

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Vliv počtu rostlin na výnos ozimé pšenice v rámci
technologií přesného setí**

Bakalářská práce

Autor práce: Ladislav Paclt

Vedoucí práce: doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv počtu rostlin na výnos ozimé pšenice v rámci technologií přesného setí" jsem vypracoval(a) 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(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za trpělivost a mnoho cenných rad při psaní práce.

Vliv počtu rostlin na výnos ozimé pšenice v rámci technologií přesného setí

Souhrn

Pšenice setá ozimá (*Triticum aestivum* L.) je nejpěstovanější obilninou v České republice. Osevní plochy se pohybují na úrovni cca 795 000 ha. Kvalitně provedené setí je dobrým základem pro utváření struktury porostu během vývoje, která se následně promítá do výnosu a kvality produkce. Struktura porostu je utvářena především počtem rostlin na jednotku plochy, tedy výší výsevku. V tradiční zemědělské praxi se výše výsevku určuje především podle termínu setí a zemědělské výrobní oblasti přepočtem MKZ pomocí HTZ na váhu v kg. Osivo je tedy vyséváno pouze s přesností na kg, nikoliv na jednotlivá semena. Běžně používané secí stroje navíc nejsou schopny takto přesně osivo vysévat.

Cílem této bakalářské práce bylo na základě přesných polních pokusů posoudit vliv rozdílných výsevků při přesném setí na výnos pšenice. Je známo, že rostliny pšenice disponují mimořádnou kompenzační schopností, která spočívá především v odnožování rostlin. Při přesném rozmístění semen na jednotce plochy, které maximálně eliminuje kompetici mezi rostlinami, by tedy i při sníženém výsevku neměl prokazatelně klesnout výnos. Navíc byl posuzován vliv aplikace hnojiva při setí do zóny kořenů rostlin.

Přesné polní pokusy probíhaly v hospodářském roce 2014 – 2015 na lokalitě Budihostice (střední Čechy), GPS koordináty 50°17'48.664"N, 14°14'36.130"E. Pro založení porostů, které proběhlo 3. 10. 2014, bylo využito testovacího modulového secího stroje firmy Farnet se záběrem 1,5 m a s použitím systému přesného setí. K zonální aplikaci do hloubky 85 a 180 mm při setí bylo použito hnojivo NPK (15-15-15) v jednotné dávce 80 kg.ha⁻¹. Výsevek se na pokusných plochách pohyboval v rozmezí 200 až 350 zrn na m². Kontrolní varianta představující konvenčně založený porost byla založena s počtem 450 zrn na m². Celkem bylo založeno šest variant bez přihnojení s hloubkou kypření 85 a 180 mm, šest variant s přihnojením NPK (15-15-15) s uložením hnojiva do hloubky kypření 85 a 180 mm a varianta kontrolní. Sklizeň proběhla 30. 7. 2015.

Rozdíly v počtu jedinců se primárně projeví na počtu klasů na jedné rostlině. Tento faktor byl nejvýznamnějším výnosotvorným prvkem. Nižší výnos ve srovnání s kontrolou, která dosáhla výnosu 9,509 t.ha⁻¹, byl stanoven na plochách s počtem rostlin pod 200 kusů na m². Na plochách s počtem rostlin přesahujícím 200 kusů na m² byl mimo jedné varianty stanoven vyšší výnos. U variant s počtem rostlin vyšším než 230 kusů na m² byl na plochách

s hnojením stanoven vyšší výnos než na plochách bez hnojení. Tyto rozdíly však nebyly statisticky průkazné. Vliv zonálního hnojení se tedy jednoznačně neprokázal.

Provedené experimenty prokázaly, že snížení počtu rostlin na jednotku plochy může na základě kompenzační schopnosti porostu zajistit obdobné výnosy jako konvenční varianta.

Klíčová slova: setí, pšenice ozimá, struktura porostu

The influence of the number of plants on the yield of winter wheat in the context of precision seeding technologies

Summary

Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) is the most commonly grown cereal in the Czech Republic. The sowing area covers about 795 000 hectares. Quality seed is a good basis for the formation of stand structure during development, which is reflected in the yield and quality of production. The structure of the stand is shaped primarily by the number of plants per unit area, thereby the amount of seed rate. In traditional agricultural practice, the amount of seed rate is determined mainly by sowing date and agricultural production area. It is used conversion MKZ to weight in kg. Required quantity of seed is therefore given in kg and not in seed number. Commonly used seeding-machines moreover, are not able to precisely follow the seed sown.

The aim of this study was based on field experiments to assess the effect of different seeding rates in precision sowing on wheat yield. It is known that wheat plants have exceptional compensation capability, which consists mainly in tillering. When precise positioning of seeds per unit area, which maximally eliminates competition between plants, therefore, even in reduced seed rate should not shown to decrease yield. It was also evaluated the effect of the application of fertilizer during sowing into the zone of plant roots.

Field experiments were carried out in the years 2014 - 2015 in the locality Budihostice (Central Bohemia), GPS coordinates 50 ° 17'48.664 "N, 14 ° 14'36.130" E. For seeding carried out 3. 10. 2014 was used test modular drill Farnet with width of 1.5 m and with the use of precision seeding. The zonal application to a depth of 85 and 180 mm at seeding was used NPK fertilizer (15-15-15) in a uniform dose of 80 kg.ha⁻¹. Seed rate in the experimental plots ranged from 200 to 350 grains per m². Control variant representing conventionally planting was established with a seed rate of 450 grains per m². Total was based six variants without fertilization, six variants with the location of the fertilizer to a depth loosening of 85 and 180 mm and the control variant. Harvest was 30. 7. 2015.

Differences in the number of plants are primarily reflected in the number of ears on a single plant. This factor was the most important yield-forming element. Lower yield compared with the control variant, which achieved yield 9,509 t.ha⁻¹, was set on plots with the number of plants under 200 pieces per m². In areas with a number of plants more than 200

pieces per m² was beyond one variant set higher yield. Variants with the number of plants more than 230 pieces per m² and fertilization achieved a higher yield than areas without fertilization. These differences were not statistically significant. Influence of zonal fertilization was not surely proved.

The experiments have shown that reducing the number of plants per unit area may be due stand compensation capability provide similar yields as conventional variant.

Keywords: sowing, winter wheat, stand structure

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíle práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Porosty polních plodin	11
3.1.1 Základní charakteristika	11
3.1.2 Vliv struktury porostu na výnos	12
3.1.2.1 Konkurence prostorová.....	14
3.1.2.2 Voda a živiny.....	15
3.1.2.3 Sluneční záření	17
3.1.2.4 Porostní klima.....	19
3.2 Pšenice setá	21
3.2.1 Základní charakteristika	21
3.2.2 Struktura porostu.....	22
3.2.3 Současná pěstitelská technologie.....	24
3.3 Přesné setí	25
3.3.1 Charakteristika technologie.....	25
3.3.2 Přesné setí pšenice	26
3.4 Ekonomika pěstování	28
3.5 Variabilní setí – Možnost do budoucna v kombinaci s přesným setím	29
4 Materiál a metody	31
4.1 Charakteristika pokusného stanoviště	31
4.2 Metodika pokusu	31
4.3 Výsledky.....	34
5 Diskuse	38
6 Závěry a doporučení	40
7 Seznam literatury	41

1 Úvod

Obiloviny patří k nejstarším zdrojům potravy a provázejí lidskou společnost prakticky po celou dobu jejího historického vývoje. Vhodně zpracované obilniny jsou v celosvětovém měřítku nejvýznamnějším donátorem energie formou sacharidů. Mezi nejvýznamnější obilniny v současnosti pěstované patří pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) (Sýkorová, 2008). Pšenice je nejrozšířenější obilninou i v České republice. Vzhledem k její vysoké přizpůsobivosti a velkému množství odrůd s rozdílnými nároky se úspěšně pěstuje v nejrůznějších oblastech státu (hlavně řepařská výrobní oblast), ale i méně příznivých podmínkách, kde však vyžaduje nejlepší půdy a dobré hnojení. V České republice převažuje pěstování ozimé pšenice, která poskytuje stabilní a vysoké výnosy kvalitního zrna dosahující při intenzivní produkci 8 – 9 t.ha⁻¹ (Vaněk a kol., 2013). Osevní plochy v České republice jsou v současnosti na úrovni cca 795 tis. ha (Hrbek, 2016).

Výnos ozimé pšenice a konečná kvalita produkce je ovlivňována mnoha faktory, zahrnujícími mimo jiné i vhodně zvolenou agrotechniku (Zecevic et al., 2014). Vlastní setí je důležitým článkem zakládání porostů. Nekvalitně provedené setí, navíc nevhodnou technikou, se těžko napравuje a projevuje se prakticky až do sklizně na stavu porostu a následně se promítá i do kvality sklizené produkce. V současnosti je nejrozšířenější řádkové setí s nejčastější meziřádkovou vzdáleností 125 mm. Výsevky se pohybují mezi 2,5 – 6 MKZ.ha⁻¹ podle termínu výsevu a oblasti. (Zimolka a kol., 2005).

S neustálým rozvojem technologií a snahou o optimalizaci nákladů rostlinné výroby se začíná postupně prosazovat trend precizního zemědělství. Tradiční zemědělská praxe nepracuje s variabilitou v rámci jednotlivých pozemků. To může vést například k přehnojování pozemků či nepotřebné a nadbytečné aplikaci pesticidů. Hlavní smysl precizního zemědělství spočívá v maximálním přizpůsobení vstupů do výroby variabilitě výrobního prostředí (jednotlivých pozemků) s cílem snížit fixní náklady a zátěž životního prostředí (Heege, 2013). Vztaheno na problematiku setí, které se v této souvislosti označuje jako variabilní, to znamená přizpůsobení výše výsevku variabilitě pozemku za účelem snížení množství potřebného osiva, spoléhaje při tom na kompenzační schopnost pšenice. Pro účely variabilního setí jsou nutné přesné secí stroje, schopné vysévat osivo s přesností na jednotlivá semena (Brant a kol., 2015).

2 Cíle práce

Cílem práce je stanovit vliv rozdílné hustoty výsevu na vývoj a výnos porostů ozimé pšenice.

Hypotéza: Snížení počtu rostlin na jednotku plochy nemá průkazný vliv na snížení výnosu ozimé pšenice.

3 Literární rešerše

3.1 Porosty polních plodin

3.1.1 Základní charakteristika

Obecně lze strukturu porostu charakterizovat jako prostorové uspořádání nadzemních orgánů rostlin v populaci rostlin. Listy a ostatní fotosyntetické orgány přijímají solární energii a zároveň za jejich pomoci probíhá výměna plynů. Struktura porostu tedy ovlivňuje výměnu energie, látek a plynů rostlin v porostu (Campbell and Norman, 1990).

Základy fyziologické charakteristiky porostu je možno odvodit z růstové analýzy. Je založena na určení indexu listové plochy (LAI) neboli pokryvnosti listoví. Tento index udává plochu listů schopnou fotosyntetizovat (počítaje v to i další orgány obsahující chlorofyl) vzhledem k ploše, kterou má porost k dispozici. Je výchozí charakteristikou pro hodnocení čistého výkonu asimilace porostů. Při srovnání produkční kapacity plodin a jejich porostů se používají průměrné hodnoty, minima a maxima za vegetační období a v určitých fázích růstu, např. u pšenice je hodnota LAI 4 – 6 (Keller et al., 1997).

Organizaci rostlin v monokulturách a rostlinných společenstvech lze popsat pomocí čtyř typů rozmístění rostlin v porostu: pravidelný, polo-pravidelný, náhodný a shlukovitý. Pravidelné rozmístění znamená organizaci rostlin do vrcholů pravidelného rovnoběžníku. Příkladem tohoto typu může být ovocný sad nebo plodiny seté do čtverce či šestiúhelníku. Polo-pravidelný typ rozmístění představuje organizaci rostlin do řádků. Vzdálenost uvnitř řádků je ovšem náhodná. Takto se pěstuje mnoho polních plodin, například obilniny. U třetího typu jsou rostliny rozmístěny náhodně. To znamená, že v jakémkoliv libovolném místě je stejná pravděpodobnost, že tam poroste rostlina. Rostliny rozmístěné podle čtvrtého typu jsou uspořádány ve shlucích. Pro určení, o jaký typ rozmístění v monokultuře či rostlinném společenstvu se jedná, je nutné vypočítat hustotu rostlin v populaci, tj. počet jednotlivých druhů rostlin na jednotku plochy (hlavně u rostlinných společenstev). Pro pravidelné a polo-pravidelné rozmístění rostlin je dále nutno znát vzdálenost mezi rostlinami nebo mezi řádky. Pro pravidelné rozmístění rostlin musí být rovněž stanoveny úhly vrcholů rovnoběžníku. Pro náhodné rozmístění je podstatná pouze hustota porostu. U shlukovitého typu organizace porostu je možné předpokládat, že rozmístění uvnitř shluku je náhodné, a definovat na základě toho velikost a rozmístění shluků (Campbell and Norman, 1990).

Podle Pavlů a kol. (2006) lze strukturu porostu rozdělit vertikálně a horizontálně. Horizontální struktura označuje uspořádání rostlin na ploše při pohledu shora. Vertikální

struktura vyjadřuje rozložení biomasy rostlin v jednotlivých patrech nad půdním povrchem, někdy se udává i rozvrstvení kořenové hmoty pod zemí.

Pokud tedy výše popsané charakteristiky vztáhneme na strukturu porostů polních plodiny, lze ji charakterizovat jako uspořádání rostlin na jednotce plochy (hustotu), která je dána vzdáleností rostlin v řádku a meziřádkovou vzdáleností. Hustota porostu koreluje s architekturou rostliny. Optimální morfologická struktura jedince a zvláště pak porostu je základním předpokladem pro maximální využití vegetačních faktorů, zejména světla, vody a rozhoduje o průběhu růstu a produktivitě porostu. Morfologická struktura porostu do určité míry určuje distribuci světla a rychlost výměny plynů, především CO₂ v porostu. Tím jsou určeny základní prvky mikroklimatu v kultuře. Porost by měl mít obecně takovou hustotu a morfologickou strukturu, aby produkční procesy byly limitovány jen vnějším přínosem energie, nikoli vnitřními faktory v rostlinách. U polních plodin je volen většinou takový počet rostlin na ploše, při němž jsou rozměry jedince po větší část vegetace podstatně menší, než jaké by byly při pěstování jednotlivých rostlin v širokých sponech. Produktivita porostů nebývá limitována růstovými procesy, nýbrž je omezena především přísunem živin, vody či záření, nebo jinými vnějšími faktory. Tito činitelé, zvláště voda a hnojení, výrazně ovlivňují vedle počtu rostlin na ploše vytváření morfologické struktury porostu (Petr a kol., 1980).

Výnos obilnin je obecně utvářen třemi složkami: již zmíněnou hustotou rostlin uváděnou jako počet klasů/m², počtem zrn v klasu a individuální hmotností zrna (uvádí se jako hmotnost tisíce zrn). Projev jednotlivých složek je výsledek konkurenčních vztahů o světlo, vodu a živiny příp. asimiláty v rámci rostliny i mezi rostlinami a je řízen hormonálně. Hustota porostu a počet zrn v klasu lze významně upravit agrotechnickými opatřeními, zatímco hmotnost tisíce zrn je na podmínkách vnějšího prostředí méně závislá. (AGES, 2014).

Je žádoucí pěstovat a sklízet porosty poskytující vysoké výnosy, ovšem je nutno brát zřetel i rentabilitu produkce. To znamená optimalizaci nákladů na hektar tak, aby náklady na jednotku produkce nepřevýšily její výkupní cenu. Z toho vyplývá, že není primárním ukazatelem rentability pouze úroveň výnosu, ale úroveň výnosu vzhledem k nákladům (Šroller a kol., 2001).

3.1.2 Vliv struktury porostu na výnos

Výnos polních plodin je vytvářen životními procesy během ontogeneze. Výnos vzniká na základě vztahu půda – rostlina – klima. Maximálního výnosu je možné dosáhnout jen tehdy, pokud se během ontogeneze optimálně vyhoví požadavkům rostliny na jednotlivé

faktory. Opatřeními v rostlinné výrobě zajišťujeme úpravu podmínek, které rostliny požadují. Jedná se o soustavu opatření, které zajišťují rostlinám nejvhodnější podmínky pro využití výživných látek a jejich přeměnu na sloučeniny potřebné pro růst a vývin. (Špaldon et al., 1982).

Mezi základní opatření, kterým vytváříme vhodné podmínky pro založení a následný růst a vývoj porostů je zpracování půdy. Vhodné načasování a provedení je velmi důležité, neboť se jedná o finančně nákladnou operaci. Představuje až 40 % energetických vstupů do technologie pěstování. Pokud je předset'ové zpracování půdy provedeno ve vhodném termínu a kvalitně, vytváří dobré předpoklady pro efektivní využití produkčních faktorů, které zajišťují optimální strukturu porostu, tvorbu výnosu i kvalitu produkce. Další významná operace je samotné založení porostu. I u setí jsou podobné nároky jako při přípravě půdy, tedy že musí být provedeno kvalitně vhodnou technikou a ve správný čas. Není vhodné tyto požadavky podceňovat, protože následky se velmi těžko napravují a projevují se prakticky až do sklizně. (Zimolka a kol., 2005).

Kvalitně provedené setí a vhodně zvolená hustota porostu má přímý vliv na architekturu rostliny, z ní vyplývající strukturu porostu a mikropodmínky jednotlivých rostlin, rozhodující pro růst kořenů a prostor pro odnožování. Využití produkčních faktorů (výnosotvorné prvky) se odvíjí od struktury porostu (Šilha, 2008).

Obecně lze vliv struktury porostu na jeho vývoj a stav popsat tak, že pokud není v rámci jeho charakteristiky vyhověno nárokům oné konkrétní pěstované plodiny, nastává pro ni stresová situace. Stresové situace se podle příčiny dělí do dvou kategorií na biotické a abiotické podle toho, jestli je způsobují biotické či abiotické faktory. Biotické stresové situace pocházejí ze vztahů mezi organismy, zatímco abiotické jsou založeny na interakcích mezi organismy a životním prostředím. Přesněji řečeno, biotické stresory jsou biologické povahy a patří sem zejména působení patogenů (viry, mikroby, houby), a konkurenčních druhů rostlin (alelopatie, parazitismus) a poškození rostliny způsobené živočichy. Abiotické stresory jsou povahy fyzikální nebo chemické a patří sem zejména příliš vysoká nebo příliš nízká ozáření, extrémní teploty (vysoké či nízké), nedostatek vody i zaplavení stanoviště vedoucí k nedostatku kyslíku, nedostatek esenciálních minerálních prvků v půdě, nadbytek iontů v půdním roztoku (zasolení půd), vysoké nebo nízké pH půdního roztoku, přítomnost toxických látek (těžké kovy, organické látky) a mechanické působení pohybů vzduchu – vítr (Shafiq et al., 2005).

3.1.2.1 Konkurence prostorová

Jak již bylo zmíněno, významný vliv na strukturu porostu má hustota rostlin. Její optimum závisí na typu plodiny, využití plodiny, regionu pěstování a růstových podmínkách. Velikost výsevku je důležitým aspektem pro získání dobrého porostu a na něj navazujícího vysokého výnosu. Příliš vysoké výsevky vedou k přehoustnutí porostu, snížení kvality produkce a nakonec i snížení výnosu. Děje se tomu tak z důvodu vyšší konkurence rostlin o dostupné zdroje, v důsledku čehož dokončují vývoj dříve a dozrávají při menším vzrůstu. Celkový výnos pak klesá, protože snížení velikosti jednotlivých rostlin probíhá rychleji, než narůst počtu jedinců na plochu. U řídkých porostů dochází naopak k tomu, že nejsou plně využity všechny zdroje dostupné pro rostliny (Lyon, 2009).

Dalším důležitým faktorem je konkurence plodiny vůči plevelům, ty jsou po pěstovaných plodinách hlavními součástmi agroekosystému. Odčerpávají z půdy značné množství živin, vody, prostorově konkurují pěstovaným plodinám, znehodnocují rostlinnou produkci, komplikují sklizeň a zvyšují ztráty na produkci. Jiné druhy jsou zdrojem alergenů (pyl), jsou jedovaté pro člověka a domácí zvířata, podporují šíření chorob a škůdců pěstovaných plodin. Výsevek a následná hustota porostu jsou významnými činiteli, které podporují dominanci plodiny a regulují tlak plevelů v porostech. Každá plodina má jinou schopnost potlačovat plevele. Závisí to na jejích biologických vlastnostech, zvláště na jejím růstu a vývoji v raných stádiích (Marcinkevičiene, 2006).

Výrazný je především rozdíl mezi plodinami setými do úzkých (hustě seté plodiny) a širokých řádků (řídce seté plodiny; především se jedná o plodiny seté na konečnou vzdálenost). Za hustě seté plodiny lze jmenovat obilniny, které obecně mají dobrou konkurenční schopnost, i když mezi jednotlivými druhy obilnin jsou rozdíly. Velmi dobrá konkurenční schopnost je typická například pro oves, žito nebo jarní ječmen. Ten je za předpokladu dobrého vývoje porostu schopen potlačovat vzešlé plevele a udržovat porost nezaplevelený až do sklizně. Rozhodující roli z hlediska konkurenční schopnosti ječmene hraje rychlost vzcházení a vývoje nadzemní biomasy relativně k plevelům, proto je nutné vyvarovat se nedostatků v agrotechnice. Větší rostliny ječmene získávají vzhledem k rychlejšímu vývoji vyšší podíl světla, ale i jiných limitovaných zdrojů a potlačují růst menších rostlin plevelů. Pro dostatečné potlačení plevelů je nezbytné, aby v průběhu rozhodující konkurenční fáze (od začátku odnožování až do konce sloupkování) bylo dosaženo vysoké pokrývnosti listového aparátu s cílem co nejrychlejšího uzavření porostu. Rychlost tvorby

listového aparátu a jeho pokryvnost se pak stávají limitujícím faktorem ve schopnosti potlačovat plevelle a tolerovat jejich působení z hlediska výnosové reakce (Klem, 2001).

Za plodiny seté do širokých řádků lze jmenovat kukuřici, řepu (krmnou i cukrovou) či slunečnici. Zde je situace obtížnější, neboť z důvodu nižší hustoty rostlin dochází k zapojení porostu později než u plodin setých do úzkých řádků. Do zapojení porostu je tedy nutno zaplevelení sledovat a pečlivě regulovat. Podle stupně zaplevelení dochází k redukci výnosu až o 50 %. Kromě herbicidů je ovšem u těchto plodin možné použít i mechanickou kultivaci porostu (plečkování), která se používá především jako doplňková, neboť nedochází k regulaci plevelů na celé ploše. V řádku mezi jednotlivými rostlinami není možno plečkováním plevelle potlačit. Nicméně dodnes je tato technologie využívána především z důvodu příznivého vlivu na půdní strukturu, hospodaření s vodou a možnosti kombinace s přihnojením (Smith and Scott, 2008).

V neposlední řadě je hustota rostlin uzpůsobována samotným pěstitelem způsobu využití porostu. Kupříkladu porosty obilnin určené na siláž, zelené krmení či pastvu jsou zakládány s vyšší hustotou než běžné porosty určené na zrno. Naproti tomu porosty obilnin použité jako krycí plodiny pícnin jsou sety naopak s nižší hustotou (Lyon, 2009).

3.1.2.2 Voda a živiny

Voda obvykle představuje asi 90 % živé rostlinné hmoty. Za vegetace voda v podstatě probíhá rostlinami na cestě z půdy do ovzduší. Rostliny jsou tedy součástí hydrologického cyklu, který představuje výměnu vody mezi souší, moří a atmosférou. Vodní provoz rostlin závisí na mnoha faktorech: na rozmístění vláhy v půdním profilu, prokořenění, pokryvnosti listoví, meteorologických podmínkách a zčásti na fyziologických vlastnostech daného rostlinného druhu. Obsah vody v rostlinách často kolísá, a přesto právě na tomto proměnném obsahu vody do značné míry závisí mechanické vlastnosti rostlinného těla nebo alespoň listů, květů, a plodů, stav průduchů i dlouhivý růst. Příjem živin prakticky souvisí s příjmem vody, neboť většina živin je přijímána v rozpuštěné formě s půdním roztokem (Petr a kol., 1980).

Voda je rostlinou přijímána hlavně kořeny. Velký význam má především kořenové vlášení, které výrazně zvětšuje absorpční plochu kořene, přičemž jsou v přímém styku s půdními částicemi. V rostlině je voda transportována vodivým pletivem zvaným xylém. Výdej vody do prostředí probíhá pomocí průduchů v listech (transpirace) (Novák a Skalický, 2012).

S vodním režimem úzce souvisí jev nazývaný evapotranspirace, který je charakterizován jako celkový výpar z určité plochy. Dělí se na fyzikální (evaporace) a

fyziologický (transpirace) výpar. Evaporace je tedy výpar z půdy nebo z povrchu rostlin. Evaporace je významná pouze tehdy, pokud je horní vrstva půdy nebo povrch listů vlhký, nastává především po dešti nebo ovlhčení (rosa). Pokud je povrch půdy suchý, evaporace silně klesá. Transpirace představuje výdej vody rostlinou do atmosféry. Tuto vodu rostlina využívá pro svůj růst a své ochlazování. Princip transpirace spočívá v tom, že snižuje vodní potenciál listových buněk a umožňuje osmotické navázání z okolních buněk, čímž vyvolává podtlak v cévách a cévicích a působí na nasávání vody kořeny. V průběhu vegetačního období postupně narůstá nadzemní biomasa a s tím i zakrytí půdy listy, v důsledku čehož se postupně snižuje evaporace z povrchu půdy. Po plném zapojení porostu je téměř 95% evapotranspirace tvořeno transpirací a evaporací z povrchu rostliny, kde je zachycena většina slunečního záření. Využití vody rostlinou je výrazně ovlivněno změnami počasí, dostupností vody v půdě, rostlinným druhem a stanovištěm (Al-Kaisi, 2000).

Kořeny jsou důležitým orgánem rostliny, jehož vývoj se musí shodovat s vývinem fotosyntetického aparátu. Pokud kořeny nezabezpečí úměrný přísun vody do listů, objeví se v rostlině vodní deficit, na který listy reagují autoregulačním uzavíráním průduchů a vadnutím, čímž snižují intenzitu fotosyntézy. Kořenová soustava spolu s příjmem vody zabezpečuje přijímání minerálních živin z půdy. Jednotlivé prvky minerální výživy jsou potřebné pro transformaci primárních produktů fotosyntézy na sloučeniny, které se účastní na stavbě nových částí rostlin. Minerální výživa má být vyrovnaná, aby některé orgány nezačaly jednostranně růst. Účinek minerální výživy je závislý na vlhkosti, půdní reakci a fyzikálních poměrech v půdě (Špaldon et al., 1982).

U příjmu živin je oproti vodě situace ještě o něco složitější, a to z důvodu vzájemného ovlivňování iontů (interference). Tento jev je silně patrný v případě jednostranného zvýšení či snížení koncentrace iontů. Podle vlastností jednotlivých iontů (velikost, hydratace, valence, aktivita a pohyblivost v rostlinách) nastává rozdílné působení. Vztahy mezi ionty jsou dvojího typu: pozitivní synergické a negativní antagonistické. U synergického vztahu dochází při zvýšení koncentrace jednoho iontu ke zvýšenému příjmu dalšího iontu. Toto je typické pro dusík a fosfor. Při antagonistickém působení dochází při zvýšené koncentraci naopak k omezení příjmu druhého iontu. Tento vztah je typický kupříkladu pro draslík a hořčík (Vaněk a kol., 2012).

Hustota porostu a od ní se odvíjející architektura jednotlivých rostlin a potažmo porostu mají značný vliv na vodní režim porostu. Je žádoucí taková hustota porostu, při které budou mít jednotlivé rostliny dostatek prostoru pro rozvoj nadzemní i podzemní biomasy a nebudou trpět nedostatkem vody a živin. Zdravý kořenový systém zaručuje dostatečný příjem

vody a živin. Nadzemní biomasa je nutná pro příjem slunečního záření a transpiraci. Včasné a dostatečné zapojení porostu značně omezuje evaporaci z povrchu půdy, tedy neproduktivní výpar. V neposlední řadě je nutné při zakládání porostů přihlížet k půdním a klimatickým podmínkám stanoviště a zvolit vhodnou agrotechniku. Nedokonale provedená příprava půdy či nevhodně zvolená hnojiva mohou značně ovlivnit vývoj a výnos porostu z hlediska dostupnosti vody a živin (Ehlers and Goss, 2003).

3.1.2.3 Sluneční záření

Sluneční záření je řídicí proces evaporace a transpirace a ovlivňuje tak vodní režim půdy a rostlin. Navíc je to jedna ze základních podmínek pro průběh fotosyntézy, která je podstatou produkce biomasy rostlin. Neméně významný je i fotomorfogenetický (regulační) vliv na průběh růstu a vývoje: uplatňuje se nejen spektrální složení a ozářenost, ale i délka a střídání světla a tmy. Pouze část spektra slunečního záření dopadá na zemský povrch, tzv. globální radiace. Vlnová délka globální radiace se pohybuje v rozmezí 300 až 3000 nm (Ehlers and Goss, 2003).

Fotosyntéza spočívá v absorpci energie elektromagnetického záření a v její přeměně na energii chemickou. Dělí se na dvě fáze, světelnou a temnotní. Při světelné fázi dochází k fotochemické reakci, tedy štěpení vody na světle (Hillova reakce), která poskytuje elektrony a vodíkové kationty pro tvorbu ATP a NADPH+H⁺. Podstatou temnotní fáze je fixace a redukce CO₂ a tvorba sacharidů, primárně glukózy. Zachycení světelného záření probíhá pomocí pigmentů (chlorofyly a karotenoidy), které jsou uloženy v chloroplastech. Rozsah spektra světelného záření, které jsou rostliny schopny absorbovat, je od 380 do 710 nm. Tato oblast spektra se nazývá fotosynteticky aktivní radiace (FAR). Maximální absorpce nastává ve dvou oblastech, a to okolo 430 nm (modrá barva) a 680 nm (červená barva) (Dagoon, 2000).

Zachycování FAR úzce souvisí s celkovou plochou listů, která je vyjadřována indexem pokryvnosti listoví (LAI). Je často užíván pro charakteristiku světelného klimatu nadzemní části rostliny. Rostlina, u níž je LAI rovno jedné, má plochu listů stejnou jako plochu povrchu půdy, na němž roste. Ovšem to neznamená, že je zachyceno veškeré FAR, protože některé listy se překrývají a ve výsledku vznikají v listové ploše mezery. Navíc nejsou všechny listy postaveny v ideální horizontální poloze vůči dopadajícímu záření. Rostlina za příznivých podmínek rychle zvyšuje LAI během raného vývoje až po maximální hodnoty 3 - 7. Rostliny se tak snaží efektivně zlepšit využití záření, pro jehož využití je potřebná dostatečná asimilační plocha. Základním požadavkem na minimální velikost asimilační

plochy je, že by měla úplně pokrývat půdu po celou dobu vegetace. Tímto úplným pokrytím se obvykle míní taková hustota, kdy na povrch půdy dopadá méně než 5 % záření dopadajícího na porost (Fukai, 1999).

Pro vyjádření asimilační plochy a doby jejího trvání se používá termín integrální listová plocha (LAD), která je násobkem LAI a příslušného časového intervalu vyjádřeného počtem týdnů nebo dnů. Obdobný je i fotosyntetický potenciál (FP), který udává sumu jednotek (m^2) asimilační plochy na 1 rostlinu za určitou část vegetačního období. Základní jednotkou je $1 m^2$ za 24 hodin (Petr a kol., 1980).

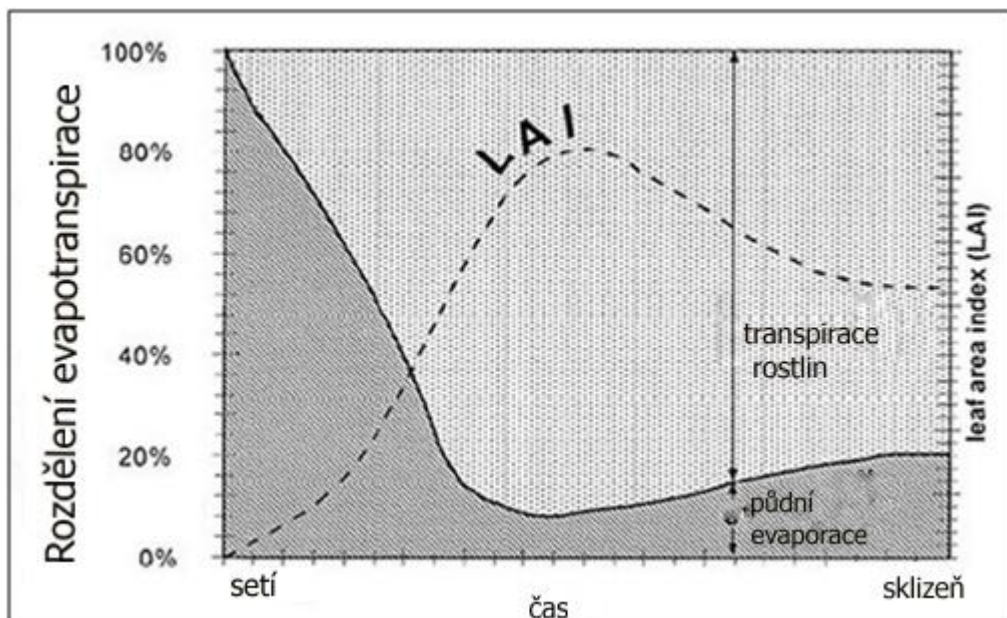
Distribuce záření v porostu závisí na 3 aspektech: intenzitě záření (množství radiační energie přijaté na jednotku plochy za jednotku času), spektrální distribuci záření (řídí fotochemické procesy fotosyntézy) a časové distribuci záření, která je důležitá z hlediska fotoperiodismu rostlin. Výše uvedené tři faktory jsou dále ovlivňovány několika dalšími činiteli jako je schopnost listů přijímat záření, rozmístění listů a jejich sklon, hustota rostlin, výška rostlin a úhel postavení slunce (Prasada Rao, 2008).

Vývoj porostu z hlediska příjmu záření lze rozdělit do čtyř fází. V první fázi probíhá počáteční růst individuálních rostlin. Pokud je vnitrodruhová konkurence malá, je růst velmi rychlý. Hodnoty LAI jsou v tomto období malé. Ztráty vody v této fázi probíhají především evaporací z povrchu půdy (Obr. 1). Ve druhé fázi narůstá LAI exponenciálně. Zároveň se začíná měnit hlavní komponent evapotranspirace. Zatímco v první fázi to byla půda, v této fázi začíná převládat transpirace listy rostlin. Jak narůstá plocha listů, narůstá i množství záření, zachyceného listy. Cílem rostliny je zachytit co nejvíce záření. V době kvetení nárůst listové plochy končí. Třetí fáze začíná zráním a končí sklizní nebo plnou senescencí. Množství přijatého záření se již nezvětšuje. V poslední fázi, pokud rostlina není sklizena, dochází k opadu listů, LAI tedy klesá (Campillo et al., 2012).

Při podmínkách, kdy rostlina není vystavena stresu, je produkce sušiny lineárně závislá na množství slunečního záření, speciálně tedy FAR, přijímaném rostlinami. Účinnost využití radiace (RUE) je poměr biologického výnosu ($kg \cdot ha^{-1}$) k přijatému záření (MJ) porostem. RUE je vysoce závislý na fotosyntetické výkonnosti porostu a může být ovlivněn dalšími faktory jako extrémní teploty a zásobení vodou a živinami. Samotné rostliny se navíc dělí do dvou skupin (C3 a C4) podle efektivity využití záření, kdy rostliny C4 vykazují vyšší efektivity. Vodní deficit redukuje absorpci slunečního záření v důsledku svinování listů. Pokud je deficit dlouhodobější, může dojít k redukci počtu a plochy listů a LAI klesá. Dostatek vody je důležitý i pro činnost průduchů. Pokud je v půdě a následně i v rostlině málo

vody, dochází k zavírání průduchů, čímž se utlumuje fotosyntéza a tedy i RUE klesá (Han et al., 2008).

Časový průběh absorpce záření během vývoje porostu je možno ovlivnit agrotechnikou. Jedná se především o výši výsevku. Při vyšších výsevcích je vyšší hustota rostlin a vyšší hodnota LAI v počátečních fázích vývoje porostu. To urychluje absorpci záření a je tedy podporována i produkce biomasy. Ovšem během dalšího vývoje se tato výhoda ztrácí, neboť i porosty zakládáné s optimální hustotou dosahují stejné úrovně absorpce záření. Výhoda je tedy jen v počátečních fázích, ovšem později je přehoustlý porost spíše na škodu. Pokud jsou porosty naopak příliš řídké, je sice LAI vyšší z důvodu dostatku prostoru pro růst rostlin, ale nedochází k zapojení porostu. Neproduktivní výpar z půdy je tedy vyšší a klesá i výnos v důsledku nedostatečného využití zdrojů (voda, živiny, záření) (Fukai, 1999).



Obr. 1: Rozdělení evapotranspirace do půdní evaporace a transpirace rostlin vzhledem k pokryvnosti listoví (osa y) během růstové periody (osa x) jednoletých polních plodin (Allen et al., 1998).

3.1.2.4 Porostní klima

Teplota je významná proměnná, která spolu se srážkami a slunečním zářením rozhoduje o růstu a vývoji určité plodiny na určitém stanovišti. Jsou čtyři teplotní body, nazývané také jako kardinální, které definují růst plodiny: absolutní minimum, optimální minimum, optimální maximum a absolutní maximum. Absolutní minimum a maximum definují nejnižší a nejvyšší teploty, při kterých je rostlina schopná růst. Při teplotě v rozmezí

mezi optimálním minimem a optimálním maximem se rostlině daří nejlépe (Hollinger and Angel, 2009).

Porosty polních plodin, mají značný vliv na distribuci tepla ve vrstvě blízko půdy. Pokud je povrch půdy úplně nebo částečně pokryt porostem, dopadající záření je absorbováno především asimilační plochou rostlin. Množství záření dopadajícího na povrch půdy je relativně malé. Rostlinný pokryv je aktivní povrch, stejně jako povrch půdy. Teplotní profil porostu se mění v závislosti na jeho vývoji a pokryvnosti a je značně odlišný od teplotního profilu plochy bez rostlinného pokryvu. V porostech nastává jev zvaný teplotní inverze. Důvodem je to, že rostlinný pokryv funguje jako sekundární zdroj tepla a vyrovnává teplotní výkyvy povrchu půdy způsobené rozdíly mezi denními a nočními teplotami (Prasada Rao, 2008).

Porostní mikroklima hraje základní roli v procesech ekosystémů. V procesu výměny hmoty a energie mezi aktivním povrchem a nejnižšími vrstvami ovzduší se do atmosféry dostává značné množství tepla a vodní páry. To má za následek změnu teploty a vlhkosti vzduchu uvnitř porostu a těsně nad ním. Tímto způsobem si každé rostlinné společenství utváří své vlastní mikroklima, a mohou být tak výrazně ovlivněny klimatické poměry stanoviště (Středová a kol., 2011).

Porostní klima je tedy dáno strukturou rostlinného porostu, tzn. výškou rostlin, hustotou porostu, plochou povrchu listů, organizací porostu (shluky, řádky) a meziřádkovou vzdáleností. Navíc je porostní klima rozdílné u jednotlivých plodin, stejně jako jeho časový průběh. Závisí to především na habitu rostliny, rychlosti vývoje porostu a konkrétní vývojové fázi. Kupříkladu v zapojeném porostu kukuřice je intenzita osvětlení zemského povrchu pěti až desetinásobně nižší než na povrchu bez porostu. Pod hustými úzkými listy je teplota vzduchu v poledne při horkém dni o 4-5 °C nižší a teplota půdního povrchu je nižší o 15-25 °C, zatímco relativní vzdušná vlhkost je o 10-20 % vyšší (Seemann et al., 1979).

V průběhu vegetační sezóny dochází k velkému množství interakcí mezi rostlinami a dalšími organismy, z nichž některé mohou být patogeny rostlin způsobující choroby. Pro vznik chorob jsou nezbytné tři hlavní komponenty – náchylný hostitel, virulentní patogen a vhodné podmínky prostředí. Kromě vztahu hostitel a patogen se na choroby podílí i různé faktory prostředí, a to jak vzhledem k patogenu, tak k hostiteli. Patogeny během svého infekčního cyklu interagují s mnoha faktory prostředí. Pro přežívání některých druhů patogenů jsou důležité např. rostlinné zbytky a jejich případné zaorání. Z dalších faktorů prostředí bývají za klíčové proměnné považovány teplota a vlhkost, na kterých závisí epidemiologické procesy. Charakteristika porostního klimatu tedy může mít značný vliv na

stupeň ohrožení porostu patogeny. Znalost optimálních podmínek pro růst patogena je nezbytná při tvorbě metod prognózy napadení (Středová a kol., 2011).

3.2 Pšenice setá

3.2.1 Základní charakteristika

Do rodu pšenice *Triticum* L., který náleží do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), patří několik druhů. Klas těchto rostlin je složený z vícečetných klásků, umístěných na jednotlivých člancích klasového větene. Mohou být 1 – 2, ale až 7květé, z nichž zpravidla 1 – 4 jsou plodné. Základní chromozómové číslo $n = 7$ a podle počtu chromozomů rod *Triticum* zahrnuje tři skupiny: diploidní ($2n = 14$) – pšenice jednozrnka; tetraploidní ($2n = 28$) – pšenice dvouzrnka, pšenice naduřelá, pšenice polská a pšenice tvrdá; hexaploidní ($2n = 42$) – pšenice špalda a pšenice setá (Zimolka a kol., 2005).

Za pravlast pšenice je považováno území Přední a Malé Asie. Začátky pěstování pšenice úzce souvisí se vznikem zemědělství v 10. – 8. tisíciletí před n. l. Archeologické nálezy z tohoto období dokazují pěstování pšenice jednozrnky (*Tritium monococcum* L.) a pšenice dvouzrnky (*Triticum dicoccum* Schrank.). V šestém tisíciletí před n. l. se začala pěstovat pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) a pšenice špalda (*Triticum spelta* L.) (Špaldon et al., 1982).

Nejvíce ve světě i u nás pěstovaným druhem je pšenice setá. Má nelámavý klas, osinatý nebo bezosinný, různě hustý. Plevy i pluchy jsou vejčité nebo podlouhle vejčité, se zřetelným kýlem. Obilky jsou nahé, buclatější, na řezu oblé, s mírně vystouplým klíčkem, na protilehlé straně ochmýřené (Zimolka a kol., 2005).

Pšenice setá patří mezi nejnáročnější obilniny. Je hlavní plodinou teplejších a sušších oblastí a je náročná na půdu a živiny. Nejlépe se jí daří na těžších, dostatečně hlubokých, hlinitojílovitých, jílovitých a hlinitých půdách s neutrální až slabě zásaditou reakcí (pH 6,0 – 7,5). Půda pro pšenici má být úrodná a strukturní. Má obsahovat dostatek živin – dusíku, fosforu a draslíku, dostatek humusu a vápníku. Za nejvhodnější půdy jsou považovány černozemě a degradované černozemě. Mají dobré fyzikální vlastnosti a jsou schopné hromadit a udržovat vodu (Konvalina a Moudrý, 2008).

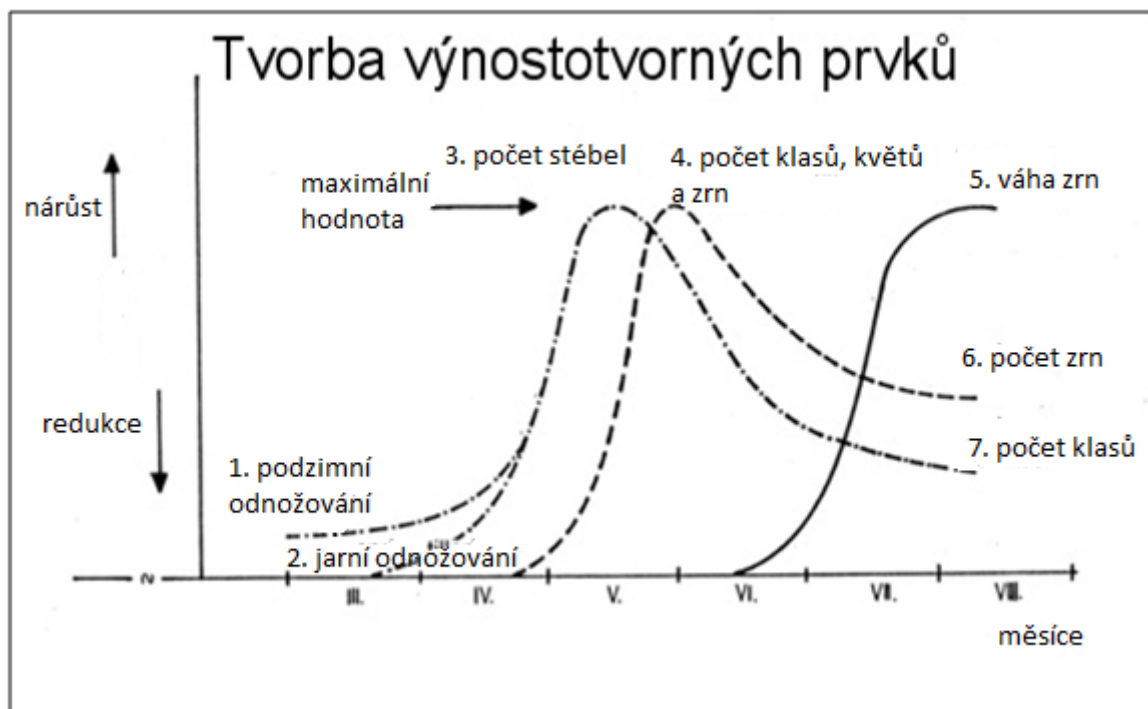
Příjem živin a jejich konečný odběr úrodou ozimé pšenice značně závisí na půdních a povětrnostních podmínkách, intenzitě růstu, dosaženém výnosu a pěstované odrůdě. Při výnosu okolo 6 t zrna a přibližně stejném výnosu slámy se z půdy odčerpá přibližně 144 kg N, 30 kg P, 108 kg K, 24 kg Ca a 12 kg Mg. Hlavní příjem živin je v období intenzivního růstu,

tedy po sloupkování, a většinou vrcholí v době kvetení. Na úrodných stanovištích je přímý vliv hnojení na produkci pšenice nižší a projevuje se více na půdách s nižší úrodností, v méně příznivých a po méně vhodné předplodině. Hnojení se tedy projevuje jak přímým vlivem na výnos a kvalitu zrna, tak nepřímo v obnově přímé úrodnosti a v úhradě odčerpaných živin (Vaněk et al., 2013).

3.2.2 Struktura porostu

Obilniny mají vysokou autoregulační schopnost. Přesto je určitá hranice počtu rostlin na m^2 , pod kterou by neměl počet rostlin na m^2 klesnout s ohledem na rentabilitu produkce. V podmínkách ČR se většinou porosty pšenice zakládají z 350 – 450 rostlin na m^2 , přičemž optimální produkční hustota je v závislosti na odrůdě mezi 550 – 650 klasy na m^2 . Z uvedených údajů vyplývá, že na rostlinu připadá 1,2 – 1,8 produktivní odnože. Pokud je založený porost řidší, tvoří rostliny větší počet produktivních odnoží a tím je vyrovnávána do určité míry hustota porostu a jeho výnos. Až když je porost řidký natolik, že na jeho vyrovnání autoregulační schopnost rostlin nepostačuje, klesá výrazněji výnos. Řada pokusů stanovila, že hranice, kdy již dochází k významnému poklesu výnosu, je pod 180 rostlin na m^2 . Avšak ještě při počtu 100 – 120 rostlin na m^2 lze dosáhnout úrovně 75 – 80 % původního výnosového potenciálu, což je hospodářsky únosná hranice pro zachování porostu. Toto neplatí pro hybridní odrůdy, kde již samotný porost je zakládán s menším počtem rostlin a počítá se zde se zvýšenou odnožovací schopností. Je tedy patrné, že pokud dojde přes zimní období například vlivem mrazů k redukci rostlin a je nutné učinit rozhodnutí, jestli ponechat stávající porost či ho přeseť, mělo by pro jeho ponechání dostačovat 30 – 35 % rostlin s dobrou až střední životaschopností. U více odnožujících a dobře regenerujících odrůd je možné hranici snížit i mírně pod 100 rostlin na m^2 . Naopak u odrůd méně odnožujících s pomalejší regenerací by neměl počet klesnout pod 120 rostlin na m^2 (Čapek, 2012).

Křen a kol. (2011) uvádějí, že pro efektivní utváření struktury porostu by na počátku fáze sloupkování (BBCH 31) měl být takový počet silných odnoží, který mírně převyšuje (o 10 – 20 %) požadovanou hustotu klasů (Obr. 2). Zároveň je žádoucí viditelná diferenciací odnoží. Odnože “střední“ velikosti, u nichž je obtížně stanovitelný jejich budoucí stav, mají význam především pro řidší porosty (pod 300 rostlin na m^2). Naopak jejich větší zastoupení u porostů s hustotou nad 400 rostlin na m^2 může vést k přehuštění a následnému poléhání porostu, což znesnadňuje jeho vedení.



Obr. 2: Tvorba a redukce výnosotvorných prvků během vývoje odnožujících obilnin; osa y: nárůst, redukce; osa x: časový průběh v měsících; křivky: 1. – podzimní odnožování; 2. – jarní odnožování; 3. – počet stébel; 4. – počet klasů, květů, zrn; 5. – hmotnost zrn; 6. – počet zrn, 7. – počet klasů; (Křen et al., 2013).

Maximální hodnoty LAI v porostech obilnin v období maximálního rozvoje listové plochy se pohybují v rozmezí 8 – 10. Optimální hodnoty jsou o polovinu nižší, např. v období metání v porostu obilnin má být LAI 4 – 6. Pokud porost dosáhne hranice 4 – 5, je listy absorbováno více než 80 % záření (Kostrej et al., 1998).

Na vývoj LAI mají vliv pěstitelské, klimatické a biologické faktory (zvláštnosti odrůd, charakter odnožování, výška). Kupříkladu při zpoždění setí o měsíc (setí 5. 10. a následně 4. 11.) zpomaluje opožděný porost oproti optimálně vysetému porostu v jarním období růst a maximálních hodnot LAI dosahuje o 50 dní později. Tato rozdílná dynamika formování LAI se samozřejmě odráží i ve výnosu. V příznivých teplotních a vláhových podmínkách dosahuje porost již začátkem května maximální hodnoty LAI. Při zhoršených podmínkách dochází k dosažení maximální hodnoty koncem května až začátkem června. Integrální listová plocha (LAD), která vyjadřuje celkovou velikost, rychlost utváření a délku trvání aktivní činnosti asimilačního aparátu v době tvorby generativních orgánů (od metání do sklizně), má význam především ve vztahu k celkové biologické produkci. U ozimé pšenice dosahuje hodnot $2 - 2,50 \cdot 10^2$ na m^2 za den (Petr a kol., 1980).

Těsnost vztahu mezi hodnotami LAI, LAD a výnosem je ovlivněná i dalšími produkčními hodnotami, jako je čistý výkon fotosyntézy (NAR), rychlost přírůstku sušiny na plochu (CGR) a zejména hodnotami sklizňového indexu, tj. koeficientu využití vytvořených asimilátů na produkci hospodářsky cenného orgánu – zrna. Všechny tyto komponenty jsou podstatně ovlivněné hodnotami LAI. Silné zvýšení LAI způsobuje snížení NAR, a tím i CGR a zhoršení hodnot sklizňového indexu. Formování LAI a jeho optimální hodnoty je tedy nutno posuzovat s ohledem na ostatní charakteristiky, týkající se listové plochy a fotosyntézy (Petr a kol., 1980).

3.2.3 Současná pěstitelská technologie

Současná situace v nabídce a ve vybavení secí technikou představuje v zásadě tři možné způsoby výsevu: setí do řádků (řádkové), setí do pásků (páskové) a setí na široko (plošné). Páskové a plošné setí je používáno spíše minoritně. U páskového setí dochází v důsledku koncentrace osiva do pásků ke zvětšení výživné plochy, na což rostliny reagují rychlým vzcházením, vysokým počtem vzejitých rostlin a intenzivním odnožováním. Při plošném výsevu je osivo rovnoměrně rozmístěno. Rostliny vytváří mohutný kořenový systém a dobře odnožují, v důsledku čehož dochází k dobrému využití živin a hospodaření s vodou. V současnosti nejrozšířenější je řádkové setí. Je tomu tak hlavně z důvodu jednoduchosti technického řešení secích strojů. Osivo je ukládáno do úzkých řádků s nejčastější roztečí 125 mm. Při větší meziřádkové vzdálenosti vzniká volný prostor pro uplatnění plevelů. Nepříznivým průvodním jevem tohoto způsobu výsevu je tzv. řádkování (největší koncentrace rostlin v řádku), které bývá patrné až do sklizně. Svědčí o nedokonalém využití plochy (Zimolka a kol., 2005).

Optimální termín setí ozimé pšenice je od 10. září do 15. října (eventuálně konce října) podle výrobní oblasti. Předčasné i pozdní setí je nežádoucí a snižuje výnos. Při předčasném setí je vyšší riziko stonkových chorob a přerůstání porostu. Pozdní setí snižuje výnos o 10 – 40 % především kvůli horšímu klíčení v nepříznivějších podmínkách. Hloubka setí je jedním z neúčinnějších prostředků na zabezpečení rovnoměrného klíčení, vzcházení a celkové prosperity porostu během vegetace. Optimální hloubka je v podmínkách České republiky 30 – 50 mm. Na těžších a vlhčích půdách se seje mělčeji, na lehčích půdách a v suchých podmínkách hlouběji. Hloubka setí přímo souvisí s odolností rostlin vůči vyzimování. V případě nepříznivé zimy mělce zaseté rostliny mají založené odnožovací kolénko těsně pod povrchem anebo na povrchu půdy. V tomto případě odumírání jedinců a snížení výnosu může dosáhnout 40 – 60 % (Špaldon et al., 1982).

Výše výsevu pšenice se upravuje podle termínu výsevu a uvádí se v miliónech klíčivých zrn na jednotku plochy (MKZ). Pohybuje se od 2,5 MKZ.ha⁻¹ (začátek září) po 5,5 – 6 MKZ.ha⁻¹ (konec října), což odpovídá váhovému rozmezí zhruba 120 – 250 kg.ha⁻¹. Při pozdních výsevech je klíčivost nižší a navíc je nutno počítat s nižším počtem přezimujících rostlin, které jsou z důvodu zkráceného podzimního vývoje méně mrazuvzdorné. Přihlížet se musí také k odnožovacím schopnostem jednotlivých odrůd. U více odnožujících odrůd se výsevek drží při spodní hranici. V horších pěstitelských podmínkách jsou uplatňovány výsevky při horní hranici (Petr a Húska, 1997).

Nutno podotknout, že v současnosti se výsevky určují přepočtem MKZ pomocí HTZ (hmotnost tisíce zrn) na váhu výsevu na hektar. Secí stroje pro výsev obilnin se tedy regulují podle váhy a ne podle přesného počtu jedinců na hektar. Nelze tedy hovořit o přesném setí.

Stroje pro výsev obilnin pracují s dvěma základními typy výsevních mechanismů. Jedná se o výsevní mechanismy individuální, které dávkují osivo do jednoho nebo dvou semenovodů – řádků (válečkové, lžičkové, motýlkové) a výsevní mechanismy centrální, které dávkují osivo do všech semenovodů secího stroje (pneumatické přetlakové, odstředivé). Tyto stroje jsou pro přesné setí nevhodné, neboť semena jsou jednoduše určitým způsobem hromadně vyhrnována. O přesnosti ukládání jednotlivých semen jako u přesně setých plodin vůbec nemůže být řeč (Kumhála et al., 2007).

3.3 Přesné setí

3.3.1 Charakteristika technologie

Secí stroje pro přesný výsev se používají především pro výsev řepy a kukuřice, tedy plodin setých na konečnou vzdálenost. Pojmem přesný výsev rozumíme uložení semen v řádku na přesně zvolenou vzdálenost. Tyto stroje jsou řešeny jako samostatné výsevní secí jednotky, jež se sestávají ze zásobníku, výsevního mechanismu a secí botky. Secí jednotky jsou připojeny ke společnému rámu. Jejich počet je závislý na záběru secího stroje, zároveň je možno jejich posuvem do stran měnit meziřádkovou šíři. Důležité je maximálně eliminovat vynechávky stejně jako více vysetých semen najednou. Při dopadu semene do rýhy vytvořené secí botkou nesmí docházet k odvalování osiva do stran ani ve směru jízdy (Kumhála a kol., 2007).

Dnes především používané přesné secí stroje se dělí podle typu výsevního mechanismu na dvě skupiny. Jedná se o stroje mechanické kotoučové a pneumatické podtlakové. U mechanických secích strojů je semeno nabíráno do kalibrovaných buněk

výsevního kotouče. Kotouč semena unáší do výsevní polohy. Buňky výsevního kotouče jsou kalibrovány na velikost semen jednotlivých plodin, to znamená že, mechanické secí stroje jsou “jednoplodinové“. Naproti tomu secí stroje pneumatické jsou z principu své konstrukce univerzálnější. Semena jsou u tohoto stroje k výsevnímu kotouči přisávána podtlakem. Princip přisávání není tak citlivý na tvar a velikost semen, proto jsou pneumatické stroje zpravidla univerzální (Chohola, 2010).

Mezi další faktory ovlivňující kvalitu setí patří: správná funkce secí botky a zahrnovacích orgánů a pojezdová rychlost. Pro správnou funkci secí botky je důležité, aby byla ostrá. Opotřebované secí botky nepracují správně, nevytváří v půdě dostatečnou výsevní rýhu a nedostatečně utužují set'ové lůžko. V důsledku toho dochází pomaleji ke kapilárnímu vztlínání vody a semena mají tendenci se po dopadu do rýhy odvalovat. Zahrnovací orgány přikrývají semeno suchou zeminou. U strojů se zamačkávacím kolem je nutné kontrolovat, zda kolo znečištěné vlhkou zeminou nevnáší semena ven z rýhy. Ideální pracovní rychlost u přesných secích strojů je kolem 6 km.hod^{-1} . Se zvyšující se rychlostí se zhoršuje přesnost a kvalita práce stroje pro přesný výsev (Pulkrábek a kol., 2007).

V poslední době jsou přesné secí stroje pro výsev kukuřice s úspěchem využívány i pro řepku. Používá se stejná meziřádková vzdálenost jako u cukrové řepy, tedy 45 cm. Pro úspěšné využití tohoto stroje je nutno vyměnit pouze výsevní kotouče ve výsevních jednotkách. Tento způsob využití přesného secího stroje přináší výhody jako je úspora nákladů na osivo (výsevek je prakticky poloviční) a zlepšení ekonomické bilance stroje díky jeho širšímu využití během roku. Neméně významný je i fakt, že se zvyšuje kapacita setí díky dalšímu využitelnému stroji, který by jinak byl nevyužitý, v době, kdy není času nazmar. Výsledkem je velmi dobrá vzcházivost porostu díky dokonalému uložení osiva do přesně stanovené hloubky a maximálně připravenému set'ovému lůžku, což jsou předpoklady pro vyrovnaný porost (Mašek a Novák, 2011).

3.3.2 Přesné setí pšenice

V souvislosti s neustálým pokrokem vyvstala otázka, zda by bylo možné technologii přesného setí modifikovat a využít i pro setí pšenice a potažmo obilovin a jestli by to sebou neslo nějaké výhody. Teorie je taková, že by se pro každou plodinu a její odrůdu mohla vytvořit ideální struktura porostu s ohledem na podmínky prostředí a dobu setí. Cílem je optimální využití zdrojů prostředí (voda, živiny, prostor, záření) a snížení nákladů na osivo (až o třetinu), přičemž se očekává zvýšení výnosu (podle pokusů v Německu 8 – 12 %) (Goldberger, 2013) – Tab. 1.

Způsob založení porostu	Výsevek (zrn.m ⁻²)	Výnos (q.ha ⁻¹)
Technologie přesného setí (Herriau)	90, 110	119, 111, Průměr 115
Konvenční řádkové setí (Horsch Pronto)	120, 140	117, 102, Průměr 109

Tab 1. – Vliv způsobu založení porostu ozimé pšenice na výnos, předplodinou byla ozimá řepka (upraveno podle Goldberger, 2013). Výnosy z období 2007/2008; Odrůda pšenice ozimé Cubus; Výsev 12. 9. 2007.

Přesně seté porosty pšenice jsou tedy zakládány s nižší hustotou než porosty běžně seté. Kupříkladu pokud je cílová hustota 500 rostlin na m², vysévá se 100 zrn na m². Z důvodu nižší konkurence je vzházení rostlin rovnoměrnější. Porosty zakládáné touto technologií je dobré vysévat dříve, aby rostliny měly na podzim dostatek času pro vegetativní vývoj. Při pozdějších výsevech se musí výsevek upravit, neboť rostliny méně odnožují. Jelikož jsou řádky po zasetí o něco déle osvětleny, je nutno pečlivě sledovat plevely a popřípadě proti první vlně plevelů aplikovat půdní herbicid. Výhodou naproti tomu je vyšší odolnost rostlin vůči chorobám. Je to zapříčiněno příznivějším klimatem porostu. Přesně rozmístěné rostliny lépe osychají, a zárodky chorob se tak na listech hůře vyvíjí. Navíc jsou porosty zakládáné technologií přesného setí jednoznačně stabilnější. Je to hlavně z toho důvodu, že jednotlivé, dobře osvětlené rostliny vytváří silné stonky. Naopak u rostlin rostoucích příliš blízko u sebe jsou spodní internodia často dlouhá a slabá. Při vyšších dávkách dusíku tento fakt následně zapříčiňuje poléhání porostu (Bröker, 2008).

Společnost Horsch se intenzivně zabývá problematikou přesného setí. V roce 2013 představila na výstavě Agritechnica 2013 nové výsevní ústrojí, které je schopno dávkovat jednotlivá semena obilovin a řepky. Jedná se o upravené výsevní botky, které se používají spolu se secím strojem Horsch Focus TD. Tyto botky využívají vlastní přesné dávkovací ústrojí. Jednotící a výsevní ústrojí je upevněno nad botkou a vypadá jako zmenšená jednotka pro výsev kukuřice. Jednotící kotouče s drážkami, které nabírají jednotlivá zrna, jsou poháněny vzduchem od ventilátoru, který současně přivádí osivo od běžného dávkovacího ústrojí, umístěného klasicky pod zásobníkem osiva. Každé přesné výsevní ústrojí je však ještě opatřeno vlastním elektromotorem, který upravuje a synchronizuje otáčky výsevního kotouče tak, aby byl dodržen výsevek (Malina, 2014).

3.4 Ekonomika pěstování

Osevní plocha obilnin se v České republice v posledních letech příliš nemění a pohybuje se okolo 1600 tis. ha, tj. asi 60 % celkové osevní plochy. Obiloviny pokrývají domácí spotřebu a vzhledem k nízkým možnostem exportu do zahraničí začíná převažovat nabídka nad poptávkou. To má za následek pokles výkupních cen všech obilních komodit (Abrham a Kovářová, 2006).

Výnosy obilnin i přes značné kolísání v minulosti mají ve většině případů celkově mírně stoupající tendenci. Z údajů o vývoji celkových nákladů je u všech obilnin v minulosti zřejmý jejich trvalý růst. Nejvyšší průměrné meziroční tempo v údajích za Českou republiku vykazovalo žito a kukuřice na zrno (4,2 % resp. 4,0 %), z ostatních obilovin 1 % hranici překročil ječmen jarní a tritikale. V období 2008 – 2014 růst celkových nákladů pokračuje, i když mírnějším tempem. Ovšem nepochybně mezi růstem a výnosem celkových nákladů s výjimkou kukuřice pšenice jarní trvá. Ve struktuře nákladů nejvýznamnější podíl představuje nakupovaný materiál (nakupovaná osiva, nakupovaná hnojiva a POR). U všech komodit tvoří jejich souhrn 32 – 37 % z celkových nákladů (SAPS) (Foltýn a kol., 2010). Analýzu nákladů při pěstování pšenice ozimé dokumentuje tabulka 2.

Faktory ovlivňující rentabilitu produkce pšenice lze rozdělit do dvou skupin podle toho, zda je pěstitel může či nemůže ovlivnit. Ovlivnit nelze přírodní podmínky, průběh jednotlivých ročníků (lze se jim jen do jisté míry přizpůsobit) a realizační cenu. Realizační cena je tvořena na burzách a pěstitel nemá šanci jí nějak ovlivnit. Výhodu mají ti zemědělci, kteří mají dostatečné skladovací kapacity umožňující vyčkat na příznivější cenu komodity. Pěstitel může značně ovlivnit náklady na produkci. Náklady na hnojiva, osivo a pesticidy lze regulovat jen částečně. Výraznější úspory nákladů lze ovšem dosáhnout volbou vhodné technologie při zakládání porostů, stejně jako v celém pěstitelském procesu. Při konvenčním pěstování ozimé pšenice asi polovinu nákladů tvoří náklady související s mechanizovanými pracemi na půdě. Tyto náklady se dají výrazně snížit využitím minimalizace a po vhodné předplodině i přímým setím do nezpracované půdy. Navíc je zde prostor pro úsporu na osivu díky technologii přesného setí v do budoucna možné kombinaci s variabilním nastavením výsevků v rámci pozemku podle konkrétních místních podmínek (Jakubová a Kováč, 2014).

PŠENICE OZIMÁ	Ukazatel	Jednotka	Normativ / výrobní oblast		
			K+Ř	B	BO+H
Náklady	MATERIÁLOVÉ NÁKLADY CELKEM	Kč.ha ⁻¹	10699	9846	9004
	Mechanizované práce	Kč.ha ⁻¹	7697	7697	8179
	Spotřeba paliva	l.ha ⁻¹	81.1	79.8	82.6
	Potřeba práce	h.ha ⁻¹	4.6	5	5.2
	VARIABILNÍ NÁKLADY CELKEM	Kč.ha ⁻¹	18397	17543	17183
	FIXNÍ NÁKLADY	Kč.ha ⁻¹	3500	3500	3500
	NÁKLADY CELKEM (variabilní + fixní)	Kč.ha ⁻¹	21897	21043	20683
			Kč.t ⁻¹	3650	3508
Produkce	Hlavní produkt - výnos	t.ha ⁻¹	6	6	4.4
	- jednotková cena	Kč.t ⁻¹	5600	5600	5600
	Celková hodnota hlavního produktu	Kč.ha ⁻¹	33600	33600	24640
	Finanční hodnota vedlejšího produktu	Kč.ha ⁻¹	576	480	420
	HODNOTA PRODUKCE CELKEM	Kč.ha ⁻¹	34176	34080	25060
Ekonomika bez dotací	HRUBÝ VÝNOS (příspěvek na úhradu)	Kč.ha ⁻¹	15779	16537	7877
	ZISK (+), ZTRÁTA (-)	Kč.ha ⁻¹	12279	13037	4377
	RENTABILITA	%	56.08	61.95	21.16
	Výnosový práh pro nulovou rentabilitu	t.ha ⁻¹	3.84	3.7	3.63
Ekonomika včetně dotací	Dotace 2009 (SAPS + TOP UP)	Kč.ha ⁻¹	5878	5878	5878
	HRUBÝ VÝNOS (příspěvek na úhradu)	Kč.ha ⁻¹	21657	22415	13755
	ZISK (+), ZTRÁTA (-)	Kč.ha ⁻¹	18157	18915	10255
	RENTABILITA	%	82.92	89.89	49.58
	Výnosový práh pro nulovou rentabilitu	t.ha ⁻¹	2.81	2.67	2.6

Tab. 2: Náklady technologických operací na 1 ha při pěstování ozimé pšenice (VÚZT, 2009).

3.5 Variabilní setí – Možnost do budoucna v kombinaci s přesným setím

Základním výrobním prostředím v rostlinné výrobě je půda, organizačně začleněná do celků (parcel). Svými vlastnostmi a složením tvoří velmi heterogenní prostředí. Ve vztahu k zemědělské výrobě se rozdílnost anebo proměnlivost vlastností půdy nazývá pojmem variabilita. Prvním indikátorem variability pozemků ve vztahu k půdnímu prostředí, který se začal prakticky používat, je variabilita výnosu. Výnos polních plodin proto není možné

definovat a chápat jako průměrnou hodnotu pro daný pozemek anebo podnik. Naopak je třeba určit přesné plochy, na kterých se dosahuje nadprůměrný, průměrný, resp. podprůměrný výnos. Stejně tak je nutné následnou analýzou určit, zda je variabilita výnosu dosahovaná dlouhodoběji anebo ji v daném pěstitelském roce způsobil náhodný faktor (škůdce, nesprávné založení porostu apod.). Hovoříme tedy o prostorové variabilitě (proměnlivost v prostoru v rámci plochy) a časové variabilitě (proměnlivost po dobu horizontu více let) (Rataj et al., 2014).

Chceme-li přistupovat k pozemku a jeho částem individuálně, vytvořit aplikační mapy a zóny, obvykle je třeba zvážit tři faktory: informace, které mají být použity jako základ pro vytvoření zóny, postup, který má být použit pro zpracování informací (tj. klasifikace), a optimální počet zón, do kterých by pole mělo být rozděleno. Prostorově specifické hospodaření zastřešuje komplex pracovních kroků, mimo jiné zpracování půdy, setí, hnojení a aplikace pesticidů. Jedna z možností, která je často zmiňována v souvislosti s prostorově specifickými zásahy, je možnost změny výsevku na základě konkrétních půdních a polních podmínek. Variabilita půdních podmínek a tedy i výnosového potenciálu jednotlivých částí pozemků je obecně známa. To jednoznačně potvrzují mapy výnosu, půdních vlastností nebo například letecké snímky. Dopad heterogenity pozemku na výsledky hospodaření mohou vycházet právě z nevyužívání výnosového potenciálu určitých částí pozemku a na druhé straně nevyužívání potenciálu osiva a hnojiva na plochách ostatních (Fridgen et al. 2004).

Plasticita rostlin je často zmiňována jako argument proti potřebě variabilního výsevku. Tato vlastnost je založena na schopnosti jednotlivých rostlin vyrovnávat lokální nepřesnosti v množství zasetého osiva, jakož i jeho rozdělení v prostoru. Rostliny se automaticky přizpůsobí prostoru, který je k dispozici, a to buď masivním odnožováním/větvením nebo naopak redukcí. Speciálně u plodin s malými zrny je kompenzační schopnost pozoruhodná. Výsledek této schopnosti je, že vztah mezi hustotou výsevu a výnosem reprezentuje poměrně plochá křivka. Tzn., že účinek přesnějšího výsevu je poměrně malý. Nicméně z tohoto faktu vyplývá, že je možné díky variabilnímu a přesnému výsevu ušetřit náklady na osivo. U plodin s malou kompenzační schopností (brambory, cukrová řepa), je tomu právě naopak. Zde má přesnost výsevu naprosto zásadní vliv. Je nutno mít na paměti, že výsevek nelze upravovat jen vzhledem ke kompenzační schopnosti plodiny, ale i vůči variabilitě půdního prostředí v rámci pozemku (Heege, 2013).

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika pokusného stanoviště

V hospodářském roce 2014 – 2015 byl hodnocen vliv přesného setí a zonální aplikace hnojiv do půdy na výnos ozimé pšenice. Přesné polní pokusy byly založeny na podzim 2014 na lokalitě Budihostice (Střední Čechy), GPS koordináty 50°17'48.664"N, 14°14'36.130"E. Obrázek 3 dokumentuje umístění pokusných ploch v půdním bloku na jaře roku 2015.



Obr. 3: Umístění pokusných ploch v půdním bloku na jaře roku 2015 (zdroj Mapy.cz)

Z hlediska půdní klasifikace se na pokusných pozemcích jednalo o kambizem. Dle hodnocení vláhové bilance je lokalita řazena mezi oblasti, kde průměrná hodnota roční sumy potenciální evapotranspirace převyšuje průměrnou sumu ročních srážek (Tolasz a kol., 2007), lokalita leží v 233 m. n. m. Výsev ozimé pšenice byl proveden 3. 10. 2014 (odrůda Genius).

4.2 Metodika pokusu

V rámci pokusů byl ověřován vliv rozdílných výsevků při přesném setí a vliv aplikace hnojiva do zóny kořenů. Z důvodu aktuálnosti problematiky zonálního hnojení u obilnin byla bakalářská práce o tuto část rozšířena. Pro založení porostů bylo využito testovacího modulového secího stroje firmy Farnet (Obr. 4) se záběrem 1,5 m a s použitím systému přesného setí. Rozteč řádků rostlin činila 125 mm a kypření půdy s aplikací hnojiva do

meziřádku (kypřicí radličky byly umístěny ob meziřádek) bylo prováděno do dvou hloubek (85 a 180 mm). Pro hnojení bylo použito hnojivo NPK 15-15-15 v jednotné dávce 80 kg.ha⁻¹. Výsevek se na pokusných plochách pohyboval v rozmezí 200 až 350 zrn na m². Kontrolní variantu představovala varianta založená secím strojem Lemken Solitair 6 (výsev činil 450 obilek na m²). Po výsevu bylo provedeno vizuální hodnocení půdního profilu na základě odkrytí horní nakypřené vrstvy půdy (Obr. 4).



Obr. 4. Testovací modulový secí stroj firmy Farnet při zakládání porostů 3. 10. 2015 a odkrytá část půdy po odstranění nakypřené půdního profilu po zasetí na variantě 4 (kypření 180 mm). Foto Brant

Základním zpracováním na pozemku byla orba s následným urovnáním povrchu pozemku kompaktozem. Předplodinou byla ozimá řepka. Založené pokusné varianty dokumentuje tabulka 3.

varianta	hnojení	hloubka kypření a hnojení (mm)	výsevek počtu zrn na m² (kusy)
1		85	200
2	NPK	85	200
3		180	200
4	NPK	180	200
5		85	280
6	NPK	85	280
7		180	280
8	NPK	180	280
9		85	350
10	NPK	85	350
11		180	350
12	NPK	180	350
13	kontrola		450

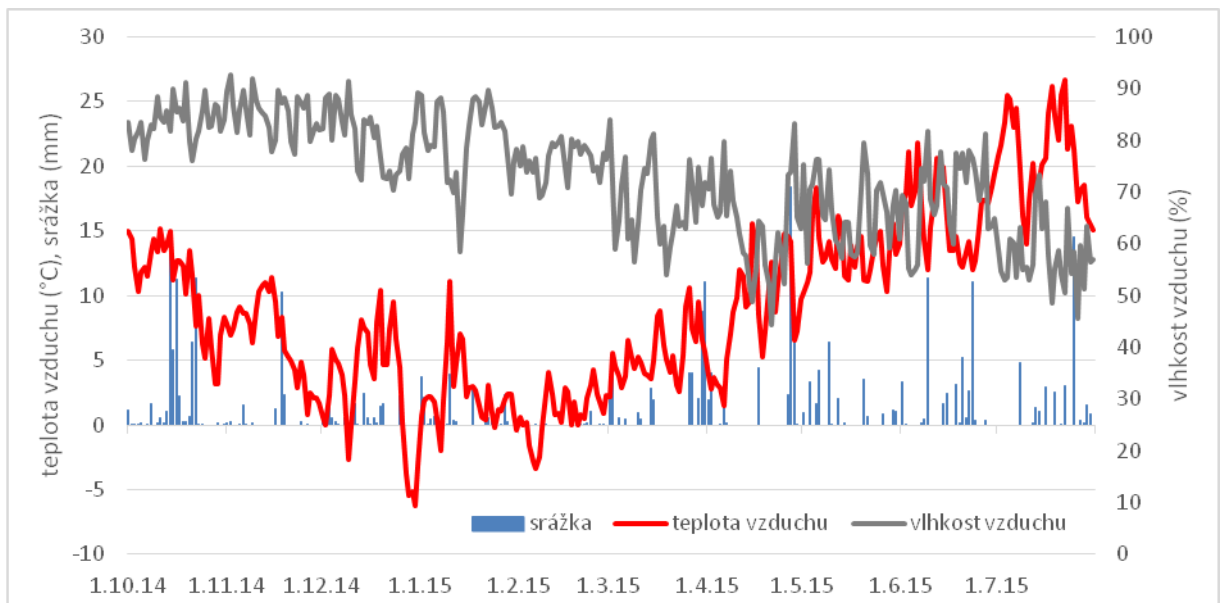
Tab. 3: Jednotlivé varianty ověřované v rámci přesných polních experimentů

U porostů byl hodnocen počet rostlin na jednotku plochy na podzim (20. 10. 2014). Hodnocení probíhalo stanovením počtu rostlin v řádku (10 opakování na variantu) na základě počtu rostlin na 2 m délky řádku (hodnoceno bylo 10 řádků úhlopříčně na parcelu). Na jaře byla hodnocena průměrná suchá nadzemní hmotnost rostliny (18. 2. 2015). Pro hodnocení bylo odebráno vždy 20 rostlin z každé parcely. Na konci vegetace byly hodnoceny biometrické parametry porostů. Dne 23. 6. 2015 byla stanovena průměrná výška porostu (m) pomocí měřicího kotouče o průměru 0,5 m a hmotnosti 200 g. Tato metoda integruje vliv výšky a hustoty porostu. Vždy bylo provedeno 10 měření na variantě v úhlopříčném transektu. Ve shodném dni proběhlo i stanovení počtu klasů na jednotku plochy. Počet klasů byl stanoven na ploše 0,1 m² (čtverec 0,333 x 0,333 m), na shodných místech, kde byla stanovena výška porostu. V termínu sklizně (30. 7. 2015) byl stanoven průměrný počet zrn v klase (kusy, hodnoceno bylo 20 klasů z varianty). Odebráno bylo 40 klasů. Ty byly srovnány do řady dle velikosti a každý druhý byl použit ke stanovení počtu zrn v klase. Před sklizní byla každá parcela rozdělena na čtyři pseudoreplikace a ty byly sklizeny odděleně. Z každého sklizeného vzorku byla po vyčištění stanovena HTZ (g, dvě opakování ze sklizeného vzorku) a hodnota objemové hmotnosti (g.l⁻¹, dvě opakování z každého sklizeného vzorku). Průměrný výnos (t.ha⁻¹) byl vyjádřen při 100% čistotě a 100% sušině.

V rámci hodnocení byly rovněž sledovány další charakteristiky (infiltrace vody do půdy, teplota a vlhkost půdy, penetrační odpor, kvalita rozmístění rostlin apod.), které nejsou součástí práce. Z hlediska následné výživy rostlin bylo v jarním období provedeno přihnojení porostů včetně kontroly ledkem amonným a vápencem (200 kg.ha⁻¹) a poté následovalo přihnojení hnojivem DAM 390 (první dávka 180 a druhá dávka 100 l.ha⁻¹). Ochrana rostlin byla na všech pokusných plochách shodná. Sklizeň proběhla maloparcelovou sklízecí mlátičkou.

Základní meteorologické charakteristiky - teplota vzduchu (°C) a relativní vlhkost vzduchu (%) a denní sumy srážek (mm) - pro danou lokalitu byly převzaty z meteorologické stanice Budihostice (letišťe Sazená), která patří do sítě meteorologických stanic Fakulty agroekologie a biometeorologie ČZU v Praze (http://www.emsbrno.cz/p.axd/cs/Budihostice_o_Leti%C5%A1t%C4%9B.Sazen%C3%A1_p_.CZUFAPPZ.html). Průměrné denní hodnoty teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu a denní sumy srážek za období 1. 10. 2014 až 30. 7. 2015 dokumentuje graf 1.

Statistické hodnocení bylo provedeno v programu Statgraphic®Plus, verze 4.1., metoda analýzy rozptylu, jednoduché třídění (ANOVA, LSD Test, $\alpha = 0,05$).



Graf 1: Průměrné denní hodnoty teploty vzduchu (°C) a relativní vlhkosti vzduchu (%) a denní sumy srážek (mm) na lokalitě Budihostice od 1. 10. 2014 do 30. 7. 2015.

4.3 Výsledky

Tabulka 4 dokumentuje skutečnou vzcháživost porostů na jednotlivých variantách, přičemž varianty 1 – 4 byly zakládány s počtem 200 semen na m^2 , varianty 5 – 8 s počtem 280 semen na m^2 , varianty 9 – 12 s počtem 350 semen na m^2 a kontrolní varianta byla založena s počtem 450 semen na m^2 . V rámci výsevků 200 a 280 semen na m^2 nejsou mezi jednotlivými variantami statisticky průkazné rozdíly. Vliv hnojení a hloubky kypření tedy také nemá statisticky průkazný vliv na vzcháživost porostu. V rámci výsevku 350 zrn na m^2 jsou mezi jednotlivými variantami pozorovatelné statisticky průkazné rozdíly. Varianty 10 – 12 mají naprosto stejný počet vzešlých rostlin (237 rostlin na m^2), přičemž není nejvyšší. U obou těchto variant byla použita zonální aplikace hnojiva, pouze hloubka jeho uložení se lišila. Aplikace hnojiva a hloubka jeho uložení ani zde tedy nemá výrazný vliv na počet rostlin. Absolutně nejvyšší počet vzešlých rostlin (270 rostlin na m^2), kontrolní variantu nepočítaje, měla varianta 11. Zde proběhlo kypření do hloubky 180 mm bez aplikace hnojiva. Nejnižší počet rostlin byl na variantě 1 (136 rostlin na m^2). U této varianty bylo uplatněno pouze kypření do hloubky 85 mm bez přihnojení. Obr. 5 dokumentuje stav porostů na konci zimního období (18. 2. 2015). Rozdíly v počtu rostlin na jednotku plochy byly opticky dobře viditelné.

varianta	hnojení	počet rostlin na m ² (kusy)	
1		136	a
2	NPK	142	a
3		151	a
4	NPK	157	a
5		210	b
6	NPK	212	b
7		225	b
8	NPK	220	b
9		241	bc
10	NPK	237	b
11		270	c
12	NPK	237	b
13	kontrola	344	d

Tab. 4: Skutečný počet rostlin na jednotku plochy stanovený 20. 10. 2014. Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazné rozdíly v rámci sloupce (ANOVA, LSD Test, $\alpha = 0,05$).



Obr. 5: Stav porostů na variantě 1 (136 rostlin na m², vlevo) a na variantě 9 (241 rostlin na m², vpravo) na konci zimního období (18. 2. 2015). foto Brant

Variabilita rostlin v rámci varianty se rovněž projevila i při hodnocení hmotnosti nadzemní biomasy rostlin v druhé polovině února. Tato data jsou vyobrazena v tabulce 5. Mezi jednotlivými variantami jsou patrně markantnější, statisticky průkazné rozdíly. Nejnížší průměrnou suchou hmotnost nadzemní biomasy má varianta 4 (0,283 g), která byla zakládána s počtem 200 semen na m². Spolu s kypřením do 180 mm zde byla použita aplikace hnojiva do téže hloubky. Naopak nejvyšší hodnotu hmotnosti nadzemní části rostliny představuje varianta 3 (0,424 g). Tato varianta byla zakládána stejným způsobem jako varianta 4, pouze zde nebylo použito zonální hnojení.

varianta	hnojení	hloubka kypření a hnojení (mm)	Suchá hmotnost rostliny (g)
1		85	0,342 ab
2	NPK	85	0,367 bc
3		180	0,424 c
4	NPK	180	0,283 a
5		85	0,372 bc
6	NPK	85	0,365 bc
7		180	0,342 ab
8	NPK	180	0,394 bc
9		85	0,357 abc
10	NPK	85	0,339 ab
11		180	0,327 ab
12	NPK	180	0,379 bc

Tab. 5: Průměrná suchá hmotnost nadzemní části rostliny na hodnocených variantách 18. 2. 2015. Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazné rozdíly v rámci sloupce (ANOVA, LSD Test, $\alpha = 0,05$).

Na základě dat z tabulky 6, která znázorňuje základní biometrické charakteristiky procesů jednotlivých variant, lze jednoznačně tvrdit, že počet rostlin na jednotku plochy má vliv na počet klasů na jedné rostlině, přičemž se snižujícím se počtem rostlin na jednotku plochy se zvyšuje počet klasů na rostlinu. Tento faktor byl nejdůležitějším výnosotvorným prvkem. Naproti tomu mezi počty zrn v klase a ve hmotnosti tisíce zrn nebyly mezi variantami, až na výjimky, statisticky průkazné rozdíly. Nižší výnos ve srovnání s kontrolní variantou byl stanoven na plochách s počtem rostlin pod 200 kusů na m^2 . Vůbec nejnižšího výnosu bylo dosaženo ve variantě 4, která poskytla 94,8 % ($9,011 t \cdot ha^{-1}$) výnosu kontrolní varianty ($9,509 t \cdot ha^{-1}$). Na plochách s počtem rostlin přesahujícím 200 kusů na m^2 byl, mimo varianty 8, stanoven vyšší výnos. U variant s počtem rostlin vyšším než 230 rostlin na m^2 byl na plochách s hnojením stanoven vyšší výnos než na plochách bez hnojení. Tyto rozdíly však nebyly statisticky průkazné. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo ve variantě 12, která po přepočtení poskytla výnos $10,189 t \cdot ha^{-1}$, tedy o 7,1 % vyšší výnos než kontrolní varianta. Výsledky provedeného pokusu vypovídají o tom, že se potvrdila hypotéza této práce. Snížení počtu rostlin na jednotku plochy tedy opravdu nemá průkazný vliv na snížení výnosu pšenice ozimé. Vliv použití zonálního hnojení kombinovaným hnojivem NPK 15-15-15 při výsevu nebyl prokázán.

Varianta/ hnojení	počet rostlin na m ²	výška porostu (m)	počet klasů na m ²	počet klasů na rostlinu (kusy)	Počet zrn v klase (kusy)	HTZ (g)	objemová hmotnost (g.l ⁻¹)	výnos (t.ha ⁻¹)	rozdíl ve výnosu (%)
1	136	0,606 bc	597 ab	4,4	53 d	45,3 cde	808,9 cd	9,420 abc	99,1
2^{NPK}	142	0,612 bc	580 ab	4,1	51 bcd	45,4 de	805,5 abc	9,301 ab	97,8
3	151	0,602 b	546 a	3,6	51 abcd	45,1 bcde	809,0 d	9,211 ab	96,9
4^{NPK}	157	0,614 bc	586 ab	3,7	52 cd	45,7 de	805,8 abcd	9,011 a	94,8
5	210	0,627 cde	588 ab	2,8	50 abcd	45,9 e	807,8 abcd	9,905 bc	104,2
6^{NPK}	212	0,656 fg	588 ab	2,8	46 ab	44,5 abcde	805,7 abcd	9,886 bc	104,0
7	225	0,643 def	626 b	2,8	49 abcd	43,9 abc	804,7 a	9,564 abc	100,6
8^{NPK}	220	0,621 bcd	600 ab	2,7	51 bcd	43,5 a	804,9 ab	9,480 abc	99,7
9	241	0,67 g	614 a	2,5	47 abc	44,4 abcd	807,5 abcd	9,822 abc	103,3
10^{NPK}	237	0,649 efg	617 ab	2,6	45 a	45,0 bcde	808,4 bcd	10,038 bc	105,6
11	270	0,644 def	627 b	2,3	51 abcd	43,7 ab	805,7 abcd	9,715 abc	102,2
12^{NPK}	237	0,649 efg	617 ab	2,6	48 abcd	45,2 cde	807,0 abcd	10,189 d	107,1
kontrola	344	0,527 a	594 ab	1,7	49 abcd	45,3 cde	815,5 e	9,509 abc	100

Tab. 6: Základní biometrické charakteristiky porostů stanovené na pokusných variantách: průměrná výška porostu (m, stanovena 23. 6. 2015), průměrný počet klasů na m² (kusy, 23. 6. 2015), průměrný počet klasů na rostlinu (kusy, vypočteno), průměrný počet zrn v klase (kusy, 30. 7. 2015), průměrná hmotnost tisíce zrn (HTZ, g, 30.7.2015), průměrná hodnota objemové hmotnosti (g.l⁻¹, 30.7.2015) a průměrný výnos (t.ha⁻¹, přepočten na 100% čistotu a 100% sušinu, 30.7.2015). Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazné rozdíly v rámci sloupce (ANOVA, LSD Test, $\alpha = 0,05$).

5 Diskuse

Precizní zemědělství je termín označující způsob zemědělské výroby resp. rostlinné výroby, při kterém se vstupy operativně upravují na základě variability pozemků a pěstovaných plodin. Cílem je optimalizace ekonomiky výroby, popř. snižování dopadů na životní prostředí (Godwin et al., 2003). Do oblasti precizního zemědělství jednoznačně patří i problematika variabilního zpracování půdy a setí. Systémy variabilního setí jsou jednoznačně spjaty s možností přesného setí u úzkořádkových plodin (Brant a kol., 2015). Doposud byla technologie přesného setí specializována především pro širokořádkové plodiny (řepa cukrová, slunečnice, kukuřice apod.). Současné technologie již ovšem umožňují využití tohoto způsobu výsevu i pro oblast úzkořádkových plodin, především pšenice a řepky (Heege, 2013). Přesnost rozmístění semen secím strojem ovlivňuje polní vzcházivost, vývoj jednotlivých rostlin a v důsledku toho i výnos. Optimalizace rozdělení rostlin na jednotku plochy sebou přináší minimalizaci kompetice mezi jednotlivými rostlinami (Greipentrog, 1998). Technologie variabilního setí tedy umožňuje regulaci výsevu nejen ve vztahu k optimální struktuře porostu konkrétní plodiny, ale i ve vztahu k variabilitě pozemku. Snižování výsevního množství na jednotku plochy je jednou z cest ke snížení fixních nákladů (Heege, 2013).

Z pokusu provedeného v hospodářském roce 2014 – 2015 v lokalitě Budihostice vyplynulo, že snížení počtu rostlin na jednotku plochy může zajistit obdobné výnosy jako konvenční varianta. Tato skutečnost je zajištěna především kompenzační schopností porostu (Brant a kol., 2015). Potenciální schopnost vytvářet vedlejší stébla (odnožovat) je u obilnin neobyčejně velká a závisí na vztahu růstu a vývoje. Odnožování nejvíce podporují faktory, které zpomalují vývoj, tj. diferenciaci vzrostného vrcholu. Jsou to: délka dne (krátký podzimní a jarní den podmiňuje zeslabení apikální dominance hlavního stébla, čímž se stimuluje odnožování), teplota (v našich podmínkách je optimální 8 – 15 °C). Dále má podstatný vliv hnojení (zejména dusíkem) a intenzita osvětlení (Petr a kol., 1980). V hospodářském roce 2014–2015 byly především během zimního období a v první polovině vegetace vhodné podmínky pro vývoj porostů. V druhé části vegetace, která se vyznačovala také nižší srážkovou aktivitou, již nedošlo k redukci výnosových prvků. Malé denní sumy srážek spadlé ve druhé polovině vegetace, které se pohybovaly pod hodnotou 5 mm, vláhové podmínky půdy neovlivnily (Brant a kol., 2015). Lze tedy usuzovat, že varianty se sníženým výsevkem dosáhly obdobného výnosu jako kontrolní varianta mj. díky včasnému výsevu, který je bezpochyby velmi důležitý, a především díky mírné zimě s příznivými vláhovými poměry. Rostliny tedy měly dostatek času s vhodnými podmínkami pro odnožování. Díky

mírné zimě nedošlo k redukci rostlin a časné otevření jara zajistilo zdárné dokončení odnožování. Ani později podmínky nezapříčinily redukci rostlin.

Obdobných výsledků dosáhl v pokusech s pšenicí Wood et al. (2003). Porovnávány byly varianty s výsevky 150, 250, 350 a 450 semen na m². Navíc byly porovnávány různé varianty hnojení a ekonomická variability jednotlivých variant. Z výsledků vyplývá, že spolu s narůstajícím počtem semen vysetých na jednotku plochy narůstá i hmotnost nadzemní biomasy. Ovšem konečný počet plodných stébel a z nich vyplývající počet klasů vrcholí při počtu 350 vysetých semen na m². Nicméně díky kompenzační schopnosti pšenice spočívající v nárůstu počtu zrn v klase a hmotnosti tisíce zrn byla nejvýnosnější a nejrentabilnější varianta s nejnižším výsevkem.

Prostorové členění vyvíjejícího se zápoje listoví pšenice a závislost produktivity porostu, nadzemní produkce sušiny a výnosu zrna na rozdílné hustotě a změnách pokryvnosti listoví zkoumala Hodáňová (1967). V pokusech byly založeny varianty 21, 85, 340 a 3400 semen na m². Z výsledků lze konstatovat, že se zvyšující se hustotou porostu se zvyšuje pokryvnost listoví (max. LAI = 9,6 byl dosažen u varianty 3400 rostlin na m²). Dále se v souvislosti se zvyšováním hustoty zkracuje úhrnná délka života zápoje listoví a zvětšuje se počet listů vytvořených na jednom stéble z 5 na 8. Se zvyšováním hustoty vzrůstá produkce nadzemní sušiny. Maximální produkci sušiny vytvořila varianta 3400 semen na m². Toto je ve shodě s výsledky Wood et al. (2003). Navíc Hodáňová (1967) uvádí, že závislost hospodářského výnosu na hustotě porostu má parabolický charakter s maximálním výnosem zrna u variant 85 a 340 semen na m². Optimální hodnota LAI v daných experimentálních podmínkách byla s ohledem na výnos zrna 2,3 – 3,2. I z tohoto lze usuzovat, že i při nižších výsevcích lze dosáhnout stejných nebo podobných výnosů jako výsevků běžně používaných. Zajímavý je parabolický průběh výnosové křivky v závislosti na hustotě.

Výsledky pokusů, které prováděli Wood et al. (2003) a Hodáňová (1967) jsou ve shodě s výsledky pokusu zpracovávaného touto prací a potvrzují tak hypotézu. Díky kompenzační schopnosti pšenice ozimé nedochází při snížení počtu rostlin na jednotku plochy ke snížení výnosu.

6 Závěry a doporučení

Na základě provedených polních experimentů lze stanovit následující závěry a doporučení.

Závěry práce:

1. Snížení počtu rostlin na jednotku plochy přispělo k větší kompenzační schopnosti rostlin pšenice ozimé, která se projevila vyšším počtem klasů na rostlinu.
2. Na základě výsledků lze za optimální počet rostlin na jednotku plochy považovat hodnotu od 200 do 250 rostlin.
3. Dosavadní výsledky nepotvrdily pozitivní ani negativní vliv zonálního hnojení při výsevu na výnos ozimé pšenice při využití kombinovaného hnojiva.

Doporučení pro praxi:

Snížení stávajících výsevků ozimé pšenice v zemědělské praxi představuje jednu z cest snížení vstupů a zvýšení výkonnosti secích souprav. Výši snížení výsevku je však potřebné vždy ověřit pro dané půdně-klimatické podmínky, systém zpracování půd apod.

7 Seznam literatury

1. **Abrham, Z., Kovářová, M.** Ekonomika pěstování a sklizeň obilovin. Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha [online]. 2006. [cit. 2016-2-29]. Dostupné z <svt.pi.gin.cz/vuzt/clanky/ekonomika/Ekonomika%20obilovin.pdf?...648>.
2. **AGES (Hrsg.).** 2014. Ertragsstruktur und Bestandesaufbau bei Getreide. Österreichische Beschreibende Sortenliste 2014 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. 2014. 117 s.
3. **Al-Kaisi, M.** Crop water use or evapotranspiration. Integrated crop management. [online]. 29. května 2000 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z <<http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2000/5-29-2000/wateruse.html>>.
4. **Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M.** 1998. In: Campillo, C., Fortes, R., Prieto, Maria del Henar. 2012. Solar Radiation Effect on Crop Production. In: Babatude, E. B. (ed.). Solar Radiation. InTech. 494 s. ISBN: 978-953-51-0384-4.
5. **Brant, V., Kroulík, M., Záborský, P., Škeříková, M.** Nižší výsevky a zonální aplikace hnojiv při pěstování obilnin jako základ precizního zemědělství. 2015 [cit. 2016-3-25]. Dostupné z <<http://www.agrojournal.cz/clanky/nizsi-vysevky-a-zonalni-aplikace-hnojiv-pri-pestovani-obilnin-jako-zaklad-precizniho-zemedelstvi-135>>.
6. **Bröker, M.** 2008. Getreide mit der Einzelkorndrille säen?. Top Agrar. 2008 (10). 72-75.
7. **Campbell, G. S., Norman, J. M.** 1990. The description and measurement of plant canopy structure. In: Russell, G., Marshall, B., Jarvis, P. G. (eds.). Plant Canopies: Their Growth, form and fiction. Cambridge University Press. 5-6. ISBN: 0-521-39563-1.
8. **Campillo, C., Fortes, R., Prieto, Maria del Henar.** 2012. Solar Radiation Effect on Crop Production. In: Babatude, E. B. (ed.). Solar Radiation. InTech. 494 s. ISBN: 978-953-51-0384-4.
9. **Čapek, J.** Doporučení k současnému stavu ozimých pšeníc po přezimování. Šlechtitelské listy [online]. 2012 [cit. 2015-11-28]. Dostupné z <www.druvod.cz/files/aktuality/doporuceni_tisk_2012.pdf>.
10. **Dagoon, J. D.** 2000. Crop production technology. Rex Book Store. Manila. 401 s. ISBN: 971-23-0684-4.
11. **Ehlers, W., Goss, M.** 2003. Water dynamics in plant production. CABI. Wallingford. 273 s. ISBN: 0-85199-694-9.

12. **Foltýn, I., Zedníčková, I., Kopeček, P., Vávra, V., Humpál, J.** 2010. Predikce rentability zemědělských komodit do roku 2014. Ústav zemědělské ekonomiky a informací. Praha. 213 s.
13. **Fridgen, J., Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., Drummond, S. T., Wiebold, W. J., Fraisse, C. W.** 2004. Management zona analyst (MZA): Software for subfield management zone delineation. *Agronomy Journal*. 96. 100–108.
14. **Fukai, S.** 1999. Leaf area index and canopy light climate. In: Atwell, B., Kriedemann, P., Turnbull, C. (eds.). *Plants in action*. Macmillan Publishers Australia. South Yara. 380-416. ISBN: 0-7329-4439-2.
15. **Goldberger, R.** Einzelkornsaat bei Getreide. *Landwirt* [online]. 5. prosince 2013 [cit. 2016-2-29]. Dostupné z < <http://www.landwirt.com/Einzelkornsaat-bei-Getreide,,14133,,Bericht.html>>.
16. **Greipentrog, H. W.** Seed Distribution over the Area. [online]. 1998 [cit. 2015 – 3 – 31]. Dostupné z < <https://www.uni-hohenheim.de/qisserver/rds?state=medialoader&objectid=7025&application=lsf>. >.
17. **Han, H., Li, Z., Ning, T., Zhang, X., Shan, Y., Bai, M.** 2008. Radiation use efficiency and yield of winter wheat under deficit irrigation in North China. *Plant, Soil and Environment*, 54 (7), 313-319.
18. **Heege, H. J.** (ed.). 2013. *Precision in Crop Farming*. Springer. Dordrecht. 171-192. ISBN: 978-94-007-6759-1.
19. **Hodáňová, D.** 1967. Development and structure of foliage in wheat stands of different density. *Biologia Plantarum*. 9 (6). 424-438.
20. **Hollinger, S. E., Angel, J. R.** 2009. Weather and Crops. In: Nafziger, E. D. (ed.). *Illinois agronomy handbook*. University of Illinois. Urbana. 1-12. ISBN: 978-1883097622.
21. **Hrbek, J.** 2016. Osevní plochy ozimých plodin pro sklizeň v roce 2016. ČSÚ [online]. 25. ledna 2016. 16. března 2016 [cit. 2016-4-1]. Dostupné z < <https://www.czso.cz/csu/czso/osevni-plochy-ozimych-plodin-pro-sklizen-v-roce-2016>>.
22. **Chohola, J.** Průvodce pěstováním cukrové řepy. Řepařský institut Semčice [online]. srpen 2010. [cit. 2015-11-19]. Dostupné z < www.semce.cz/Pruvodce.pdf>.

23. **Jakubová, J., Kováč, L.** Porovnanie ekonomiky pestovania ozimnej pšenice v rokoch 2012 a 2013. Pódohospodarsky poradenský systém [online]. 12. června 2014 [cit. 2016-3-1]. Dostupné z <<http://www.agroporadenstvo.sk/index.php?start&t=ekonomika-financie-trh-odborne-clanky&t2=&article=479>>.
24. **Keller, E. R., Hanus, H., Heyland, Klaus-Ulrich.** 1997. Grundlager landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co. 860 s. ISBN: 3-8001-3097-1.
25. **Klem, K.** Plevelle v jarním ječmeni a možnost jejich regulace. Úroda [online]. 7. února 2001. [cit. 2016-1-5]. Dostupné z < <http://uroda.cz/plevele-v-jarnim-jecmeni-a-moznost-jejich-regulace/>>.
26. **Konvalina, P., Moudrý, J.** 2008. Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita. České Budějovice. 28 s. ISBN: 9788073941314.
27. **Kostrej, A., Danko, J., Jureková, Z., Zima, M., Gáborčík, N., Vidovič, J.** 1998. Ekofyziológia produkčního procesu porastu a plodín. SPU v Nitre. Nitra. 187 s. ISBN: 80-7137-528-4.
28. **Křen, J., Dryšlová, T., Neudert, L., Lukas, V.** Cereal Canopy Structure – Its Assessment and Use. In: Matovic, M. D. (ed.). Biomass Now – Sustainable Growth and Use [online]. Rijeka. InTech. 3. dubna 2013 [cit. 2016-3-15]. Dostupné z < <http://www.intechopen.com/books/biomass-now-sustainable-growth-and-use/cereal-canopy-structure-its-assessment-and-use-in-efficient-crop-management>>.
29. **Křen, J., Neudert, L., Dryšlová, T., Smutný, V.** 2011. Vliv termínu setí a výsevku na strukturu porostu ozimé pšenice. In: Cerkal, R., Hrstková, P. (eds.). Mendel Agro 2011 Sborník odborných příspěvků a sdělení. Mendelova univerzita v Brně. 46-49. ISBN: 978-80-7375-516-4.
30. **Kumhála, F., Heřmánek, P., Mašek, J., Kvíz, Z., Honzík., Pálová, T.** 2007. Zemědělská technika Stroje a technologie pro zemědělskou výrobu. Česká zemědělská univerzita v Praze. 438 s. ISBN: 978-80-213-1701-7.
31. **Lyon, D. J.** 2009. How do plant populations affect yield?. Press release from Panhandle Research and Extension Center: Nebraska-Lincoln.
32. **Malina, V.** Přesné setí obilovin – II. Horsch Blog [online]. 21. listopadu 2014 [cit. 2016-2-29]. Dostupné z < <http://www.horsch2.com/cz/news/blog-post/2014/11/28/presne-seti-obilovin-iii/>>.

33. **Marcinkevičiene, A., Raudonius, S., Velička, R.** 2006. Weed suppression by increasing rape crop density. *Agronomy Research*. 2006 (Special Issue). 293-297.
34. **Mašek, J., Novák, P.** Technika a technologie pro setí řepky. *Zemědělec* [online]. 3. června 2011 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z < <http://zemedelec.cz/technika-a-technologie-pro-seti-repy-2/>>.
35. **Novák, J., Skalický, M.** 2012. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Powerprint. Praha. 336 s. ISBN: 978-80-87415-53-5.
36. **Pavlů, V., Gaisler, J., Mládek, J., Pavelčík, P. (eds.)**. 2006. *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. VÚRV Praha. 104 s. ISBN: 80-86555-76-3.
37. **Petr, J., Černý, V., Hruška, L.** 1980. *Tvorba výnosu hlavních polních plodin*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 448 s.
38. **Petr, J., Húska, J.** 1997. *Speciální produkce rostlinná – I. Česká zemědělská univerzita*. Praha. 193 s. ISBN: 978-80-213-0152-8.
39. **Prasada Rao, G. S. L. H. V.** 2008. *Agricultural Meteorology*. PHI Learning Private Limited. Delhi. 384 s. ISBN: 978-81-203-3338-3.
40. **Pulkrábek, J., Urban, J., Bečková, L., Valenta, J.** 2007. *Řepa cukrová: Pěstitelský rádce*. Kurent, s.r.o. 64 s. ISBN: 978-80-87111-00-0.
41. **Rataj, V., Galambošová, J., Macák, M., Nozdrovický, L.** 2014. *Presné polnohospodárstvo*. Profi Press s.r.o. Praha. 160 s. ISBN: 978-80-86726-64-9.
42. **Seemann, J., Chirkov, Y. I., Lomas, J., Primault, B.** 1979. *Agrometeorology*. Springer-Verlag. Berlin. 326 s. ISBN: 978-3-642-67290-3.
43. **Shafiq-ur-Rehman., Harris, P. J. C., Ashraf, M.** 2005. Stress Environments and Their Impact on Crop Production. In: Ashraf, M., Harris, P. J. C. (eds.). *Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches*. Food Product Press. 4-5. ISBN: 1-56022-965-9.
44. **Smith, K., Scott, B.** 2008. Weed Control in Corn. In: Espinoza, L., Ross, J. (eds.). *Corn Production Handbook*. Cooperative Extension Service University of Arkansas. Arkansas. 51-64.
45. **Středová H., Dobrovolný, P., Krédl, Z., Krahula, L., Litschmann, T., Pokorný, R., Rožnovský, J., Středa, T., Vysoudil, M.** 2011. *Mikroklima a mezoklima měst a mikroklima porostů*. Český hydrometeorologický ústav. Praha. 102 s. ISBN: 978-80-86690-90-2.

46. **Sýkorová, S.** 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s. Praha. 327 s. ISBN: 978-80-86576-28-2.
47. **Šilha, J.** Kvalita setí rozhoduje o produkci [online]. 2008 [cit. 2015 – 11 – 30]. Dostupné z < www.soufflet-agro.cz/data/xinha-file/.../agrotechnika_jecmene.pdf>.
48. **Špaldon, E., Andraščík, M., Bechyně, M., Belej, J., Fric, V., Fuciman, L., Hruška, L., Krausko, A., Petr, J., Rybáček, V., Váša, F., Votoupal, B., Vrzalová, J.** 1982. Rostlinná výroba. Příroda. Bratislava. 628 s.
49. **Šroller, J., Pulkrábek, J., Novák, D.** Agrobiologická kontrola – záruka stability výnosů. Úroda [online]. 7. srpna 2001 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z < <http://uroda.cz/agrobiologicka-kontrola-zaruka-stability-vynosu/>>.
50. **Tolasz, R. (ed.).** 2007. Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav a Univerzita Palackého v Olomouci. Praha a Olomouc. 256 s. ISBN: 978-80-86690-26-1.
51. **Vaněk, V., Balík, J., Černý, J.** 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. 568 s. ISBN: 978-80-200-2147-2.
52. **Vaněk, V., Ložek, O., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P.** 2013. Výživa poľných a záhradných plodín. Profi Press SK s.r.o. Nitra. 184 s. ISBN: 978-80-970572-3-7.
53. **VÚZT.** Ekonomika pěstování plodin – Pšenice ozimá. 9. března 2016 [cit. 2016-3-15]. Dostupné z < <http://www.vuzt.cz/index.php?I=A37>>.
54. **Wood, G. A., Welsh, J. P., Godwin, R. J., Taylor, J. C., Earl, R., Knight, S. M.** 2003. Real - time measures of canopy size as a basis for spatially varying nitrogen applications to winter wheat sown at different seed rates. Biosystems Engineering (Special Issue on Precision Agriculture). 84 (4). 375-393.
55. **Zecevic, V., Boskovic, J., Knezevic, D., Micanovic, D.** 2014. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. Chilean Journal of Agricultural Research. 74 (1). 23-28.
56. **Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J., Kraus, P., Mareček, J., Novotný, F., Richter, R., Říha, K., Tichý, F.** 2005. Pšenice, pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press, s.r.o. Praha. 180 s. ISBN: 80-86726-09-6.

