořádaných na svých pozemcích. Tato zkušenost se s transformací našeho zemědělství vytratila. Návrat k lokálnímu hospodaření našich předků s využitím znalostí o konkrétní části pozemku přichází s tzv. precizním zemědělstvím, které zohledňuje přirozenou prostorovou a časovou variabilitu pozemku. Předpokladem pro tento způsob hospodaření je zmiňovanou prostorovou a časovou variabilitu identifikovat a dokázat na ni pěstebními zásahy reagovat.

Výnos plodin je zaznamenáván do výnosových map. Výnosové mapy dnes představují hlavní zdroj informací o prostorové variabilitě pozemku. Z časových řad výnosových map dokážeme predikovat zóny s různou výnosovou úrovní. Podobná schopnost predikce u kvality produkce by umožnila plánování strategie sklizně podle předem definovaných parametrů. Pochopení složitých interakcí mezi heterogenitou pozemku, výnosem a kvalitou produkce by umožnilo optimalizaci pěstitelských vstupů pro požadovaný pěstitelský směr. U množitelských porostů by pochopení interakcí mezi heterogenitou pozemku a vitalitou osiva přineslo výrazný posun v kvalitě osiv. Výběr pozemků, případně jejich částí pro výsev množitelského materiálu by přinesl zlepšení partií osiv nebo napomohl již ke zmiňované optimalizaci pěstitelských vstupů. Sklizený množitelský materiál by představoval méně heterogenní směs semen, která souvisí s následnou jednodušší posklizňovou úpravou semen.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je zpracování literární rešerše zaměřené na sledovanou problematiku a doplnění experimentálně zaměřené práce o výsledky polních experimentů zaměřených na stanovení vlivu heterogenity pozemku na kvalitu osivářských parametrů jarního ječmene.

Hypotézy:

1. Heterogenita pozemku nemá vliv na vitalitu vyprodukovaného osiva
2. Výše výnosu semen nekoreluje s vitalitou osiva

Z výše uvedených hypotéz vycházejí hlavní a dílčí cíle práce:

Stanovení vlivu heterogenity pozemku na kvalitu osivářských parametrů semen jarního ječmene.

1. Prokázat závislost mezi heterogenitou pozemku a vitalitou osiva
2. Ověřit vztah mezi výší výnosu na dílčích částech pozemku a vitalitou osiva

3 Literární rešerše

3.1 Ječmen jarní

3.1.1 Pěstování jarního ječmene

3.1.1.1 Botanická systematika

Ječmeny představují z botanického hlediska samostatný rod z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Tradiční taxonomie odlišuje od ostatních zástupců čeledi například kvůli jednokvětým kláskům, které vyrůstají na větvení (lichoklasu) vždy po trojicích. Rod *Hordeum* čítal původně zhruba 150 druhů, avšak s nástupem molekulárně genetických poznatků se počet samostatných druhů snížil na 32 druhů, dohromady 45 taxonů. Ječmeny lze podle počtu chromozómů rozdělit na diploidní ($2n = 14$), tetraploidní ($2n = 28$) a hexaploidní ($2n = 42$). Kulturní ječmen je diploidní ($2n = 14$), podle uspořádání klasu dvouřadý nebo šestiřadý (Beneš et al. 2011).

Typ řadovosti klasu (dvouřadý/šestiřadý) určuje taxonomické zařazení do konvariety a typ zrna (pluchatý/bezpluchatý) pak zařazení do subvariety. Pluchaté genotypy mají obaly zrna (plucha a pluška) pevně přirostlé k obilce, kdežto u bezpluchatých genotypů zůstává zrno v obalech volně (von Bothmer et al. 1995).

3.1.1.2 Historie a pěstování

Ječmen patří mezi nejstarší kulturní plodiny (Hájek et al. 2011). Donedávna ale nebylo zcela jasné, odkud vlastně ječmen pochází. Nové studie využívající metod molekulární genetiky prokázaly, že kolébkou ječmene je tzv. úrodný půlměsíc na Středním Východě, v oblasti dnešního Izraele, Libanonu, Sýrie, Iráku a Turecka. Nejstarší známky pěstování ječmene pocházejí z údolí Nilu (19 000 let před. n. l.), archeologické nálezy obilky kulturního ječmene v Iránu jsou datovány na dobu 8 000 let před n. l. (Langer 2003; Blattner 2009).

S pohybem civilizací se ječmen rozšířil do celé Evropy (Newman 2006). Následně se rozšířil po celé severní polokouli, Africe a Jižní Americe (Blattner 2009). Na území dnešní České republiky jsou nejstarší nálezy datovány do období 4 000 lety před. n. l. (Langer 2003). Od 9. stol. byl spolu s pšeničkou a nahými pšenicemi nejvýznamnější plodinou na území dnešní České republiky. A to trvá dodnes (Černý et al. 2007).

K podstatnému rozšíření podle Newman (2006) došlo s nahrazením úhorového osevnického postupu norfolkským osevnickým postupem, který se postupně rozšířil z Anglie do celé Evropy. Podle Špaldon (1982) přineslo zavedení norfolkského osevnického rozšíření pěstování jarního ječmene, který poskytoval ječmeni výbornou předplodinu - řepu.

Dnes patří ječmen k důležitým obilninám a řadí se celosvětově na čtvrté místo z hlediska výměry i produkce. Zhou (2010) dodává, že nárůst výnosu byl nižší než u ostatních obilnin, přesto se výnos za 45 let zvýšil z 1,4 t/ha na 2,4 t/ha. V posledních dvou desetiletích sklizňové plochy klesly na zhruba 55 mil ha a celkovou produkci 140 mil tun. Ječmen byl nahrazen především kukuřicí a pšenicí pro krmné účely. Ke krmným účelům se využívá zhruba 70 % světové produkce ječmene, 16 % pro výrobu sladu a zbylých 14 % připadá na

potravinářství a průmysl. Zastoupení jednotlivých směrů pěstování se napříč státy výrazně liší (Zhou 2010).

V České republice patří jarní ječmen k našim dlouhodobě nejpěstovanějším jarním plodinám (Winkler et al. 2021). V meziválečném období činil podíl jarního ječmene 95,6 % z celkových ploch ječmene (Špaldon 1982). Až do přelomu 60. a 70. let minulého století se prakticky výlučně v Česku pěstoval dvouřadý jarní sladovnický ječmen. Po roce 1970 a zlepšení zimovzdornosti se začaly pěstovat ozimé, víceřadé ječmeny. Současnou roli ječmene v našem hospodářství nelze chápat jen z hlediska sladovnického uplatnění. Zimolka et al. (2006) poukazuje na skutečnost, že 70 % ječmene je využíváno jako kvalitní jadrné krmivo.

V roce 2020 činily pěstitelské plochy ječmene 331 tis ha. Z toho ječmen ozimý zaujímal 114 tis ha a ječmen jarní 217 tis ha. Ozimý ječmen dosáhl v tomto roce průměrného výnosu 6,11 t/ha a jarní ječmen 5,52 t/ha (CZSO 2021). V České republice je produkce zrna ječmene jarního směřována k uplatnění v potravinářství především pro výrobu sladu a následně piva (Špunarová & Prokeš 1998). Pro výrobu sladu je možné využít i ozimý ječmen, ale kvalitnější slad je podle Pettersson (2006) z jarního ječmene. Ozimý ječmen nachází využití především jako krmný (Griffley et al. 2010)

3.1.1.3 Požadavky na prostředí

Podle Černý et al. (2007) v žádném místě neexistují ideální podmínky pěstování sladovnického ječmene (nedostatek srážek, nízká suma teplot). Přesto se jarní ječmen pěstuje napříč všemi klimatickými oblastmi. V suchých oblastech západní Asie a severní Afriky dokonce poskytuje vyšší výnos zrna než pšenice (Hřivna et al. 2020). Chceme-li dosáhnout dobrého výnosu z jarního ječmene, nejlepším prostředím je mírné vlhké podnebí s vegetačním obdobím alespoň 90 dní (Pettersson 2006). V České republice se vegetační doba pohybuje zpravidla v rozpětí 100 - 125 dní. Oproti ostatním obilninám má slabší kořenový systém. Je proto nezbytné, aby měl k dispozici dostatek živin i vláhy v průběhu celé vegetace, pokud možno bez jakýchkoliv výkyvů způsobených jejich nedostatkem. To je ale v současnosti často velmi těžce dosažitelné.

Lokality s vyšší přirozenou úrodností se nacházejí v kukuřičných a řepařských oblastech, které bývají často v období vegetace chudší na srážky, a můžeme se zde setkávat s výrazným vláhovým deficitem (Hřivna et al. 2020). Sucho v době dozrávání výrazně snižuje výnos zrna ječmene z důvodu snížení rychlosti fotosyntézy a osmotického potenciálu. To má za následek snížení vitality semen, které se ale neprojevuje na klíčivosti semen (Samarah & Alqudah 2009). Stoupá však obsah N-látek v zrna až k hranici 15-16 %, taková produkce již nemá sladovnickou kvalitu (Černý et al. 2007).

V současné době dochází k přesunu pěstitelských ploch do obilnářské a bramborářské výrobní oblasti, což s sebou nese určitá rizika. Pozdější termín a posun sklizně často koresponduje s horší technologickou kvalitou zrna. Snižuje se přepad zrna nad sítem 2,5 mm, klesá objemová hmotnost zrna, a naopak zpravidla neúměrně roste obsah dusíkatých látek. Hřivna et al. (2020) dodává, že některé odrůdy si dokážou s nedostatkem vláhy poradit lépe než jiné.

3.1.1.4 Výběr odrůdy

Odrůdy ječmene jsou, podobně jako u celé řady hospodářsky využívaných druhů plodin, základním výnosným prvkem kvality. Obsah a vzájemné poměry látek, které obsahuje zrno ječmene, mohou být záměrným šlechtěním pozměněny pro specifické využití. V podmínkách České republiky je výběr zaměřen především na odrůdy poskytující kvalitní surovinu pro výrobu sladu (Prugar et al. 2008).

Odrůdová skladba se v České republice řídí seznamem doporučených odrůd a evropským katalogem odrůd. Všechny odrůdy, zapsané v těchto pramenech se mohou u nás pěstovat. Na základě technologických zkoušek jsou každoročně schvalovány odrůdy s výběrovou sladovnickou jakostí, které budou preferovány pivovary a vykupovány sladovnicemi v dalších letech. Tím se výběr značně zužuje a odebírá tak pěstitelům možnost svobodné volby (Černý et al. 2007). Při výběru odrůdy je nutné brát na zřetel i pěstitelskou oblast, kdy například Šottníková et al. (2011) uvádí rozdíly v kvalitativních parametrech jednotlivých odrůd v rámci lokality, kdy docházelo v rámci jedné lokality k rozdílným úrovním klíčení mezi odrůdami.

3.1.2 Pěstební technologie jarního ječmene

Kvalita jarního ječmene je výrazně ovlivněna zvolenou agrotechnikou, zejména systémem zpracování půdy, předplodinou, výsevkem a termínem setí a výživou rostlin - především dusíkem (Kassie & Tesfaye 2019). Nedílnou součástí jsou rovněž také zásahy spojené s ochranou rostlin (Hřivna et al. 2020). Výrazný vliv agrotechniky (např. výsevku, výživa rostlin, odrůda atd.) na kvalitu sladovnického ječmene potvrzuje Wade a Froment (2003).

3.1.2.1 Zpracování půdy

Zpracování půdy pod ječmen je voleno dle vybavení podniku a půdní struktury. Je možné orat i používat minimalizační zpracování půdy (Černý et al. 2007). Zvolený způsob zpracování půdy může výrazně ovlivnit kvalitu a výnos ječmene (Naeem et al. 2021). Podle Hřivna et al. (2020) je výběr závislý do značné míry na předplodině a zaorávaných posklizňových zbytcích. Množství rostlinných zbytků a jejich složení pak podmiňuje rychlost jejich rozkladu. Na půdách s vysokým obsahem humusu a při zaorávce značného množství posklizňových zbytků je vhodnější volit zpracování půdy do menší hloubky za účelem rychlého rozkladu posklizňových zbytků a uvolnění převážné části dusíku brzy na jaře, kdy může být rostlinou účelně využit pro tvorbu odnoží a jejich udržení v případě jarního přísušku. Hlubší zpracování doporučuje Cerkal et al. (2001) provést tam, kde je nutné zaorat větší množství posklizňových zbytků s vyšší sušinou a zbytků, na kterých mohou přezimovat zárodky houbových chorob.

V zemědělské praxi se vedle tradičních postupů používají postupy zjednodušené s minimalizačními a půdoochrannými prvky (Křen et al. 2019). Tyto technologie mohou ovlivňovat kvalitativní parametry zrna ječmene především prostřednictvím posklizňových zbytků a uvolňováním minerálního dusíku. U minimalizačních technologií dochází na jaře k pomalejšímu prohřívání půdy a pomalejšímu provzdušnění, které zpožďuje uvolňování

minerálního dusíku. To se následně může negativně projevit na zvyšování obsahu dusíkatých látek v zrně (Hřivna et al. 2020). Podle Klem et al. (2006) dochází k imobilizaci živin z posklizňových zbytků, přičemž následně dochází k jejich uvolnění ve zcela nevhodném termínu z pohledu kvality sladovnického ječmene - tedy od druhé poloviny sloupkování a je nutné i tuto skutečnost zohlednit.

K optimalizaci hnojení dusíkem ve vztahu k posklizňovým zbytkům je možné kromě odběru půdních vzorků využít také informace o množství posklizňových zbytků předplodiny na pozemku. Využity mohou být informace o variabilitě výnosu (kapitola 3.2.2.2) stanovené při sklizni sklízecí mlátičkou nebo s určitou mírou nepřesnosti údaje o výnosovém potenciálu (kapitola 3.2.2.3); (Brant et al. 2020). Pokud známe hodnotu výnosu, můžeme dopočítat přibližné množství posklizňových zbytků pomocí poměru mezi hlavním (zrnem) a vedlejším produktem (slámou). Lukas et al. (2011) uvádí poměr mezi hlavním a vedlejším produktem u pšenice ozimé 0,8 a u ječmene jarního 0,6.

3.1.2.2 Setí

Setí má význačný vliv na výši sklizně i kvalitu sladovnického ječmene. Jde hlavně o správnou dobu setí, optimální výši výsevu, správnou šířku řádků a hloubku setí (Černý et al. 2007).

Agrotechnická lhůta setí není u jarních obilnin kalendářně stanovena. Vždy záleží na podmínkách konkrétního ročníku, nástupu jara a vytvoření vhodných podmínek. Platí však, že jarní ječmen by se měl vysévat co nejdříve na jaře, jakmile to počasí a stav půdy dovolí. Pozornost je třeba věnovat vlhkosti půdy, aby nedošlo k takzvanému zamazání (Zimolka et al. 2006). Sladovnický ječmen velmi silně reaguje na zpožděné setí. Pokles výnosu je tím pronikavější, čím dříve v daném roce nastoupí teplé a suché počasí. Ječmen jen málo vyrovnává pozdní setí pozdějším zráním, nýbrž urychluje růst, čímž se zkrátí vegetační doba a sníží výnos Černý et al. (2007).

Hloubka setí je 20 - 30 mm, jen na lehké vysychavé půdě může být až 40 mm. Velmi důležitá je rovnoměrnost hloubky setí. Ta ovlivňuje jednotlivé vzcházení a intenzitu odnožování. Při hlubokém setí ječmen dlouho vzchází (Faměra 2002). Delší dobu vzcházení potvrzuje Kirby (1993). Hlubší výsev přináší také nižší produkci sušiny. Osivo jarního ječmene by mělo být v řádcích uloženo ve stejnosměrných vzdálenostech, aby se zabránilo konkurenci mezi rostlinami. Faměra (2002) dále doporučuje snížit meziřádkovou vzdálenost pod obvyklých 12,5 cm.

Fotiades a Hadjichristodoulou (1984) zkoumali rozdíly v produkci ječmene jarního s meziřádkovou vzdáleností 16, 24 a 32 cm. Se zvyšující meziřádkovou vzdáleností výrazně klesala odnožovací schopnost a počet odnoží, což vedlo k nižšímu výnosu. K podobným závěrům došel Krováček a Vašák (2006), kteří zkoumali meziřádkovou vzdálenost 12,5; 6,25 cm a setí „na široko“. Výsledky potvrzují výzkum (Fotiades & Hadjichristodoulou 1984), setí do úzkých řádků či „na široko“ přináší pozitivní výnosovou odezvu, ale i podíl předního zrna. Výsledky ukazují, že čtvercový vzor dostupné plochy pro rostliny ječmene vede k vyššímu výnosu (Fotiades & Hadjichristodoulou 1984).

3.1.2.3 Výsevek

Výsevek závisí na odrůdě ječmene, především na schopnosti odnožování, na hodnotě osiva, na půdě (živiny, vláha, škůdci, plevele), na povětrnostních činitelích a na době a způsobu setí (kapitola 3.1.2.2); (Černý et al. 2007). O'Donovan et al. (2012) považují za optimální výsevek 3 MKS (milion klíčivých semen). V našich oblastech se počet vysetých klíčivých semen pohybuje zpravidla od 3 MKS do 5 MKS (Černý et al. 2007). Faměra (2002) uvádí výsevky pro jednotlivé výrobní oblasti v tab. 1. Vzhledem k odnožovací schopnosti jarního ječmene a nebezpečí poléhání není vhodné zvyšovat doporučené výsevky.

Tab. 1: Doporučené výsevky jarního ječmene (MKS/ha); (Faměra 2002) upraveno

Výrobní oblast				
kukuřičná	řepařská	obilnářská	bramborářská	pícninářská
3,5-4	3,5	3,5-4	4-4,5	4-4,5

Zvýšení výsevku doporučuje Klem et al. (2006) po zhoršujících předplodinách (ozimá pšenice se zaorávanou slámou, kukuřice na zrno), kdy je vhodnější využívat vyšších výsevků (okolo 4,5 MKS a intenzivnější podpory odnožování), zatímco po řepce lze považovat za dostačující výsevky v rozmezí 3,5-4 MKS. Do intenzivních technologií s využitím úzkých řádků nebo setí „na široko“ uvádí Křováček a Vašák (2006) výsevky vyšší než 5 MKS/ha.

Zvýšení výsevku o 10-15 % (asi 0,5 MKS) oproti doporučeným hodnotám navrhuje Černý et al. (2007) při špatném fyzikálním stavu půdy, vyšším množství posklizňových zbytků na povrchu půdy (např. po kukuřici) a při setí po 15. dubnu. Stanovit optimální výsevek je složité, kromě zmiňovaných faktorů (předplodina, termín setí aj.) upozorňuje Bullock et al. (1998) i na skutečnost, že ne všechny pozemky jsou stejné, a i v rámci pozemků existuje variabilita. S rozvojem precizního hospodaření se po variabilních aplikacích hnojiv začíná mimo jiné rozvíjet také variabilní setí (Licht et al. 2017).

3.1.2.3.1 Variabilní setí

Změna počtu rostlin na pozemku je poměrně stará myšlenka, která byla uskutečněna až s příchodem GPS technologií (Lowenberg-DeBoer 1998). Variabilní výsevek může být cestou, jak dosáhnout v podmínkách s nevyrovnanými půdami homogenního vývoje porostů pěstovaných plodin nebo optimalizovat počet rostlin na m². Například zvýšením hustoty porostu na pozemcích s lehkou půdou, kde rostliny běžně trpí suchem na jaře, může vést ke zvýšení výnosu. Naopak na humózních půdách s dobrou zásobeností živinami a vlhkostí by bylo možné výsevek snížit (Beneš 2018).

V začátcích implementace variabilního setí uvedl Bullock et al. (1998), že aby byla technologie přínosná, musí být definovaný vztah mezi výnosem, hustotou rostlin a topografickými a půdními vlastnostmi. Stanovení jediné metodiky pro variabilního setí založené na půdních nebo topografických mapových podkladech se jeví jako nepravděpodobné kvůli interakci dalších faktorů jako jsou klimatické podmínky (Licht et al. 2017).

Dnes je pro tyto agrotechnické zásahy využíváno dlouhodobých výnosových potenciálů (kapitola 3.2.2.4); (Licht et al. 2017). Brant et al. (2020) považuje úroveň variability výnosového potenciálu za primární faktor ovlivňující ekonomická hlediska ve vztahu k variabilnímu provedení agrotechnických opatření, včetně variabilní změny výsevu. S využitím výnosového potenciálu pro stanovení úrovně výsevu souhlasí Nielsen (1995).

Zatímco variabilní setí kukuřice je vcelku propracované (Bullock et al. 1998; Sadler et al. 2000; Licht et al. 2017; DeBoer 1998), variabilní setí úzkořádkých plodin je v podstatě na začátku uplatňování (Brant et al. 2020).

3.1.2.4 Výživa a hnojení

Pro zajištění dobré výživy ječmene je vzhledem k menší osvojovací schopnosti příjmu živin a krátké vegetační době nutná dobrá zásoba pohotových živin v půdě. Ze všech obilnin jarní ječmen nejcitlivěji reaguje na nedostatek živin v půdě a velmi pozitivně působí hnojení minerálními hnojivy (Vaněk et al. 2016). V prvních 25 - 30 dnech od vzejití porostu odčerpá ječmen 40 - 60 % všech živin z celkového množství, a přitom vytvoří pouze 20 % sušiny (Richter et al. 2004). Výnosem okolo 5 t zrna sladovnického ječmene z hektaru je odčerpáno z půdy okolo 110 kg N, 24 kg P, 90 kg K, 30 kg Ca a 9 kg Mg (Vaněk et al. 2016). Jedním z nejdůležitějších agronomických vstupů ovlivňující kvalitu zrna je aplikace dusíkatých hnojiv (Cammarano et al. 2020).

Potvrdilo se, že množství dusíku v půdě je na jaře značně variabilní a významnou roli zde hraje předplodina (Richter et al. 2013). Vzhledem k tomu, že se ječmen velmi často pěstuje po obilnině, je nutné tuto skutečnost zohlednit při hnojení. Pro sladovnický ječmen volíme obecně dávky nižší (Vaněk et al. 2016). Vyplatí se proto před vlastní aplikací dusíkatých hnojiv v předjaří stanovit obsah N_{min} v půdě a dávku podle toho upravit (Hřivna et al. 2018).

Najít kompromis mezi dosažitelným výnosovým potenciálem ječmene a s tím spojeným obsahem bílkovin v zrna není lehké (Kassie & Tesfaye 2019). Castro et al. (2008) upozorňuje, že snaha o dosažení maximálního výnosu může způsobit vyšší koncentraci bílkovin, která nebude akceptována pro sladování (kapitola 3.1.3.2.1). Navíc při dávkách vyšších než 125 kg/ha nepřichází výnosová odezva (Moreno et al. 2003). Zemědělská praxe zpravidla funguje tak, že je dusík aplikován ve vyšších dávkách před setím a pak se doladuje jeho dávka během odnožování, případně na počátku sloupkování porostu (Polák et al. 1993).

Optimalizace hnojení ve vztahu k výnosu a kvalitě produkce je ovlivněna zejména variabilitou půdních vlastností a klimatickými podmínkami na konci sezóny (Cammarano et al. 2020). Optimálního dohnojení dusíkem v průběhu sezóny lze docílit variabilní aplikací, která zohledňuje prostorové rozdíly pěstovaných plodin. Na základě vegetačních indexů (např. NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) dochází k optimalizaci hnojení pro konkrétní části půdního bloku (Tremblay et al. 2009).

3.1.2.5 Regulace růstu

Pozitivně se na průběhu odnožování podílí použití regulátorů růstu na podporu odnožování, a především srovnání odnoží (Klem et al. 2006). Podle Černý et al. (2007) je úkolem pěstitelů tvorba „pevného hustého nízkého“ porostu sladovnického ječmene

s vysokým výnosem a dobrými kvalitativními parametry. Zanedbáním regulace růstu může dojít k poléhání porostu. Podle Zimolka et al. (2006) nezpůsobuje poléhání porostu pouze výnosové ztráty, ale také může znehodnotit sladovnickou kvalitu (zahnědlé špičky, porůstání, zvýšená infekce fuzariózami a obsah mykotoxinů, výskyt plísní). Léty prověřeným zásahem vedoucím k zahuštění a vyrovnání porostu, je aplikace přípravků na bázi CCC (Chlor Cholone Chlorid) v první polovině odnožování. Při této aplikaci dojde k potlačení apikální dominance hlavní odnože a jejímu zbrzdění a současně k podpoře tvorby dalších odnoží, což v konečném důsledku vede k vyrovnání porostu a zvýšení jeho hustoty (Bezdičková 2018).

3.1.2.6 Ochrana proti škodlivým činitelům

Tlak chorob a škůdců je u jarního ječmene menší, avšak při kalamitním výskytu mohou způsobit velké škody. Moření osiva může tlumit choroby přenosné obilkami, z nichž je nejdůležitější snět prašná, pruhovitost ječná a hnědá skvrnitost. Z listových chorob je nejvýznamější padlí travní (Zimolka 2008). Z hlediska prodejnosti a zdravotní nezávadnosti považuje Kazda et al. (2010) za nejvýznamnější patogeny houby rodu *Fusarium*. Důvodem je schopnost řady druhů produkovat mykotoxiny, které kontaminují zrna a následně přecházejí do všech produktů z něj vyrobených. Ze škůdců je v posledních letech aktuální kohoutek modrý (Zimolka 2008). Bittner (2008) dále uvádí například mšice, třásněnky, bzunku ječnou nebo bejломorku sedlovou.

Ječmen jarní má díky své vysoké odnožovací schopnosti a poměrně rychlému počátečnímu růstu vysokou konkurenční schopnost proti plevelům. Jeho konkurenční schopnost se projevuje především vůči jednoletým dvouděložným plevelům (Winkler et al. 2021). V porostech jarního ječmene se typicky vyskytují zástupci časně jarních plevelů. Za jeden z neproblematičtějších plevelů sladovnických ječmenů považuje Jursík et al. (2018) oves hluchý. Pro praxi je zcela běžné ošetřovat porosty ječmene proti plevelům až ke konci odnožování nebo dokonce na začátku sloupkování (Klem et al. 2006).

3.1.2.7 Sklizeň a posklizňová úprava

Sladovnický ječmen se sklízí zásadně v plné zralosti, kdy ustane migrace látek do zrna, byla ukončena asimilační činnost, v zrně došlo ke snížení vlhkosti pod 16 %, zrno se již neohne, pluchy zežloutly až zbělaly, rostlina uschla až pro praporcový list, nejhořejší kolínko získalo hnědou barvu. Vlivem předčasné sklizně (podtržení porostu) je přerušen transport zásobních látek ze slámy do zrna, což vede k relativně vyššímu obsahu bílkovin v zrně, snižuje se klíčivost a energie klíčivosti. Prodlužuje se dormance (posklizňové dozrávání), snižuje se HTS a tím i výnos, klesá podíl předního zrna. Rovněž opožděná sklizeň není žádoucí, neboť se jí zvyšuje nebezpečí výdrolu, lámání stébel a klasů a tím i vyšších sklizňových ztrát, zvyšuje se možnost porůstání zrna, prodlužuje se posklizňové dozrávání (Zimolka 2008).

Po sklizni je nezbytné co nejdříve ošetřit obilí tak, aby nedocházelo ke ztrátám kvality. Žádoucí je zrno předčistit a upravit jeho vlhkost (pokud je potřeba) na 14-15 %. K bezpečnému snížení vlhkosti se nejlépe hodí roštové sušárny s aktivní ventilací studeným vzduchem, případně s možností promíchání. Při uskladnění obilí na velkých hromadách po delší dobu je vhodné čas od času použít aktivní provětrávání studeným vzduchem, i když není

potřeba regulovat vlhkost. Hromady takzvané „prodýchnou“ a zamezí se tak možnosti rozvoje plísní i hromadění nežádoucích plynů podporujících jejich rozvoj a zachová se vysoká klíčivost zrna (Černý et al. 2007).

3.1.3 Parametry jarního ječmene

3.1.3.1 Struktura porostu a výnosotvorné prvky

Základem pro využití výnosového potenciálu sladovnického ječmene je dosažení optimálního počtu produktivních stébel s vysokou produktivitou klasu. Vzhledem k tomu, že ječmen je plodina, která vytváří výnos především klasy, mohou být nedostatky v agrotechnice, které způsobují snížení počtu produktivních stébel, jen obtížně kompenzovány pozdějšími opatřeními (Klem et al. 2006).

Na tvorbě výnosu se podílejí základní výnosotvorné prvky: počet klasů/m², který závisí na počtu rostlin a počtu odnoží, počet zrn v klase a hmotnost tisíce zrn (Bezdíčková 2018). Uvedené výnosové prvky jsou navzájem na sobě závislé, vzájemně se ovlivňují a do jisté míry i kompenzují (Vaněk et al. 2016).

Jarní ječmen má vysoký potenciál tvorby odnoží a je žádoucí, aby tvorba odnoží byla dostatečná a vyrovnaná tak, aby bylo dosaženo 2 až 4 plodných stébel na rostlině, což představuje 800 - 1000 klasů na m² (Hřivna 2011). Optimum by se mělo pohybovat v rozpětí 900-1000 klasů/m². Ani toto rozpětí ovšem není možné považovat za dogma, protože toto odpovídá vysoce intenzivním pěstitelským technologiím, přičemž i ostatní vstupy (výživa, fungicidní ochrana) jsou nastaveny pro dosažení vysoké výnosové úrovně. Jestliže je úroveň intenzity nižší, snižuje se také optimum hustoty klasů (Klem et al. 2006). Výnos ovlivňuje také počet semen v klasu, který je ovlivněný genotypem a vnějším prostředím (Honsová 2019).

3.1.3.2 Kvalitativní ukazatele

Základní požadavky na obilky ječmene jako osiva i jako materiálu pro výrobu sladu jsou v podstatě stejné. Zrno ječmene by mělo mít maximální klíčivost a mělo by klíčit rychle a uniformně. Pro výrobce osiva, pěstitele ječmene a výrobce sladu je klíčení ječmene základním technologickým procesem, během kterého v obilce dochází k aktivaci a syntéze enzymů a k řadě dalších změn. Hlavní podmínkou uniformního klíčení obilek ječmene v konkrétní partii je odrůdová čistota, ukončené posklizňové dozrávání a jednotná velikost kategorie - obilek (Šottníková et al. 2011).

3.1.3.2.1 Sladovnický ječmen

Sladovnická kvalita je výrazná odrůdová vlastnost. Představuje komplexní ukazatel vyjadřující úroveň a vyrovnanost jednotlivých sledovaných sladovnických parametrů (Prugar 2008). Základní vlastností zrna ječmene určeného pro sladování je schopnost klíčit. Podmínkou jednotlivého klíčení v určité partii je odrůdová čistota, stejná velikost obilek a ukončené posklizňové dozrávání (Šottníková et al. 2011). Podle Fox (2006) je cílem produkovat velká zrna, která mají obecně vysoký obsah škrobu a nízkou hladinu bílkovin

(Fox 2006). Menší zrna mají obecně více bílkovin. Pokud tomu tak není, pochází vzorek z prostředí s deficitem dusíku (Magliano et al. 2014).

3.1.3.2.1.1 Hodnocení podle ČSN

Jakostní požadavky na sladovnický ječmen se odvíjejí od normy 46 1100-5 (tab. 2). Tyto parametry jsou upravovány výkupci. Hlavním a nosným kritériem je klíčivost, bez které nelze vyrobit slad. Ostatní nákupní parametry se liší v různých letech (Černý et al. 2007).

Kromě vysoké klíčivosti je důležitým kritériem obsah N-látek v zrně. Optimální rozmezí bílkovin je od 9,5 - 11,5 % (Pettersson 2006). Toto rozmezí platí pro Evropské producenty, například v Kanadě je požadované rozmezí mezi 10,5 - 12,5 % (Smith et al. 2012). Černý et al. (2007) uvádí 12,5 % jako hraniční závaznou jakost. Vyšší obsah bílkovin snižuje výtěžnost extraktu a může zpomalit začátek klíčení. Nižší obsah bílkovin má za následek nižší aktivitu enzymů a pomalý růst kvasinek (Pettersson 2006). Podle Kassie a Tesfaye (2019) obsahují menší zrna vyšší množství bílkovin. Jejich obsah je ovlivněn především hnojením N (kapitola 3.1.2.4).

Tab. 2: Hodnoty jakostních ukazatelů ječmene sladovnického (ČSN 46 1100-5); (Černý et al. 2007)

Jakostní ukazatele	Základní jakost (%)	Závazná jakost (%)
Vlhkost	15,0	nejvýše 16,0
Přepad zrna nad sítí 2,5 x 2,2 mm	90,0	nejméně 70,0
Zrna poškozená	2,0	nejvýše 6,0
Zrna porostlá	0,0	nejvýše 5,0
Celkový odpad, z toho:	3,0	nejvýše 7,0
neodstranitelná příměs	-	nejvýše 1,0
zelená zrna	-	nejvýše 1,0
Klíčivost	98,0	nejméně 92,0
Obsah N-látek (N x 6,25)	11,0	nejvýše 12,5
Barva zrna	světle žlutá	žlutá, i méně vyrovnaná
Plucha	jemně vrásčitá	i méně jemně vrásčitá

3.1.3.2.1.2 Hodnocení podle USJ

V České republice se pro hodnocení kvality sladovnického ječmene a z něho vyrobeného sladu používají metody EBC (European Brewery Convention - Evropská pivovarská konvence) a MEBAK (Mittleuropäische Brautechnische - Středoevropská pivovarsko-technická analytická komise); (Prugar 2008).

Ukazatel sladovnické jakosti (USJ) hodnotí kvalitu jednotlivých odrůd. Úroveň jednotlivých znaků je výsledkem interakce mezi genotypem a prostředím (Černý et al. 2007). K hodnoceným znakům patří obsah dusíkatých látek (bílkovin) v zrně ječmene, extrakt v sušině sladu, relativní extrakt při 45 °C, Kolbachovo číslo, diastatická mohutnost, dosažitelný stupeň prokvašení, friabilita sladu a obsahu β -glukátů ve sladině. Váhy hodnocených znaků byly stanoveny základě požadavků ze strany výrobců sladu a piva (Zimolka et al. 2006).

Váhy hodnocených znaků a rovněž tak jejich limitní hodnoty byly stanoveny subjektivně na základě zkušeností a požadavků přítomných zástupců sladoven a pivovarů (Psota & Kosař 2002). Nastavený systém zvýhodňuje genotypy vyrovnané v jednotlivých znacích sladovnické kvality (Zimolka et al. 2006). Výpočet USJ vychází z modifikace tzv. „superiority measure“. Tento systém je snadno modifikovatelný a umožňuje po předchozí dohodě změnit počet sledovaných znaků nebo zaměnit sledované znaky jinými (Psota & Kosař 2002). Výsledek hodnocení se vyjadřuje v rámci devítibodové stupnice. USJ nabývá hodnot od „1“ (nejhorší, nepřijatelná) do „9“ (nejlepší, optimální); (Zimolka et al. 2006).

3.1.3.2.2 Osivo

Pro pěstování obilnin je důležitý kvalitní rozmnožovací materiál, který je základním vstupem pro rostlinnou výrobu (Hosnedla 2009). Základním předpokladem produkce kvalitního osiva je umět vytvořit pro osivo optimální podmínky pro pěstování přímo „na poli“ (Pazderů 2013). Kvalita osiva obecně ovlivňuje polní vzházivost, úplnost a vyrovnanost porostu (Honsová 2015). Podstatný je obsah zásobních látek, tj. sacharidů, bílkovin a tuků, které mají významný vliv na rychlost klíčení, důležitý je i obsah minerálních látek. Dále Hřivna et al. (2020) uvádí hraniční obsahy živin v osivu pro dosažení vysokých výnosů - 1,9 % N, 0,38 % P, 0,44 % K, 0,06 % Ca a 0,14 % Mg. Osivo jarního ječmene by podle Zimolka et al. (2006) mělo mít také vysokou biologickou hodnotu, do níž patří i dobrý zdravotní stav.

Při stanovení semenářské hodnoty osiva se standardně stanoví čistota, laboratorní klíčivost a hmotnost tisíce semen (Honsová et al. 2011). Hmotnost tisíce semen vyjadřuje velikost a hmotnost semen osiva, která je vlastností genotypu a ovlivňuje ji celá řada vnějších faktorů (Honsová 2019).

Česká legislativa obsahuje k problematice osiv řadu právních předpisů. Stěžejním zákonem vztahujícím se k osivu je zákon č. 2019/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby). Podmínky pro uvedení osiva na trh jsou v daném zákoně zapracovány v době směrnice, pro uvádění obilovin na trh se vztahuje směrnice 66/402 (ÚKZÚZ 2021).

3.1.3.2.2.1 Laboratorní testy klíčivosti

Klíčivost osiva stanovená laboratorní zkouškou je schopnost semen poskytnout v optimálních podmínkách za stanovenou dobu maximálního počtu normálně vyvinutých klíčících rostlin, u nichž je předpoklad, že v příznivých podmínkách v půdě se vyvinou v normální rostliny. Procento klíčivosti: udává ve výsledku rozboru početní podíl semen, která ve stanovených podmínkách a ve stanovené době vytvořila normální klíčící rostlinu (ÚKZÚZ 2016).

$$\text{Klíčivost semen (\%): } SG = G_f/S * 100$$

G_f ... počet vyklíčených semen na konci kultivace

S ... celkový počet testovaných semen (Šerá 2014)

Informace o klíčivosti by měly být především kritériem k základnímu dělení partií osiva podle kvality (McDonald & Copeland 2001). Tekrony (2003) upozorňuje, že stanovení

klíčivosti osiva poskytuje informace o kvalitě partie osiva pouze v optimálních podmínkách. V případě neoptimálních podmínek (a ty jsou častější) je rozhodující vlastností semen jejich vitalita (Pazderů 20013). I osivo s vysokou klíčivostí může mít rozdílnou vitalitu (Tekrony 2003). Hodnocení vitality osiva je prováděno pomocí stresových testů, kterými je testována právě schopnost vytvořit novou rostlinu v podmínkách neoptimálních, někdy až extrémních (Pazderů 2013). Vitalita osiva nejvíce ovlivňuje výnos u plodin s malou autoregulační schopností setých na přesnou vzdálenost. V případě obilnin, které disponují velkou kompenzační výnosových prvků, se podíl vitality osiva na výnosu odráží méně (Honsová et al. 2011).

V každé semenářské laboratoři, kde hodnotí klíčivost podle platných pravidel, hodnotí také vitalitu prostřednictvím energie klíčení (Pazderů 2013). Energie klíčení vyjadřuje procentuální množství vyklíčených semen daného vzorku v daném čase před ukončením testování klíčení. Energie klíčení vypovídá o intenzitě a vyrovnanosti klíčení.

$$\text{Energie klíčení (\%): } GE = G_t/S * 100$$

G_t ... počet vyklíčených semen ve dne t (Bam et al. 2006)

I když je tato hodnota stanovována v optimálních podmínkách, a ne v podmínkách stresových, přesto pouhým porovnáním energie klíčení a celkové klíčivosti můžeme posoudit kvalitu partie (Pazderů 2013). Energie klíčení se projevuje hlavně v raných fázích vývoje plodin. Může ale také negativně ovlivnit celkový výnos plodin (TeKrony & Egli 1991). Hosnedl (2009) uvádí výsledky více než dvacetiletého sledování zaměřeného na produkční schopnost partií osiv. Například u partií osiva odrůd ozimé pšenice se lišila jejich produkční schopnost o 3,3 až 19,7 %. V absolutních číslech znamenaly rozdíly v produktivitě porostu až 0,21 až 1,13 t/ha. Lze počítat s tím, že porosty ječmene jarního a pšenice ozimé zakládané různým osivem mohou dosahovat diferencí ve výnosech mezi 4 až 12 %. Podle Pazderů (2013) zemědělci tuto informaci nevyžadují a není zřejmě ani důvod ze strany osivářských firem tuto informaci poskytovat.

3.2 Heterogenita půdních vlastností

3.2.1 Vnímání heterogenity

Již naši předkové si uvědomovali, že jejich pozemky nejsou vždy vyrovnané a výnosy plodin nejsou na všech místech stejné. Každý sedlák svoje pole dobře znal a věděl, která jeho část je úrodnější, na níž lze správným hospodařením dosáhnout vyšších výnosů, a na kterých se nevyplatí intenzivně hospodařit, protože jsou úrodné méně. (Lukas et al. 2011). Tato znalost byla možná jen proto, že každý sedlák měl jen pozemky či hony malé výměry. Se zvětšující se výměrou jednotlivých polí či honů si sice sedlák (agronom) uvědoval, že podmínky (půdní, vlhkostní atd.) na větším honu nejsou stejné, ale měl jen omezené možnosti je nějakým způsobem indentifikovat a zohlednit (Kumhálová 2010).

Technicky proveditelným se tento přístup hospodaření se zohledněním variability honu stal na přelomu 80. a 90. let (Sadler et al. 2000). Technologie jako globální poziční systémy (GPS), geografické informační systémy (GIS) a dálkový průzkum Země umožnily posoudit prostorovou variabilitu přítomnou v terénu (Verhagen et al. 1995). Pro tyto

technologie se vžil souhrný pojem precizní zemědělství (hospodaření); (Adamchuck et al. 2004.) Precizní zemědělství se nedívá na ornou půdu jako na homogenní blok, ale množství heterogenních ploch, které potřebují různorodé ošetření (Komárek 2014).

Ve vztahu k nevyrovnanosti pozemků se setkáváme s termíny heterogenita a variabilita. Tyto termíny se v odborné literatuře často zaměňují (Kobza 2004). Ettema a Wardle (2002) definovali variabilitu jako prostorové nebo časové změny daného znaku, zatímco heterogenitu jako zvláštní případ proměnlivosti mající prostorovou strukturu s agregovanými distribucemi, tedy že není náhodná. Heterogenita podle Kobzy (2004) odráží rozdíly v geologickém substrátu, členitosti terénu. Variabilita odráží úroveň hospodaření na geologickém substrátu a reliéfu.

3.2.1.1 Vliv heterogenity na porost

Význam nevyrovnanosti pozemku se nejvíce projevuje na výnosu plodin (Adamchuk et al. 2011). Výnos zemědělských plodin je ovlivněn celou řadou nejrůznějších faktorů. Závisí na klimatických a meteorologických podmínkách, především dostupnosti vody pro plodiny a pedologických poměrech, zvláště pak na obsahu dostupných živin. Terénní aspekty - topografické charakteristiky ovlivňují fyzikální i chemické vlastnosti půdy, a tím i výši výnosu (Komárek 2014).

Vlivem topografických charakteristik na variabilitu výnosu se zabývali Marques da Silva a Silva (2008), Jiang a Thelen (2004) a Kravchenko a Bullock (2000), kteří potvrzují vztah mezi topografií a výnosem. Podle Jiang a Thelen (2004) topografie v kombinaci s půdními vlastnostmi vysvětluje variabilitu výnosu z 28 až 85 % v závislosti na ročníku.

Kaspar et al. (2003) uvádějí, že vyšší nadmořská výška a strmé svahy v letech s podprůměrnými srážkami mají nižší výnosový potenciál než nižší krajinné polohy. Tvrzení potvrzuje Kravchenko a Bullock (2000) a Kumhálová et al. (2008). Dalším faktorem je intenzita srážek, kdy nižší intenzita srážek v průběhu vegetace napomáhá k rovnoměrnější distribuci vody na pozemku a nižšímu odtokem srážek odtokovými liniemi (Halvorson & Doll 1991). Naopak při vyšší intenzitě srážek způsobují odtokové linie, že nížinné špatně odvodněné oblasti mají vyšší výnosový potenciál než svahy a hřebeny (Nelson 2017). Vyšší úhrn srážek se nestačí vsakovat do půdy a stéká po povrchu, což má za následek menší počet rostlin (rostliny/m²) a menší potenciál tvorby organické hmoty (Franzen 2018).

Vliv odtokových linií a svažitosti popisuje Godwin & Miller (2003). Autoři uvádějí, že odtok ze svažitých částí pozemků způsobuje výrazné ztráty výnosu. Tato ztráta může být u pšenice ozimé až 1 t/ha při 10% svažitosti.

Nadmořská výška a úroveň svažitosti v rámci půdního bloku zásadním způsobem ovlivňuje i změnu hloubky orničního profilu v důsledku posunu půdy z vyšších částí pozemku do nižších. Tento posun půdy je dán jednak erozními procesy, ale také pravidelným zpracováním půdy prováděným ve směru poklesu nadmořské výšky (Brant et al. 2020). Pozitivní korelace mezi hloubkou orničního profilu a výnosem byla potvrzena Sudduth et al. (1996) a Sadler et al. (2000).

Menší půdní částice jsou smívány do údolí a dochází ke změně zrnitostního složení v rámci půdního bloku. S rozdílným zrnitostním složením souvisí také následná infiltrace a zdržování vody v půdě, která má přímý vliv na stres rostlin během vegetace (Sadler et al.

2000). Podle pozorování autorů lze identifikovat i oblasti v rámci pozemku s rozdílnými fenologickými fázemi, které jsou způsobeny stresem rostlin.

Topografie ovlivňuje také akumulaci živin a jejich dostupnost. Franzen (2018) poukazuje na skutečnost, že i v rámci desítek metrů může dojít k výrazné změně pH půdy. Hodnota pH zasahuje do chemických, fyzikálně-chemických i biologických procesů v půdách. Ovlivňuje tak rostliny přímo i nepřímo. Jedná se hlavně o působení na koncentraci a zastoupení iontů v půdním roztoku, rozpustnost sloučenin a látek v půdě, sorpci živin, biologickou činnost mikroorganismů, půdní koloidy apod. Při nevhodném pH se v půdě zhoršují podmínky pro růst kořenů, příjem vody a živin, a tedy pro celkový růst rostlin, jejich produkci a kvalitu (Vaněk et al. 2016). Nižší hodnoty pH se nacházejí ve vyšších polohách především kvůli smyvu do nižších poloh. Podobně reaguje také dusík, který je v půdě mobilnější a vyplavuje se do nižších poloh (Franzen 2018). Podle Hall a Olson (1960) je tento jen hlavně v deštivějších letech. Podobně se vyplavují i další živiny, jako například síra. Na méně pohyblivý fosfor a draslík působí topografie dostupnosti vody, která limituje jejich dostupnost pro rostliny.

I přes tvrzení Hall a Olson (1960) a Franzen (2018) o smyvu živin do výnosnějších částí pozemku je v těchto částech často největší deficit zásobních živin. Vysoký výnosový potenciál znamená také největší odběr a export živin z daného místa, což při využití technologie plošné aplikace hnojiva musí vést k přehnojování málo výnosných míst pozemku, a naopak nedohnojování vysokoprodukčních zón, což postupnou kumulací může vést ke vzniku výživové deprese (Brant et al. 2020). Pro půdní vlastnosti i rostliny může být nedostatek i nadbytek dané živiny limitující. Vaněk et al. (2016) uvádějí například hromadění draslíku v půdách, které může vést ke zvýšení náchylnosti obilnin k poléhání, i přes to, že draslík působí příznivě na atomickou stavbu stébla, ale jen do určité hranice.

Heterogenita pozemků může kromě výnosové úrovně mít vliv také na kvalitu produkce. Sulek et al. (2011) prokázal u jarní pšenice snížení N-látek, obsahu lepku a sedimentační hodnotu (SDS) na půdách s vyšším produkčním potenciálem. Obsah N-látek v zrna je většinou ve značně záporné korelaci s výnosem (Vaněk et al. 2016). K jiným závěrům došel Noworolnik a Podolska (2017), kteří uvádějí, že vyšších hodnot kvalitativních parametrů je dosahováno na půdách s vyšším produkčním potenciálem. Sulek et al. (2011) neprokázal závislost mezi půdními vlastnostmi a obsahem lepku v zrna.

Těžší splavené půdy v údolí mají vyšší vodní potenciál, který má vliv na plnění zrna a výslednou HTS. V závislosti na schopnosti půdy akumulovat vodu může rozdíl v HTS činit i 28 % (Sulek et al. 2011). Vliv půdních podmínek na kvalitu produkce nebyla v minulosti věnovaná velká pozornost a je nutné provést další experimenty. Cammarano et al. (2020) uvádí, že vysoká objemová hmotnost zrna je indikátorem nízké pórovitosti půdy, snížené dostupnosti vody, vysokého zhutnění, které snižuje růst kořenů a negativně ovlivňuje výnos plodiny.

3.2.2 Mapování prostorové heterogenity pozemků

Z hlediska stanovení heterogenity půdních podmínek jsou za primární informace považovány geologické a půdní mapy. Informace obsažené v daných mapách dávají představu o vývoji půdních typů a poskytují data o jejich rozložení. Z hlediska využití v rámci

precizního zemědělství však postrádají dostatečnou přesnost ve vztahu k velikosti půdních bloků a jejich dílů (Brant et al. 2020). Právě absence informací o stavu půdních podmínek je podle Adamchuk et al. (2004) limitujícím faktorem aplikování principů precizního zemědělství. Přesné mapování půdních vlastností je rozhodujícím prvkem úspěšného precizního zemědělství (Rossel & McBratney 1998).

Lukas et al. (2018) rozděluje mapování půdních podmínek do následujících kroků:

1. **Senzorové mapování** plošné nevyrovnanosti pozemků s využitím nepřímých metod pozemního geofyzikálního měření a dálkového průzkumu.
2. **Stratifikace pozemků** na základě sensorového mapování a návrh optimalizované sítě pro odběr půdních vzorků.
3. **Výpočet celoplošných půdních map** z výsledků laboratorních

Z kroků, které uvádí Lukas et al. (2018) vyplývá široká škála možných metod měření. V následující části literární rešerše jsou popsány metody mapování, které se v současné době těší většímu rozšíření.

3.2.2.1 Digitální modely terénu

K popisování, modelování a analyzování jevů související s topografií a reliéfem terénu slouží digitální modely terénu (DEM); (Bayer 2008). Rozvoj GIS technologií (Geographic Information System) umožnil snadno vytvářet digitální výškové modely tzv. DEM (Digital Elevation Model) pro terénní analýzy (Marques da Silva & Silva 2006). Podle Ajami et al. (2020) lze na základě těchto modelů snadno a levně odhadnout výnos plodin v kopcovitém terénu. Modely odhalí údolnice, kde dochází k akumulaci vody, smyvu organických látek a živin, včetně dusíku a draslíku. Ke stejným závěrům o akumulaci živin dospěl v minulosti Hall a Olson (1960) a Franzen (2018).

Topografické parametry lze rozdělit na primární a sekundární. Primární parametry jsou vypočítané přímo z DEM modelů, naopak sekundární jsou odvozené z primárních parametrů (Wilson & Gallant 2000). Nejběžnější primární parametry, které jsou používány ve studiích vztahů mezi topografií a výnosem, jsou elevace, svažítost, orientace, zakřivení (curvature), délka toku (flow length) a sběrná plocha odtoku (upslope contributing area). Za sekundární dále uvádí Kumhálová (2010) směr odtoku (flow direction), akumulaci odtoku (flow accumulation), vzdálenost od linií akumulace odtoku (distance to flowaccumulation lines), index vlhkosti (wetness index), index proudové síly (stream power index) a index transportu sedimentů (sediment transport index).

3.2.2.2 Výnosové mapy

Mapování výnosů porostů polních plodin bylo jedním ze základních faktorů rozvoje oboru zemědělské výroby dnes běžně označovaného pod názvem „precizní zemědělství“. Jako první se objevila možnost mapování výnosů u sklízecích mlátiček (Kumhála & Prošek 1996). Výnos vyjadřuje množství sklizeného zrna na stanovené ploše. K určení výnosu je třeba znát hmotnost sklizeného zrna a sklizňovou plochu (Arslan & Covin 2002). Následný výstup

v podobě výnosové mapy poté představuje informaci o prostorové variabilitě na konkrétním pozemku. Takto získané informace mohou být využity pro následná agronomická rozhodnutí (Stafford et al. 1996).

Záznam o dosaženém výnosu na konkrétním místě pozemku zajišťují výnosoměry umístěné na sklízecích mlátičkách. Touto technologií je standardně vybavována většina moderních sklízecích mlátiček (Brant et al. 2020). Podle Řezník et al. (2020) je výhodou výnosových map interval jejich záznamu. Sklízecí mlátička s prostorovým rozlišením 9,5 m (šířka žací lišty) poskytuje záznam o výnosu po 3,1 m jízdy (při intervalu měření 2 sekundy s průměrnou rychlostí 1,55 m/s).

Pro měření výnosu existují dva základní typy výnosoměrů. Jedná se o výnosoměry založené na měření objemového průtoku (mechanická a optická čidla) a na základě hmotnosti průtoku (kapacitní, nárazové a paprsková čidla); (Arslan & Colvin 2002). Výsledná data výnosoměrů jsou zatížena velkým množstvím náhodných nebo systematických chyb (Širůček 2014). Pro získání relevantních dat je nutné správné nastavení systému, důsledná kalibrace a následné vyčištění dat od extrémních a chybových hodnot. Velmi problematické je také využití získaných dat v případě nasazení více než jedné sklízecí mlátičky na stejném bloku, protože i při nasazení stejného modelu stroje je srovnání dat mezi sebou prakticky nemožné (Brant et al. 2020).

Kromě senzory pro měření výnosu a jsou moderní sklízecí mlátičky vybaveny i dalšími záznamovými systémy. Hrach (2014) zmiňuje například čidla pro hodnocení vlhkosti zrna nebo automatickým systémem hodnocení kvality zrna. Kamery pro hodnocení kvality určí podle barvy a velikosti procento poškození zrn a nečistot. Zásadním zlomem v mapování variability by představovalo stanovení sklizňové kvality zrna (např. obsah bílkovin) pomocí měření NIR (Near Infrared Range); (Lukas et al. 2011). NIR spektroskopie neboli zkoumání vztahu mezi materiálem a vlnovými délkami v blízkém infračerveném pásmu s vlnovou délkou 750 až 2500 nanometrů (Pinkas 2021) se v zemědělství využívá po celá desetiletí. Technologie je využívána vědci, šlechtiteli, zemědělci a zemědělskými zpracovateli, kteří ji využívají pro hodnocení velkého počtu parametrů. Jako příklad lze uvést analýzu půdy, plodin, a krmiv. Tyto analýzy se již neprovádějí pouze v na laboratorní úrovni, ale přesouvají se více do provozu (Vincent & Dardenne 2021).

Technologie NIR spektroskopie je v současné době využívána při sklizni rezačkami, sklízecími mlátičkami nebo při aplikaci kejdy nebo digestátu. Poměrně rozšířená je technologie pro sklizeň kukuřice na siláž, neboť díky tomuto senzoru je možné v reálném čase ovlivňovat kvalitu sklizně danou především sušinou (Pinkas 2021). U sklízecích mlátiček je využití NIR senzorů v začátcích. První komerční NIR senzor pro snímání kvality produkce (objemová hmotnost, škrob, N-látky apod.) v reálném čase určeným pro sklízecí mlátičky uvedla na trh společnost CNH Industrial N.V. (Rickatson 2019). Podle Lukase et al. (2011) by NIR senzory mohly v kombinaci s dvoukomorovým zásobníkem na sklízecí mlátičce oddělovat zrno s nižší kvalitou.

3.2.2.3 Identifikace produkčních zón z výnosových map

Jednoletý záznam výnosu může být ovlivněn vlivem ročníku. Mezi tyto vlivy patří například srážkový úhrn, lokální poškození chorobami a škůdci a již zmiňovaná chybovost

snímání výnosu sklízecí mlátičkou (Spekken et al. 2014). Při dlouhodobém sběru výnosových map lze stanovit produkční zóny, které eliminují vliv ročníku (Kleinjan et al. 2007). Cílem je vyhodnotit variabilitu výnosových úrovní za sledované období a identifikovat nadprůměrně či podprůměrně výnosové plochy včetně procentuálního vztažení vůči průměrné hodnotě dosaženého výnosu plodiny. Prvním krokem je přepočítání výnosu zrna na procentuální hodnotu vztaženou vždy k průměrné hodnotě pozemku, což umožní porovnávat výnosové hladiny plodin s rozdílnou výnosovou úrovní (např. mák setý a pšenice ozimá). Druhým krokem je pak výpočet střední hodnoty (průměr, medián) ze všech dostupných výnosových map v relativním vyjádření pro každou jednotku plochy (Lukas et al. 2020). S narůstajícím počtem výnosových map se přesnost stanovení zlepšuje (Kleinjan et al. 2007).

Druhou možností uvažování nad produkčními zónami je jejich výnosová stabilita v průběhu let. Blackmore et al. (2003) navrhuje využití průměru směrodatné odchylky jako indikátoru časové stability. V praxi se ale tato informace příliš nevyužívá a je spíše sledována v rámci výzkumných studií (Lukas et al. 2020). V praxi by nejmenší směrodatná odchylka značila vysoký potenciál výnosu, ale také vysokou stabilitu v průběhu let (Kleinjan et al. 2007).

3.2.2.4 Identifikace produkčních zón z družicových dat

Relativní výnosový potenciál představuje alternativu pro případy absence dat z mapování výnosů při sklizni plodin, ať už z důvodu nedostupnosti dostatečného technického vybavení sklízecích mlátiček, anebo pro plodiny, jejichž měření výnosu při sklizni není rozšířeno (silážní kukuřice, pícniny, okopaniny a další skupiny plodin). Vymezení zón relativního výnosového potenciálu vychází z analýzy víceleté řady družicových dat. Relativní výnosový potenciál je vypočten jako procentuální vyjádření dosažené produktivity na daném místě vůči průměrné hodnotě za celý pozemek (Lukas et al. 2018).

K výpočtu lze využít různé vegetační indexy. Mezi nejčastěji používané patří podle Wall et al. (2008) NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), VCI (Vegetation Condition Index) a TCI (Temperature Condition Index). V současné době je často při výpočtu výnosového potenciálu využíváno NDVI a EVI (Enhanced Vegetation Index) indexů (Shammi & Meng 2021).

Nejpoužívanější NDVI index využívá radianci nebo reflektanci v červené viditelné části spektra s vlnovými délkami kolem 660 nm a blízké infračervené části spektra s vlnovými délkami kolem 860 nm. V oblasti červené viditelné se nachází absorpční oblast: záření je pohlcováno chlorofylem. V oblasti blízké infračervené vegetace záření odráží. NDVI odpovídá změnám v množství zelené biomasy, obsahu chlorofylu a vodnímu stresu. Nízká hodnota NDVI poukazuje na absenci vegetace či řídkou vegetaci, kde se výrazně projevuje odrazivost půdy, a naopak vysoká hodnota NDVI odpovídá husté vegetaci (Honková 2008).

Zmiňovaný EVI index využívá pro stanovení dlouhodobého výnosového potenciálu také Lukas et al. (2018). Podle Shammi & Meng (2001) je ve srovnání s NDVI indexem méně citlivý k půdnímu pozadí a lépe odstraňuje vliv atmosféry. Další výhodou tohoto indexu je, že je počítán ze senzoru s větší prostorovou rozlišovací schopností. Zatímco NDVI je více citlivý k obsahu chlorofylu, EVI je více citlivý ke změnám ve struktuře vegetačního pokryvu (Honková 2008).

Existuje mnoho modelů a indexů pro výpočet relativního výnosového potenciálu. Modely často zohledňují sledovanou plodinu (v případě diplomové práce - ječmen jarní); (Shammi & Meng 2021). Podle Bolton a Fried (2013) je významnou proměnou také vliv ročníku. Indexy NDVI a EVI vykazují spolehlivé výsledky v letech s běžnými srážkami, naopak v sušších letech dosahuje lepších výsledků index NDWI (Normalized Difference Water Index).

3.2.2.5 Vzorkování půdy

Půdní vzorkování je považováno za jednu z nejpřesnějších metod mapování půdních vlastností (Brevik et al., 2006). Důležitým parametrem hodnocení půdních vlastností je získání reprezentativních vzorků půdy (Adamchuk et al. 2004). Čím vyšší zvolíme počet odběrů, tím detailnější bude mapování. V precizním zemědělství se pohybuje vzorkování v rozmezí na jeden vzorek 1-5 ha a závisí na úrovni variability pozemku.

Podobně důležitá, jako hustota, je rozmístění odběrových bodů na pozemku (Votanová 2016). Pro popis variability půdních vlastností je používána celá řada vzorkovacích schémat. Jejich volba je řízena účelem a charakterem krajiny (Penížek et al. 2014). Pokud variabilitu pozemku neznáme, rozmístění vzorků se nejčastěji uskutečňuje v pravidelné síti anebo náhodnými body (Votanová 2016). Náhodné vzorkování je založené na odběru vzorků z celého pole. Vzorky jsou sloučeny do jednoho vzorku a laboratorní analýza poskytne informaci o stavu na celého pozemku (Dinkins & Jones 2017). Druhou možností je pravidelné vzorkování, které může být uspořádané do čtverců, popřípadě trojúhelníků (Penížek et al. 2014).

Pokud je informace o pozemku k dispozici, je rozmístění provedeno na základě tohoto podkladu (Lukas et al. 2011). Mezi dostupné podklady pro cílené vzorkování uvádí Dinkins a Jones (2017) topografické mapy, družicové snímky nebo výnosové mapy. Relativně vysoké náklady na odběr vzorků a laboratorní analýzy naznačují potřebu nepřímého měření, takzvanými on-the-go senzory, které by mohli detekovat kritické vlastnosti půdy v každém místě pole při pohybu těchto senzorů po poli (Adamchuk 2011).

3.2.2.6 Nepřímé metody mapování

Nepřímé metody pracují na principu sensorového měření. Čidla identifikují změnu sledované půdní vlastnosti nebo vlastnosti, která je s ní úzce vázána, a kterou je možné převést do elektronického záznamu. Sensorová technika má fixní náklady, může měřit ve velkém prostorovém i časovém měřítku a umožňuje opakované měření přímo v terénu. Nevýhodou nepřímých metod je vždy nižší přesnost stanovení sledovaného jevu v porovnání s přesnými laboratorními rozbory. Tato nižší přesnost je ale vyvážena intenzivním prostorovým pokrytím (Lukas 2010).

Pro senzory průběžně měřící vlastnosti půdních vlastností se vžil název on-the-go (Brant et al. 2020). Jedná se o měřící senzory, které jsou součástí stroje a měření probíhá během jeho pohybu (Votanová 2016).

Ačkoli existuje celá řada konstrukčních konceptů, většina on-the-go senzorů popsaných v literatuře zahrnuje jednu z následujících metod měření:

- Elektrické a elektromagnetické senzory, které měří elektrický odpor, kapacitu, nebo vodivost půdy ovlivněné půdními vlastnostmi.
- Optické a radiometrické senzory, které využívají elektromagnetických vln k určení úrovně pohlcené nebo vyzářené energie půdy a jejich částic.
- Mechanické senzory, které měří tahovou sílu při práci nářadí.
- Akustické senzory, které zaznamenávají zvuky při práci nářadí v půdě.
- Pneumatické senzory, které stanoví schopnost vzduchu pronikat do půdy.
- Elektrochemická čidla, která využívají prvků a částic, která doslova vytvářejí elektrické napětí jako odezvu na působení vybraných iontů. Tak je možné sledovat například koncentrace vodíku, draslíku, dusíku apod. (Adamchuk et al., 2014; Kroulík, 2016).

3.2.2.6.1 Elektrické a elektromagnetické senzory

Pro aplikaci geoelektrických, popř. geomagnetických metod se vžil pojem vodivost půdy (Brant et al. 2020). Mapování elektrické vodivosti je jednoduchý a relativně levný nástroj pro měření půdních vlastností. Měření je založeno na schopnosti látky vést elektrický proud a je vyjádřeno v jednotkách milisiemens na metr (mS/m); (Doerge 2001).

Elektrická vodivost půdy je ovlivněna působením mnoha půdních faktorů. Mezi nejvýznamnější patří vlhkost půdy, její zrnitost a zasolení, dále to může být také objemová hmotnost, obsah organické hmoty, kationtová výměnná kapacita a další (Lukas 2010). Naměřené hodnoty je nutné vztahovat k danému pozemku, ačkoliv jsou z dlouhodobého hlediska výsledky neměnné, může vlivem proměnlivých půdních vlastností jako je např. voda docházet k výkyvům naměřených hodnot. Výsledné vodivosti půdy často korelují s výnosovými mapami a mohou označit oblasti, kde bude nutný další průzkum k vysvětlení rozdílů ve výnosu plodin.

Senzory pro měření elektrické vodivosti dělí Schacht (2005) na kontaktní a bezkontaktní. Kontaktní senzory jsou vybaveny několika páry disků, přičemž jeden z těchto párů dodává proud do půdy a ostatní páry disků měří pokles napětí mezi nimi. Naopak bezkontaktní senzory jsou založeny na měření elektrické indukce (Grisso et al. 2009).

Podle Schacht (2005) patří mezi dva nejpoužívanější senzory kontaktní senzor Veris 3000 (Veris Technologies, Inc) a bezkontaktní senzor EM 38 (Geonics Limited). Srovnání obou typů nepřineslo zásadní rozdíly v kvalitě měření.

Sběr dat lze realizovat také na jednotlivých pracovních strojích, na kterých jsou umístěny senzory schopné přenášet odezvu půdních vlastností na aplikační výstup. Může se jednat o informaci o hrudovitosti, vlhkosti a podobně (Brant et al. 2020). Na tomto principu pracuje komerčně dostupný senzor Veris iScan+, který dokáže zaznamenávat vlhkost, teplotu, zrnitostní složení a organickou hmotu (Veris Technologies, Inc 2021). V současné době probíhá také výzkum kompatibility mezi různými senzory například měření zmiňované sondy EM38 a gama-spektrometru (van Egmond et al. 2010)

3.2.2.6.2 Gama spektrometrie

Kroulík (2020) potvrzuje aplikovatelnost měření vodivosti půdy senzorem EM38-MK2 (Geonics Limited, Kanada) společně s gamaspektrometrem GSCar (GF Instruments,

s.r.o., ČR). Gamaspektrometrie je metoda užívaná k měření přirozené radioaktivity a stanovení koncentrací prvků (Šimíček 2013). Výstupy z gama-spektrometru udávají koncentraci radionuklidů v půdě, konkrétně je stanovován draslík, uran a thorium. Čtvrtým parametrem je hodnota celkového příkonu (Kroulík 2020).

Probíhá snaha o využití gamaspektrometrie i pro zjišťování jiných vlastností půdy. Například Mahmood et al. (2013) uvádějí měření celkového dusíku, půdní texturu a pH půdy. Měření vykazovalo vyšší přesnost v půdním profilu 0-15 cm než 15-30 cm. Gamaspektrometrie tedy může pomoci při hodnocení půdy pro plodiny s vyššími nároky na seťové lůžko. Podle autorů ale měření není vhodné na všechny druhy pozemků, zhoršené výsledky byly zaznamenány na lehčích písčítých půdách.

4 Metodika

4.1 Základní charakteristika stanoviště

Provozní pokus probíhal na dvou vybraných půdních blocích společnosti Statek Chyšě s.r.o. Hlavními činnostmi společnosti Statek Chyšě s.r.o. je rostlinná výroba, služby v zemědělství a obchod se zemědělskými komoditami. Společnost zaměstnává 32 zaměstnanců a obhospodaruje 4576 ha orné půdy a 2199 trvalých travních porostů ležících v karlovarském, plzeňském a ústeckém kraji. S trvalými travními porosty je úzce spojena i živočišná výroba zaměřena na chov masného skotu plemene Charolais.

Rostlinná výroba je provozována převážně v bramborářské výrobní oblasti a nadmořské výšce od 440 do 630 m. n. m. s ročním úhrnem srážek od 450 mm do 670 mm. Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 6-8 °C. Osevní postup je volný s vyšším zastoupením obilnin. Společnost se dlouhodobě zabývá pěstováním jarního ječmene na výměře pohybující se okolo 750 ha a produkcí vlastních farmářských osiv.

4.1.1 Charakteristika půdních bloků

Sledované půdní bloky se nacházejí v těsné blízkosti (obr. 1) a náleží do katastrálního území Protivec u Žlutice. Výnosnost převládajících BPEJ není příliš vysoká, pohybuje se mezi 24 a 34 body. Úřední cena půdy odpovídá bodové výnosnosti a činí 3,69 až 6,09 Kč/m². Podrobnější informace k jednotlivým půdním blokům jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3: Popis půdních bloků 7901 a 7902

Půdní blok	7901	7902
Výměra (ha)	32,03	31,85
Průměrná nadmořská výška (m)	474,39	497,54
Průměrná sklonitost (°)	4,07	4,96
Převládající BPEJ	5.29.14	5.29.14
Převládající půdní typ	KA	KA
pH (ppm)	5,8	6,7
Ca (ppm)	1858	2528
Mg (ppm)	156	196
P (ppm)	134	119
K (ppm)	422	431
S (ppm)	37,4	58,5

Obr. 1: Mapa půdních bloků



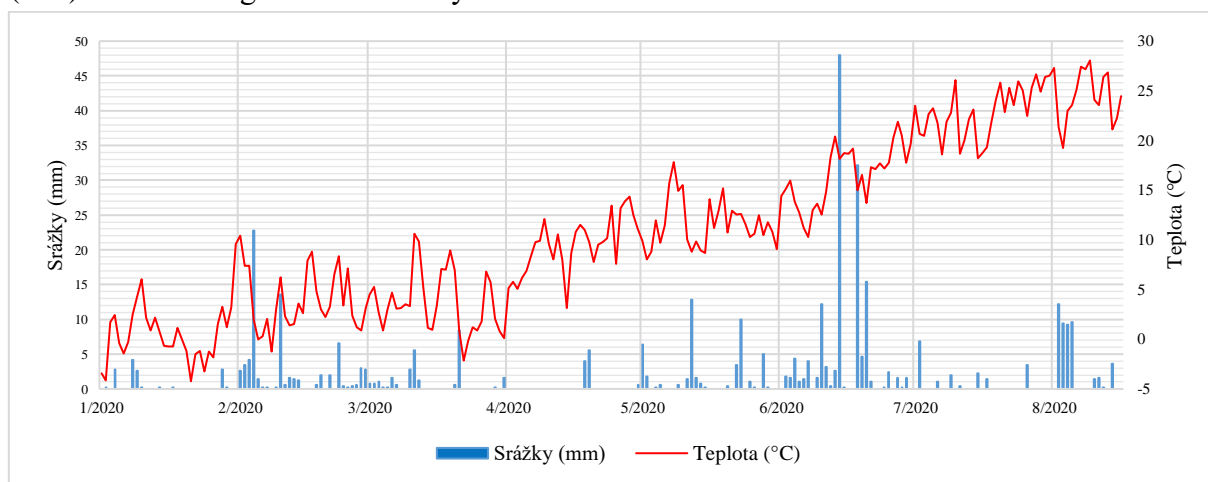
4.1.2 Průběh počasí

Průběh počasí dokumentuje graf 1 v období od 1. 1. 2020 do sklizně hodnoceného ječmene jarního (16. 8. 2020). Získané hodnoty o teplotě vzduchu a úhrnu srážek byly naměřeny meteorologickou stanicí Rainset 2 (EMS Brno) umístěnou v lokalitě Chyšě v blízkosti sledovaných půdních bloků. Meteorologická stanice je součástí projektu meteorologické sítě Isidor (Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze).

Průměrná teplota vzduchu vykazovala minimální odchylku v tříletém průměru teplot. Výraznějším faktorem byly extrémní hodnoty, kdy například v polovině dubna po vzejití porostu ranní teploty klesaly k $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a následně během dne atakovaly $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. To se negativně projevilo na vývoji vzcházejícího ječmene jarního.

Úhrn srážek ve sledovaném období byl o 78 mm vyšší než tříletý průměr srážek, přesto pouze ve 3 měsících byl úhrn srážek vyšší než tříletý průměr (únor, červen a srpen). Za pozitivně vnímaný vyšší úhrn srážek lze považovat únorový a především červenový úhrn srážek, který výrazně ovlivnil výnos zrna jarního ječmene. Negativní byl vyšší úhrn srážek v srpnu, kde docházelo k odkladu sklizně a možnému snížení kvality sklizené produkce. Celkový úhrn srážek činil za sledované období 370,2 mm a za vegetační období ječmene jarního 259,2 mm.

Graf 1: Grafické vyjádření záznamu průběhu teploty vzduchu ($^{\circ}\text{C}$) a denních sum srážek (mm) z meteorologická stanice Chyšě - Isidor



4.1.3 Agrotechnika

Společnost dlouhodobě uplatňuje minimalizační postupy zpracování půdy, kdy na sledovaných půdních blocích po sklizni předplodiny následovala podmítka a podzimní kypření půdy do hloubky 28 cm. Před setím proběhla herbicidní regulace s aplikací N. Následovala předseťová příprava půdy a setí. Setí probíhalo radličkovým secím strojem Horsch Sprinter 9 SW a výsevkem 4 MKS ječmene jarního odrůdy Bojos (kapitola 4.1.4) a 160 kg NPK 10-26-26.

Důvod pro výběr radličkového secího stroje pro setí ječmene jarního zdůvodňuje Malina (2021). Talířová botka ukládá osivo do řádku a vzdálenost mezi jednotlivými zrny je při stejném výsevku menší než u radličky, která ukládá semena do pásku širokého 0,15 - 0,17 m a semena si tedy mnohem méně konkurují. V neposlední řadě umožňuje na rozdíl od talířové secí botky uložit hnojivo pod osivo, což se ukazuje na méně úrodných půdách jako nezbytné.

Během vegetace proběhla také chemická ochrana zaměřena na regulaci růstu, plevelů, chorob, škůdců společně s foliární aplikací živin. Sklizeň proběhla v polovině srpna s dvou denní prodlevou mezi půdními bloky způsobenou srážkami. Podrobnější popis pracovních operací a aplikací je uvedený v tabulkách 4. a 5.

Tab. 4: Popis polních prací

Práce	7901	7902	Specifikace
Kypření	25. 10. 2019	25. 10. 2019	Hloubka zpracování - 28 cm
Chemická ochrana + hnojení	23. 3. 2020	23. 3. 2020	LOVODAM 30 (150 l/ha) + Glistar Ultra 1 l
Jarní příprava půdy	2. 4. 2020	3. 4. 2020	Hloubka zpracování - 6 cm
Setí	2. 4. 2020	3. 4. 2020	4 MKS + 160 kg NPK 10-26-26
Chemická ochrana	5. 5. 2020	5. 5. 2020	1. Aplikace
Chemická ochrana	29. 5. 2020	29. 5. 2020	2. Aplikace
Chemická ochrana	15. 6. 2020	15. 6. 2020	3. Aplikace
Sklizeň	13. 8. 2020	16. 8. 2020	-

Tab. 5: chemická ochrana v průběhu vegetace

1. Aplikace		2. Aplikace		3. Aplikace	
Dávka	Produkt	Dávka	Produkt	Dávka	Produkt
200 l	Voda	200	Voda	200	Voda
0,6 l	Agri CCC - 750 SL	0,3 l	Starane Forte	0,6 l	Delaro
0,2 l	YaraVita Mantrac Pro	15 g	Roni 75 WG	0,08 l	Nexide
0,1 l	YaraVita Coptrac 500	0,2 l	Atlas	2 l	YaraVita Thiotrac 300
0,1 l	YaraVita Zintrac 700	0,1 l	YaraVita Bortrac 150	0,2 l	YaraVita Bortrac 150
0,1 l	YaraVita Bortrac 150	0,1 l	YaraVita Coptrac 500	0,1 l	YaraVita Coptrac 500
1 kg	Hořká sůl	2 kg	Hořká sůl	0,2 l	YaraVita Zintrac 700
				2 kg	Hořká sůl

4.1.4 Odrůda Bojos

Bojos je nejvýznamnější odrůdou pro český sladovnický a pivovarnický průmysl. Jedná se o profilovou odrůdu pro výrobu Českého piva. Již od roku 2014 je Bojos nejpěstovanější odrůda v ČR. V roce 2020 dosáhla výměra jeho množitelských ploch bezmála 25 % ze všech jarních ječmenů (Doležal 2021). Má nadprůměrný výnos zrna ve všech výrobních oblastech. Polopozdní středně vysoký ječmen (76 cm). Vynikající zdravotní stav - absolutní odolnost na padlí travní - gen Mlo. Dobrá odolnost vůči hnědé a rhynchosporiové skvrnitosti. Je citlivější ke rzi ječné a má vysokou odolnost vůči fuzariózám v klase. Velmi dobrá odolnost vůči poléhání, vysoký přeпад zrna, klas je dlouhý, středně hustý, v plné zralosti háčkující, zrno je velké s vysokou HTS s jemně vrásčitou plochou (Černý et al. 2007).

4.1.5 Hodnocení parametrů

Pro hodnocení heterogenity půdních bloků bylo nutné zvolit síť odběrových bodů. Síť byla stanovena na základě map dlouhodobého výnosového potenciálu pro ječmen jarní v rastru 1 bod/ha. Tedy pro oba půdní bloky 32 bodů. Pro zachycení celkové variability byly následně body doplněny na konečných 36 bodů pro půdní blok 7901 a 34 bodů pro půdní blok 7902. Dlouhodobý výnosový potenciál obsahoval 4 produkční zóny, kdy 1. zóna (červená) představovala nejnižší výnosový potenciál a 4. zóna (tmavě zelená) naopak nejvyšší výnosový potenciál (obr. 2).

Obr. 2: Dlouhodobý výnosový potenciál půdního bloku 7901 a 7902 s odběrovou sítí



4.2 Polní část

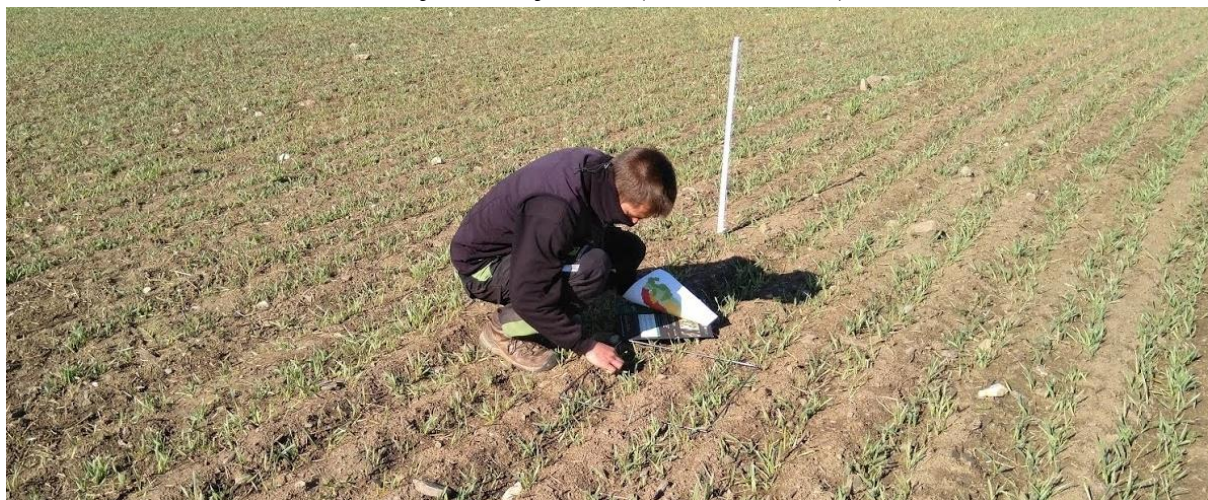
Po zasetí ječmene jarního (kapitola 4.1.3) proběhlo vytyčení stanovených bodů pomocí GPS lokalizátoru (GNSS South s-82T + S10 SE Survce). V každém vytyčeném bodě byly umístěny vytyčovací tyče s číslem bodu, které v průběhu polní části poskytovaly lepší orientaci na půdních blocích.

4.2.1 Hodnocení porostu

Po vzejití porostu 21. 4. 2020 proběhla kontrola vzcházivosti ječmene jarního (obr. 3) na obou půdních blocích (7901, 7902). Hodnocení probíhalo na každém bodu na čtvercové ploše o velikosti 0,25 m². Počet vzešlých rostlin stanovený na odběrových bodech byl následně použit pro stanovení procentuální vzcházivosti (%) z počtu vyšetřovaných zrn.

Druhým zjišťovaným parametrem v průběhu vegetace byl počet plodných odnoží. Toto měření se uskutečnilo 27. 7. 2020. Náhodným výběrem bylo u každého bodu vybráno 10 rostlin a spočítán počet plodných odnoží na každé z nich. Pro zjištění počtu klasů na m² byl průměrný počet odnoží vynásobený počtem vzešlých rostlin z prvního měření.

Obr. 3: Hodnocení vzcházivosti ječmene jarního (foto Procházka)



4.2.2 Hodnocení půdních vlastností

K podrobnějšímu popisu půdních vlastností proběhlo 19. 5. 2020 měření tzv. on-the-go senzory. V tomto případě měřicí soupravou z dílny Technické fakulty ČZU v Praze (obr. 4), která kombinovala měření elektrické vodivosti půdy sondou EM38-MK2 (Geonics Limited, Kanada) a aktivity izotopů v půdě pomocí gamaspektrometru GSCar (GF Instruments, s.r.o., ČR).

Výstupy z gamaspektrometru udávají koncentraci radionuklidů v půdě, konkrétně draslíku, uranu, thoria. Čtvrtým parametrem je hodnota celkového příkonu (Kroulík 2020). Výsledky měření byly použity při statistickém hodnocení jednotlivých bodů. Výstupem sondy EM38-MK2 jsou hodnoty elektrické vodivosti půdy v profilech 0-0,5 m a 0-0,1 m. On-the-go senzory poskytují velký počet měření. Pro potřeby statistického hodnocení byly získány hodnoty v blízkém okolí odběrových bodů a stanoven průměr z těchto hodnot pro každý bod odběru. Jednotlivé trajektorie měření byly vedeny ve stopách kolejových řádků s rozstupem 36 m.

Výstupy ze senzorů byly ukládány do měřicí ústředny společně s udaji o poloze měřicí soupravy a následně zpracovány (kapitola 4.4.2.)

Obr. 4: Měřicí souprava osazená gamaspektrometrem a sondou vodivosti půdy (foto Chára)



4.2.3 Sklizeň

Sklizeň probíhala sklízecí mlátičkou John Deere T660i. Mlátička poskytuje mapování výnosů, z tohoto důvodu byl v úvodu sklizně výnosoměr a vlhkoměr kalibrován. Hodnoty vlhkosti a objemové hmotnosti byly ověřeny kapacitním vlhkoměrem Chopin Agri-TR. Paralelně s mechanizovanou sklizní probíhal ruční odběr vzorků rostlin pro laboratorní analýzy. Na každém z bodů byly v okruhu do 10 metrů od vytyčovací tyče odebrány 4 vzorky

ječmene jarního o velikosti 0,25 m² (celkem 1 m²). Rostliny byly nůžkami ručně odštířeny těsně nad povrchem půdy a uloženy do papírových pytlů pro pozdější hodnocení.

Tab. 6: Časový harmonogram polní části měření

21. 4. 2020	7901, 7902 - Zjišťování počtu vzešlých rostlin na (m ²) a vzcházivost (%)
27. 7. 2020	7901, 7902 - Zjišťování počtu odnoží na (m ²) a počet odnoží na rostlině (kusy)
12. 8. 2020	7901 - Ruční sklizeň
13. 8. 2020	7901 - Sklizeň sklízecí mlátičkou
15. 8. 2020	7902 - Ruční sklizeň
16. 8. 2020	7902 - Sklizeň sklízecí mlátičkou

4.3 Laboratorní část

4.3.1 Sklizeň, posklizňová úprava

Po převozu sklizených vzorků do prostor FAPPZ (Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů) ČZU v Praze proběhlo odebrání 30 klasů z každého vzorku, tedy ze čtyřech odebraných vzorků z hodnoceného bodu pro další hodnocení (kapitola 4.3.3). Důvodem odebrání klasů před vymlácením vzorků byla potřeba eliminace vlivu vymlácení zrna na klíčivost.

Následný mechanizovaný výmlat ručně odebraných vzorků proběhl pomocí sklízecí mlátičky Wintersteiger Classic s uzpůsobeným adaptérem pro tento typ výmlatu (obr. 5 a 6). Mlátička byla využita jako stabilní zařízení. Následné posklizňové čištění bylo provedeno v laboratorní vzduchové čističce.

Obr. 5 a 6: Výmlat vzorků maloparcelkovou sklízecí mlátičkou Wintersteiger Classic (foto Chára)



4.3.2 Kvalita vzorků

Vyčištěné vzorky byly nejprve zváženy pro zjištění detailnějšího výnosu semen z daného bodu, než je schopna poskytnout sklízecí mlátička. Druhým hodnoceným znakem byla hmotnost tisíce semen (HTS; g), která byla zjištěna automatickým počítadlem Laboratory counter MK. Výsledná HTS byla stanovena jako průměr dvou měření, která se nelišila o více než 5 % mezi jednotlivými měřeními dle platné metodiky.

Hodnocení kvality produkce bylo provedeno metodou NIR spektroskopie (NIR spektrometr Omega Analyzed G Bruins Instruments). V rámci kvalitativního hodnocení byly sledovány následující parametry: N-látky (%) a obsah škrobu (%) ve dvou opakováních.

4.3.3 Vliv umístění semen v klasu na klíčivost

Z 30 odebraných klasů z každého vzorku bylo následně vybráno 10 průměrných klasů pro zjištění průměrného počtu semen v klase. Výběr deseti klasů proběhl na základě jejich velikostního srovnání (optický pohled hodnotitele) od nejmenšího po největší v řadě a každý třetí klas byl použit pro stanovení počtu zrn v klasu.

Statistické hodnocení počtu semen v klase bylo základem pro specifikaci výběru klasů pro stanovení vlivu rozmístění semen v klasu na klíčivost na půdním bloku 7901. Pro hodnocení byly na základě průměrného počtu semen v klase vybrány hodnotící body z jednotlivých zón výnosového potenciálu. Výběr byl proveden tak, aby do hodnocení byly zahrnuty vzorky s rozdílným průměrným počtem zrn v klase, proto byly do hodnocení zahrnuty vzorky bez ohledu na příslušnost k zóně výnosového potenciálu, ale podle narůstajících hodnot počtu semen v klase. Důvodem tohoto rozhodnutí bylo neprokázání závislosti mezi počtem semen v klase a zónou výnosového potenciálu. U půdního bloku 9701 byla závislost vyjádřena lineární regresí (počet semen v klase = $21,7746 + 0,121208 \cdot \text{zóna výnosového potenciálu}$, $R = 0,150$).

Tabulky 7. a 8. dokládají hodnocení průměrného počtu semen v klase pro hodnocené body na půdních blocích 7901 a 7902. V tabulce 7 (půdní blok 7901) jsou bíle označeny body, ze kterých byly odebrány klasy pro stanovení vlivu umístění semen v klase na klíčivost.

Z každého vzorku (bíle označené hodnoty v tabulce 7) bylo vybráno 10 klasů. Vzorky, resp. klasy byly rozděleny na dolní, střední a horní část (dolní a horní část klasu po 6 semenech). Tedy každý vzorek byl rozdělen na dílčí - horní a dolní obsahující 60 semen, střední část byla dopočítána. Dílčí vzorky byly zváženy. Proběhl také výpočet vlhkosti vzorků. Před sušením byl reprezentativní vzorek semen zvážen, poté bylo provedeno sušení při teplotě 130 °C po dobu 2 hodin. Z hmotnostního rozdílu před a po sušení byla vypočítána vlhkost vzorků.

Dílčí vzorky byly ve dvou opakování, vždy po 30 semenech umístěny na Petriho misky pro provedení testu klíčivosti. Test proběhl metodou s použitím papíru - top of paper v uzavřených Petriho miskách. Použitá destilovaná voda o objemu 30 ml odpovídala stanoveným kvalitativním normám. Petriho misky byly umístěny do klimaboxu SANYO MLR-350 Versatile Environmental Test Chamber se stálou teplotou 20 °C a světelným režimem 16 hod světlo, 8 hodin tma. Zkouška probíhala po dobu 12 dnů. Zjištěné výsledky byly statisticky hodnoceny (kapitola 4.3.5.)

Tab. 7: Průměrný počet semen ječmene jarního v závislosti na zóně výnosového potenciálu na půdním bloku 7901. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95%, ANOVA, Tukey).

Bod	Počet opakování	Průměrný počet semen v klase (kusy)	Výnosový potenciál
1611	10	19,9 a	1. zóna
1440	10	20,5 ab	3. zóna
1586	10	20,9 abc	3. zóna
945	10	20,9 abc	1. zóna
2052	10	20,9 abc	4. zóna
1595	10	21,2 abc	2. zóna
991	10	21,3 abc	4. zóna
618	10	21,3 abc	4. zóna
1729	10	21,4 abc	3. zóna
1498	10	21,4 abc	2. zóna
1889	10	21,5 abc	3. zóna
1249	10	21,6 abc	2. zóna
1780	10	21,8 abc	2. zóna
1699	10	21,8 abc	1. zóna
1414	10	22,1 abc	1. zóna
1452	10	22,1 abc	3. zóna
1240	10	22,2 abc	4. zóna
1642	10	22,2 abc	2. zóna
1933	10	22,2 abc	3. zóna
449	10	22,3 abc	4. zóna
2061	10	22,3 abc	3. zóna
1233	10	22,4 abc	3. zóna
1198	10	22,4 abc	1. zóna
1971	10	22,4 abc	2. zóna
874	10	22,6 abc	3. zóna
1703	10	22,7 abc	1. zóna
630	10	22,7 abc	3. zóna
1835	10	22,8 bc	1. zóna
1001	10	22,8 bc	4. zóna
1784	10	22,9 bc	3. zóna
259	10	23 bc	4. zóna
1126	10	23,2 bc	3. zóna
1769	10	23,3 bc	3. zóna
623	10	23,3 bc	4. zóna
1506	10	23,5 c	1. zóna
2023	10	23,6 c	4. zóna

Poznámka: bíle jsou označeny body, na kterých byla hodnocena klíčivost semen v jednotlivých částech klasu

Tab. 8: Průměrný počet semen ječmene jarního v závislosti na zóně výnosového potenciálu na půdním bloku 7902. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95%, ANOVA, Tukey).

Bod	Počet opakování	Průměrný počet semen v klase (kusy)	Výnosový potenciál
708	10	19,9 a	1. zóna
649	10	20 ab	2. zóna
1203	10	20,2 abc	2. zóna
312	10	20,4 abcd	4. zóna
985	10	20,6 abcde	2. zóna
178	10	20,7 abcdef	4. zóna
1380	10	20,7 abcdef	3. zóna
410	10	20,7 abcdef	1. zóna
792	10	20,7 abcdef	2. zóna
1384	10	20,9 abcdefg	3. zóna
733	10	21 abcdefg	1. zóna
963	10	21,1 abcdefgh	2. zóna
539	10	21,1 abcdefgh	2. zóna
364	10	21,2 abcdefgh	2. zóna
736	10	21,2 abcdefgh	2. zóna
1371	10	21,7 abcdefgh	2. zóna
544	10	21,8 abcdefgh	2. zóna
534	10	21,8 abcdefgh	2. zóna
704	10	21,9 abcdefgh	3. zóna
700	10	21,9 abcdefgh	4. zóna
894	10	22,4 abcdefgh	2. zóna
471	10	22,5 abcdefgh	3. zóna
847	10	22,5 abcdefgh	1. zóna
1217	10	22,7 abcdefgh	2. zóna
1038	10	22,7 abcdefgh	2. zóna
952	10	22,9 bcdefgh	2. zóna
1568	10	23,1 cdefgh	2. zóna
1042	10	23,2 defgh	2. zóna
279	10	23,4 efgh	3. zóna
1629	10	23,6 fgh	3. zóna
782	10	23,6 fgh	2. zóna
1211	10	23,7 gh	2. zóna
513	10	23,7 gh	4. zóna
1097	10	24 h	2. zóna

4.3.4 Hodnocení klíčivosti celých vzorků

Hodnocení laboratorní klíčivosti probíhalo dle platného znění Metodiky zkoušení osiva a sadby ÚKZÚZ vydané 1. 7. 2016 (ÚKZÚZ 2016). Příprava vzorku byla provedena opakovaným mechanickým dělením.

Test byl proveden s použitím papíru metodou pleated paper, tedy mezi dvěma vrstvami papíru (tzv. skládaný filtrační papír). Semena se vkládala do obálek z filtračního papíru vloženého v uzavíratelných krabičkách. Vzorky byly dosyceny 30 ml destilované vody odpovídajícím stanoveným normám a umístěny do klimaboxu SANYO MLR-350 Versatile Environmental Test Chamber se stálou teplotou 20 °C a světelným režimem 16 hod světlo, 8 hodin tma. Každý cyklus probíhal 8 dní, kdy první měření proběhlo 3. den od založení a následovalo v jednodenních intervalech až po ukončení 8. den od založení. Hodnocena byla klíčivost semen a energie klíčení. Z výsledků bylo zjištěno procento klíčivosti a vypočítané další parametry (např. hodnota T50), které byly dále statisticky hodnoceny (kapitola 4.3.5).

4.3.5 Statistické vyhodnocení

Pro hodnocení bylo použito metody analýzy jednoduchého třídění (ANOVA, test LSD a Tukey, hladina významnosti 95%) a jednoduché regrese. Data byla zpracována programem Statgraphics®Plus (Statgraphics Technologies, Inc. The Plains, Virginia).

4.4 Zpracování mapových podkladů

4.4.1 Stanovení hodnot výnosového potenciálu

Stanovení hodnot výnosového potenciálu zpracovala společnost Gisat s.r.o. Dlouhodobý výnosový potenciál vychází z prostorové a časové analýzy družicových dat ječmene jarního za více vegetačních období. V rámci vyhodnocení prostorové variability zapojenosti porostů je provedena zonace s cílem identifikovat rozdílné produkční zóny půdního bloku.

Na základě multitemporální analýzy časové řady harmonizovaných map zapojenosti porostů z celého sledovaného období je nejprve vyhodnocena variabilita ječmene jarního na daném půdním bloku, pro který je následně provedena časoprostorová segmentace celé časové řady, na jejímž základě je provedena kategorizace zapojenosti a delineace zón. Na závěr je určena referenční zóna s dlouhodobě nejvyšší průměrnou zapojeností. Výstupem celého zpracování je vektorová vrstva management zón s přiřazeným relativním potenciálem každé zóny. Přiřazený výnosový potenciál je pro každý půdní blok jiný podle referenční zóny každého půdního bloku.

4.4.2 Stanovení hodnot půdních vlastností

Během měření pomocí geofyzikálních metod byl získán obsáhlý soubor dat. Tato data byla z původních formátů následně transformována na hodnoty vodivosti programem DAT 38MK2 verze 1.05 (Geonics Limited, Kanada), resp. koncentrace jednotlivých izotopů pomocí programu GSCar Convert (GF Instruments, ČR). Z takto získaných souborů byly

následně vyloučeny extrémní chybové hodnoty, které mohou během měření vzniknout. Základní charakteristika souboru dat je v tabulce 9.

Tab. 9: Popisná statistika souboru dat vodivosti a gamazáření.

	Vodivost Profil 0-1 m mS/m	Vodivost Profil 0-0,5 m mS/m	DR nGy/h	K %	U ppm	Th ppm
Střední hodnota	6,74	8,98	67,58	2,52	3,15	6,70
Medián	5,27	8,16	67,70	2,50	3,20	6,60
Modus	4,92	4,84	68,30	2,50	3,30	6,30
Směr. odchylka	4,37	4,24	6,57	0,29	0,86	1,52
Rozptyl výběru	19,09	17,98	43,14	0,08	0,74	2,31
Špičatost	0,81	0,10	0,73	0,09	0,01	0,17
Šikmost	1,19	0,84	-0,28	-0,08	-0,04	0,22
Var. Koeficient (%)	64,8	47,2	9,7	11,4	27,3	22,7
Minimum	1,29	3,20	40,70	1,50	0,20	1,40
Maximum	26,29	23,67	90,50	3,40	6,10	12,10

(DR - celkový příkon, K - draslík, U - uran, Th - thorium)

Rozsah hodnot vyjádřený maximálními a minimálními hodnotami, jakož i hodnoty variačních koeficientů, dokládají variabilitu jednotlivých datových souborů. Asymetrie z normálního rozdělení je vyjádřena koeficientem šikmosti. Podle Granadose et al. (2002) je podmínka normality splněna, pokud leží hodnoty šikmosti v intervalu -2 a 1. Nízké hodnoty šikmosti dokládají, že data vykazují normální rozdělení. Vyšší hodnotu vykazuje pouze soubor dat vodivosti v profilu 0 až 1 m. Vzhledem k nízkému překročení hodnoty 1a skutečnosti, že normalnost distribuce není předpokladem geostatistického zpracování, byl původní soubor dat zpracován bez následné transformace.

Data byla následně zpracována do podoby map (kapitola 5.4) pomocí geostatistických metod v programu ArcMAP 10.7 (ESRI, USA). Jako interpolační metody byla zvolena metoda OrdinaryKriging (běžný kriging). Výstupem interpolace je mapa, která znázorňuje prostorové rozložení měřené veličiny.

Za účelem statistického porovnání hodnot, které byly získány geofyzikálními přístroji, s hodnotami z bodového odběru, byly pro jednotlivé body ručního odběru vypočítány průměry z hodnot geofyzikálního měření v okolí bodů a tyto hodnoty byly přiřazeny k příslušnému bodu ručního odběru.

5 Výsledky

5.1 Vliv změny během vegetace pro jednotlivé zóny

5.1.1 Vliv výnosového potenciálu na počet semen v klasu

Tab. 10: Vliv zóny výnosového potenciálu na průměrný počet semen v klasu (kusy) na půdních blocích 7901 a 7902. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95 %, ANOVA, Tukey).

Zóna	Průměrný počet semen v klasu (kusy)	
	PB 7901	PB 7902
1	22,0 a	21,0 a
2	21,8 a	22,0 b
3	22,2 a	22,2 b
4	22,3 a	21,7 ab

5.1.2 HTS v závislosti na uložení semen v klasu

Tab. 11: Průměrná hodnota hmotnost tisíce semen HTS (g) v závislosti na uložení semen v klasu na půdním bloku 7901 a 7902. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95 %, ANOVA, Tukey).

Část klasu	HTS (g)	
	PB 7901	PB 7902
Dolní část klasu	51,8 b	51,6 b
Horní část klasu	45,9 a	45,0 a
Střední část klasu	54,3 c	54,7 c

5.1.3 Vliv uložení semen v klasu na hodnoty klíčivosti

Tab. 12: Vliv uložení semen v klasu na hodnoty klíčivosti (%) pro vybrané dny uložení na klíčidlo (půdní blok 7901). Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95 %, ANOVA, Tukey).

Část klasu	Den uložení na klíčidlo					
	3.	4.	7.	8.	9.	11.
Dolní část klasu	36,3 a	61,7 a	85,7 a	89,7 a	92,3 a	95,7 a
Horní část klasu	29,0 a	57,3 a	88,0 a	90,0 a	91,3 a	95,0 a
Střední část klasu	35,7 a	56,3 a	90,0 a	93,0 a	96,3 a	97,7 a

5.2 Výnosotvorné ukazatele

5.2.1 Parametry porostu

Tab. 13: Parametry porostu po založení na půdním bloku 7901– počet vzešlých rostlin na m² a vzcházivost % (hodnocení 21. 4. 2020), počet odnoží na m² a počet odnoží na rostlině - kusy (hodnocení 27. 7. 2020). Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95 %, ANOVA, Tukey).

Zóna	Počet vzešlých rostlin (kusy)	Vzcházivost (%)	Odnože na m ² (kusy)	Odnože na rostlinu (kusy)
1	268,5 a	67,1 a	839,4 a	3,1 a
2	312,7 ab	78,2 ab	1000,7 ab	3,2 a
3	289,8 a	72,5 a	948,0 ab	3,3 a
4	331,6 b	82,9 b	1050,5 b	3,2 a

Tab. 14: Parametry porostu po založení na půdním bloku 7902– počet vzešlých rostlin na m² a vzcházivost % (hodnocení 21. 4. 2020), počet odnoží na m² a počet odnoží na rostlině - kusy (hodnocení 27. 7. 2020). Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95 %, ANOVA, Tukey).

Zóna	Počet vzešlých rostlin (kusy)	Vzcházivost (%)	Odnože na m ² (kusy)	Odnože na rostlinu (kusy)
1	313,0 a	78,3 a	1077,6 a	3,5 a
2	327,0 a	81,8 a	1074,6 a	3,3 a
3	338,0 a	84,5 a	1098,1 a	3,3 a
4	336,0 a	84,0 a	1123,4 a	3,3 a

5.2.2 Parametry semen

Tab. 15: Parametry semen jarního ječmene a půdním bloku 7901 - vlhkost semen (%), obsah dusíkatých látek (N, %) a škrobu (%), HTS (g) a výnos semen stanovený odběrem vzorku g na m². Sklizeň byla provedena 12. 8. 2020. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95 %, ANOVA, LSD test).

Zóna	Vlhkost semen (%)	N-látky (%)	Škrob (%)	HTS (g)	Výnos semen g na m ² (100% sušina)
1	10,5 a	11,7 b	62,6 a	44,4 a	622,9 b
2	10,5 a	10,5 a	63,8 b	45,2 a	585,0 ab
3	10,4 a	10,5 a	63,7 b	45,2 a	598,3 ab
4	10,4 a	10,6 a	63,4 b	45,1 a	560,1 a

Tab. 16: Parametry zrna jarního ječmene a půdním bloku 7902 - vlhkost zrna (%), obsah dusíkatých látek (N, %) a škrobu (%), HTS (g) a výnos semen stanovený odběrem vzorku g na m². Sklizeň byla provedena 15. 8. 2020. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95 %, ANOVA, LSD Test).

Zóna	Vlhkost zrna (%)	N-látky (%)	Škrob (%)	HTS (g)	Výnos semen g na m ² (100% sušina)
1	10,6 a	10,3 a	63,7 a	39,5 a	502,7 a
2	10,5 a	10,9 ab	63,2 a	42,6 b	534,5 a
3	10,4 a	11,0 ab	63,1 a	43,2 b	553,8 ab
4	10,6 a	11,7 b	62,7 a	42,5 b	587,9 b

5.3 Hodnocení půdních vlastností

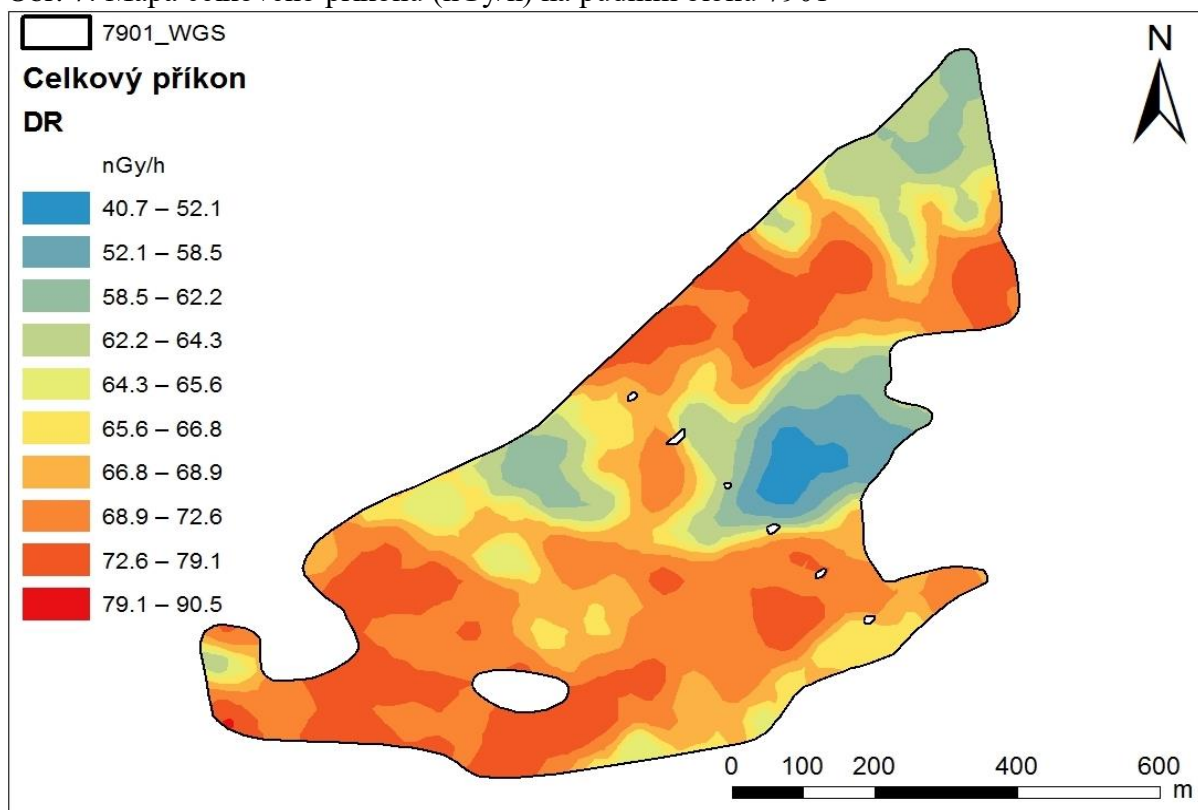
Tab. 17: Parametry stanovené pro půdní blok 7901 - gamaspektrometrické měření. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 95% (LSD test, ANOVA).

Zóna	Průměr z DR (nGy/h)	Průměr z K (%)	Průměr z TH (ppm)	Průměr z U (ppm)
1	69,7198 a	2,43646 a	7,89062 b	3,21354 a
2	66,9833 a	2,59444 a	5,95556 a	3,23889 a
3	66,8942 a	2,47872 a	6,89808 ab	3,03782 a
4	68,5639 a	2,62593 a	6,68333 a	3,08704 a

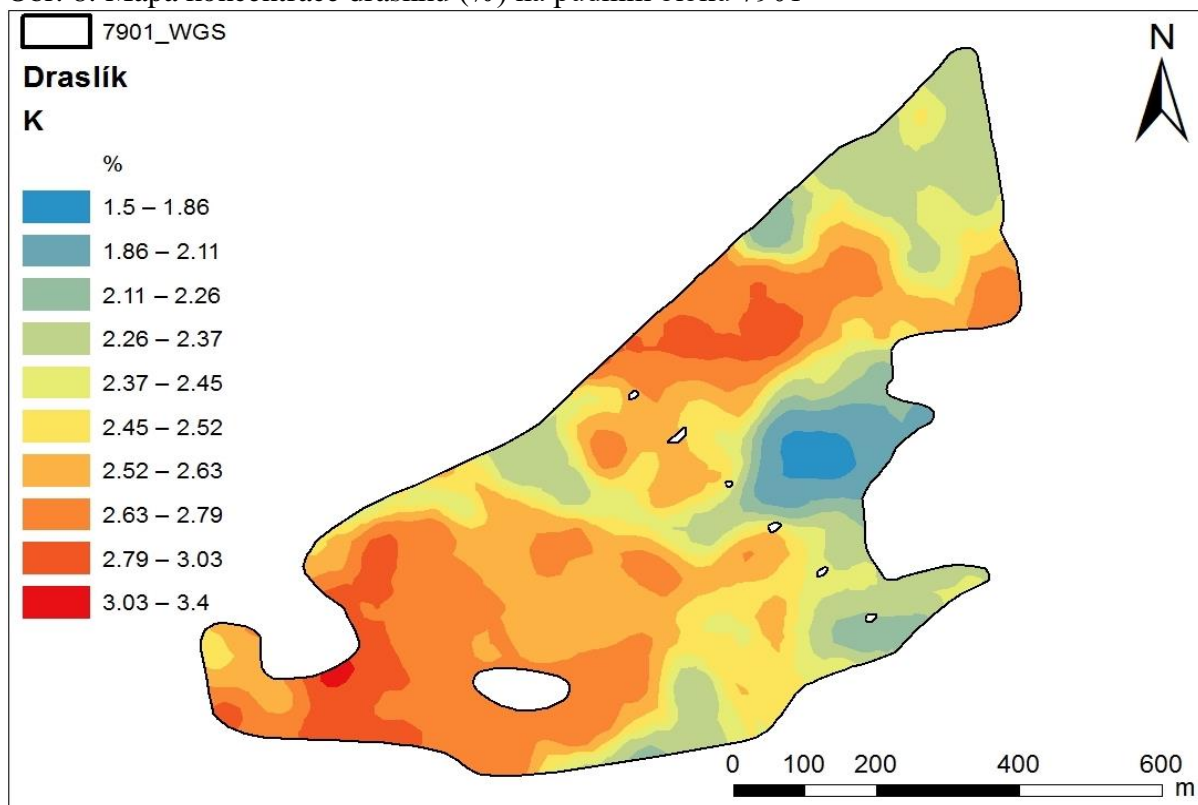
(DR - celkový příkon, K - draslík, Th - thorium, U - uran)

5.4 Mapy půdních vlastností

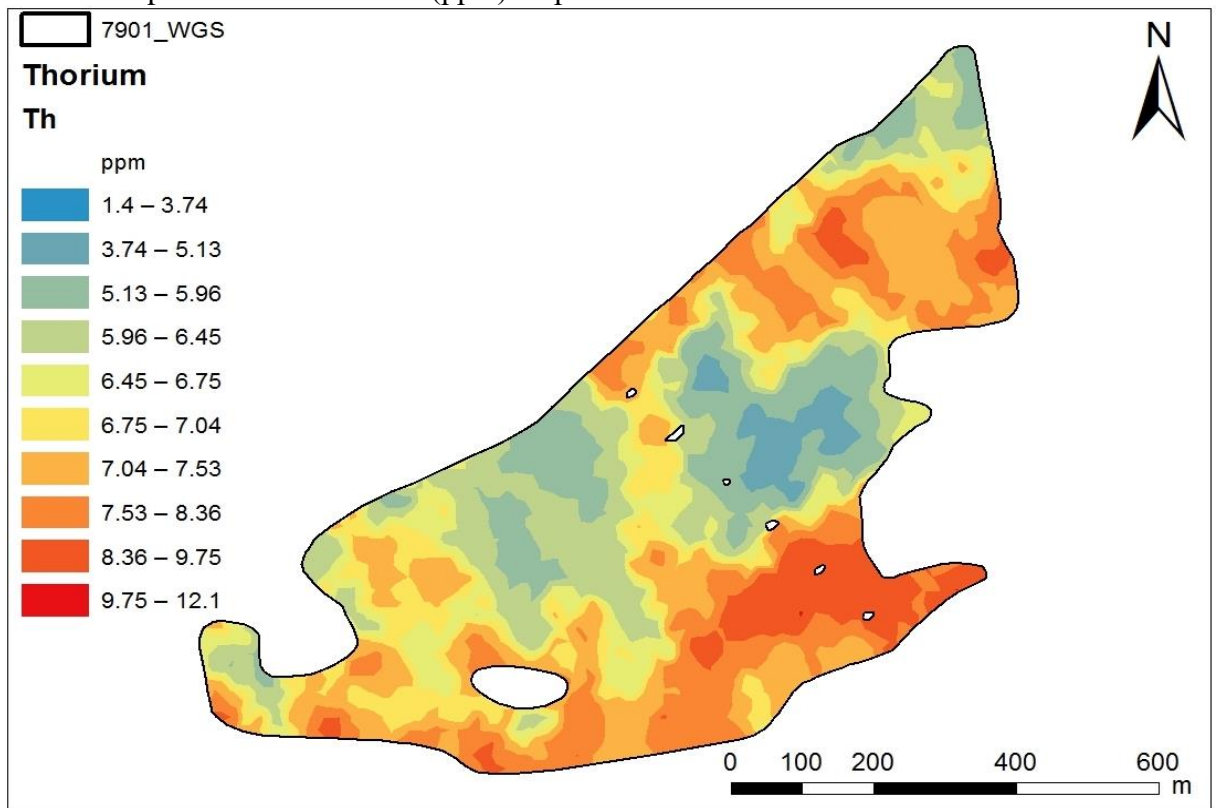
Obr. 7: Mapa celkového příkonu (nGy/h) na půdním bloku 7901



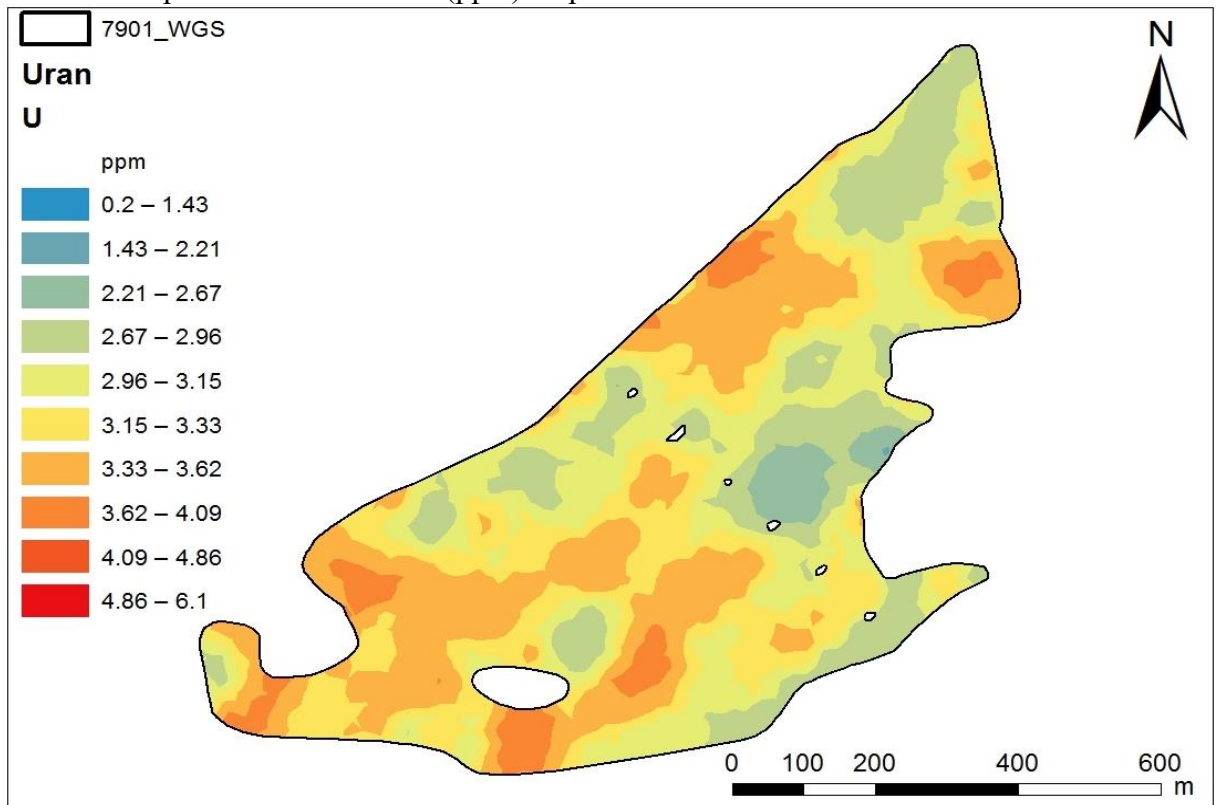
Obr. 8: Mapa koncentrace draslíku (%) na půdním bloku 7901



Obr. 9: Mapa koncentrace thoria (ppm) na půdním bloku 7901



Obr. 10: Mapa koncentrace uranu (ppm) na půdním bloku 7901



5.5 Hodnocení T50

Tab. 18: Průměrné hodnoty T50 (dny) pro půdní bloky 7901 a 7902. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 95% (LSD test, ANOVA).

Zóna	Půdní blok	
	7901	7902
	T ₅₀ (dny)	T ₅₀ (dny)
1	3,53 a	3,45 a
2	3,62 a	3,43 a
3	3,60 a	3,31 a
4	3,50 a	3,43 a

5.6 Variabilita půdního bloku k biometrickým parametrům porostu

Tab. 19: Parametry stanovené pro půdní blok 7901. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 95% (LSD test, ANOVA).

Zóna	N-látky (%)	HTS (g)	Výnos semen g na m ² (100 % sušina)	Počet vzešlých rostlin (kusy)	Vzcházivost (%)	Odožé na m ² (kusy)	Odožé na rostlinu (kusy)	Klíčivost (%)
1	11,7 b	44,4 a	622,9 b	268,5 a	67,1 a	839,4 a	3,1 a	98,6 a
2	10,5 a	45,2 a	585,0 ab	312,7 ab	78,2 ab	1000,7 ab	3,2 a	97,3 a
3	10,5 a	45,2 a	598,3 ab	289,8 a	72,5 a	948,9 ab	3,3 a	98,2 a
4	10,6 a	45,1 a	560,1 a	331,6 b	82,9 b	1050,5 b	3,2 a	98,0 a

Tab. 20: Parametry stanovené pro půdní blok 7902. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 95% (LSD test, ANOVA).

Zóna	N-látky (%)	HTS (g)	Výnos semen g na m ² (100 % sušina)	Počet vzešlých rostlin (kusy)	Vzcházivost (%)	Odožé na m ² (kusy)	Odožé na rostlinu (kusy)	Klíčivost (%)
1	10,3 a	39,5 a	502,7 a	313,0 a	78,3 a	1077,6 a	3,5 a	99,9 a
2	10,9 ab	42,6 b	534,5 a	327,0 a	81,8 a	1074,6 a	3,3 a	97,4 a
3	11,0 ab	43,2 b	553,8 ab	338,0 a	84,5 a	1098,1 a	3,3 a	97,3 a
4	11,7 b	42,5 b	587,9 b	336,0 a	84,0 a	1123,4 a	3,3 a	99,1 a

6 Diskuze

6.1 Vliv změny během vegetace pro jednotlivé zóny

Sklizeň celých klasů umožnila jejich následnou detailní laboratorní analýzu. Hodnocen byl vliv zón výnosového potenciálu na počet semen v klasu (kusy). Závislost HTS (g) na uložení semen (kusy) v klasu a vliv uložení semen v klasu na hodnoty klíčivosti. Počet semen v klasu a hmotnost tisíce semen (HTS; g) jsou hlavními faktory podléjící se na výnosu obilnin (Onyemaobi et al. 2017). Pro osvětlení možných rozdílů semen v klasu byla hodnocen vliv uložení semen na hodnotu klíčivosti (%).

6.1.1 Vliv výnosového potenciálu na počet semen v klasu

Počet semen v klasu je kvalitativní údaj, který je ovlivněn genotypem odrůdy a vnějším prostředím (Li et al. 2016). Rozhodujícím obdobím tvorby semen v klasu je období mezi BBCH 37 (sloupkování, objevení posledního listu) a BBCH 69 (kvetení, zaschlé prašníky); (pozn. BBCH - **B**iologische **B**undesanstalt, **B**undessortenamt und **C**hemische **I**ndustrie); (Zadoks et al. 1974). Výsledky neprokázaly závislost počtu semen (kusy) v klasu na zóně výnosového potenciálu (tab. 10) na půdním bloku 7901. Na půdním bloku 7902 narůstají trend nepotvrdila 4. výnosová zóna. Podle Oliver et al. (2005) je fáze tvorby semen v klasu citlivá na abiotický stres, především vodní stres. Tento stres byl pravděpodobně eliminován pravidelnými srážkami v době tvorby semen v klasu viz. průběh počasí (kapitola 4.1.2). Vysvětlením může být svažitost jednotlivých půdních bloků v kombinaci s pravidelnými dešťovými úhrny, které napomohly rovnoměrnější distribuci vody po pozemku. Tato skutečnost nebyla v práci zkoumána a při dalším výzkumu ji lze doporučit zohlednit v podobě DEM (Digital Elevation Model) modelů. Vlivem topografických charakteristik na distribuci vody v krajině se v minulosti zabýval Halvorson a Doll (1991), Kaspar et al. (2003), kteří zmiňovanou závislost ve svých pracích potvrzují.

6.1.2 HTS v závislosti na uložení semen v klasu

Kromě rozdílného počtu semen v klasu se mohou lišit i parametry mezi jednotlivými semeny na úrovni klasu (Li et al. 2016). Z výsledků uvedených v tabulce 11 vyplývá statisticky průkazná závislost mezi HTS (g) a uložení semen v klasu. Nejtěžší semena byla zjištěna ve střední části klasu, nižší hmotnost následovala v dolní části klasu a nejnižší hmotnost vykazovala horní část klasu. Výsledky potvrzuje Kennedy et al. (2018), kteří uvádějí vyšší HTS (g) ve střední části klasu jarního ječmene. Důvodem je podle Yang et al. (2006) rozdílné plnění semen způsobené působením stresových fytohormonů, kyselinou abscisovou (ABA) a ethylenem. Výrazně nižší HTS (g) horní části klasu připisuje, Li et al. (2016) zmiňovaným fytohormonům a omezenému transportu, který zpomaluje přeměnu sacharózy na škrob.

6.1.3 Vliv uložení semen v klasu na hodnoty klíčivosti

Negativní vnější fyzikální podmínky (abiotické stresy) průkazně pozměňují anatomickou stavbu obilek nejenom v části oplodí a osemení, ale též samotnou stavbu

embrya. Negativní fyzikální podmínky dále silně ovlivňují chemické složení semen, jeho energetický obsah a anatomickou stavbu a morfologickou stavbu semen. Stresovaná semena následně vykazují nižší klíčivost (Hnilička et al. 2005). Shahwani et al. (2014) uvádí pozitivní korelaci mezi velikostí semen a rychlostí klíčení. Větší semena mají tendenci produkovat více zásobních látek. Z tvrzení autorů byla stanoven hypotéza předpokládající vyšší klíčivost (%) u semen uložených ve střední části klasu, tedy lépe zásobená s vyšší HTS (g). Tato hypotéza nebyla potvrzena. Tabulka 12 dokládá statisticky neprůkazné rozdíly mezi variantami dolní, střední a horní uložení semen v klasu. S výsledky se ztotožňuje Carreck a Christian (1997), kteří také statisticky neprokázali závislost mezi uložením semen v klasu a hodnotou klíčivosti.

6.2 Výnosotvorné ukazatele

6.2.1 Parametry porostu

U jarního ječmene a dalších obilnin je důležité docílení optimální hustoty, porosty by neměly být příliš řídké ani přehoustlé. Nižší počet rostlin jsou obilniny schopné kompenzovat vyšším odnožením (Honsová 2017). Tvrzení Honsové (2017) nepotvrzují výsledky sledovaných půdních bloků 7901 (tab. 13) a 7902 (tab. 14). Kdy se snižující vzcházivosti (%), potažmo počtem vzešlých rostlin (kusy) klesal také počet odnoží (kusy) i počet odnoží na rostlinu (kusy).

V prvních 15 dnech vyžaduje ječmen jarní vyšší příjem fosforu nad dusíkem (Hřivna et al. 2020). Příjem byl zajištěn hnojením v průběhu setí (tab. 4). Tabulky 13 a 14 dokládají rozdílnou odezvu produkčních zón na konstantní výsevek 4 MKS. Trend zvyšující vzcházivosti (%) se zónou výnosového potenciálu byl pozorovaný na obou půdních blocích, výsledky však nebyly statisticky průkazné.

Rozdílné hodnoty vzcházivosti (%), počtu vzešlých rostlin (kusy) na obou půdních blocích poukazují na smysluplnost systémů variabilního setí, ale i na jejich rizikovost. Bullock et al. (1998) upozorňuje, že tato technologie může být přínosná pouze pro farmáře, který má ověřený vztah výnosu a počtu rostlin. Pro aplikovatelnost těchto systémů je nutné definovat produkční zóny a jejich odezvu na rozdílné vstupy. Při optimalizaci výsevku a počtu rostlin je nutné upravit také strategii hnojení pro jednotlivé produkční zóny.

6.2.2 Parametry semen

Kvalita produkce má u jarního ječmene vyšší ekonomický přínos než celkový výnos (t/ha); (Křen et al. 2019). Vzorky semen z půdních bloků 7901 (tab. 15) a 7902 (tab. 16) splňovaly jakostní požadavky podle normy ČSN 46 1100-5 (tab. 2). Nejdůležitějším kritériem je obsah N-látek (%); (Kassie & Tesfaye 2019). Podle Pettersson a Eckersten (2007) je ideální úroveň N-látek 10,7 %. Této úrovni byl blíže půdní blok 7901.

Největší podíl hmotnosti zrna (asi 80 %) tvoří organické látky, z nich pak největší podíl patří sacharidům. Nejvíce zastoupenou složkou sacharidů je škrob, jehož hodnoty se pohybují mezi 60-65 % (v sušině semen i více); (Zimolka et al. 2006). Obsah škrobu (%) se na obou půdních blocích pohyboval na úrovni 62,6 až 63,8 %. Tyto hodnoty jsou blízké národního průměru, který činil 63,9 % (Hartman 2017). Při porovnávání úrovní škrobu v semenech autoři neuvádějí, při jaké vlhkosti je hodnota škrobu (%) získána. Hodnocené

vzorky uvedené v tabulce 15 a 16 měly v době hodnocení vlhkost semen na úrovni 10,5 %. Podle Černý et al. (2007) je ideální vlhkost mezi 14 až 15 %. Tato vlhkost byla v době sklizně, ale transportem a manipulací došlo k výraznému snížení vlhkosti vzorků.

6.3 Hodnocení půdních vlastností

Důležitým parametrem hodnocení půdních vlastností je získání reprezentativních vzorků půdy (Adamchuk et al. 2004). Průběh hodnocení půdních vlastností on-the-go senzory je podrobněji popsán v kapitole 4.2.2, statistické zpracování následně v kapitole 4.4.2.

Hodnocení půdních vlastností stanových pomocí gamaspektrometru GSCar (GF Instruments, s.r.o., ČR) na půdním bloku 7901 nepřineslo statisticky průkazné rozdíly mezi hodnocenými parametry půdních vlastností (DR - celkový příkon, K - draslík, U - uran, Th - thorium) a zónami výnosového potenciálu (tab. 17). Hodnocené parametry přesto mohou sloužit při optimalizaci pracovních operací k dosažení požadované kvality produkce. Například draslík zlepšuje kyprost endospermu, má vliv na jemnost pluch, působí na syntézu sacharidů a snižuje obsah N-látek (Hřivna et al. 2020). Naopak jemnější zrnitostní složení půdy může obsah dusíkatých látek v semeni zvyšovat (Naeem et al. 2021). Zrnitostní složení půdy lze nepřímo měřit také gama-zářením (Brant et al. 2020).

Měření elektrické vodivosti půdy (mS/m) sondou EM38-MK2 (Geonics Limited, Kanada) je podrobněji popsáno v kapitole 4.2.2, informace o principu měření elektrické vodivosti půdy (mS/m) poskytuje kapitola 3.2.2.6.1. Adamchuk et al. (2004) uvádí výsledky měření elektrické vodivosti půdy (mS/m) jako zdroj informací o půdní variabilitě, pro kterou je nutný další detailnější průzkum. Výhodou sondy EM38-MK2 je schopnost měření do výšky porostu 20 cm bez jeho poškození (Brant et al. 2020). Měření proběhlo již v průběhu vegetace na sledovaném půdním bloku 7901 (obr. 4). Výsledky byly negativně ovlivněny vnějšími podmínkami a nebyly v práci zohledněny.

6.4 Mapy půdních vlastností

Mapy půdních vlastností (koncentrací) stanové pomocí gamaspektrometru GSCar (GF Instruments, s.r.o., ČR) na půdním bloku 7901 (obr. 7, 8, 9, 10) dokládají význam využití on-the-go senzorů k měření půdních vlastností. Tradiční půdní vzorkování poskytuje pouze orientační informaci o heterogenitě půdních vlastností. Nižší přesnost měření polních senzorů (on-the-go senzorů) v porovnání s laboratorními postupy vyvažuje intenzivní prostorové pokrytí (Christy 2008).

U většiny půd činí celkový obsah draslíku 0,5-3,2 % z celkového orničního profilu (Vaněk et al. 2016). Výsledky obr. 8 dokládají vysokou variabilitu zásobenosti v rámci půdního bloku 7901 v rozmezí 0,5 až 3,4 %. Nutno podotknout, že celkový obsah draslíku není ve vztahu k přístupnosti pro rostliny směrodatný a je nutné zohlednit i půdní strukturu a jeho přístupnost. Vaněk et al. (2016) dělí draslík na nevýměnný, výměnný a vodorozpustný. Výměnný draslík je hlavní formou přijatelného draslíku pro rostliny, jeho množství se pohybuje většinou v rozmezí 1-2 % z celkového obsahu draslíku v půdě. Získané mapy půdních vlastností lze využít pro optimalizaci odběrných bodů zásobenosti živin. Obr. 7 a 8 dále znázorňují problematická místa půdního bloku, která ale neměla vliv na výsledky práce

v rámci zón výnosového potenciálu. Při pochopení vztahů mezi půdními vlastnostmi a draslíkem lze uplatnit variabilní hnojení draselnými hnojivými (Kulczycki et al. 2015).

Při stanovení koncentrace celkového draslíku (%) byl stanoven také celkový příkon (nGy/h); (obr. 7), koncentrace thoria (ppm); (obr. 9) a uranu (ppm); (obr. 10). Adamchuk (2011) uvádí i další půdní vlastnosti měřitelné za pomoci gamaspektrometrie. Mezi přímo měřitelné řadí celkový uhlík, celkový dusík, celkový fosfor.

6.5 Hodnocení T50

Hodnota T50 vyjadřuje čas (dny), za který vyklíčí 50 % testovaných semen (Hatzig et al. 2015). Je velmi důležité, aby klíčení a vzcházení rostlin bylo rovnoměrné a pokud možno co nejkratší, neboť byla prokázána negativní korelace mezi délkou doby vzcházení a počtem vzešlých rostlin (Zimolka et al. 2006). Tato hodnota nevykazovala statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými zónami výnosového potenciálu ani na jednom ze sledovaných půdních bloků (tab. 18).

Giles (1990); Shahwani et al. (2014) uvádějí pozitivní korelaci mezi velikostí semen a rychlostí klíčení. Větší semena mají tendenci produkovat více zásobních látek. Tento parametr nebyl v práci zohledněn, podle Křen et al. (2019) je HTS (g) v pozitivní korelaci s velikostí semen. HTS (g) byla v práci hodnocena, ale ani závislost mezi hodnotou T50 (dny) a HTS (g) nebyla prokázána. Naopak nižší hodnotu T50 (dny) vykazoval půdní 7902 s nižšími hodnotami HTS (g), než půdní blok 7901.

Vlivu velikosti semen na rychlost klíčení se zabývala Kučerová et al. (2015), která vyvrací tvrzení Giles (1990) a Shahwani et al. (2014) a potvrzuje výsledky práce. Kučerová et al. (2015) uvádí, že vzorky s vyšším podílem semen nad sítem 2,8 x 22 mm vykazovaly nižší rychlost i index klíčení, než vzorky s vyšším podílem semen nad sítem 2,5 x 22 mm v průběhu klíčení. Velká semena přijímají vodu pomaleji, takže jejich začátek klíčení je pozvolnější.

V polních podmínkách neprokázala Honsová (2019) vliv velikosti semen na polní vzcházevost jarního ječmene. Varianty semen nad sítem 2,2 mm a nad 2,8 mm dosahovaly shodné polní vzcházevosti. Závislost velikosti semen k rychlosti klíčení je podle Shahwani et al. (2014) průkazná při vzcházení v horších podmínkách.

6.6 Variabilita půdního bloku k biometrickým parametrům porostu

N-látky a hmotnost tisíce semen (HTS; g) ovlivňuje pěstitel již zvoleným výsevkem (O'Donovan et al. 2011). Podle Honsová (2017) při vyšších výsevcích klesá procento vzcházevosti. Předpoklad vzrůstající vzcházevosti (%) s rostoucí úrovní výnosového potenciálu byl pozorován na obou půdních blocích - 7901, 7902 (tab. 19, 20), výsledky však nebyly statisticky průkazné.

Výsledky částečně potvrzují tvrzení Shrestha a Lindsey (2019) kteří uvádějí, že se zvyšujícím se počtem rostlin (kusy) dochází ke snížení HTS (g). Snížení HTS (g) se projevilo na pozemku 7902 (tab. 20), na kterém byl vyšší počet rostlin (kusy) a následně i odnoží (kusy). Průměrný počet odnoží na rostlinu vykazoval na obou sledovaných půdních blocích hodnoty přes 3 odnože na rostlinu. Odnože 3 a vyššího řádu přispívají k výnosu

obvykle méně než 10 %. Navíc odnože vyššího řádu způsobují snižování podílu předního zrna (Klem et al. 2006). Podíl předního zrna nebyl v práci zohledněn, podle Křen et al. (2019) je HTS (g) v pozitivní korelaci s velikostí semen - podílem předního zrna.

Snížení HTS (g) se projevilo na celkové výnosové odezvě. Kdy půdní blok 7902 s nižší HTS (g) vykazoval nižší celkový výnos (t/ha). Naopak půdní blok 7901 s vyšší HTS (g) dosáhl vyššího celkového výnosu (t/ha). Podle Protich et al. (2012) je HTS (g) důležitým faktorem ovlivňující tvorbu výnosu. HTS (g) je ovlivněna genotypem odrůdy a rychlostí fotosyntézy. V práci nebyla zkoumána délka klasu. Tento parametr, ale může kromě přímého ovlivnění výnosu počtem semen v klasu (tab. 9) ovlivnit také HTS (g). Klas hraje důležitou roli v rychlosti fotosyntézy. Vzhledem umístění klasu v horní části rostliny a své zelené ploše vytváří v mléčné zralosti (pozn. BBCH 73-77) 25-30 % fotosyntetické aktivity rostliny, ve fázi voskové zralosti (pozn. BBCH 83-85) tato aktivita může dosáhnout až 50 % z celkové fotosyntetické aktivity rostliny (Protic et al. 2017).

Vliv nadzemní biomasy se může projevit také na obsahu N-látek. Podle Shrestha a Lindsey (2019) dochází ke snižování koncentrace N-látek (%) v semeni s rostoucím počtem rostlin (kusy). Závislost počtu rostlin (kusy) na vliv N-látek (%) nebyla prokázána. Kdy naopak na půdním bloku 7902 s rostoucí zónou výnosového potenciálu a počtem rostlin rostl (kusy) obsah N-látek (%). Podle Malik et al. (2012) největší vliv na obsah N-látek v semnech má půdní úrodnost. Sainju et al. (2013) uvádí, že na obsah N-látek (%) v semenech má větší vliv teplota, dostupnost vody, výsevek a výběr odrůdy než hnojení dusíkem. Obsah N-látek (%) je komplexní znak a příčiny variability nejsou zcela známy (Pettersson 2006), podobně jako u N-látek (%), tak i další zkoumaných biometrických parametrů nejsou příčiny variability zcela známy.

7 Závěr

Primárním cílem diplomové práce bylo ověřit hypotézu, že v zónách vykazujících vyšší výnosový potenciál budou sklizená semena vykazovat lepší osivářské parametry. Prosté srovnání vlivu zóny výnosového potenciálu na parametry sklizeného rozmnožovacího materiálu jednoznačné potvrzení nepřineslo, neboť v rámci obou hodnocených půdních bloků (7901, 7902) se zjištěné výsledky lišily. Vztah mezi výší výnosu na dílčích částech půdního bloku a vitalitou sklizeného množitelského materiálu jednoznačné výsledky také nepřinesl. Vitalita množitelského materiálu vyjádřená jako T50 (dny) nabývala lepších hodnot na půdním bloku 7902, který dosahoval nižšího celkového výnosu, než půdní blok 7901.

Práce nespokytuje jednoznačné odpovědi na položené hypotézy diplomové práce. Pro odhalení závislostí mezi heterogenitou pozemku a kvalitou osivářských parametrů na úrovni půdního bloku bude nutné větší vědecké úsilí s víceletým opakováním. Pro další hledání souvislostí bude vhodné zahrnout i další měřitelné atributy - například průběžný monitoring stavu vegetace. Opakování lze doporučit i k ověření stávajících statisticky průkazných výsledků.

Podobně jako výnosoměry, dnes již standardně poskytující informaci o variabilitě výnosu na půdním bloku, může v budoucnu k pochopení vztahů mezi heterogenitou pozemku a kvalitativními parametry produkce napomoci NIR spektroskopie, která je schopna analyzovat kvalitativní parametry produkce při sklizni plodin. Její uplatňování je ale u sklizecích mlátiček v začátcích.

Z výsledků provedené práce vyplývají následující závěry:

- Vliv výnosového potenciálu na počet semen (kusy) v klasu byl prokázán pouze na půdním bloku 7902.
- Byla prokázána závislost mezi HTS (g) a uložením semen v klasu, kdy nejvyšší HTS (g) byla ve střední části klasu, následovaná dolní částí klasu. Nejnižší HTS (g) byla prokázána v horní části klasu.
- Vliv uložení semen v klasu neměl vliv na klíčivost semen (%).
- Parametry porostu (vzcházivost - %, počet rostlin - kusy, počet odnoží - kusy, počet odnoží na rostlinu) nepřinesly statisticky průkazné rozdíly mezi zónami výnosového potenciálu. Získané výsledky se lišily mezi sledovanými půdními bloky.
- Parametry zrna (vlhkost - %, N-látka - %, škrob - %, HTS - g, výnos zrna g/m²) nepřinesly statisticky průkazné rozdíly mezi zónami výnosového potenciálu. Získané výsledky se lišily mezi sledovanými půdními bloky.
- Nebyla prokázána závislost mezi zónami výnosového potenciálu a výsledky půdních vlastností (celkový příkon - nGy/h, draslík - %, thorium - ppm, uran - ppm) stanových pomocí gamaspektrometru GSCar (GF Instruments, s.r.o., ČR).
- Hodnota T50 (dny) nevykazovala statisticky průkazné rozdíly mezi zónami výnosového potenciálu. Hodnota T50 byla nižší na pozemku 7902, který vykazoval nižší HTS (g).

- Nebyla prokázána závislost mezi heterogenitou pozemku a vitalitou osiva vyjádřenou hodnotou T50 (dny) v rámci zón výnosového potenciálu půdního bloku, tato závislost byla prokázána mezi jednotlivými půdními bloky a vitalitou osiva (T50).
- Výše výnosu (g/m^2) z dílčích částí půdního bloku nekorelovala s vitalitou osiva vyjádřenou hodnotou T50 (dny).

8 Literatura

Adamchuk V. 2011. On-the-go soil sensors - Are we there yet? in Proceeding of the Second Global Workshop on Proximal Soil Sensing. Montreal. Available at <https://www.researchgate.net/publication/228428276> (accessed March 13, 2021).

Adamchuk VI, Hummel JW, Morgan MT, Upadhyaya SK. 2004. On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* **44**:71-91. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168169904000444> (accessed March 13, 2021).

Ajami M, Heidari A, Khormali F, Zeraatpisheh M, Gorji M, Ayoubi S. 2020. Spatial Variability of Rainfed Wheat Production Under the Influence of Topography and Soil Properties in Loess-Derived Soils, Northern Iran. *International Journal of Plant Production* **14**:597-608. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s42106-020-00106-4> (accessed March 14, 2021).

Arslan S, Colvin TS. 2002. Grain Yield Mapping: Yield Sensing, Yield Reconstruction. *Precision Agriculture* **3**:135-154. Available at <http://link.springer.com/10.1023/A:1013819502827> (accessed March 13, 2021).

Bam RK, Kumaga FK, Ofori K, Asiedu EA. 2006. Germination, Vigour and Dehydrogenase Activity of Naturally Aged Rice (*Oryza sativa* L.) Seeds Soaked in Potassium and Phosphorus Salts. *Asian Journal of Plant Sciences* **5**:948-955. Available at <https://www.scialert.net/abstract/?doi=ajps.2006.948.955> (accessed March 31, 2021).

Bayer T. 2008. Algoritmy v digitální kartografii. Karolinum, Praha.

Beneš J, Šálková T, Vaněček Z. 2011. Archaeobotanical Insight into the Origin and Early History of Barley (*Hordeum vulgare*) in the Near East. *Kvasny Prumysl* **57**:121-126. Available at <http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp2011009.html> (accessed March 16, 2021).

Beneš P. 2018. Přínos variabilního výsevu. Profí Press. Available at <https://www.mechanizaceweb.cz/prinos-variabilniho-vysevu/> (accessed March 13, 2021).

Bezdíčková A. 2018. Možnosti stabilizace výnosů ve variabilních podmínkách. Pages 15-17 in Bezdíčková A., Vašák J, editors. *Konference Sladovnický ječmen 2018: téma: Systémy výživy ječmene ve variabilních podmínkách: 29.1.-31.1.2018.* 2018.. Spolek pro ječmen a slad, Velká Bystřice.

Bittner V. 2008. Škodlivé organizmy ječmene: abiotická poškození, choroby, škůdci. 1st edition. Kurent, České Budějovice.

Blackmore S, Godwin RJ, Fountas S. 2003. The Analysis of Spatial and Temporal Trends in Yield Map Data over Six Years. *Biosystems Engineering* **84**:455-466. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1537511003000382> (accessed March 13, 2021).

Blattner FR. 2009. Progress in phylogenetic analysis and a new infrageneric classification of the barley genus *Hordeum* (Poaceae: Triticeae). *Breeding Science* **59**:471-480. Available at http://www.jstage.jst.go.jp/article/jsbbs/59/5/59_5_471/_article (accessed April 09, 2021).

Bolton DK, Friedl MA. 2013. Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics. *Agricultural and Forest Meteorology* **173**:74-84. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168192313000129> (accessed March 13, 2021).

Brant V et al. 2020. Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby. Kurent, České Budějovice.

Brevik EC, Fenton TE, Lazari A. 2006. Soil electrical conductivity as a function of soil water content and implications for soil mapping. *Precision Agriculture* **7**:393-404. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s11119-006-9021-x> (accessed March 13, 2021).

Bullock DG, Bullock DS, Nafziger ED, Doerge TA, Paszkiewicz SR, Carter PR, Peterson TA. 1998. Does Variable Rate Seeding of Corn Pay? *Agronomy Journal* **90**:830-836. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1998.00021962009000060019x> (accessed March 27, 2021).

Cammarano D, Holland J, Ronga D. 2020. Spatial and Temporal Variability of Spring Barley Yield and Quality Quantified by Crop Simulation Model. *Agronomy* **10**:393. Available at <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/3/393> (accessed March 15, 2021).

Carreck NL, Christian DG. 1997. A study of grain dormancy and viability in spring barley. *European Journal of Agronomy* **6**:155-161. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030196020412> (accessed April 16, 2021).

Castro A, Petrie S, Budde A, Corey A, Hayes P, Kling J, Rhinhart K. 2008. Variety and N Management Effects on Grain Yield and Quality of Winter Barley. *Crop Management* **7**:1-8. Available at <http://doi.wiley.com/10.1094/CM-2008-1125-01-RS> (accessed April 01, 2021).

Cerkal R, Zimolka J, Hřivna L. (2001) Using plough down of sugar beet tops to affect the production parameters of spring barley in a maize-growing region. *Rostlinná výroba* **47**(7): 319-325

CZSO. 2021. Odhad sklizně zemědělských plodin. Available at <https://www.czso.cz/documents/10180/122621651/2701302004.pdf/ff669627-44e8-471d-989f-02e2a5e23dd0?version=1.1> (accessed March 15, 2021).

Černý L, Vašák J, Křováček J, Hájek M. 2007. Jarní sladovnický ječmen: pěstitelský rádce, 1st edition. Kurent, České Budějovice.

Dinkins CP, Jones C. 2017. Home Garden Soil Testing & Fertilizer Guidelines. Montana States University. Available at <https://landresources.montana.edu/soilfertility/documents/PDF/pub/HomeGardenSoilTestMT200705AG.pdf> (accessed March 15, 2021).

Doerge T. 2001. Fitting soil electrical conductivity measurements into the precision farming toolbox. Wisconsin Fertilizer, Aglime and Pest Management Conference. Madison.

Doležal S. 2021. Nejdůležitější odrůdy pro České pivo *Zemědělec* **8**:27. Profi Press, Praha.

Ettema CH, Wardle DA. 2002. Spatial soil ecology. *Trends in Ecology & Evolution* **17**:177-183. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169534702024965> (accessed March 13, 2021).

Faměra O. 2002. Založení porostu jarního ječmene vyžaduje velkou péči. *Zemědělec. ProfiPress, Praha*. Available at <https://www.uroda.cz/zalozeni-porostu-jarniho-jecmene-vyzaduje-velkou-peci/> (accessed March 14, 2021).

Fotiades I, Hadjichristodoulou A. 1984. Sowing date, sowing depth, seed rate and row spacing of wheat and barley under dryland conditions. *Field Crops Research* **9**:151-162. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0378429084900212> (accessed March 15, 2021).

Fox GP, Kelly A, Poulsen D, Inkerman A, Henry R. 2006. Selecting for increased barley grain size. *Journal of Cereal Science* **43**:198-208. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521005001062> (accessed March 27, 2021).

Franzen DW. 2018. Soil Variability and Fertility Management. *Precision Agriculture Basics: 79-92*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. Available at <http://doi.wiley.com/10.2134/precisionagbasics.2016.0091> (accessed April 08, 2021).

Giles BE. 1990. The effects of variation in seed size on growth and reproduction in the wild barley *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*. *Heredity* **64**:239-250. Available at <http://www.nature.com/articles/hdy199029> (accessed April 16, 2021).

Godwin RJ, Miller PCH. 2003. A Review of the Technologies for Mapping Within-field Variability. *Biosystems Engineering* **84**:393-407. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1537511002002830> (accessed March 14, 2021).

Granados F. L., Expósito J. M., Atenciano S., Ferrer A. G., Sánchez De La Orden M., Torres L. G. (2002): Spatial Variability of Agricultural Soil Parameters in Southern Spain. *Plant and Soil* **246**:97-105.

Griffey C, Brooks W, Kurantz M, Thomason W, Taylor F, Obert D, Moreau R, Flores R, Sohn M, Hicks K. 2010. Grain composition of Virginia winter barley and implications for use in feed, food, and biofuels production. *Journal of Cereal Science* **51**:41-49. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521009001416> (accessed April 05, 2021).

Grisso RD, Alley MM, Wysor WG, Holshouser D, Thomason W. 2009. *Precision Farming Tools: Soil Electrical Conductivity*, Virginia Cooperative Extension Publication. Available at <https://www.researchgate.net/publication/285309866> (accessed March 17, 2021).

Hájek M, Černý L, Vašák J. 2006. Pohled do historie pěstování sladovnického ječmene. Pages 4-5 in Bareš I, Bach M, editors. *Konference "Úspěšné plodiny pro velký trh - Ječmen a cukrovka."* 13.-17.2.2006. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Hall GF, Olson CG. 1991. Predicting Variability of Soils from Landscape Models. *Spatial Variabilities of Soils and Landforms: 9-24*. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. Available at <http://doi.wiley.com/10.2136/sssaspecpub28.c2> (accessed April 08, 2021).

Halvorson GA, Doll EC. 1991. Topographic Effects on Spring Wheat Yields and Water Use. *Soil Science Society of America Journal* **55**:1680-1685. Available at <http://doi.wiley.com/10.2136/sssaj1991.03615995005500060030x> (accessed April 04, 2021).

Hartman I. 2017. Malting Barley Grain Quality in the Czech Republic, *Crop* 2016. *Kvasny Prumysl* **63**:64-69. Available at <http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp201709.html> (accessed April 18, 2021).

Hatzig SV, Frisch M, Breuer F, Nesi N, Ducournau S, Wagner M-H, Leckband G, Abbadi A, Snowdon RJ. 2015. Genome-wide association mapping unravels the genetic control of seed germination and vigor in *Brassica napus*. *Frontiers in Plant Science* **6**:221. Available at <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2015.00221/abstract> (accessed April 11, 2021).

Hnilička F, Bláha L, Gottwaldová P. 2005. Vliv sucha na klíčivost semen a obsah energie semen. Pages 62-65 in Vach M, Vrkoč F, editors. Sborník konference „Jarní ječmen - základ rostlinné výroby v ČR v evropském soustátí“, 14.-17.2.2005. Česká zemědělská univerzita c Praze, Praha.

Honková M. 2008. Mapování vegetace s využitím spektrálních indexů [MSc. Thesis]. Masarykova univerzita, Brno.

Honsová H, Capouchová, Stehno Z. 2011. Klíčivost a vitalita jarního ječmene ve vztahu k výnosu v ekologickém zemědělství. Pages 21-22 in Bezdíčková D, editor. Sborník konference „Řízení a diagnostika klíčových momentů v technologii jarního ječmene“, 7.-10.2.2011. Sdružení pro ječmen a slad, Velká Bystřice.

Honsová H. 2015. Klíčivost a polní vzcházivost může snižovat jednoleté přeskladnění osiva. Pages 52-54 in Bezdickova D, editor. Konference "Deset let pro ječmen v praxi." 26.-29.2.2015. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Honsová H. 2017. Výsevek ve vztahu k polní vzcházivosti a výnosům jarního ječmene. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vysevky-ve-vztahu-k-polni-vzchazivosti-a-vynosum-jarniho-jecmene> (accessed April 04, 2021).

Honsová H. 2019. Velikost semen a produktivita porostu ječmene. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/velikost-semen-a-produktivita-porostu-jecmene> (accessed April 04, 2021).

Hosnedl V. 2009. Kvalita osiva obilnin, její hodnocení a význam pro využití výnosového potenciálu odrůd. Pages 21-22 in Bezdíčková D, editor. Sborník konference „Sladovnický ječmen - regulace tvorby výnosu a kvality“, 9.-13.2.2009. Sdružení pro ječmen a slad, Velká Bystřice.

Hrach M. 2014. Hodnocení sklízecích mlátiček s odlišným mláticím ústrojím při sklizni obilovin a řepky ozimé v podniku zemědělské prvovýroby [BCs. Thesis]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Hřivna L, Gregor T, Šottníková V, Maco R. 2020. Možnosti využití látek regulujících velikost zrna sladovnického ječmene a jeho složení: certifikovaná metodika. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Hřivna L. 2011. Racionální výživa jarního ječmene. *Úroda* **2**:10-16. Profi Press, Praha.

Hřivna L, Maco R, Zigmundová V, Burešová I. 2018. Aplikace dusíku a mimokořenové výživy na výnos zrna jarního ječmene a kvalitu. Pages 36-39 in Bezdíčková A, editor. *Konference Sladovnický ječmen 2018: téma: Systémy výživy ječmene ve variabilních podmínkách: 29.1.-31.1.2018*. 2018. Spolek pro ječmen a slad, Velká Bystřice.

Christy CD. 2008. Real-time measurement of soil attributes using on-the-go near infrared reflectance spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture* **61**:10-19. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168169907001639> (accessed April 15, 2021).

Jiang P, Thelen KD. 2004. Effect of Soil and Topographic Properties on Crop Yield in a North-Central Corn-Soybean Cropping System. *Agronomy Journal* **96**:252-258. Available at <http://doi.wiley.com/10.2134/agronj2004.0252> (accessed March 14, 2021).

Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2018. *Biologie a regulace plevelů*. Kurent, České Budějovice.

Kaspar TC, Colvin TS, Jaynes DB, Karlen DL, James DE, Meek DW, Pulido D, Butler H. Relationship Between Six Years of Corn Yields and Terrain Attributes. *Precision Agriculture* **4**:87-101. Available at <http://link.springer.com/10.1023/A:1021867123125> (accessed March 27, 2021).

Kassie M, Tesfaye K. 2019. Malting Barley Grain Quality and Yield Response to Nitrogen Fertilization in the Arsi Highlands of Ethiopia. *Journal of Crop Science and Biotechnology* **22**:225-234. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s12892-019-0080-0> (accessed April 01, 2021)

Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. 1st edition. Profi Press, Praha.

Kennedy SP, Lynch JP, Spink J, Bingham IJ. 2018. Grain number and grain filling of two-row malting barley in response to variation in post-anthesis radiation: Analysis by grain position on the ear and its implications for yield improvement and quality. *Field Crops Research* **225**:74-82. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429018302582> (accessed April 17, 2021).

Kirby EJM. 1993. Effect of sowing depth on seedling emergence, growth and development in barley and wheat. *Field Crops Research* **35**:101-111. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/037842909390143B> (accessed April 01, 2021).

Kleinjan J, Clay S, Gregg Carlson C, Clay D. 2007. Developing Productivity Zones from Multiple Years of Yield Monitor Data. *GIS Applications in Agriculture*: **148**:65-79. CRC Press. Available at <http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/9781420007718.ch4> (accessed March 13, 2021).

- Klem K, Babušník J, Spáčilová V. 2006. Základy utváření výnosových prvků u intenzivních technologií pěstování sladovnického ječmene. Pages 69-72 in Bareš I, Bach M, editors. Konference "Úspěšné plodiny pro velký trh - Ječmen a cukrovka." 13.-17.2.2006. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha
- Kobza J. 2004. Heterogenita a variabilita půdních vlastností vo vztahu ku klasifikácii pôd. Pages 76-84 in Rohošková, editor. Sborník z konference na téma Pedodiverzita: Roztoky u Krivoklátu, 20. a 21. září 2004. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Komárek J. 2014. Vyhodnocení topografických dat pro účely precizního zemědělství v podmínkách České republiky. Conference GISáček 2014. Available at <https://www.researchgate.net/publication/323749268> (accessed March 13, 2021).
- Kravchenko AN, Bullock DG. 2000. Correlation of Corn and Soybean Grain Yield with Topography and Soil Properties. *Agronomy Journal* **92**:75-83. Available at <http://doi.wiley.com/10.2134/agronj2000.92175x> (accessed April 22, 2021).
- Kroulík M. 2020. Poznatky z testování gamaspektrometru. *Mechanizace zemědělství*. Profi Press. Available at <https://www.mechanizaceweb.cz/poznatky-z-testovani-gamaspektrometru/> (accessed March 13, 2021).
- Křen J, Houšť M, Tvarůžek L, Jergl Z. 2019. The effect of stand structure on the grain quality of spring barley. *Plant, Soil and Environment* **65**:205-210.
- Křováček J, Vašák J. 2006. Způsoby výsevu jarního ječmene. Pages 23-25 in Bareš I, Bach M, editors. Konference "Úspěšné plodiny pro velký trh - Ječmen a cukrovka." 13.-17.2.2006. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Kučerová J, Psota V, Šottníková V. 2015. Vliv podmínek pěstování na kvalitu osiva vybraných odrůd jarního ječmene. Pages 105-108 in Bezdickova D, editor. Konference "Deset let pro ječmen v praxi." 26.-29.2.2015. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Kulczycki G, Grocholski P, Stepień P, Michalski A. 2015. Comparison of the variable potassium fertilization on light and heavy soils. *Open Chemistry* **13**:1172-1182. Available at <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/chem-2015-0130/html> (accessed April 16, 2021).
- Kumhála F, Prošek V. 1996. Přesnost tvorby výnosových map při sklizni obilovin. Available at http://www.agris.cz/Content/files/main_files/65/143689/kumhala.pdf (accessed March 13, 2021).
- Kumhálová J, Matějková Š, Fiferňová M, Lipavský J, Kumhála F. 2008. Topography impact on nutrition content in soil and yield. *Plant, Soil and Environment* **54**:255-261.
- Kumhálová J. 2010. Využití GIS v precizním zemědělství [DSc. Thesis]. Masarykova univerzita, Brno.
- Langer I. 2003. Základní principy šlechtění sladovnického ječmene (1. část). *Kvasný průmysl* **49**:154-159. Available at <https://www.kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/2003/06/03.pdf> (accessed April 15, 2021).

Li Y, Cui Z, Ni Y, Zheng M, Yang D, Jin M, Chen J, Wang Z, Yin Y, Zhang J-S. 2016. Plant Density Effect on Grain Number and Weight of Two Winter Wheat Cultivars at Different Spikelet and Grain Positions. *Plos One* **11**:5. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0155351> (accessed April 15, 2021).

Licht MA, Lenssen AW, Elmore RW. 2017. Corn (*Zea mays* L.) seeding rate optimization in Iowa, USA. *Precision Agriculture* **18**:452-469. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s11119-016-9464-7> (accessed March 27, 2021).

Lowenberg-DeBoer J. 1998. Adoption Patterns for Precision Agriculture. *Production Agriculture* **4**:439-446. Available at <https://www.sae.org/content/982041/> (accessed April 22, 2021).

Lukas V, Elbl J, Širůček P, Neudert L, Duffková R. 2020. Význam zpracování aplikačních map pro lokálně cílenou agrotechniku zemědělských plodin. *Agromanuál* **10**:98-101. Kurent, České Budějovice.

Lukas V, Neudert L, Duffková R, Fučík P, Mezera J. 2018. Mapa výnosového potenciálu pro Zemědělské družstvo Kojčice. Mendelova univerzita v Brně, Brno. Available at http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/metodiky_pro_praxi/Nmap_Kojcice.pdf (accessed March 13, 2021).

Lukas V, Neudert L, Křen J. 2011. Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství: metodika pro praxi. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Lukas V. 2010. Mapování variability pozemků. *Zemědělec*. ProfiPress, Praha. Available at <https://www.zemedelec.cz/mapovani-variability-pozemku/> (accessed March 14, 2021).

Magliano PN, Prystupa P, Gutiérrez-Boem FH. 2014. Protein content of grains of different size fractions in malting barley. *Journal of the Institute of Brewing* **9**:347-352. Available at <http://doi.wiley.com/10.1002/jib.161> (accessed April 22, 2021).

Mahmood H, Hoogmoed W, van Henten E. 2013. Proximal Gamma-Ray Spectroscopy to Predict Soil Properties Using Windows and Full-Spectrum Analysis Methods. *Sensors* **13**:16263-16280. Available at <http://www.mdpi.com/1424-8220/13/12/16263> (accessed March 16, 2021).

Malik AH, Holm L, Johansson E. 2012. Soil and starter fertilizer and its effect on yield and protein composition of malting barley. *Journal of soil science and plant nutrition* **12**:835-849. Available at https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162012005000036&lng=en&nrm=iso&tlng=en (accessed April 22, 2021).

Malina V. 2021. Rozdíly mezi secími botkami. Horsch, Schwandorf. Available at <https://www.horsch.com/cs/news-1/news/detail-view/rozdily-mezi-secimi-botkami> (accessed March 13, 2021).

Marques da Silva JR, Silva LL. 2006. Relationship between Distance to Flow Accumulation Lines and Spatial Variability of Irrigated Maize Grain Yield and Moisture Content at Harvest. *Biosystems Engineering* **94**:525-533. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1537511006001486> (accessed March 14, 2021).

- Marques da Silva JR, Silva LL. 2008. Evaluation of the relationship between maize yield spatial and temporal variability and different topographic attributes. *Biosystems Engineering* **101**:183-190. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1537511008002134> (accessed April 22, 2021).
- McDonald, M.B, Copeland, L.O. 2001. Principles of seed science and technology. 4th edn. *Annals of Botany* **89**:798-798. Available at <https://academic.oup.com/aob/articlelookup/doi/10.1093/aob/mcf127> (accessed March 31, 2021).
- Moreno A, Moreno MM, Ribas F, Cabello MJ. 2003. Influence of nitrogen fertilizer on grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) under irrigated conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* **1**:91-100. Available at <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/12> (accessed April 04, 2021).
- Naeem M, Mehboob N, Farooq M, Farooq S, Hussain S, M. Ali H, Hussain M. 2021. Impact of Different Barley-Based Cropping Systems on Soil Physicochemical Properties and Barley Growth under Conventional and Conservation Tillage Systems. *Agronomy* **11**:8. Available at <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/1/8> (accessed April 18, 2021).
- Nelson KA. 2017. Soybean Yield Variability of Drainage and Subirrigation Systems in a Claypan Soil. *Applied Engineering in Agriculture* **33**:801-809. Available at <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=48629> (accessed April 23, 2021).
- Newman. 2006. A Brief History of Barley Foods. *Cereal Foods World*. Available at <http://www.aaccnet.org/publications/plexus/cfw/pastissues/2006/abstracts/CFW-51-0004.html> (accessed March 31, 2021).
- Nielsen RL. 1995. Site Specific Seeding Rates for Corn. *Purdue Pest Management & Crop Production Newsletter* **5**:95 Available at <https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/articles.95/p&c.9504.htm> (accessed March 31, 2021).
- Noworolnik K, Podolska G. 2017. Reakcja odmian pszenicy ozimej na zróżnicowane warunki glebowe. *Fragm. Agron.* **34**(4): 125–133. Available at [https://pta.up.poznan.pl/pdf/2017/FA%2034\(4\)%202017%20Noworolnik.pdf](https://pta.up.poznan.pl/pdf/2017/FA%2034(4)%202017%20Noworolnik.pdf) (accessed March 27, 2021)
- O'Donovan JT et al. 2011. Seeding Rate, Nitrogen Rate, and Cultivar Effects on Malting Barley Production. *Agronomy Journal* **103**:709-716. Available at <http://doi.wiley.com/10.2134/agronj2010.0490> (accessed April 16, 2021).
- O'Donovan JT et al. 2012. Effect of seeding date and seeding rate on malting barley production in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science* **92**:321-330. Available at <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.4141/cjps2011-130> (accessed March 14, 2021).
- Oliver SN et al. 2005. Cold-induced repression of the rice anther-specific cell wall invertase gene OSINV4 is correlated with sucrose accumulation and pollen sterility. *Plant, Cell and Environment* **28**:1534-1551. Available at <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-3040.2005.01390.x> (accessed April 15, 2021).
- Onyemaobi I, Ayalew H, Liu H, Siddique KHM, Yan G, Zhou M. 2018. Identification and validation of a major chromosome region for high grain number per spike under meiotic stage

water stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plos One* **13**:8. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0194075> (accessed April 14, 2021).

Onyemaobi I, Liu H, Siddique KHM, Yan G. 2017. Both Male and Female Malfunction Contributes to Yield Reduction under Water Stress during Meiosis in Bread Wheat. *Frontiers in Plant Science* **7**:2071 Available at <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2016.02071/full> (accessed April 14, 2021).

Pazderů K. 2013. Vitalita jako základní vlastnost osiva pro založení optimálních porostů. Pages 4-7 in Pulkrábek J, Urban J, editors. *Sója 2013*. Kurent, České Budějovice.

Penížek V, Zádorová T, Kodešová R, Klement A. 2014. Optimalizace vzorkovací sítě pomocí využití analýzy reliéfu pro popis prostorové variability půdních vlastností v rámci půdních bloků: certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Pettersson CG, Eckersten H. 2007. Prediction of grain protein in spring malting barley grown in northern Europe. *European Journal of Agronomy* **27**:205-214. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030107000469> (accessed April 18, 2021).

Pettersson CG. 2006. Variation in yield and protein content of malting barley. *Sveriges lantbruksuniv. Agronomie* **23**:13-27 Available at <https://pub.epsilon.slu.se/1056/> (accessed March 29, 2021).

Pinkas J. 2021. Využití NIR spektroskopie. *Listy cukrovarnické a řepařské* **137**:65.

Polák B, Váňová M, Onderka M. 1993. *Základy pěstování sladovnického ječmene*. 1st edition. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, Praha.

Protic R, Protic N, Prodanovic R, Zaric G, Hyba H, Mnifid AA, Kharud MM. 2017. *Romania Biotechnological Letters*. Univesity Business Academy, Serbia Available at <https://romanianbiotechnologicalletters.files.wordpress.com/2017/11/protic-et-al.pdf> (accessed March 29, 2021).

Protich R, Todorovich G, Protich N. (2012). Grain weight per spike of wheat using different ways of seed protection. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* **18**:185-190. Available at <https://www.agrojournal.org/18/02-07-12.pdf/> (accessed March 29, 2021).

Prugar J. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha.

Psota V, Kosař K. 2002. Malting quality index. *Kvasný Prumysl* **48**:142-148. Available at <http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp2002011.html> (accessed March 29, 2021).

Rickatson M. 2019. Precision farming: new systems on the way. *The Scottish Farmer*, Glasgow. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308521X00000226> (accessed April 03, 2021).

Richter R, Hřivna L, Běhal R. (2013). Dusík rozhoduje o výnosu a kvalitě zrna. Pages 26-29 in Bezdickova D, editor. *Konference: intenzita a kvalita 11.-14.2. 2013*. Sdružení pro ječmen a slad, Velká Bystrice.

Richter, R., Hřivna, L., Příklad, M. (2004): Význam předplodin pro jarní ječmen a jeho hnojení. *Úroda*, **52**(2):14-15.

Rossel RAV, McBratney AB. 1998. Soil chemical analytical accuracy and costs: implications from precision agriculture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **38**(7):765-775. Available at <http://www.publish.csiro.au/?paper=EA97158> (accessed April 11, 2021).

Řezník T, Pavelka T, Herman L, Lukas V, Širůček P, Leitgeb Š, Leitner F. 2020. Prediction of Yield Productivity Zones from Landsat 8 and Sentinel-2A/B and Their Evaluation Using Farm Machinery Measurements. *Remote Sensing* **12**:1-17. Available at <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/12/1917> (accessed April 09, 2021).

Sadler EJ, Gerwig BK, Evans DE, Busscher WJ, Bauer PJ. 2000. Site-specific modeling of corn yield in the SE coastal plain. *Agricultural Systems* **64**:189-207. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308521X00000226> (accessed April 03, 2021).

Sainju UM, Lenssen AW, Barsotti JL. 2013. Dryland Malt Barley Yield and Quality Affected by Tillage, Cropping Sequence, and Nitrogen Fertilization. *Agronomy Journal* **105**:329-340. Available at <http://doi.wiley.com/10.2134/agronj2012.0343> (accessed April 01, 2021).

Samarah N, Alqudah A. 2011. Effects of late-terminal drought stress on seed germination and vigor of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science* **57**:27-32. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340903191663> (accessed March 24, 2021).

Shahwani AR, Baloch SU, Baloch SK, Mengel B, Bashir W. et al. 2014. Influence of seed size on germinability and grain yield of wheat (*Triticum Aestivum* L.) varieties. *Journal of natural Sciences Research* **23**:147-155 Available at <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.662.5834&rep=rep1&type=pdf> (accessed March 13, 2021).

Shammi SA, Meng Q. 2021. Use time series NDVI and EVI to develop dynamic crop growth metrics for yield modeling. *Ecological Indicators* **121**:1-12. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X20310633> (accessed March 13, 2021).

Shrestha RK, Lindsey LE. 2019. Agronomic Management of Malting Barley and Research Needs to Meet Demand by the Craft Brew Industry. *Agronomy Journal* **111**:1570-1580. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2018.12.0787> (accessed April 16, 2021).

Schacht K. 2005. Eignung geophysikalischer und konventioneller Bodenerkundungsverfahren zur Erfassung der kleinstandörtlichen Variabilität landwirtschaftlicher Flächen in Bergsenkungsgebieten [MSc. Thesis]. Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster.

Smith EG et al. 2012. Net Return Risk for Malting Barley Production in Western Canada as Influenced by Production Strategies. *Agronomy Journal* **104**:1374-1382. Available at <http://doi.wiley.com/10.2134/agronj2011.0416> (accessed April 01, 2021).

Spekken M, Trevisan R, Eitelwein MT, Molin JP. 2014. Assessing definition of management zones through yield maps. Available at <https://www.researchgate.net/publication/284157497> (accessed March 16, 2021).

Stafford JV, Ambler B, Lark RM, Catt J. 1996. Mapping and interpreting the yield variation in cereal crops. *Computers and Electronics in Agriculture* **14**:101-119. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0168169995000429> (accessed March 14, 2021).

Stafford JV. 2000. Implementing Precision Agriculture in the 21st Century. *Journal of Agricultural Engineering Research* **76**:267-275. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021863400905778> (accessed March 13, 2021).

Sudduth KA, Drummond ST, Birrell SJ, Kitchen NR. 1996. Analysis of Spatial Factors Influencing Crop Yield. *Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture*:129-139. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. Available at <http://doi.wiley.com/10.2134/1996.precisionagproc3.c13> (accessed April 03, 2021).

Sulek A, Podolska G, Mikos M. 2011. The influence of soil conditions on grain quality of spring wheat. *Institute of Soil Science and Plant Cultivation-State Research* **8**:803-812. Available at <http://ceur-ws.org/Vol-1152/paper72.pdf> (accessed April 03, 2021).

Šerá B. Klíčivost jako běžný test botanickém pozorování, šlechtění a experimentech. Powerprint, Praha. Available at https://www.researchgate.net/publication/282014109_Klicivost_jako_bezny_test_v_botanickem_pozorovani_slechteni_a_experimentech (accessed April 03, 2021).

Šimíček D. 2013. Gamaspektrometrie jako nástroj při studiu provenience siliciklastických hornin [DSc. Thesis]. Masarykova univerzita, Brno.

Širůček P. 2014. Zpracování a interpretace výnosových map jako podklad pro agronomické rozhodování [MSc. Thesis]. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Šottníková V, Psota V, Hřivna L, Gregor T, Sachambula L. 2011. Dynamika klíčení během posklizňového dozrávání sladovnického ječmene. *Kvasný průmysl* **57**:242-245.

Špaldon E. 1982. Rostlinná výroba. Příroda, Bratislava.

Špunarová M, Prokeš J. 1998. Jakost sladu v závislosti na odrůdě, ročníku a technologii sladování u jarního ječmene. *Rostlinná výroba* **44**(2): 45-50.

TeKrony DM, Egli DB. 1991. Relationship of Seed Vigor to Crop Yield: A Review. *Crop Science* **31**:816-822. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci.1991.0011183X003100030054x> (accessed April 22, 2021).

Tekrony DM. 2003. Precision is an essential component in seed vigour testing. *Seed Science and Technology* **31**:435-447. Available at <http://www.ingentaconnect.com/content/ista/sst/2003/00000031/00000002/art00020> (accessed March 31, 2021).

Tremblay N, Wang Z, Ma B-L, Belec C, Vigneault P. 2009. A comparison of crop data measured by two commercial sensors for variable-rate nitrogen application. *Precision Agriculture* **10**:145-161. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s11119-008-9080-2> (accessed April 11, 2021).

ÚKZÚZ. 2016. Metodika zkoušení osiva a sadby. Brno.

ÚKZÚZ. 2021. Legislativa ČR, Zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby). Brno.

van Egmond FM, Loonstra EH, Limburg J. 2010. Gamma Ray Sensor for Topsoil Mapping: The Mole. Proximal Soil Sensing 323-332. Springer Netherlands, Dordrecht. Available at http://link.springer.com/10.1007/978-90-481-8859-8_27 (accessed March 14, 2021).

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin, 1st edition. Profi Press, Praha.

Verhagen A, Bootink HWG, Bouma J. 1995. Site-specific management: Balancing production and environmental requirements at farm level. Agricultural Systems **49**:369-384. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0308521X9500031Y> (accessed April 10, 2021).

Veris Technologies, Inc.: Planter and Tillage Based Platform for Mapping and Managing Soil Variability. 2021. Veris Technologies, Clay Ridge Court. Available at <https://www.veristech.com> (accessed March 13, 2021).

Vincent B, Dardenne P. 2021. Application of NIR in Agriculture. Near-Infrared Spectroscopy:331-345. Springer Singapore, Singapore. Available at http://link.springer.com/10.1007/978-981-15-8648-4_14 (accessed March 14, 2021).

von Bothmer RN, Jacobsen C, Baden RB, Jørgensen, Linde-Laursen I. 1995. An ecogeographical study of the genus *Hordeum*. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools 7. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. Available at http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/Web_version/271/begin.htm (accessed March 13, 2021).

Votanová E. 2016. Hodnocení variability půdních vlastností na základě měření elektrické vodivosti půdy [MSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Wade A, Froment MA. 2003. Barley quality and grain size homogeneity for malting. Vol. I. Agronomic effects on varieties. Project Report 320. Home Grown Cereals Authority, Stoneleigh Park, Kenilworth, Warwickshire, UK

Wall L, Larocque D, Léger P-M. 2008. The early explanatory power of NDVI in crop yield modelling. International Journal of Remote Sensing **29**:2211-2225. Available at <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160701395252> (accessed March 13, 2021).

Wilson JP, Gallant JC. 2000. Terrain Analysis: Principles and Applications. Wiley & Sons, Inc, New York.

Winkler J, Děkanovský I, Kubínek M. 2021. Druhová pestrost a škodlivost plevelů v jarním ječmeni. Kurent, České Budějovice. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/druhova-pestrost-a-skodlivost-plevelu-v-jarnim-jecmenu> (accessed March 29, 2021).

Yang J, Zhang J, Liu K, Wang Z, Liu L. 2006. Abscisic acid and ethylene interact in wheat grains in response to soil drying during grain filling. *New Phytologist* **171**:293-303. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2006.01753.x> (accessed April 15, 2021).

Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* **14**:415-421. Available at <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x> (accessed April 15, 2021).

Zhou MX. 2010. Barley Production and Consumption. *Genetics and Improvement of Barley Malt Quality* 1-17. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. Available at http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-01279-2_1 (accessed March 29, 2021).

Zimolka J. 2006. Ječmen - formy a užitkové směry v České republice. Profi Press, Praha.

Zimolka J. 2008. Speciální produkce rostlinná - rostlinná výroba: (poľní a zahradní plodiny, základy pícninářství). 2., nezměn. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.