

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Pěstování obilnin s pomocnou plodinou

Bakalářská práce

Milan Štefek

Rostlinná produkce

doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 12.4.2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Václavovi Brantovi, Ph.D. za dobrou spolupráci při vedení mé práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Procházkovi, Ph.D. za odborné připomínky v průběhu celé práce. Také bych chtěl poděkovat firmě AGROSSyn, která na jejich polích umožnila realizaci pokusů mé bakalářské práce.

Pěstování obilnin s pomocnou plodinou

Souhrn

Cílem bakalářské práce bylo na základě polních experimentů ověřit vliv použití hrachu setého jako pomocné plodiny v porostech ozimého sladovnického ječmene pěstovaného v řádcích s roztečí 0,3 m. Pokus byl založen na jednom půdním bloku, kde byla vyseta odrůda SY Tepee ozimého sladovnického ječmene ve dvou variantách. První varianta ověřovala cíle a hypotézu bakalářské práce a druhá varianta byla kontrolní. V průběhu vegetace proběhla tři hodnocení. První hodnocení bylo na podzim 2020, kdy došlo k hodnocení počtů rostlin hrachu setého, který byl pouze u varianty s roztečí řádků 0,3 m. Byl zde hodnocen jejich počet na m² a produkce nadzemní biomasy. Zároveň se stanovením počtu rostlin byla stanovena suchá hmota rostlin. Výsledkem bylo průměrně 350 tis. rostlin na hektar s produkcí biomasy 0,735 tuny. Další hodnocení proběhlo na jaře, kdy byly hodnoceny rostliny ječmene u obou variant. Hodnocen byl počet rostlin, počet odnoží na rostlině a průměrná suchá hmotnost rostliny. Rostlin s roztečí řádků 0,3 m bylo na m² 209 a průměrně měly 15,7 odnoží na rostlině. Průměrná suchá hmotnost rostliny byla 1,339 g. Poslední hodnocení proběhlo před provedením sklizně sklízecí mlátičkou, kde byl hodnocen počet rostlin a klasů na hodnocené ploše, počet zrn v klasu a hmotnost tisíce zrn (HTZ). Hodnocením byl zjištěn u varianty s roztečí řádků 0,3 m průměrný počet 179,2 rostlin na m² na nichž bylo průměrně 4,1 klasu. Při porovnávání HTZ vykazoval vyšší hmotnost ječmen s roztečí řádků 0,3 m, a to v průměru o 1,7 g. Následně byl stanoven výnos na hektar (t/ha). Při hodnocení výsledků bylo zjištěno, že při pěstování ječmene s pomocnou plodinou a roztečí řádků 0,3 m, byl výnos o 0,778 t/ha nižší než v kontrolní variantě. Tyto výsledky vyvrátily stanovenou hypotézu. Technologie pěstování hlavní plodiny s pomocnou plodinou vyžadovaly zároveň vyšší vybavenost podniků a odborné znalosti agronomů.

Klíčová slova: pomocná plodina, obilniny, ozimý ječmen, výnos zrna

Growing cereals with intercrop plants

Summary

The aim of the bachelor thesis was to verify the effect of the use of sown peas as an ancillary crop in winter malting barley crops grown in rows with a spacing of 0.3 m on the basis of field experiments. The experiment was based on one experimental site, where the SY Tepee variety of winter malting barley was sown in two variants. The first variant validated the objectives of and hypothesis of the bachelor thesis and the second variant was the control. Three evaluations were conducted during the growing season. The first evaluation was in autumn 2020, when plant numbers of sown pea were assessed, which was only for the variant with 0.3 m row spacing. Their number per m² and aboveground biomass production were assessed. At the same time as the plant number was determined, the dry mass of the plants was determined. This resulted in an average of 350 thousand plants per hectare with a biomass production of 0.735 tonnes. A further evaluation was carried out in the spring when barley plants were evaluated for both variants. The number of plants, the number of tillers per plant and the average dry weight of the plant were evaluated. Plants with a row spacing of 0.3 m were 209 per m² and had an average of 15.7 tillers per plant. The average dry weight per plant was 1,339 g. The last evaluation was carried out before harvesting by thresher, where the number of plants and ears in the evaluated area, the number of grains per ear, and the thousand grain weight (TWG) were evaluated. The evaluation revealed an average number of 179,2 plants per m² with an average of 4,1 ears for the 0,3 m row spacing variant. When comparing TWG, the barley with 0.3 m row spacing showed a higher weight, on average 1.7 g. The yield per hectare (t/ha) was then determined. When the results were evaluated, it was found that when barley was grown with an auxiliary crop and 0.3 m row spacing, the yield was 0.778 t/ha lower than the control. In addition to these results, the hypothesis was not confirmed. The technology of growing the main crop with the auxiliary crop demanded modern equipment and agronomists' expertise.

Keywords: companion crops, cereals, winter barley, grain yield

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíle práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Ječmen obecný (<i>Hordeum vulgare</i>)	10
3.1.1	Historie pěstování ječmene	10
3.1.2	Botanický popis	10
3.1.3	Význam sladovnického ječmene	11
3.1.4	Nároky na stanoviště	11
3.1.5	Výživa a hnojení	12
3.1.6	Struktura porostů	13
3.1.7	Výnosotvorné prvky	14
3.2	Pomocná plodina	14
3.2.1	Cíle využití pomocných plodin	14
3.2.2	Pozitivní efekty	14
3.2.3	Rizika pěstování	15
3.2.4	Plodiny využívané jako pomocné	15
3.3	Systémy pěstování plodin s pomocnou plodinou	16
3.3.1	Technologické aspekty	16
3.3.1.1	Seti do živého mulče	16
3.3.1.2	Pásové výsevy pomocných plodin	16
3.3.1.3	Souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny	17
3.3.2	Práce s biologickými vlastnostmi	18
3.3.3	Využití v polních plodinách	19
3.4	Pomocné plodiny v obilninách	19
3.4.1	Technologie pěstování	19
3.4.2	Struktura porostů obilnin	21
3.4.3	Pomocné plodiny v obilninách	21
3.4.4	Výživa a hnojení	23
4	Metodika	24
4.1	Charakteristika pokusné lokality	24
4.2	Založení pokusných ploch	25
4.2.1	Stroj pro založení porostu	26
4.2.2	Pokusný materiál	27
4.3	Meteorologické charakteristiky pokusné lokality	27
4.4	Charakteristika odrůdy ječmene ozimého	28
4.5	Charakteristiky odrůdy pomocné plodiny	28

4.6	Hodnocení počtu rostlin	29
4.6.1	Podzim 2020	29
4.6.2	Jaro	29
4.6.3	Stanovení výnosových prvků a výnosu	29
4.7	Statistické vyhodnocení.....	29
5	Výsledky	30
5.1	Kontroly porostů	30
5.2	Výsledky hodnocení na podzim	32
5.3	Výsledky hodnocení na jaře	32
5.4	Výsledky hodnocení před sklizní	32
5.5	Výsledky z hodnocení při sklizni	33
6	Diskuze	35
7	Závěr	37
7.1	Potvrzení hypotézy	37
8	Literatura.....	38
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	42

1 Úvod

Problémem dnešní doby je nízká diverzita plodin z důvodu pěstování čtyř základních plodin (pšenice, kukuřice, řepka a ječmen), které jsou střídány či mnohdy pěstovány po sobě. Tímto se mimo jiné také zúžil osevní postup, což má mnoho negativních vlivů na půdu a prostředí. Dochází ke zhoršení půdní struktury a utužení půdy, čímž dochází ke špatné infiltraci dešťových srážek a výsledkem mnohdy je vodní eroze půdy. Dalším problémem úzkého osevního postupu je zamoření půd chorobami a škůdci. Moje bakalářská práce by měla ověřit i ukázat způsoby a možnosti zařazení vytrácejících se plodin z osevních postupů a jejich aktivní zařazení do nich. Jedná se o to, aby byl pozitivní účinek jak na straně půdy, tak na straně zemědělců. Vhodně zvolené pomocné plodiny velice dobře udržují produkční schopnost půdy.

Technologie využívání pomocných plodin vychází ze snižování výsevku hlavní plodiny (v mé práci ozimého sladovnického ječmene) a pěstování na širší rozteči řádků, aby mohla pomocná plodina plnit všechny své funkce. Pomocné plodiny jsou mimo jiné také využívány pro omezení škodlivých činitelů. Při souběžném pěstování hlavní plodiny a pomocné plodiny nám přispívají ke snižování selekčního procesu výběru hostitelské rostliny hmyzem (Theunissen et al. 1995; Finch & Kienegger 1997). Další funkcí je dobrá konkurence vůči plevelům v počáteční fázi růstu hlavní plodiny, což také snižuje množství používaných pesticidů, na jejichž snižování je v dnešní době tlak. Hlavním úkolem této technologie je redukován počet rostlin na m² tak, aby byla možnost využít maximální potenciál rostliny. Cílem je snaha o snížení výsevku při stejném běžném průměrném výnosu ječmene.

Zmíněná technologie se také zaměřuje na snížení množství osiva a založení porostu tak, aby byla využita maximální schopnost plochy, na které jsou plodiny pěstovány. Pozitivní efekt pomocné plodiny se mimo jiné projevuje nižším výparem vody v meziřádku, což je při nižším počtu srážek důležité. Kořenový systém pomocné plodiny efektivně zlepšuje strukturu půdy a poutá živiny. Živiny, které jsou na kořenech poutány, slouží následně po umrtvení plodiny jako zásobárna živin pro hlavní plodinu. Toto je důležité, protože zejména u málo mobilních živin jsou živiny v kořenové zóně, což zvyšuje jejich využitelnost rostlinou a projevuje se to pozitivně na růstu hlavní plodiny. Pokud je plodina z čeledi bobovité zvolena jako pomocná plodina, tak kořenový systém přináší do půdy vzdušný dusík pomocí schopnosti symbiózy s hlízkovými bakteriemi, které ho jsou schopné vázat.

2 Cíle práce

1. Cílem práce je na základě literární rešerše zpracovat stávající informace o využití pomocných plodin v porostech obilnin první skupiny ve vztahu k produkčním a mimoprodukčním funkcím zemědělství.

2. Cílem experimentální práce je na základě polních experimentů ověřit vliv použití pomocné plodiny (hrách setý) v porostech ozimého sladovnického ječmene pěstovaného v řádcích s roztečí 0,3 m.

Hypotéza: Pěstování ozimého sladovnického ječmene v širších řádcích s pomocnou plodinou nevede k redukci výnosu.

3 Literární rešerše

3.1 Ječmen obecný (*Hordeum vulgare*)

3.1.1 Historie pěstování ječmene

Ječmen je rod, který zahrnuje jeden kulturní druh a 50 druhů planého ječmene, z nichž mnohé jsou víceleté, s více než 127 varietami. Z těchto variet je 75 víceřadých a 52 dvouřadých. Ječmen náleží mezi nejstarší obilniny. Čínská a indická mytologie klade ječmen na jedno z prvních míst mezi polními plodinami. Ječné zrnو sloužilo starým Indům, Řekům, Římanům, Arménům a Němcům jako nejmenší míra váhy a délky. Nálezy a zmínky o ječmenu v předhistorických dobách byly objeveny v Evropě, Africe a Asii. V Americe a Austrálii se stal ječmen známý až po objevení těchto kontinentů Evropany. Do střední Ameriky přivezli ječmen ve 14. století Portugalci a Španělé. Divoký předek *Hordeum spontaneum* stále kolonizuje svá původní stanoviště v úrodném pŕlměsíci, od Izraele a Jordánska až po jižní Turecko a jihozápadní Írán. (Stehlík 1968; Badr 2000).

Lidé využívali ječmen v nejrůznějších formách. Zprvu sloužila jeho pražená zrna jako přímá potrava a drcená zrna tvořila základ polévek, ječných kaší a pečených placek. Později se z ječmene připravovala i mouka, ze které se pekl chléb, ale nebyl příliš oblíben, protože nebyl zvlášť chutný, rychle ztvrdl a byl poté téměř nepoživatelný. Dnes se používá ječná mouka kombinovaná s žitnou k výrobě některých druhů těsta. Ječné kroupy, krupky a krupice jsou trvalou součástí potravy mnoha lidí po celém světě. V současné době se v ČR ječmen nejvíce používá k výrobě ječného sladu, který slouží na výrobu piva (Michalec 1977).

3.1.2 Botanický popis

Ječmen je kulturní jednoletá jarní nebo ozimá obilnina. Botanicky se pro zemědělské účely využívá klasifikace podle Mansfelda (1952) a jediný kulturní druh ječmen – *Hordeum vulgare* se rozděluje do 5 poddruhů: ječmen víceřadý – *Hordeum vulgare* conv. *Hexastichum* se všemi plodnými klásky, ječmen přechodný – *Hordeum vulgare* conv. *Intermedium* s prostředními klásky plodnými a postranními zčásti nebo zcela neplodnými, ječmen dvouřadý – *Hordeum vulgare* conv. *Distichum* jen s prostředními plodnými klásky, conv. *Deficiens* se středními klásky plodnými a postranními redukovanými na plevu, ječmen labilní – *Hordeum vulgare* conv. *Labile* se středními klásky plodnými a postranními částečně plodnými. Z těchto pěti uváděných poddruhů mají pěstitelský význam u nás pouze dva: ječmen dvouřadý a ječmen víceřadý, k němuž patří ječmen šestiřadý a ječmen čtyřřadý. Ječmen vytváří svazčité kořeny. Zárodečné kořínky jsou nitkovitě protáhlé a dosahují značné hloubky. Druhotné kořínky, mají hlavní význam ve výživě rostliny, pronikají hlavně do ornice a nejhornější vrstvy spodiny. Sladovnický ječmen má poněkud slabší a jemnější kořenovou síť, a proto je náročný na dobu a způsob výživy. Stéblo je duté a skládá se ze 4 až 8 článků, které jsou vzájemně odděleny kolénky. U našich odrůd dosahuje rostlina výšky 0,8-1,3 m. Listy jsou úzké, složené z pochvy a čepele. V místě přechodu v listovou čepel je pochva zakončena jazýčkem a po stranách končí dlouhými, vzájemně překrývajícími se oušky. Květenství je složený klas. Klas je tvořen klasovým vřetenem, které se dělí na jednotlivé části. Na sedélku článku jsou jednokvěté klásky.

U dvouřadého ječmene se vyvíjí jen prostřední kvítek, kdežto postranní jsou sterilní. U ječmene šestiřadého jsou všechny kvítky plodné. Kvítek je chráněn z vnitřní strany pluškou a z vnější velkou pětižebrou pluchou, která vybíhá v dlouhou osinu. Vlastní kvítek má tři tyčinky a pestík, při kvetení se většinou neotvírá, je samosprašný. Barva obilky bývá u našich odrůd zpravidla slámově žlutá. Při výmlatu se obilka u nahého ječmene plně uvolňuje z obepínajících plev. U ječmene pluchatého obilka srůstá s pluchou a pluškou, je tedy pluchatá. Je třeba počítat s tím, že značnou část váhy u pluchatého obilky tvoří plucha a pluška (Munzar 1923; Stehlík 1968).

3.1.3 Význam sladovnického ječmene

V České republice je sladovnický ječmen nejvíce využíván k výrobě sladu. Slad je naklíčená ječná obilka. Pro výrobu sladu se nejčastěji používá ječmen jarní, z důvodu lepších kvalitativních ukazatelů, a to především v oblasti cytotického rozluštění a také z důvodu navyklosti zákazníků v České republice. Slad vyrobený z našich odrůd ječmene patří svou kvalitou mezi nejlepší na světě. Spolu s chmelem a vodou je nejpodstatnější surovinou pro výrobu piva (Michalec 1977; Psota 2011).

Sladařský ústav vydává základní požadavky na sladařskou jakost ječmene. Požadavky jsou následující. Maximální klíčivost zrna je základním a dominantním požadavkem jakosti ječmene, neboť přeměna ječmene ve slad je vyvolávána klíčením zrna. Snížením klíčivosti se úměrně snižují parametry jakosti sladu a jeho homogenita, která přímo ovlivňuje kvalitu piva. Je to také mimo jiné ukazatel pečlivosti a šetrnosti sklizně a posklizňové péče o zrna. Dalším požadavkem je minimální mechanické a biologické poškození zrna, které přímo ovlivňuje klíčivost zrna. Mechanické poškození vzniká špatně seřízenou sklízecí technikou, nešetrnou sklizní, nadměrnou a nešetrnou manipulací při a po sklizni. Biologické poškození zvyšuje riziko zdravotní nezávadnosti sladu a technologický problém pivovarů tzv. gushing neboli přepěňování piva. Třetím požadavkem jsou optimální hodnoty bílkovin, které by se měly pohybovat mezi 10,5 – 11,7 %. Vyšší nebo nižší obsah dusíkatých látek vyžaduje určitou úpravu technologie sladování. Odrůdová čistota patří mezi důležité požadavky sladovnického ječmene. Je dbáno na pěstování požadovaných odrůd, jejich oddělenou sklizeň a skladování. Jednotlivé odrůdy ječmene jsou zárukou standardnosti a vlastností sladu (Prokeš 2004).

3.1.4 Nároky na stanoviště

Nároky na stanoviště jsou komplex ukazatelů, které jsou potřebné pro optimální výnos a kvalitu. V žádném místě na světě nebyly nalezeny ideální podmínky na stanoviště, především množství srážek a suma teplot. Přesto se pěstuje napříč všemi oblastmi. Pro pěstování ječmene ozimého sladovnického jsou ideální oblasti kolem 400-500 m n. m., kde se období sucha relativně neprojeví negativně na výsledné produkci jako v teplejších oblastech. Vhodný typ pro pěstování jsou hlubší hnědozemě s dostatkem jílu, který je schopen zadržovat vodu a v suchém období podporuje vzlínání. Na lehkých půdách vzniká riziko vysokého obsahu dusíkatých látek v zrnu (Černý et al. 2007).

Pěstování ječmene po zhoršujících předplodinách – obilninách, je možné, ale podmínkou dosahování trvale vysokých výnosů v osevním postupu je dostatečně vysoké zastoupení plodin s regeneračním vlivem na půdní úrodnost. Těmito plodinami mohou být organicky hnojené okopaniny nebo ozimá řepka apod. Mezi plodiny s regeneračním vlivem,

kteře pomáhají udržovat a zlepřovat úrodnost půdy, zvyšují v půdě obsah humusu, biologickou činnost, zlepřují půdní strukturu, částečně omezují plevele a zmenřují rozřřřování chorob a řkůdců, patří brambory a řepka. Pro lepřší adaptabilitu je možné využít genetické křřžení s ječmenem divokým *Hordeum vulgare* spp. *Spontaneum*, dojde zejména ke zlepření kvality sladu (Eglinton et al. 1999; Černý et al. 2007).

3.1.5 Výživa a hnojení

Ozimý ječmen patří mezi obilniny, které mají, díky dobře vyvinutému kořenovému systému (zvlářtě při dodržení optimálního termínu setí), předpoklady pro dobré využití živin. Při stanovování dávek hnojiv je třeba nejprve rozeznávat jednotlivé prvky nezbytné, postradatelné a stopové. Mezi nezbytné prvky patří uhlík, kyslík a vodík, které tvoří základní stavební látky rostlin a jsou nazývány uhlohydráty. Dále se sem řadí dusík, který je nezbytnou součástí bílkovin, jež jsou součástí veřkeré živé hmoty. Síra se zase podílí na stavbě protoplazmy a je součástí bílkovin a rozmanitých silic. Fosfor je nezbytný ke stavbě bílkovin, buněčných jader a je důležitým prvkem při tvorbě uhlohydrátů. Draslík plní podstatnou funkci při fotosyntetických procesech a tvorbě uhlohydrátů. Vápník urychluje energetickou látkovou výměnu a neutralizuje přebytečné organické kyseliny. Hořčík je součástí rostlinného barviva. Posledním nezbytným prvkem je železo, které je nepostradatelné při tvorbě chlorofylu a působí jako katalyzátor při různých pochodech v rostlinné buňce. Postradatelnými prvky jsou křemík, sodík a chlor. Mezi stopové prvky je zařazen bór, měď, mangan, zinek a molybden (Baier 1962; Mířa 2001).

Dávky fosforu, draslíku a hořčíku plánujeme podle ročních základních normativů Nerad et al. (1996). Tyto normativy vyjadřují množství živin, které mají být v jednotlivých letech na přířluřných stanoviřtích dodány k pěstovaným plodinám společně v organických i průmyslových hnojivech. Vzhledem k interakcím draslíku a hořčíku se posuzuje i jejich vzájemný poměr pomocí přepočítávacích koeficientů pro stanovení dávek draslíku (Mířa 2001).

Dávky dusíku jsou u ozimého ječmene částečně omezeny z důvodu jeho nižří odolnosti proti poléhání. Celková dávka se pohybuje v rozmezí 100–150 kg. ha⁻¹. Při vyšřích dávkách dusík působí na zvýření výnosu zrna pouze nepatřně, ale větřinou se stává příčinou větřřho poléhání, což je nežádoucí, protože poléhání zhorřuje kvalitu a výnos zrna. Pokud je jako předplodina obilnina a zůstává na pozemku sláma, poté je vhodné při zaorávce použít dávku 80 kg. ha⁻¹ na podporu organické hmoty. Ozimý ječmen dobře reaguje na podzimní dávku dusíku, a proto je vhodné aplikovat do 30 kg N. ha⁻¹ společně se základním hnojením fosforem a draslíkem. Celková dávka fosforu se pohybuje mezi 30 až 40 kg. ha⁻¹ a draslíku 100–130 kg. ha⁻¹. Při základním hnojení je možné použít buďto vícetřložková hnojiva NPK nebo jednosložková. Na jaře se aplikuje regenerační dávka, která dosahuje až ½ z celkové dávky a sehrává zásadní roli ve výživě. Aplikuje se co nejdřívě a dávka se určuje podle stavu porostu, půdních a povětrnostních podmínek. Dávka se pohybuje v rozmezí 30 až 60 kg N. ha⁻¹. Používají se převářně ledkové formy hnojiva (LA, LAV, LAD). Jednou z posledních dávek dusíku je produkční dávka, kterou je vhodné použít na začátku sloupkování ve formě DAM 390 a v průměru 20-30 kg N. ha⁻¹. Při zjiřtění dostatečné dávky dusíku je možno produkční dávku vynechat. Lze využít i pozdní tzv. kvalitativní hnojení, které je prováděno na začátku metání

a jeho primární vliv je zvýšení obsahu bílkovin. Při hnojení dusíkem je třeba uvažovat a při vyšších dávkách počítat i s případnými riziky, která mohou nastat (Baier 1962; Hraško et al. 1985; Míša 2001; Alley et al. 2009).

3.1.6 Struktura porostů

Základem úspěšného pěstování je správné založení porostu. Při zakládání porostů je potřeba zohlednit možná rizika s tím spojená. Jedním z nich je vlhkost půdy, která přímo ovlivňuje vzcházení osiva. Osivo se ukládá do hloubky 0,02-0,04 m v závislosti na půdních vlastnostech. Běžná meziřádková vzdálenost je 0,105 až 0,15 m, ale jsou ověřovány pokusy s meziřádkovou vzdáleností 0,30 až 0,45 m s využitím pomocné plodiny. Vytvoření kvalitního seťového lůžka je podmíněno dostatečnou vlhkostí zabezpečující potřebné fyzikální vlastnosti půdy v rozpětí mezi drobitostí a plasticitou. Podle výsledků pokusů ZVÚ Kroměříž jsou doporučeny termíny výsevu ve vyšších polohách bramborářské výrobní oblasti 10. – 20. září, v intenzivnějších polohách 15. – 25. září, v řepářské výrobní oblasti 20. – 30. září a v kukuřičné výrobní oblasti 25. září až 5. října. Pozdější založení porostů vede ke snížení výnosu (Míša 2001).

Množství vysetého osiva je udáváno v milionech klíčivých semen (MKS) na jeden hektar. Doporučené výsevní množství ječmene ozimého se pohybuje v rozmezí 3,0-4,5 MKS v závislosti na oblastech pěstování, předplodině, meziřádkové vzdálenosti a odrůdách ječmene. V přehoustlých porostech se výrazně zkracuje klas, snižuje se hmotnost tisíce zrn (HTZ), zvyšuje poléhavost porostu a dochází k výnosové depresi. Obilniny mají kompenzační schopnost, která umožňuje vzájemnou kompenzaci mezi výnosovými prvky. Kompenzace spočívá ve vyrovnávání úrovně výnosové hladiny následným výnosovým prvkem. Tak např. řídký porost silněji odnožuje a vytváří větší počet zrn v klasu, a naopak hustý porost tvoří méně odnoží. Je-li např. počet zrn v klasu vysoký, bývá hmotnost jednotlivých obilek (vlivem konkurence o živiny) nižší a obráceně. Kompenzační schopnosti obilnin přispívají ke stabilizaci jejich výnosů. Nejsou však neomezené, a zvláště platí zásada, že nedostatky jednoho výnosového prvku lze kompenzovat jen prvkem následným. Proto se pěstitel musí snažit o optimální úroveň každého výnosového prvku od počátku a autoregulační schopnosti porostů využívat jako doplněk. Dvouřáde ječmeny mají poměrně pevně geneticky fixován počet zrn v klasu a hmotnost tisíce zrn, výnos proto nejvíce ovlivní počet plodných stébel na ploše (Diviš et al. 2010).

Struktura porostů je několikrát v průběhu vegetace kontrolována. První kontrola je prováděna v rozmezí růstové fáze 11–20, což je od plného vzejití do začátku odnožování rostliny. Zde je hodnocen počet vzešlých rostlin na m². Další kontrola je na jaře ve fázi růstu 21–29 neboli do úplného propojení rostlin v řádku, kde se hodnotí celkový počet přezimovaných rostlin a stanoví se procentuální poměr přezimovaných rostlin. Třetí hodnocení je prováděno v růstové fázi 30–31, kde je hodnocen počet stébel a z toho počet silných odnoží, které tvoří alespoň 2/3 délky a průměru hlavního stébela. Další hodnocení je ve fázi růstu 32, kdy je upřesněn počet silných odnoží, u kterých lze předpokládat fertilitu. Při páté kontrole, která je prováděna ve fázi 59–61, je stanoven počet fertálních stébel neboli počet klasů na m², dále je stanoven počet klásků, kvítků a předpoklad počtu zrn v klasu, který je vypočten z průměru padesáti klasů. Při další kontrole je stanoven skutečný počet zrn v klasu, tato kontrola je

prováděna v růstové fázi 75–77. Sedmá, a to poslední kontrola, je prováděna ve fázi růstu 87–91 a je zde stanoven HTZ a průměrná hmotnost zrn na 1 klas a počet klasů na 1 m², z těchto údajů lze stanovit teoretický výnos (Petr & Húska 1997).

3.1.7 Výnosotvorné prvky

Výnosové prvky patří mezi nejdůležitější charakteristiky jednotlivých odrůd ječmene. Výnosový pokrok byl u ječmene dosahován především změnami proporcí rostlin, změnami architektury porostů a prodloužením životnosti asimilačních aparátů. Dále jsou vyhledávány genové zdroje umožňující zvyšování počtu reprodukčních orgánů, jakými je například počet klásků v klasu, počet zrn v klásku nebo počet zárodků v kvítku. Veškerá produkce biomasy porostu je nazývána biologický výnos. Podíl hospodářsky využitelné biomasy se nazývá hospodářský výnos (Austin et al. 1980; Reynolds et al. 2005; Miralles & Slafer 2007).

Výhodou ozimů oproti jařinám je, že mohou lépe zakořenit a částečně odnožit již na podzim a časně na jaře. Odnožování u nich probíhá při příznivějších vláhových podmínkách. Mezi výnosotvorné prvky patří počet rostlin, počet plodných stébel a počet klasů na jednotku plochy. Dále sem patří počet klásků, počet plodných kvítků, počet zrn v klasu. Mezi poslední rozhodující faktory patří hmotnost tisíce zrn a hmotnost obilek. Počet rostlin může ovlivnit kvalita osiva, způsob a hloubka setí, vzcházejivost, mezidruhová a vnitrodruhová konkurence a redukce rostlin v důsledku chorob, škůdců a počasí. Počet klasů na jednotku plochy je ovlivněn počtem rostlin a zejména produktivním odnožováním. Počet zrn v klasu je ovlivněn genetickým potenciálem odrůdy, počasím, meziorostlinnou a mezistébelnou konkurencí (Faměra 1993; Křováček 2021).

3.2 Pomocná plodina

3.2.1 Cíle využití pomocných plodin

Pomocné plodiny jsou obecně vnímány jako rostliny, které napomáhají dosažení pěstebních a ekologických cílů při pěstování hlavní plodiny a mohou být využity i jako producenti hlavního produktu. Jednou z možností je využití pomocných plodin pro tvorbu mulče na povrchu půdy, který eliminuje rozvoj plevelů a umožňuje omezení použití herbicidů, včetně rozvoje systémů bez účinné látky *glyphosate*. Dále se jedná o systémy využívající pomocné plodiny v protierozní ochraně širokořádkových plodin, v systémech omezení evaporace a v úzkořádkových plodinách, jako jsou obilniny, mák a ozimá řepka. Na využití pomocných plodin jako zdroje živin a zlepšení jejich dostupnosti pro hlavní plodiny poukazují Seidel & Gläser (2017); Brant et al. (2019).

Pomocné plodiny jsou také využívány pro omezení škodlivých činitelů. Při souběžném pěstování hlavní plodiny a pomocné plodiny nám přispívají ke snižování selekčního procesu výběru hostitelské rostliny hmyzem (Theunissen et al. 1995; Finch & Kienegger 1997).

3.2.2 Pozitivní efekty

Pomocné plodiny plní mnoho pozitivních efektů. Z hlediska půdoochranného se jedná především o eliminaci degradačních procesů půdy neboli omezení erozních procesů, podporu infiltrace a retence vody, zdroj organické hmoty, stabilizaci rozkladných procesů, podporu

půdní struktury. Působí také pozitivně snižováním rizika zaplevelení porostu v počátečních či krizových fázích růstu. Omezují rozvoj chorob a škůdců, především půdních patogenů, u pěstované plodiny či plodiny následné. Theunissen et al. (1995) uvádějí, že při pěstování bílého zelí společně s meziplodinou jetele plazivého a podzemního se snížily počty vajíček a larev mšice, což vedlo ke zlepšení kvality zelí a k lepšímu finančnímu výsledku. V rámci mikrobiálních společenstev podporují potravní nabídky pro půdní organismy a tím zvyšují i jejich druhovou pestrost. Cíleně ovlivňují dynamiku vývoje nadzemní a podzemní části hlavní plodiny, zejména zajišťují optimální mikroklima přizemní vrstvy atmosféry a půdní podmínky pro následný vývoj hlavní plodiny. Jsou nápomocné při zajištění nutričních nároků porostu, jak v době růstu, tak i po jejich odumření, především jako zdroje dusíku nebo fosforu. Kumulují sluneční záření do chemických vazeb a následně je transformují do půdy formou organické hmoty, čímž zvyšují jeho využití (Brant et al. 2019).

Kintl et al. (2018) a Vrignon-Brenas et al. (2018) zjistili, že pěstování pšenice ozimé společně s jetelem bílým nevede k negativnímu vlivu na zrno ani celkovou produkci biomasy. A dále zdůrazňují, že vysoké hnojení dusíkem narušuje agroekosystém a přebytky dusíku v půdě mohou způsobovat vážné problémy, a proto je snaha využívat pomocné plodiny, které jsou schopné vázat vzdušný dusík a tím snižovat celkové množství minerálních hnojiv při dosažení stejného výnosu hlavní plodiny.

3.2.3 Rizika pěstování

Pěstování pomocných plodin je také spojeno s možným negativním biotickým působením pomocných plodin na pěstování hlavní plodiny, ale také i na plodiny následné. Jedná se především o konkurenci hlavních vegetačních faktorů, mezi které patří voda, světlo, prostor, živiny a teplota. Negativně mohou působit rostlinné zbytky, v době růstu, umrtvené nebo odumřelé pomocné plodiny. Je třeba počítat také s rizikem nevymrznutí pomocné plodiny, nebo její regeneraci po mechanickém zásahu. Pomocné plodiny podporují také rozvoj chorob a škůdců v souběžně pěstované plodině či následné plodině. Při nedostatečném konkurenčním tlaku pomocné plodiny k plevelům dochází ke snížení ochrany vůči nim. Při regulaci plevelů hlavní plodiny je třeba zvážit riziko regulace také plodiny následné (Brant et al. 2019).

3.2.4 Plodiny využívané jako pomocné

Mezi plodiny využívané jako pomocné patří spousta druhů. Mnoho druhů plodin využívaných jako meziplodiny lze využít také jako pomocné. Do pomocných plodin lze také zařadit i plodiny, které mohou být využité jako hlavní plodina, ale jsou schopné plnit i v jiných plodinách funkci pomocných plodin, jako je např. ječmen, který pomáhá v protierozních vlastnostech u pěstovaného máku setého, jako hlavní plodiny. Mezi plodiny využívané jako pomocné patří bér italský, čirok obecný, hořčice bílá, hořčice sareptská, hrách setý pravý, hrách setý rolní, jetel luční, jetel nachový, jetel plazivý, jetel podzemní, jetel šípovitý, jílek mnohokvětý, jílek vytrvalý, katrán habešský, komonice bílá, lnička setá, lupina bílá, lupina úzkolistá, pohanka obecná, ředkev olejná, sléz přeslenitý, svazenka shloučená, svazenka vratičolistá, světlice barvířská (saflor), vikev huňatá, vikev panonská (Sweeney & Moyer 1995; Brant et al. 2019).

Hrách setý (*Pisum sativum*) patří do čeledi bobovité (*Fabaceae*). Hrách je jednoletá, popínavá rostlina se sbíhavými a prorostlými listy. Kvete od dubna do října. Původem je z východního Středomoří. Hrách byl pěstován jako důležitý zdroj krmiva pro zvířata a lidské potraviny po mnoho staletí. Po celém světě existuje několik tisíc odrůd. Obsahuje větší množství minerálních látek, zejména fosfor, draslík, vápník a hořčík. V ČR patří k nejstarším doloženým pěstovaným rostlinám. Hrách je vhodné pěstovat na půdách středních až lehčích s neutrálním pH (6,5). Hrách má hypogeické klíčení, proto musí mít hlubší výsev. Doporučená hloubka výsevu je 0,05 až 0,08 m. Výsevek se pohybuje v rozmezí 0,9 až 1,1 MKS na hektar. Hrách setý má ozimé i jarní formy. Jeho lodyha je poléhavá a dlouhá až 2 metry. Je dělena nody na internodia. Kořen je silný, kulovitý, větvený a je dlouhý až 1 metr. Listy jsou sudozpeřené s úponky. Květ je pětičetný. Plodem je lusk, který obsahuje dužnatá semena (Cousin 1997; Houba 2011; Brant et al. 2017a).

3.3 Systémy pěstování plodin s pomocnou plodinou

3.3.1 Technologické aspekty

3.3.1.1 Setí do živého mulče

Tento systém vychází z principů výsevu polních plodin do mechanicky umrtveného porostu meziplodiny, který je pomocí mulčovače rozdrčen nebo povalen pomocí řezných válců v rámci samostatné operace nebo při výsevu. Výsev probíhá pomocí secích strojů určených pro výsev do nezpracované půdy nebo lze i konvenčními stroji pro výsev do částečně zpracované či zpracované půdy. Tento systém je označován jako „bio no-till“. Při používání živého mulče dochází ke zlepšování struktury půdy a ochrany půdy vůči erozi. Systém živého mulče je poměrně rozšířen při pěstování víceletých plodin, jako jsou vinice, kde plní funkci ozeleněného meziřádku. Navzdory pozitivním přínosům pro životní prostředí a možnosti zlepšení prostředí pro hlavní plodinu se tyto systémy téměř nepoužívají, zejména kvůli riziku snížení výnosu ve srovnání s tradičními pěstebními systémy (Hiltbrunner et al. 2007; Brant et al. 2017b).

3.3.1.2 Pásové výsevy pomocných plodin

Jedná se systém výsevu pomocných plodin či meziplodin do budoucích meziřádků hlavní plodiny. Výsev se provádí na podzim nebo na jaře a primárně řeší negativní působení plošně vysetých pomocných plodin v budoucím řádku hlavní plodiny, jako jsou například regenerace, pomalý ohřev půdy apod. Takto zaseté pomocné plodiny zajišťují ochranu před erozí a ztrátou živin z půdy, podporují infiltraci vody a hluboké prokořenění, které pomáhá vnášení organické hmoty do půdy. Tyto faktory nám mimo jiné pomáhají zvyšovat půdní úrodnost. Nadzemní biomasa funguje, jako přímý konkurent plevelů, a to i po ukončení vegetace, buďto vymrznutím nebo mechanickým či chemickým umrtvením, jako tzv. mrtvý mulč. Mezi vhodné pomocné plodiny pro tento systém výsevu patří hořčice polní, hrách setý, hrách rolní, ředkev setá, lnička květel. Pásové výsevy pomocných plodin lze rozdělit na podzimní a jarní (Brant et al. 2011; Brant et al. 2020).

Podle Branta et al. (2020) je jedním z perspektivních způsobů eliminace neproduktivního výparu v oblastech s nedostatkem vody cílené povalení porostu meziplodiny

řeznými válci, které vede k zalomení jejich stonků a k následnému umrtvení porostu, ale především k tvorbě kompaktní vrstvy mulče na povrchu půdy.

Podzimní pásové výsevy pomocných plodin jsou prováděny po sklizni předplodiny a většinou po předchozím celoplošném zpracování půdy. Termín založení porostu rozhoduje o budoucí délce vegetace, zejména u vymrzajících druhů. Spojení časného výsevu pomocných plodin společně s dostatečnou vláhou v půdě má za následek tvorbu většího množství biomasy. U vymrzajících druhů nepatří vysoká tvorba biomasy a vysoká vzrůstnost mezi problémové faktory plodin setých na jaře, protože se část nadzemní biomasy rozloží v meziřádku budoucí hlavní plodiny a nezabraňuje dostatečnému ohřevu půdy, pásovému zpracování půdy, kvalitní práci secího stroje a zároveň stále brání meziřádku proti erozi půdy a nadměrné evaporaci. Podzimní pásové výsevy pomocných plodin lze provádět u hlavních plodin setých na podzim i na jaře. Podzimní výsevy se vyznačují při příznivých povětrnostních podmínkách dobrou dynamikou růstu a rychlým zakrytím osetého pásu. Mezi problémové faktory patří výdrol obilní předplodiny. Rostliny výdrolu mnohdy vykazují rychlejší vzcházivost oproti pomocné plodině. Rozvoj výdrolu a jeho přezimování je jedním z důvodů jarní aplikace neselektivních herbicidů i na plochách, kde jsou vymrzající druhy pomocných plodin (Brant et al. 2019).

Cílem jarního pásového výsevu pomocné plodiny je založení v časném jaře či těsně před nebo při výsevu širokořádkových plodin. Zasetí do meziřádku hlavní plodiny eliminuje případnou vzájemnou konkurenci. Termínem výsevu společně s předpovědí povětrnostních a vláhových podmínek lze zásadně ovlivnit vývoj porostu pomocné plodiny. Technologie výsevu meziplodin do řádků, které plní funkce pomocné plodiny a podle technologického záměru je porost umrtven v průběhu vegetace či nikoliv, je tímto ovlivněna. Likvidace může být prováděna celoplošně těsně před setím nebo po setí meziřádkově. Veškeré zásahy, které jsou spojeny s mechanickou likvidací v meziřádku se vyznačují vyšší náročností a je třeba optimalizovat termín aplikace. Špatné načasování či selhání operace u vzrůstnějších druhů je spojeno s negativním působením na hlavní plodinu. Pro jarní výsev pomocných plodin jsou využívány klasické druhy jarních meziplodin či jejich směsi. Pokryvnost povrchu půdy a produkce biomasy je ovlivněna použitým druhem pomocné plodiny a také větší náchylností jarních druhů proti škůdcům (Armstrong et al. 2003; Brant et al. 2019).

3.3.1.3 Souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny

Souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny je perspektivní z důvodu ověřeného pozitivního působení pomocných plodin. Tento systém má potenciál v pěstebních systémech úzkořádkových plodin, jako jsou obilniny, luskoviny, řepka aj., především, kdy je schopen secí stroj založit porost hlavní a pomocné plodiny současně, což snižuje náklady na založení pomocné plodiny a zároveň neukládá osivo pomocné a hlavní plodiny do stejného místa. Při zakládání porostů dvoufázovým setím (zvláště hlavní a pomocné plodiny) nastává riziko možného uložení osiva hlavní a pomocné plodiny blízko sebe. Toto riziko může mít negativní vliv na dynamiku růstu hlavní plodiny, proto je vhodné využití vícekomorového secího stroje. Pro současné pěstování hlavní a pomocné plodiny je vhodné zvolit méně vzrůstné druhy, které mají snížený negativní vliv na hlavní plodinu, jako jsou například hrách setý polní a rolní, jeteloviny apod. (Brant et al. 2019).

U kukuřice seté se nejčastěji využívají víceleté trávy (jílek vytrvalý a mnohokvětý, kostřava červená a zástupci rodu srha) a jeteloviny (jetel plazivý, luční, šipovitý, zvrácený, podzemní, tollice dětelová aj.). Podle Branta et al. (2020) je doporučen termín výsevu pomocných plodin u kukuřice seté při její výšce 0,3 m z důvodu snížení rizika konkurence rostlin na počátku vegetace. Je potřeba si ale uvědomit, že takto založené pomocné plodiny nemají pozitivní vliv z protierozního hlediska. Tyto porosty je možné zakládat pomocí plečích bran osazených zásobníkem osiva a jeho transportem do meziřádku (Hoffman et al. 1993).

3.3.2 Práce s biologickými vlastnostmi

Biologické vlastnosti pomocných plodin zásadním způsobem ovlivňují jejich využití v porostech hlavní plodiny. Při výběru jednotlivých druhů je potřebné rozlišovat jejich rodové a druhové odlišnosti z hlediska semen, klíčnicích a vzházejících rostlin a rostlin nacházejících se ve fázi plného růstu až do generativní fáze. U rostlin ve fázi intenzivního růstu až do fáze jejich senescence je potřebné především hodnotit i kvalitativní a kvantitativní parametry nadzemní a podzemní biomasy. Také je potřebné znát z hlediska principů chování odumřelé či umrtvené, nadzemní a podzemní biomasy mulče. Je potřeba nejenom sledovat barvu mulče, chemické složení, rychlost degradace apod., ale také sledovat i některé mechanické a specifické vlastnosti, mezi které patří tuhost stonků, schopnost vytvářet kompaktní a propojené rostlinné zbytky, pevnost spojení nadzemní a podzemní biomasy s kořenem a další (Dou et al. 1994; Brant et al. 2019).

Mezi primární faktory rozhodující o využitelnosti druhu jako pomocné plodiny jsou biologické vlastnosti semen. Jejich nejdůležitějšími vlastnostmi jsou nároky na vodu a teplotu při klíčení. Vláhové nároky jsou závislé na schopnosti semen přijímat vodu, aby po fázi bobtnání mohla nastat fáze klíčení. Schopnost pronikání vody do semena je dána vzájemnými interakcemi mezi půdním prostředím a povrchem semene. Významnou roli při získávání vody z půdy semeny hraje také kontakt mezi semenem a půdou. Klíčivost semen jednotlivých druhů využívaných jako pomocné plodiny je při nedostatku vody velice odlišná. Dobrou klíčivost při nedostatku vody vykazují travní druhy mírného pásma a některé jeteloviny. U luskovin je reakce na nedostatek vody rozdílná, protože významnou roli hraje velikost osiva a samotná potřeba vody pro nabobtnání semen. Obecně jsou však tyto druhy považovány za druhy, které potřebují dostatek vody pro klíčení. Dalším faktorem ovlivňujícím klíčivost semen je teplota. Většina druhů mírného pásma se vyznačuje klíčivostí při teplotách mezi 2 – 3 °C, avšak dynamika klíčení je pomalá. Teplota pro klíčení nad 5 °C je vyhovující pro běžné trávy a jeteloviny. Dalším faktorem je samozřejmě dostupnost kyslíku, který je potřebný pro štěpné reakce zásobních látek při klíčení. O dostupnosti kyslíku samozřejmě rozhoduje i obsah vody v půdě. Podmínky pro klíčení semen, také určuje způsob výsevu, tedy uložení osiva do půdy, a stav půdy při zakládání porostů (Brant et al 2005; Brant et al. 2019)

Dynamiku růstu pomocných plodin je nutné hodnotit především změnou biometrických parametrů nadzemní a podzemní biomasy. Kromě samotné změny habitu nadzemní biomasy, který je potřebné vnímat jak z horizontálního, tak i vertikálního pohledu na rostlinu, je potřebné věnovat i pozornost době vývoje jednotlivých orgánů na rostlině ve vztahu k růstové fázi a jejich hmotnostnímu podílu na rostlině. Nelze opomenout dynamiku vývoje kořenového systému, která se během vývoje mění. Z hlediska působení pomocných plodin je potřeba znát

i tvarové rozmístění kořene v půdním prostředí a případnou prostorovou interakci mezi nadzemní a podzemní biomasou pomocných plodin z důvodu stanovení celkové produkce organické hmoty, včetně kvalitativních parametrů biomasy. Zásadními parametry hodnocení dynamiky růstu nadzemní biomasy jsou výška rostliny ve vztahu k vývojovým fázím, dynamika vývoje habitu rostlin, odrůdová variabilita, kořenový systém a kvalitativní parametry biomasy (Brant et al. 2019).

3.3.3 Využití v polních plodinách

Pomocné plodiny jsou využitelné téměř ve všech kulturních plodinách, ale vždy záleží na záměru a systému pěstování. Jejich využitelnost je dlouhodobě zkoumána a mnohé výsledky výzkumů jsou již praktikovány. V dnešní době je kladen důraz na snižování eroze, a to hlavně v širokořádkových plodinách, kde dle výzkumů Fageta et al. (2012) byl u kukuřice seté prokázán pozitivní vliv na její snížení.

Obilniny jsou další možností využití pomocných plodin, a to převážně při použití druhů, které vážou vzdušný dusík, jako jsou jeteloviny, hrách setý a rolní aj., které pomáhají snižovat množství dodaných umělých hnojiv do půdy. Při ekologickém pěstování obilnin jsou limitujícími faktory výnosu a kvality nedostatek dusíku a zaplevelení. Toto riziko je možné snížit zařazením pomocných plodin do pěstebního systému. U luskovin mohou správně vybrané druhy pomocných plodin pozitivně omezovat riziko poléhání, zejména u hrachu setého pěstovaného pro zisk semene. Při pěstování řepky ozimé byla zjištěná dobrá konkurence pomocných plodin s rychlou dynamikou růstu vůči plevelům a erozi, a to zejména v jejich počátečních růstových fázích (Amossé et al. 2012; Vrignon-Brenas et al. 2018).

3.4 Pomocné plodiny v obilninách

3.4.1 Technologie pěstování

Technologie pěstování používané v obilninách jsou závislé na technickém vybavení, zejména pro zakládání porostů a pro sklizeň. V obilninách se využívají technologie setí do živého mulče, pásové výsevy pomocných plodin do meziřádku a souběžné pěstování hlavní a pomocné plodiny (Brant et al. 2019).

Kvůli omezenému počtu kulturních druhů majoritně pěstovaných v zemědělství, který je do značné míry ovlivněn globalizací výroby, trhu a ekonomiky, není umožněn jednoznačný návrat k tradičním systémům střídání plodin. Proto se pěstební systémy polních plodin zaměřují na souběžné pěstování dvou a více plodin na jednom půdním bloku, s rozdílným pěstebním cílem jejich využití, jako tzv. pomocných plodin. Inovace stávajících pěstebních systémů znamená zejména řešení následujících okruhů problémů, mezi které patří: omezení dodatkových vstupů energie, zejména z neobnovitelných zdrojů; stabilizace bilance energie a hmoty na základě fixace sluneční energie do biomasy neopouštějící půdní blok; zamezení degradačních procesů půdy, včetně eroze, s využitím bio efektů; cílené zadržování vody v půdě, zvýšení jejího využití a omezení jejího znečišťování; snížení vstupů pesticidů a dalších škodlivých látek na jednotku plochy půdy; snížení spotřeby a zvýšení efektivity průmyslově vyráběných hnojiv; stabilizace a pestření potravní nabídky pro mikrobiální společenstva v půdě a zajištění druhové pestrosti půdní mikroflóry; podpora druhové pestrosti agrofytocenóz za

účelem podpory volně žijících organismů ve vztahu k omezení škod škodlivými činiteli; zvýšení fixace oxidu uhličitého; zachování či zvýšení produktivity pěstebních systémů na základě využívání biotických principů; zvyšování pestrosti osevních postupů a využití modifikovaných principů střídání plodin ve stávajících systémech pěstování; propojení biotických intenzifikací a moderních technologií v návaznosti na automatiku a robotiku (Knauer 1993; Brant et al. 2018).

Výrazným trendem směřujícím ke zvýšení druhové pestrosti plodin na půdním bloku a v rámci střídání plodin je souběžné pěstování dvou, případně více, hlavních plodin. Souběžné pěstování plodin je postaveno na optimalizaci struktury porostů skládajících se ze zón pěstovaných plodin, které jsou vysévány do pravidelně se střídajících víceřádků dané plodiny. Výsev plodin probíhá většinou odděleně, např. dosetí plodiny do porostu druhé, výsev před sklizní nebo okamžitě po sklizni. Tento systém se také může nazývat jako tzv. double-cropping (Crabtree et al. 1990; Gentry et al. 2013; Brant et al. 2019).

Principem další technologie, a to setí do živého či čerstvého mulče, je tvorba většinou druhově pestrého živého mulče. Kombinovány jsou druhy za účelem zvýšení plasticity porostů vůči změnám povětrnostních podmínek a také z důvodu zvýšení potravní nabídky pro mikrobiální společenstva. Tyto systémy vycházejí z principů výsevu polních plodin do mechanicky umrtveného porostu meziplodiny. Porost meziplodin je pomocí řezných válců povalen nebo mulčovačem rozdrčen v rámci samostatné operace těsně před výsevem nebo při výsevu. Výsev je prováděn v systému redukováného zpracování půdy. Tento systém dle výsledků Böhler & Dierauer (2017) není vhodný používat při pěstování kukuřice seté.

Mezi další technologie výsevu pomocných plodin patří pásové frézové výsevy, zejména prováděné u kukuřice seté. Zde se jedná o pásové zpracování půdy vycházející z hlubšího prokypření půdy v pásu kypřicí radlicí a mělčí zpracování vrchní části pásu půdní frézou, většinou souběžně s výsevem kukuřice seté. Při zakládání porostů do regenerujících či rostoucích porostů pícnin, nejčastěji trav a jejich směsí s dalšími plodinami, dochází při jedné pracovní operaci k pásovému kypření půdy, výsevu a plošné či pásové aplikaci herbicidu určeného k regulaci pomocné plodiny. Primárním cílem frézového pásového zpracování půdy s využitím pomocných plodin je eliminace eroze a omezení rozvoje plevelů v meziřádku. Při provedení frézových výsevů do živých porostů méně vzrůstných pomocných plodin lze porost v meziřádku ponechat bez regulace, aby mohl růst souběžně s hlavní plodinou. Na povrchu tohoto pozemku poté vznikají pásy zpracované půdy, kde je kvalitně zapravena biomasa do kypřeného pásu a povrch je bez mulče. V meziřádku se nachází umrtvená či rostoucí pomocná plodina. Pro výsev se využívá konvenčních secích strojů, kde je před výsevem nutné zaslepit semenovody secích botek, které budou pracovat v budoucím řádku hlavní plodiny. Na tuto skutečnost je potřebné již pamatovat při pořízení secího stroje, aby zaslepení semenovodů ve výsevní hlavě bylo z hlediska kvality výsevu rovnoměrné. Výsev lze provádět i secími stroji vybavenými dvěma zásobníky na osivo (či osivo a hnojivo), kterými je možno při celoplošném osevu povrchu půdy provést osev meziřádku hlavní plodiny plodinou pomocnou. Nebo lze výsev budoucího řádku hlavní plodiny zajistit pomocí zásobníku s výsevním ústrojím pro plošný výsev plodin, který je namontován na secí stroj. Tyto technologie výsevu jsou ověřovány u sladovnického ozimého ječmene, ale výsledky zatím nebyly interpretovány (Wyss 2007; Brant et al. 2019).

Meziřádková vzdálenost první skupiny obilnin (viz 3.4.2) bývá většinou 0,105 – 0,15 m, a podle toho se musí také zvolit technologie pěstování s pomocnou plodinou. Technologie pásového vysévání pomocných plodin do budoucích meziřádků hlavní plodiny je při této šířce meziřádku mnohdy složitá z důvodu možné nepřesnosti GNSS. Pokud chceme používat tuto technologii, je vhodné zvětšit meziřádkovou vzdálenost na 0,25-0,3 m, což snižuje rizika zasetí pomocné plodiny do budoucího řádku hlavní plodiny. Nebo lze využít technologie souběžného pěstování pomocné a hlavní plodiny s možností založení obou plodin zároveň, z důvodu snížení rizika nepřesného založení porostu. Pro obilniny vysévané na jaře je možnost využití setí do živého mulče s využitím vymrzajících meziplodin, které jsou schopné tvořit především ochranu proti erozi a snižují riziko zaplevelení (Konvalina et al. 2008; Brant et al. 2019).

3.4.2 Struktura porostů obilnin

Obilniny rozdělujeme podle morfologických a fyziologických vlastností do dvou skupin. Do skupiny první patří pšenice – *Triticum aestivum*, ječmen – *Hordeum vulgare*, žito – *Secale cereale*, oves – *Avena sativa* a žitovec – *Triticale*. V druhé skupině je zařazena kukuřice setá – *Zea mays*, proso seté – *Panicum miliaceum*, čirok – *Sorghum*, rýže setá – *Oryza sativa*. V každé z těchto skupin jsou rozdílné požadavky na jejich strukturu. Pro obilniny seté do úzkých řádků s meziřádkovou vzdáleností 0,125 m, kterými jsou obilniny první skupiny platí, že meziřádková vzdálenost hlavní plodiny je 0,25 m. Tato meziřádková vzdálenost umožňuje založení porostu pomocné plodiny taktéž se vzdáleností meziřádku 0,25 m. Z tohoto důvodu jsou snižovány hmotnosti výsevku oproti běžně konvenčně pěstovaným obilninám z důvodu snížení rizika konkurence rostlin v řádku, která může vést ke snížení počtu plodných odnoží a následného výnosu. Výsevek by se měl podle Branta et al. (2019) pohybovat v rozmezí 70 až 120 kg/ha. Při zakládání porostů je cílem nepřesáhnout počet rostlin 200 na m², kde by mohlo docházet ke zmiňované negativní konkurenci. Počet rostlin by také neměl klesat pod hranici 150 rostlin na m², kde nastává riziko snížení výnosu. Struktura porostů druhé skupiny obilnin je rozdílná, a to zejména počet rostlin na ha, jejich výsevek a meziřádková vzdálenost. Kukuřice setá vysévána s meziřádkovou vzdáleností 0,7 až 0,75 m. Při systému pěstování společně s pomocnou plodinou není zapotřebí upravovat meziřádkovou vzdálenost ani výsevek oproti jejímu běžnému konvenčnímu pěstování, kde se výsevek pohybuje mezi 65 a 140 tis. rostlinami na hektar. Čirok nebyl předmětem vědeckého zkoumání, kde byl pěstován jako plodina hlavní společně s pomocnou plodinou, ale je spíše využíván jako meziplodina či pomocná plodina. Pěstování prosa setého a rýže seté nebyla předmětem pěstování společně s pomocnou plodinou, a proto není dostatek vědecké publikace, ale lze předpokládat podobné účinky jako byly u ostatních obilnin (Roldán et al. 2003; Brant et al. 2018; Brant et al. 2020).

3.4.3 Pomocné plodiny v obilninách

V rámci vývoje secích strojů pro souběžný výsev dvou a více plodin a v důsledku ověření pěstování obilnin v širších řádcích začínají na významu nabývat postupy souběžného

řádkového výsevu obilniny a pomocné plodiny. Zásadní roli má využití pomocných plodin v porostech ozimé pšenice. Obecně se souběžné pěstování pomocných plodin využívá v porostech ozimých obilnin. Důvodem je především využití podzimní části vegetace pro rozvoj pomocné plodiny a možnost jejího umrtvení mrazem. U jarních obilnin je z důvodu rychlé dynamiky růstu obilniny po zasetí práce s pomocnou plodinou problematičtější a jarní obilniny si primárně ponechávají roli krycích plodin pro porosty víceletých píceň. Nejčastěji využívanou pomocnou plodinou u pšenice ozimé jsou luskoviny. Jedná se jak o jejich jarní formy (hrách setý a rolní, bob obecný a lupiny), tak i o ozimé formy hrachu setého a rolního. V osevních postupech se standardním zastoupením luskovin jsou jako pomocné plodiny v obilninách využívány i jiné druhy (např. ředkev olejná a hořčice bílá). Zařazení pomocných plodin při ekologickém pěstování obilnin má pozitivní vliv na výnos a kvalitu zrna (Doltra & Olensen 2013; Brant et al. 2019).

Z hlediska uplatnění luskovin jako pomocných plodin v ozimé pšenici jsou spíše preferovány ozimé formy luskovin, zejména zástupci hrachu setého a rolního. Ty se na rozdíl od jarních forem luskovin vyznačují pomalejší dynamikou růstu a tvorbou nadzemní a podzemní biomasy ještě v jarním období. Na rozdíl od vymrzajících jarních forem je na jaře nutná jejich chemická, či mechanická regulace v meziřádku. Kultivace meziřádku s nevymrzající luskovinou je využitelná především v systémech ekologického zemědělství při rozteči řádků obilniny větší než 250 mm. Nevymrzlé či ozimé formy hrachů jsou v konvenčním zemědělství hubitelné většinou herbicidů určených pro jarní ošetření. Přímá funkce luskovin jako pomocných plodin během růstu spočívá i ve zvýšení dostupnosti fosforu pro okolní rostliny a ve stabilizaci mikrobiálních společenstev. Po odumření biomasa vyznačující se úzkým poměrem C : N dobře podléhá biologické degradaci a představuje tak zdroj dusíku a přístupného fosforu. Na počátku vývoje se rostliny vyznačují pomalejší dynamikou tvorby nadzemní biomasy, což snižuje rizika konkurence luskovin vůči hlavní plodině, ale i vůči plevelům. V počátečním růstu se vyznačují intenzivním rozvojem kořenového systému v horní vrstvě půdy, včetně produkce podzemní biomasy. Efekt prokořenění půdy se následně projevuje i po umrtvení rostlin, kdy biomasa kořenů je nejen zdrojem potravy pro půdní mikroflóru a po rozkladu zdrojem živin pro ostatní rostliny, ale po rozpadu přispívá rovněž k tvorbě porézního systému, a to i v kategorii makro pórů, a půdní struktury. Základem technologie využití pomocných luskovin v pšenici ozimé je pěstování kompenzačních odrůd v širších řádcích v kombinaci se sníženým výsevkem. Nejčastěji používanou roztečí řádků obilniny při pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou je rozteč 250 mm. Do meziřádků je následně vyseta secí botkou luskovina. Náklady na osivo hrachu by měly být pokryty úsporou na osivu obilniny a snížením dávek dusíku. Při výběru druhů luskovin je potřeba zohlednit jejich dynamiku růstu a jejich potřebu vody z důvodu omezení negativního vlivu na hlavní plodinu. Informací o pěstování ječmene ozimého sladovnického s pomocnou plodinou není mnoho, ale je předpokládáno, že budou mít na jeho pěstování pomocné plodiny podobný vliv, jako při pěstování pšenice ozimé (Struik & Bonciarelli 1997; Brant et al. 2019).

Pomocná plodina se rovněž podílí na zvyšování pokrývnosti půdy, což není spojeno jen se snížením erozních rizik, ale i se zvýšením využití slunečního záření. Z hlediska hodnocení vlivu pomocné plodiny nelze opomenout ani rozvoj kořenového systému pomocných plodin. Nelze opomenout, že biomasa pomocných plodin zapracovaná do půdy zlepšuje účinnost

a kvalitu plodin tím, že zvyšuje dostupnost biogenních prvků nezbytných pro růst a vývoj hlavních plodin (Brant et al. 2019; Zuk-Golaszewska et al. 2019).

3.4.4 Výživa a hnojení

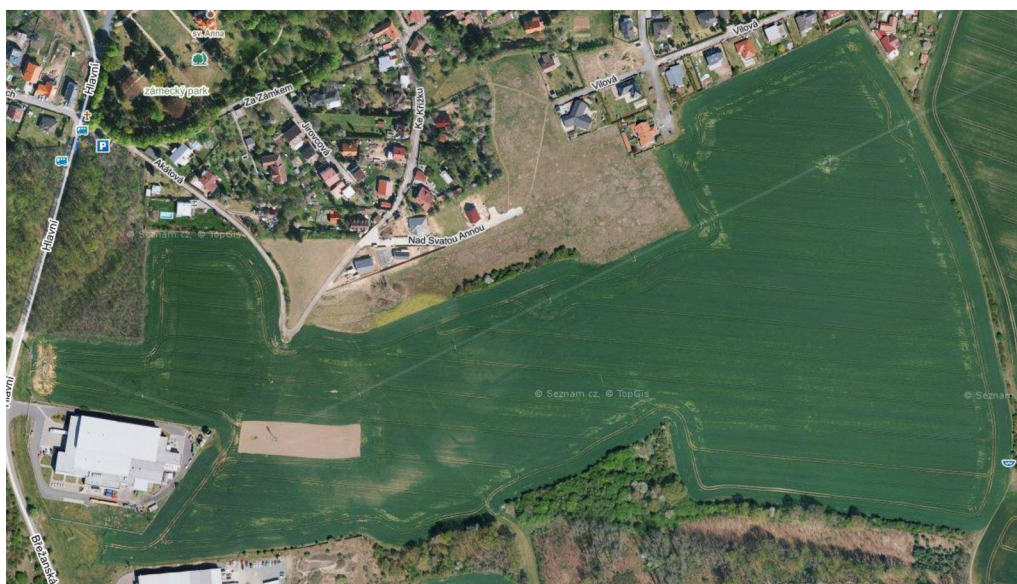
Odborná literatura se tímto tématem zatím nezabývala, ale obecně platí, že luskoviny plní v systému pěstování plodiny hlavní společně s plodinou pomocnou mnoho funkcí. Tato skupina plodin mimo jiné dodává do půdy živiny, konkrétně jsou schopné pomocí symbiózy s hlízkovými bakteriemi rodu *Rhizobium* na kořenech poutat vzdušný dusík. Proto při hnojení hlavní plodiny je třeba počítat s možným přehnojením dusíkem, což může mít negativní vliv na kvalitu zrna (Venclová 2017).

4 Metodika

4.1 Charakteristika pokusné lokality

Pokus byl prováděn na pozemku v blízkosti obce Klíčany, která se nachází severně od Prahy s nadmořskou výškou 264 m. Souřadnicemi toho pozemku jsou 50.2095622N, 14.4407650E a je vyobrazen na obrázku 1. Kód BPEJ (bonitně půdně ekologická jednotka) byl 2.22.13, kde dle prvního čísla, které vyjadřuje klimatický region, se pohybuje průměrná roční teplota v rozmezí 8-9 °C, průměrný úhrn srážek je 500–600 mm a pravděpodobnost suchých vegetačních období je 20-0 %. Podle druhého a třetího čísla, které představují hlavní půdní jednotku, je genetický půdní představitel: kambizem modální, kambizem psefitická, fluvizemě modální, regozem modální, regozem dystická, regozem specifická. Půdními substráty jsou štěrkopísky a písky. Skupina půdních typů je regiozemě. Dle hydropedologické charakteristiky patří do kategorie B, což jsou půdy se střední rychlostí infiltrace a nemají náchylnost k zamokření ani vysychání. Půdy jsou středně ohrožené utužením a také větrnou erozí. Čtvrté číslo, které vyjadřuje sklon a expozici, udává mírnou sklonitost, která je 3,23 ° se všesměrnou expozicí. Podle pátého čísla, vyjadřujícího skeletovitost a hloubku půdy, je půda hluboká 0,6 m a více a je středně skeletovitá s celkovým obsahem skeletu 25-50 % (VÚMOP 2019).

Pokusy byly založeny na pozemcích společnosti AGROSSyn a tato společnost poskytla pro provedení pokusů rovněž agrotechnickou a technickou podporu.



Obrázek 1: Letecký snímek pokusného pozemku, pokusná plocha je na snímku nezasetá (Seznam.cz).

4.2 Založení pokusných ploch

Byl založen pokus, kde bylo ověřováno pěstování ječmene ozimého sladovnického s roztečí řádků 0,3 m s přísevem hrachu setého do meziřádku plnicího funkci pomocné plodiny. Výsev byl proveden 8.10.2020 v lokalitě Klíčany na pozemku farmy Agrossyn. Společně s tímto pokusem byla také založena kontrolní varianta s ječmenem ozimým sladovnickým s roztečí řádků 0,15 m bez pomocné plodiny. Předplodinou obou variant bylo žito seté. Půda byla zpracována dvakrát pomocí Horsch MT, při prvním přejezdu byla půda zpracovávána do hloubky 0,15 m a při druhém přejezdu do hloubky 0,22 m. Zpracování půdy bylo taktéž stejné u obou variant. Pokusy byly založeny secím strojem Falcon 8 PRO Ferth+ QH od firmy Farnet (obr. 2), který umožnil založení plodiny hlavní i pomocné jedním přejezdem. Tabulka 1 znázorňuje varianty pokusu, způsob výsevu, šířku řádků a výsevek jednotlivých plodin. Tabulka 2 znázorňuje datum provedení hnojení, hnojivo a jeho množství, dodané živiny a jejich množství. Ochranu proti škodlivým činitelům dokládá tabulka 3.



Obrázek 2: Založení porostu secím strojem Falcon 8 PRO Ferth+ QH.

Tabulka 1: Varianty založení pokusných ploch.

Varianta	Porost	Způsob výsevu	Šířka řádků	Výsevek
1	Ozimý ječmen a hrách setý	Společný výsev ob řádek	0,3 m ječmen 0,3 m hrách	85 kg/ha 65 kg/ha
2	Ozimý ječmen	Výsev samotné obilniny (kontrola)	0,15 m ječmen	85 kg/ha

Tabulka 2: Provedené hnojení pokusných ploch u obou variant stejné.

Datum aplikace	Hnojivo	Množství hnojiva/ha	Živiny/ množství živin (kg/ha)																					
09.03.2021	LAD, 27% N	150 kg	N	49,5						MgO	6													
09.03.2021	LOVOGRAN	150 kg	N	30,0								S	27,90											
22.04.2021	Bór 150	0,2l			B	0,02																		
22.04.2021	Opti obilniny	3 kg	N	0,4			P ₂ O ₅	0,48	K ₂ O	0,48	MgO	0,1	S	0,54	Cu	0,009	Fe	0,0045	Mn	0,015	Mo	0,0012	Zn	0,0005
10.05.2021	Opti obilniny	2,3431 kg	N	0,3			P ₂ O ₅	0,37	K ₂ O	0,37	MgO	0,07	S	0,42	Cu	0,007	Fe	0,0035	Mn	0,012	Mo	0,0009	Zn	0,0004
10.05.2021	Bór 150	0,3l			B	0,03																		
10.05.2021	Močovina, 46% N	5 kg	N	2,3																				
21.05.2021	K - gel 175	2l							K ₂ O	0,28			S	0,09										
Celkem			N	82,5	B	0,05	P ₂ O ₅	0,85	K ₂ O	1,13	MgO	6,16	S	28,96	Cu	0,016	Fe	0,0080	Mn	0,027	Mo	0,0021	Zn	0,0008

Tabulka 3: Provedená ochrana proti škodlivým činitelům na pokusných plochách u obou variant stejné.

Datum aplikace	Přípravek účinná látka	Škodlivý činitel	Dávka l/ha
29.10.2020	DEFI Evo Duflufenikan, Prosulfurokarb	jednoděložné, dvouděložné plevele	3,33
29.10.2020	Lambo 50 EC Lambda-cyhalothrin	mšice jako přenašeči	0,1
29.10.2020	Agri CCC 750 SL Chlormekvát chlorid	regulace růstu	1,0862
29.10.2020	Glean 75 PX Chlorsulfuron	jednoděložné plevele	0,007
30.10.2020	Lambo 50 EC Lambda-cyhalothrin	mšice jako přenašeči	0,1
22.04.2021	Zumba Florasulam	plevele dvouděložné	0,1
22.04.2021	Capalo Epoxykanazol, Fenpropimorf, Metrafenon	padlí obilovin	1,2
22.04.2021	Moddus Flexi Trinexapak-ethyl	zvýšení odolnosti proti poléhání	0,3
21.05.2021	Rapid Gamma-cyhalothrin	kohoutci	0,08
21.05.2021	Elatus Era Benzovindiflupyr, prothioconazole	hnědá skvrnitost	0,75
21.05.2021	Silwet Star Alkylloxypolyethylenglykol, Heptamethyltrisloxan	zlepšení smáčivosti postřikových kapalin	0,05

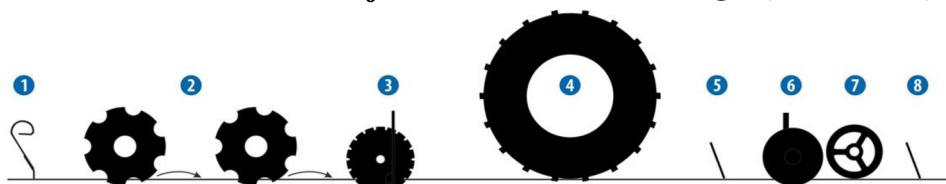
4.2.1 Stroj pro založení porostu

Založení porostu pokusu bylo provedeno strojem Falcon 8 PRO Ferth+ QH od firmy Farnet. Tento secí stroj umožnil založení hlavní i pomocné plodiny jedním přejezdem. Stroj je složen z více sekcí, které jsou znázorněny na obrázku 3. Úkolem první sekce je předzpracovat půdu. Druhá sekce přihnojuje minerálním hnojivem. Součástí třetí sekce je pneumatiký pěch. Čtvrtá sekce je výsevní. Jednotlivé sekce jsou tvořeny částmi. Tyto části jsou znázorněny na obrázku 4. První část je tvořena smykem, který zajišťuje základní urovnání povrchu. V druhé části jsou disky tvořící zónu pro předzpracování půdy, které slouží pro celoplošné zpracování půdy do nastavené hloubky a zajišťuje provzdušnění, urovnání a optimální prokypření půdy.

Třetí částí jsou přihnojovací disky zajišťující uložení granulovaných hnojiv do kořenové zóny budoucích rostlin. Čtvrtá část pomocí pneumatického pěchu zpětně utužuje půdu, což slouží pro účinné vztlínání půdní vody k povrchu půdy. Pátá část finálně urovnává půdu a rozptyluje rostlinné zbytky před založením osiva pomocí prutových bran. Šestá část se skládá ze zóny tvorby seťového lůžka a ukládání osiva, které je ukládáno pomocí dvojdiskové secí botky. Sedmá část bočně přimačkuje osivo, což zajišťuje kyprý prostor nad osivem. Osmá část zakrývá osivo a urovnává povrch nad ním pomocí prutového zavlačovače.



Obrázek 3: Schéma sekci secího stroje Falcon 8 PRO Ferth+ QH (Farmet a.s.).



Obrázek 4: Schéma částí secího stroje Falcon 8 PRO Ferth+ QH (Farmet a.s.).

4.2.2 Pokusný materiál

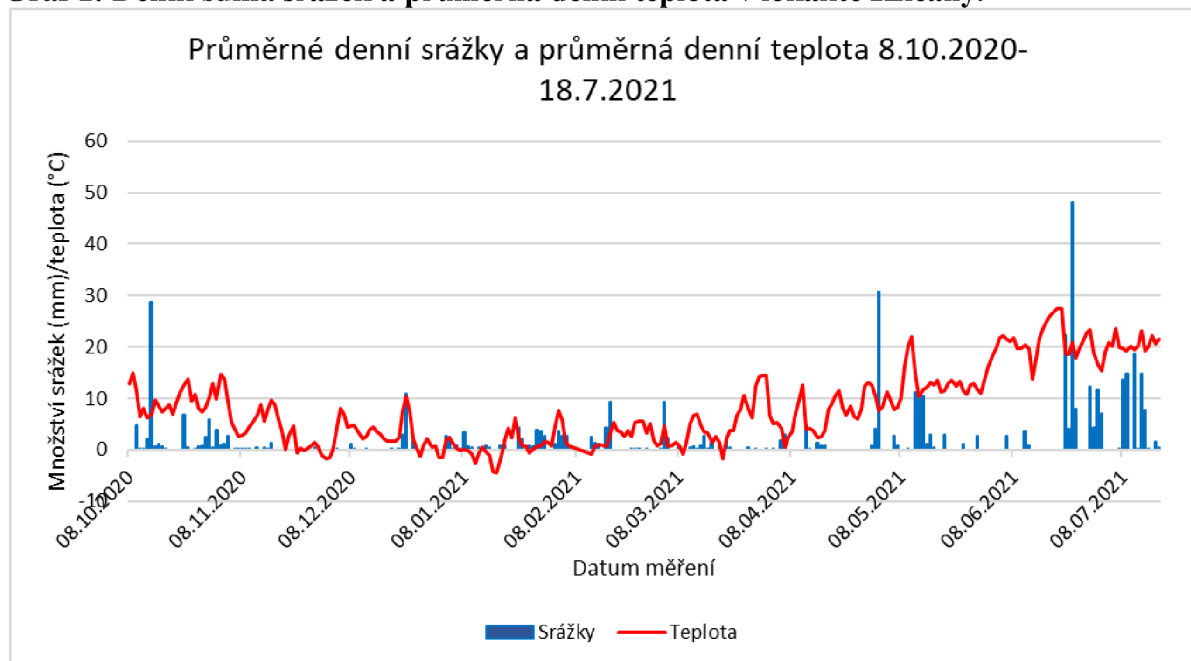
Ječmen ozimý sladovnický – odrůda SY Tepee (udržovatel Syngenta France – Francie)
 Hrách setý jarní – odrůda Avatar (udržovatel Selgen)

4.3 Meteorologické charakteristiky pokusné lokality

Meteorologické údaje byly měřeny pomocí srážkového a teplotního čidla poblíž pokusného pozemku. Tato čidla spadají do sítě meteorologických stanic ISIDOR, které spravuje Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze. Po dobu vegetace bylo pomocí čidel zjištěno, že celkem napršelo 466 mm, což splňuje minimální požadovanou sumu srážek pro pěstování ječmene ozimého sladovnického. Klíčové srážky byly v průběhu prvních 14 dnů růstu, kdy napršelo 40 mm, což pozitivně podpořilo klíčení a následný růst. V průběhu prvních 14 dnů teplota neklesla pod 4 °C, což je hraniční teplota klíčení. Průměrná denní teplota po

dobu vegetace byla 8,2 °C, to odpovídá klimatickému regionu pokusného pozemku. Celková délka vegetace byla 278 dní. Graf 1 znázorňuje denní sumu srážek a průměrnou denní teplotu po dobu vegetace.

Graf 1: Denní suma srážek a průměrná denní teplota v lokalitě Klíčany.



4.4 Charakteristika odrůdy ječmene ozimého

SY Tepee patří k nejvýkonnějším odrůdám sladovnických ozimých ječmenů. Jedná se o středně raný až raný dvouřadý ječmen vhodný do všech oblastí pěstování. Odrůda poskytuje dobrý výnos i v přísuškových oblastech, má velmi dobrou odolnost proti poléhání a lámání stébla. SY Tepee má vyrovnaný zdravotní stav s velmi dobrou úrovní odolnosti proti rzi ječné a rhynchosporiové skvrnitosti. HTZ je vysoká, konkrétně 48 g. Výška rostliny je 0,85 m. Zrno je středně velké až velké a podíl předního zrna je 89 % (Soufflet-agro 2019).

4.5 Charakteristiky odrůdy pomocné plodiny

Avatar je poloraná odrůda typu semi-leafless, která patří k nejvyšším odrůdám hrachu, je velmi vhodná pro pěstování k pícním účelům. Rostliny jsou vysoké (91 cm) s rychlým počátečním růstem. Avatar má vyrovnaný zdravotní stav se střední odolností proti napadení plísní hrachu, komplexu kořenových chorob i komplexu virových onemocnění. Doporučený výsevek je 0,9–1 MKS/ha. Semeno je žluté s válcovitým tvarem, vysokou barevnou vyrovnaností a vysokým výnosem. Výnos dusíkatých látek je vysoký. Patří k odrůdám s nejnižším obsahem antinutričních látek. HTS okolo 265 g (OSEVA, AGRO Brno, spol. s r.o. 2022).

4.6 Hodnocení počtu rostlin

4.6.1 Podzim 2020

Hodnocení počtu rostlin a produkce nadzemní biomasy hrachu 18.12.2020. Počet rostlin hrachu setého byl stanoven v pěti opakováních úhlopříčně na variantě ječmene ozimého s roztečí řádků 0,3 m. Při počítání rostlin byly rostliny odděleny u povrchu půdy a byla u nich následně stanovena suchá hmotnost rostliny.

4.6.2 Jaro

Na každé variantě byly 14.4.2021 odebrány rostliny z délky řádku 0,5 m ve čtyřech opakováních úhlopříčně na variantě. U rostlin byl stanoven počet rostlin, počet odnoží na rostlině a průměrná suchá hmotnost rostliny. Rostliny byly při sušení umístěny odděleně při teplotě 105 °C po dobu 48 hodin.

4.6.3 Stanovení výnosových prvků a výnosu

Na každé variantě byly 30.6.2021 před provedením sklizně sklízecí mlátičkou odebrány rostliny z délky řádku 1 m ve čtyřech opakováních úhlopříčně na variantě. Rostliny byly odebrány i s kořeny. U odebraných rostlin byl stanoven počet rostlin a klasů na hodnocené ploše, počet zrn v klasu, hmotnost tisíce zrn (HTZ). Následně byl stanoven výnos na hektar (t/ha). Všechny materiál byl před vážením usušen při 105 °C po dobu 48 hod.

4.7 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu STATGRAPHICS®*Plus*, verze 4.0, metoda ANOVA (Tukey, $\alpha = 0.05$).

5 Výsledky

5.1 Kontroly porostů

První kontrola porostu byla provedena dne 27.11.2020, kdy byly kontrolovány rostliny hrachu i ječmene. Obrázek 5 (vpravo) dokládá, že rostliny ječmene měly 3 až 4 odnože a na rostlinách hrachu byly již přítomné hlízkové bakterie, což dokládá obrázek 5 (vlevo). Byly zde i nalezeny plevely ve fázi BBCH 11-14 s dominantním zastoupením svízele přítuly, violky rolní, kakostu maličké a penízku rolního.



Obrázek 5: Fotografie hrachu polního s přítomnými hlízkovými bakteriemi při kontrole porostu 27.11.2020 (nalevo). Fotografie z kontroly porostu ječmene ozimého sladovnického s roztečí řádků 0,3 m s hrachem setým využitým jako pomocnou plodinou zasetou do meziřádku provedenou dne 27.11.2020 (napravo).

Další kontrola stavu porostu byla provedena dne 26.2.2021. Při kontrole bylo zjištěno, že rostliny hrachu setého byly poškozeny mrazem. Na hrachu byla vidět také přítomnost hlízkových bakterií, což je vidět na obrázku 6. Ječmen ozimý měl v průměru 5 odnoží. Bylo také zjištěno, že půdní profil byl dobře prokořeněn. Obrázek 7 dokládá rozdíl meziřádkové vzdálenosti u varianty 1, která je vlevo a varianty 2, která je vpravo.



Obrázek 6: Fotografie pořízená dne 26.2.2021 dokládající mrazové poškození hrachu setého a přítomnost hlízkových bakterií na jeho kořenech.



Obrázek 7: Fotografie znázorňující varianty pěstování ječmene ozimého sladovnického pořizena dne 26.2.2021. Varianta 1 je na levé části obrázku a varianta 2 na pravé části.

Další kontrola stavu porostu ječmene ozimého sladovnického, která byla zaměřena na posouzení zaplevelení a kontrolu stavu rostlin, byla provedena dne 9.4.2021. Bylo zjištěno, že rostliny ječmene měly 12-15 odnoží a v rámci řádku byly vyrovnané, což dokládá obrázek 8 (vlevo). V meziřádku byla zjištěna omezená přítomnost nevymrzlých rostlin hrachu ozimého. Omezený počet rostlin hrachu setého v meziřádku umožnil rychlejší vývoj plevelů, konkrétně zde byly objeveny dominantně rostliny úhorníku mnohohlávného, heřmánkovce nevonného a violky rolní, která již vstupovala do fáze kvetení, toto dokládá obrázek 8 (vpravo). Omezeně zde byly také nalezeny rostliny penízku rolního a ptačince žabince. Byly zde také objeveny rostliny ostrožky, které hodně povyrostly. Jednalo se o ostrožku východní.



Obrázek 8: Fotografie pořizena dne 9.4.2021, dokládající vyrovnanost porostu (nalevo). Fotografie ze dne 9.4.2021, na které lze vidět jednotlivou velikost plevelů a počátek kvetení violky rolní (napravo).

5.2 Výsledky hodnocení na podzim

Při hodnocení na podzim, které proběhlo dne 18.12.2020, byly hodnoceny pouze rostliny hrachu setého, u kterých byl zjišťován počet rostlin na hektar, suchá hmotnost rostliny a suchá nadzemní biomasa přepočtená na hektar. Výsledky hodnocení průměrného počtu rostlin hrachu na ha činil 350 tis. Průměrná suchá hmotnost rostliny činila 2,1 g a přepočtená produkce suché nadzemní biomasy činila 0,735 t/ha.

5.3 Výsledky hodnocení na jaře

Tabulka 4 dokládá výsledky hodnocení rostlin ječmene ozimého, které bylo provedeno na jaře dne 14.4.2021. Při kontrole byl zjišťován počet odnoží na rostlině v kusech, průměrná hmotnost rostliny v gramech a celkový počet rostlin na hektar v kusech. Tato kontrola byla provedena u obou variant pokusu, konkrétně při rozteči řádků 0,15 m a 0,3 m. Při kontrole počtu odnoží bylo zjištěno, že ve variantě 1 ječmen lépe odnožoval než ve variantě 2 a to průměrně o 2 odnože na rostlinu. Při hodnocení průměrné suché hmotnosti rostliny měla varianta 1 o 0,08 g větší hmotnost než varianta 2. Při kontrole počtu rostlin na m² bylo zjištěno, že varianta 2 měla o 7,6 více rostlin než varianta 1. Při statistickém hodnocení s 95 % pravděpodobností nebyl zjištěn průkazný rozdíl ani u jednoho jarního sledovaného ukazatele pěstovaného ječmene s variantou rozteči řádků 0,15 a 0,3 m.

Tabulka 4: Průměrný počet rostlin na m², průměrný počet odnoží na rostlině (kusy) a průměrná suchá hmotnost rostliny (g) stanovené na pokusných variantách 14.4.2021. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (ANOVA, Tukey).

varianta		počet odnoží na rostlině (kusy)		průměrná suchá hmotnost rostliny (g)		počet rostlin na m ² (kusy)	
1	rozteč řádků 0,3 m	15,7	a	1,339	a	209,0	a
2	rozteč řádků 0,15 m	13,7	a	1,259	a	216,6	a

5.4 Výsledky hodnocení před sklizní

Tabulka 5 dokládá výsledky hodnocení porostu ječmene ozimého sladovnického, proběhlého dne 30.6.2021. Při tomto hodnocení byl sledován počet rostlin na m² v kusech, počet zrn v klase v kusech, počet klasů na m² v kusech, výnos 100 % sušiny v tunách na hektar a hmotnost tisíce zrn v gramech. Výsledky hodnocení poukazují na redukci počtu rostlin u obou variant, proti měření provedeném 14.4.2021. Při hodnocení počtu rostlin na m² byl zjištěn o 2,5 kusů rostlin vyšší počet u varianty 1. Kdežto při hodnocení počtu klasů na m² byl zjištěn vyšší počet u varianty 2 a to o 179,6 kusů. Ve variantě 2 byl zjištěn vyšší počet klasů na rostlině

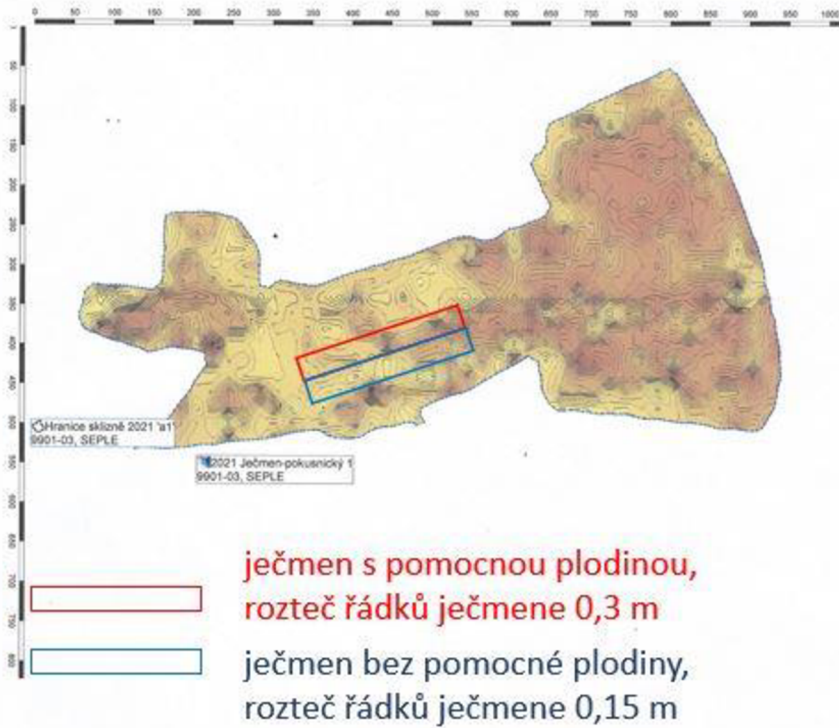
než ve variantě 1 a to v průměru o 1,1 klasu více. Výsledky také dokládají, že při nižším počtu klasů na rostlině, který byl zjištěn u varianty 1, bude vyšší HTZ, a to v průměru o 1,7 g. U varianty 2 byl také zjištěn vyšší výnos o 0,778 t/ha než ve variantě 1. Při statistickém hodnocení počtu klasů na m², počtu zrn v klasu, počtu rostlin na m² a HTZ nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi roztečí řádků 0,15 a 0,3 m. Při statistickém hodnocení počtu klasů na rostlině a výnosu přepočítaném na 100 % sušinu s roztečí řádků 0,15 a 0,3 m byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl při 95 % pravděpodobnosti.

Tabulka 5: Průměrný počet rostlin na m², průměrný počet klasů na jednotku plochy (kusy), počet zrn v klasu (kusy), HTZ (g) a výnos zrna v t/ha na pokusných variantách 30.6.2021. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (ANOVA, Tukey).

varianta		počet klasů na m ² (kusy)		počet zrn v klasu (kusy)		počet klasů na rostlině (kusy)		počet rostlin na m ² (kusy)		výnos (t/ha), 100% sušina		HTZ (g)	
1	rozteč řádků 0,3 m	787,1	a	24,7	a	4,1	a	179,2	a	3,635	a	33,1	a
2	rozteč řádků 0,15 m	966,7	a	24,6	a	5,4	b	176,7	a	4,413	b	31,4	a

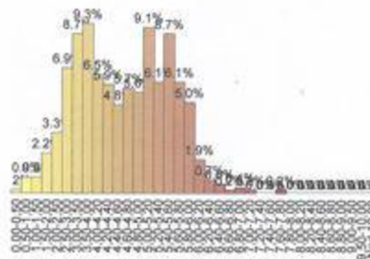
5.5 Výsledky z hodnocení při sklizni

Obrázek 9 dokládá výsledek výnosu zkoušených variant pomocí výnosové mapy vytvořené sklízecí mlátičkou při sklizni dne 18.7.2021. Výnosová mapa také dokládá předpokládaný výnos, který byl vypočten při hodnocení před sklizní dne 30.6.2021.



Hranice 'Hranice sklizně 2021'
Hospodář: AGROSSyn, Bc. Bačina (Klicany)
Hon: 9901-03, SEPLE
Datum: 18.07.2021 15:08:34
Plocha: 21,5564 ha
Vnější linie 'a1': 2 827,10 m

Mapa naměřených hodnot '2021 Ječmen-pokusnický 1'
Hospodář: AGROSSyn, Bc. Bačina (Klicany)
Hon: 9901-03, SEPLE
GPS-datum: 18.07.2021 15:08:34
Hodnoty z mapy:
Oránování pole: 21,5564 ha
Průměr (Ječmen-pokusnický): 4,40 t/ha
Celkové množství (Ječmen-pokusnický): 94,95 t
Histogram pro Ječmen-pokusnický:



Obrázek 9: Výnosová mapa pokusného pozemku (AGROSSyn).

6 Diskuze

V mé práci byl ověřován vliv hrachu setého jako pomocné plodiny na výnos ječmene ozimého sladovnického pěstovaného jako hlavní plodina. Při hodnocení výnosotvorných ukazatelů jednotlivých variant, kterými jsou podle Faméry (1993) počet rostlin, počet plodných stébel, počet klasů na jednotku plochy, počet klásků, počet plodných kvítků, počet zrn v klasu a hmotnost tisíce zrn, lze předpokládat, že u varianty 1, kde byl součástí plochy hrách ozimý, na ně neměl hrách negativní vliv. Nepříznivé povětrnostní podmínky, které byly na podzim a v lokalitě pokusu, vedly k pomalejší vzcházivosti hrachu, což vedlo k nízkému efektu pomocné plodiny. Jako výnosotvorný prvek se spíše projevila šířka řádků, protože i přes obdobný počet rostlin na m^2 , byl u varianty 2 větší počet klasů na rostlině, čímž byl stanoven větší počet klasů na m^2 , a tím byl také vyšší výnos téměř o 1 t/ha, který znázorňoval také průměrný výnos zbytku půdního bloku. Nižší výnos, který se projevil u varianty 1 byl pravděpodobně způsoben vyšší šířkou meziřádku, což uvádějí i Fotiades a Hadjichristodoulou (1984).

Ve variantě 1 je potřeba poukázat, že i přes nižší počet klasů na m^2 a nižším počtu klasů na rostlině měly rostliny v průměru vyšší HTZ, která má vliv na objemovou hmotnost, což je jeden z výkupních parametrů sladovnického ječmene, jak uvádějí i Váňová et al. (2021). Vyšší HTZ však bohužel nezvládla dorovnat nižší počet klasů na m^2 , a to se negativně projevilo na výnosu. Při hodnocení rozdílného výnosu u varianty 1 a 2, kde je statisticky průkazný rozdíl, je potřeba také popřemýšlet nad problematikou, zda výše HTZ není důležitější než vyšší výnos s nižší HTZ. Je vhodné, aby byla problematika tohoto pokusu předmětem dalšího vědeckého zkoumání.

Nesvadba a Leišová-Svobodová (2019) uvádějí, že ozimý sladovnický ječmen je schopen díky prodloužené vegetační době vytvořit větší počet odnoží vedoucí k vyššímu počtu kvítků, vyššímu počtu zrn na klas a vyšší hmotnosti zrna. Tato skutečnost se také projevila při jarním hodnocení odnoží, kde byl jejich průměrný počet 15,7. Vysoký počet odnoží oproti literatuře, byl také důvodem našeho opakovaného přepočítávání, které vedlo ke stejnému výsledku. Při dalším hodnocení počtu odnoží, a to před sklizní, je vidět velká redukce odnoží, což vedlo k průměrnému počtu odnoží 4,1, který se už shodoval s Koprna et al. (2017). Koprna et al. (2017) dále uvádějí, že při vyšším počtu rostlin na m^2 dochází k větší mortalitě odnoží než u rostlin s jejich nižším počtem na m^2 . Přesně toto se projevilo u mého pokusu, kdy při hustotě 179,2 rostlin na m^2 , byl počet odnoží 4,1 oproti 176,7 rostlinách na m^2 , kde byl počet odnoží 5,4, což vedlo i k následnému vyššímu výnosu.

U systému pěstování hlavních plodin společně s pomocnými plodinami obecně platí, že je nežádoucí, aby rostliny pomocné plodiny v počátečních fázích růstu měly větší dynamiku růstu než plodina hlavní, což uvádí i Brant et al. (2019), a proto je důležité, aby byl správně zvolený druh pomocné plodiny. V mém pokusu byla zvolena jarní forma hrachu setého, který neměl negativní vliv na počáteční fáze růstu, díky schopnosti bobovitých rostlin symbiocy s hlízkovými bakteriemi společně se šířkou meziřádku 0,3. Suchý podzim a zima společně s relativně nízkými teplotami, měly pravděpodobně za následek nízké procento přezimovaných rostlin hrachu setého, toto na jaře vedlo k většímu výskytu plevelných společenstev. Hřivna et al. (2013) dokládají, že toto negativní působení snižuje výnos a zvyšují se náklady na hektar.

Při podzimním hodnocení množství vytvořené biomasy hrachu setého byla její produkce 0,735 t/ha a nelze opomenout i množství vytvořené podzemní biomasy, které Brant et al. (2019)

uvádějí, že je $\frac{1}{2}$ až $\frac{1}{3}$ produkce nadzemní biomasy. Toto množství biomasy obsahuje mezi 36,26 až 40,31 kg N/ha, což při dnešním tlaku na snižování pesticidů a umělých hnojiv není zanedbatelné množství. Biomasa kořenů hrachu setého mimo jiné také obsahuje až 3 % draslíku a 0,7 % fosforu a Trávník et al. (2020) uvádějí, že tyto živiny jsou mimo jiné z důvodu malé mobility uchovány v kořenové zóně, a to má pozitivní vliv na následnou plodinu.

Při kontrole konané 27.11. 2020 byla zjištěna přítomnost hlízkových bakterií na kořenech hrachu setého. Možnou přítomnost hlízkových bakterií uvádějí i Konvalina et al. (2007). Pozitivní efekty dostavující se jejich přítomností nejsou zanedbatelné, zejména jejich fixace vzdušného dusíku, který je již vázán na podzim a má pozitivní vliv na růst v zimním období. Tuto skutečnost uvádějí také Venclová (2017) a Brant et al. (2019). Tato forma dusíku je také přijatelnější pro rostliny, což zvyšuje jeho využitelnost.

Meteorologické údaje, které jsou v grafu 1 dokládají, že vegetační rok, kdy byl pokus ověřován, byl celkovým úhrnem srážek podprůměrný a projevilo se to také na průměrném výnosu ječmene v lokalitě pokusu. Při detailnějším rozboru srážek bylo zjištěno, že v průběhu druhé poloviny června a v období července do sklizně, byl celkový úhrn srážek 189 mm, což byl také důvod opožděné sklizně. Tyto srážky byly nerovnoměrně rozděleny v rámci celé republiky, jak uvádějí i Štranc et al. (2021). Sklizeň by měla podle nich probíhat mezi koncem června a v prvních 10 dnech července.

Při pěstování ozimého sladovnického ječmene nebylo možné jednoznačně říct, zda širší řádky jsou cesta z hlediska posunu pomocných plodin při zachování stejného výnosu. Nicméně je to téma, které by bylo vhodné dále ověřovat, protože se sníženým výsevkem ozimý ječmen z hlediska odnožování reaguje lépe než jarní a je třeba hledat cesty k úspoře osiva, které vedou nejen k téměř zanedbatelným rozdílům v celkové ceně osiva, ale vznikají zde nižší náklady na vstupy a pohonné hmoty, a také zde vzniká vyšší plošná výkonnost z důvodu menšího počtu plnění secího stroje, což udávají i Brant & Šmöger (2019). Každopádně rok, ve kterém byl pokus založen, ukazuje na to, že u ozimého sladovnického ječmene není vhodné používat rozteč řádku 0,3 m, protože to vedlo ke snížení výnosu při vyšší hustotě rostlin v řádku než u varianty 2.

7 Závěr

- Rozteč řádků 0,15 m se projevila jako výnosnější než varianta 1 s roztečí řádků 0,3 m a pomocnou plodinou.
- U varianty s roztečí řádků 0,15 m i u varianty s roztečí řádků 0,3 m se projevila redukční schopnost odnoží ječmene ozimého, kdy byl jarní počet odnoží zredukován do sklizně o 86 %.
- Průměrný výnos ječmene u kontrolní varianty byl o 1,64 tuny na hektar nižší, než byl celorepublikový průměr v daném roce.
- Efekt pomocné plodiny nebyl ve vegetačním roce pokusu průkazný, a proto je doporučeno další zkoumání problematiky.

7.1 Potvrzení hypotézy

Před založením pokusu byla stanovena hypotéza, že pěstování ozimého sladovnického ječmene v širších řádcích s pomocnou plodinou nevede k redukci výnosu. Tato hypotéza byla výsledky pokusu vyvrácena. Předpokládaným důvodem byly nepříznivé meteorologické vlivy. Dalším důvodem byla pravděpodobně vyšší hustota porostu v rámci řádku oproti variantě 2, kdy byl stejný výsevek jako ve variantě 1.

8 Literatura

- Alley MM, Pridgen TH, Brann DE, Hammons JL, Mulford RL. 2009. Nitrogen fertilization of winter barley: principles and recommendations. Virginia state university, Virginia.
- Amossé C, Jeuffroy MH, Celette F, David C. 2012. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. *European Journal of Agronomy* **49**:158-167.
- Armstrong RD, Millar G, Halpin NV, Reid DJ, Standley J. 2003. Using zero tillage, fertilisers and legume rotations to maintain productivity and soil fertility in opportunity cropping systems on a shallow Vertosol. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **43**:141-153.
- Austin RB, Bingham J, Blackwell RD, Evans LT, Ford MT, Morgan CL, Taylor M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *Journal of Agricultural Science* **94**:675-689.
- Badr A, M K, Sch R, El Rabey H, Effgen S, Ibrahim HH, Pozzi C, Rohde C, Salamini F. 2000. On the Origin and Domestication History of Barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution* **17**:499-510.
- Baier J. 1962. Abeceda výživy rostlin. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Böhler D, Dierauer H. 2017. Messerwalze statt Glyphosat. *LOP* **5**:39-43.
- Brant V, Fuksa P, Hakl J, Jursík M, Kroulík M, Prokinová E, Škeříková M, Šmöger J, Záborský P. 2020. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy. Agrární komora ČR, Praha.
- Brant V, Kroulík M, Záborský P, Škeříková M, Kunte J, Lukáš J. 2017a. Vliv pěstební technologie na růstové parametry rostlin hrachu (*Pisum sativum* L.). *Úroda* **65**:113-120.
- Brant V, Kroulík M, Šmöger J, Záborský P, Škeříková M, Hamouz P, Tyšer L. 2019. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Kurent, Praha.
- Brant V, Kroulík M, Pivec J, Záborský P, Hakl J, Holec J, Kvíz Z, Procházka L. 2017b. Splash Erosion in Maize Crops under Conservation Management in Combination with Shallow Strip – tillage before Sowing. *Soil and Water Research* **12**:106-116.
- Brant V, Pivec J, Fuksa P, Neckář K, Kocourková D, Venclová V. 2011. Biomass and energy production of catch crops in areas with deficiency of precipitation during summer period in central Bohemia. *Biomass and Bioenergy* **35**:1286-1294.
- Brant V, Záborský P, Škeříková M, Kroulík M, Hofbauer M, Nýč M, Kunte J. 2018. Hrách – pomocná plodina v ozimé pšenici. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Brant V, Neckář K, Žamboch M, Hlavičková D. 2005. Keimfähigkeit von Sommerwischenfrüchten bei unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit. „Wasser und Pflanzenbau – Herausforderungen für zukünftige Produktionssysteme“ **48**:66-67.
- Brant V, Smöger J. 2019: Pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou. *Moje půda*. 11-13.
- Cousin R. 1997. Peas (*Pisum sativum* L.). *Field Crops Research* **53**:111-130.
- Crabtree RJ, Prater JD, Mbolda P. 1990. Long-Term Wheat, Soybean, and Grain Sorghum Double-Cropping under Rainfed Conditions. *Agronomy Journal* **82**: 683-686.
- Černý L, Vašák J, Křováček J, Hájek M. 2007. Jarní sladovnický ječmen. Pěstitelský rádce. Kurent s.r.o., Praha.

- Diviš J, Jůza J, Moudrý J, Vondryš J, Bárta J, Štěrbá Z. 2010. Pěstování rostlin. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Doltra J, Olesen JE. 2013. The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereals in organic farming under Nordic climate. *European Journal of Agronomy* **44**:98-108.
- Dou Z, Fox RH, Toth JD. 1994. Tillage effect on seasonal nitrogen availability in corn supplied with legume green manures. *Plant and Soil* **162**:203-210.
- Eglinton JK, Evans DE, Brown AHD, Langridge P, McDonald G, Jefferies SP, Barr AR. 1999. The Use of Wild Barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) in Breeding for Quality and Adaptation. Australian barely technical symposium. Available from <http://www.regional.org.au/au/abts/1999/eglinton.htm#TopOfPage> (accessed December 2021).
- Faget M, Liedgens M, Feil B, Stamp P, Herrera JM. 2012. Root growth of maize in an Italian ryegrass living mulch studied with a non-destructive method. *European Journal of Agronomy* **36**:1-8.
- Faměra O. 1993. Základy pěstování ozimé pšenice. Institut výchovy a vzdělání MZe ČR, Praha.
- Finch S, Kienegger M. 1997. A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host-plant selection by pest insects of brassica crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **84**:165-172.
- 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 2022).
- Gentry LE, Snapp SS, Price RF, Gentry LF. 2013. Apparent Red Clover Nitrogen Credit to Corn: Evaluating Cover Crop Introduction. *Agronomy Journal* **105**:1658-1664.
- Hiltbrunner J, Streit B, Liedgens M, 2007. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover?. *Field Crops Research* **102**:163-171.
- Hoffman ML, Regnier EE, Cardina J. 1993. Weed and corn (*Zea mays*) response to a hairy vetch (*Vicia villosa*) cover crop. *Weed Technology* **7**:594-599.
- Houba M. 2011. O luskovinách – hrách setý (2. část). *Farmář* **17**:34-35.
- Hraško J, et al. 1985. Pôda a výživa rastlín. *Príroda*, Bratislava.
- Hřivna L, Běhal R, Richter R. 2013. Přímé náklady vynaložené na pěstování ječmene se mohou lišit. Pages 39-40 in Bezdíčková A, Vašák J, editors. *Kompendium 2013. Intenzita a kvalita. Sdružení pro ječmen a slad, Kralupy nad Vltavou.*
- Kintl A, Elbl J, Lošák T, Vavřková MD, Nedělník J. 2018. Mixed Intercropping of Wheat and White Clover to Enhance the Sustainability of the Conventional Cropping System. Effects on Biomass Production and Leaching of Mineral Nitrogen **10**:3367.
- Knauer N. 1993. *Ökologie und Landwirtschaft*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Konvalina P, Moudry J, Kalinova J, Capouchova I, Stehno Z. 2008. Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Konvalina P, Moudrý J, Kalinová J, Moudrý J. 2007. Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita, České Budějovice.

- Koprna R, Spíchal L, Petrásek J. 2017. Nové možnosti optimalizace počtu odnoží a zvýšení výnosové jistoty u obilnin. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Křováček J. 2021. Ústní sdělení, Praha.
- Mansfeld R. 1952. Zur Systematik und Nomenklatur der Hirsens, *Der Züchter* **22**:304-315.
- Michalec Z. 1997. Člověk a rostliny. Práce, Praha.
- Miralles DJ, Slafer GA. 2007. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced?. *Journal of Agricultural Science* **145**:139-149.
- Míša P. 2001. Zakládání porostů a hnojení ozimého ječmene. Profi Press. Available from <https://uroda.cz/zakladani-porostu-a-hnojeni-ozimeho-jecmene/> (accessed December 2021).
- Munzar J. 1923. Obilniny na základech vědeckých i praktických. J. Otto, Praha.
- Nerad J, et al. 1996. Hnojení plodin. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno.
- Nesvadba Z, Svobodová L. 2019. Srovnání vybraných parametrů sladovnické jakosti v genofondu ozimého ječmene. *Obilnářské listy* **27**:62-67.
- OSEVA, AGRO Brno, spol. s.r.o. 2022. Available from <https://www.oseva-agro.cz/index.php/luskoviny/hrach-sety> (accessed March 2022).
- Petr J, Húska J. 1997. Speciální produkce rostlinná - I. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Prokeš J. 2004. Současné požadavky na jakost základní suroviny – sladovnického ječmene. Page 178 in *Řepařství & Sladovnický ječmen*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Psota V. 2011. Ozimý ječmen z hlediska sladovnického. *Kvasný průmysl* **47**:66-68.
- Reynolds MP, Pellegrineschi A, Skovmand B. 2005. Sink – limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Annals Applied Biology* **146**:39-49.
- Roldán A, Caravaca F, Hernández MT, Garcí C, Sánchez-Brito C, Velásquez M, Tiscareño M. 2003. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). *Soil and Tillage Research* **72**:65-73.
- Seidel N, Gläser H. 2017. Mit Begleitpflanzen den Raps unterstützen. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug* **5**:34-37.
- Soufflet-agro. 2019. Available from http://www.soufflet-agro.cz/media/filer_public/7f/9e/7f9e014e-b931-4130-ac5d-f1f4754133a9/sa_katalog_podzim_2019_web.pdf (accessed March 2022).
- Stehlík V, et al. 1968. *Naučný slovník zemědělský 2, E-J*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Struik PC, Bonciarelli F. 1997. Resource use at the cropping system level. *Developments in Crop Science* **25**:179-189.
- Sweeney DW, Moyer JL. 1995. Legume and tillage effects on prairie soil nitrogen and penetration resistance. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **26**:155-168.
- Štranc P, Procházka P, Štranc D. 2021. Vývoj počasí a výsledky odrůdových pokusů se sójou v roce 2020/2021. Pages 178-186 in Škeřík J, Hnilička R, editors. *Sborník pěstování olejnin v sezóně 2020/2021*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha.
- Theunissen J, Booij CJH, Lotz LAP. 1995. Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **74**:7-16.

Trávník K, et al. 2020. Metodický návod pro hnojení plodin. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno.

Váňová M, Jirsa O, Hledík P. 2021. Výnos a kvalita jarního ječmene po cukrovce pěstované po různých předplodinách a různém zpracování půdy v pokusech z roku 2019 a 2020. Pages 10-14 in Bezdíčková A, Vašák J, editors. Kompendium 2021. Ječmen byl před covidem a bude i po něm. Klíčem k úspěchu je kvalita. Spolek pro ječmen a slad a Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Venclová B. 2017. Hlízkové bakterie ve výživě sóji. Profí press. Available from <https://uroda.cz/hlizkove-bakterie-ve-vyzive-soji/> (accessed March 2022).

Vrignon-Brenas S, Celette F, Piquet-Pissaloux A, Corre-Hellou G, David C. 2018. Intercropping strategies of white clover with organic wheat to improve the trade-off between wheat yield, protein content and the provision of ecological services by white clover. *Field Crops Research* **224**:160-169.

VÚMOP. 2019. Ministerstvo zemědělství ČR. Available from <https://bpej.vumop.cz/22213> (accessed March 2022).

Wyss B. 2007. Streifenfrässaar Schweiz – Reihenfrässaar, SWC Technologie. Streifenfrässaar, Schweiz.

Zuk-Golaszewska K, Wanic M, Orzech K. 2019. The role of catch crops in in the field plant production – a review. *Journal of Elementology* **24**:575-578.

9 Seznam použitých zkratk a symbolů

LA – ledek amonný

LAV – ledek amonný s vápencem

LAD – ledek amonný s dolomitem

GNSS – globální navigační satelitní systém

ZVÚ – výzkumný zemědělský ústav