

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



Diplomová práce

**Hodnocení technologie variabilního zakládání porostů
polních plodin na výnosové parametry**

Bc. Jiří Soukup

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jiří Soukup

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Hodnocení technologie variabilního zakládání porostů polních plodin na výnosové parametry

Název anglicky

Evaluation of the variable seeding technology on yield parameters of field crop

Cíle práce

Práce bude zaměřena na hodnocení výnosotvorných prvků porostů polních plodin, které byly založeny technologií variabilního setí s respektováním půdních podmínek a výnosového potenciálu pozemků.

Metodika

Práce bude zaměřena na hodnocení výnosových ukazatelů vybraných polních plodin v reakci na rozdílný výsevku a výnosový potenciál jednotlivých částí pozemku. Polní pokusy bude organizovány tak, aby byly jednotlivým úrovněmi výsevku osety jednotlivé části výnosového potenciálu pozemku. Bude vždy připraveno rozpětí výsevků včetně kontrolní varianty. Tyto výsevky budou s příslušným opakováním vysety napříč výnosovými potenciály. Výnosový potenciál bude hodnocen na základě výstupů z geofyzikálních metod nebo na základě rozboru družicových snímků.

V průběhu vegetace budou postupně hodnoceny následující ukazatele:

Počet rostlin, počty odnoží, délky a hmotnosti rostlin, počet zrn v klasech, výnos, HTZ a objemová hmotnost.

Hodnoty budou tříděny do kategorií podle výnosového potenciálu a výsevku.

Na základě hodnot z rozborů bude hodnocen vývoj porostu a výnos s ohledem na režim zakládání porostu.

Vypracování ekonomického hodnocení výsledků polních pokusů.

Diskuse a závěr.

Doporučený rozsah práce

55 až 65 stran včetně tabulek, obrázků a grafů

Klíčová slova

Výnos; variabilita pozemku; výnosový potenciál; struktura porostu

Doporučené zdroje informací

AHMAD, Latief. *Agriculture 5.0 : artificial intelligence, IoT and machine learning*. Boca Raton: CRC Press, 2021. ISBN 978-0367646080.

BRANT, Václav; KROULÍK, Milan; KRČEK, Vítězslav; KRÁSA, Josef; KAPIČKA, Jiří; HAMOUZ, Pavel; LUKÁŠ, Jan; ZÁBRANSKÝ, Petr; ŠKEŘÍKOVÁ, Michaela; ŠKEŘÍK, Josef; JOB, Zdeněk; LANG, Jan; PETRUS, David; ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, ; AGRA ŘISUTY (FIRMA). *Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby*. České Budějovice: Kurent, s.r.o., 2020. ISBN 978-80-87111-81-9.

HEEGE, Hermann J. *Precision in crop farming : site specific concepts and sensing methods: applications and results*. Dordrecht: Springer, 2013. ISBN 978-94-007-6759-1.

ZHANG, Qin. *Precision agriculture technology for crop farming*. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 9781482251081.

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2023

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 02. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Hodnocení technologie variabilního zakládání porostů polních plodin na výnosové parametry" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Milanu Kroulíkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a připomínky při zpracování této diplomové práce.

Hodnocení technologie variabilního zakládání porostů polních plodin na výnosové parametry

Souhrn

Hlavním cílem této diplomové práce je vyhodnotit různé způsoby zakládání porostu polních plodin a jejich vliv na výnosotvorné parametry konkrétně u řepky ozimé.

Variabilita půdních podmínek je způsobena celou řadou faktorů, jejichž vliv se mění s ohledem na prostorové měřítko sledování. Na úrovni pole jsou hlavními faktory ovlivňujícími variabilitu půdní typ, reliéf terénu, předplodina a předchozí způsob hospodaření. Identifikace produkčních jednotek v rámci jednotlivých pozemků je základním předpokladem pro úspěšné uplatnění postupů precizního zemědělství. Jeho podstatou je přizpůsobení agrotechniky lokálním podmínkám stanoviště a určení intenzity pěstebních zásahů pro jednotlivé části pozemků, tzv. management zóny, s ohledem na jejich nevyrovnanost.

Z porovnání technologie strip till u řepky ozimé a kontrolní varianty bylo zjištěno, že byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl v počtu rostlin na m^2 mezi variantou strip till a kontrolní variantou. Bylo zjištěno, že rostliny na variantách strip till měly vyšší obsah sušiny v nadzemní biomase ve srovnání s variantou kontrolní. Z výsledků vzdálenosti rostlin v řádku mezi jednotlivými variantami setí vyplývá, že nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl. Na základě hodnocení pokusu, lze usoudit, že při dobrém průběhu počasí by nějak významně neměl být patrný rozdíl ve výnosech na jednotlivých variantách pokusu. Na variantě strip till došlo k celkové úspoře herbicidní postřiku při preemergentní aplikaci při setí zhruba o 50 % ve srovnání s kontrolní variantou.

Klíčová slova: Výnos; variabilita pozemku; výnosový potenciál; struktura porostu

Evaluation of the variable seeding technology on yield parameters of field crop

Summary

The main goal of this diploma thesis is to evaluate different ways of establishing a vegetation of field crops and their effect on yield-generating parameters, specifically for winter rape.

The variability of soil conditions is caused by a number of factors, the influence of which changes with respect to the spatial scale of monitoring. At the field level, the main factors influencing variability are soil type, topography, previous crop and previous farming practices. The identification of production units within individual plots is a basic prerequisite for the successful application of precision agriculture procedures. Its essence is the adaptation of agricultural techniques to the local conditions of the habitat and the determination of the intensity of cultivation interventions for individual parts of the land, the so-called management zone, with regard to their unevenness.

From the comparison of the strip till technology for winter rapeseed and the control variant, it was found that a statistically significant difference in the number of plants per m² was recorded between the strip till variant and the control variant. It was found that the plants on the strip till variants had a higher dry matter content in the aboveground biomass compared to the control variant. From the results of the distance between the plants in the row between the individual sowing variants, it follows that no statistically significant difference was recorded. Based on the evaluation of the experiment, it can be concluded that if the weather is good, there should not be any significant difference in the yields on the individual variants of the experiment. On the strip till variant, there was a total saving of herbicide spraying during pre-emergence application by about 50 % compared to the control variant.

Keywords: Yield; plot variability; yield potential; vegetation structure

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Teoretická východiska	3
3.1	Charakteristika pěstebních podmínek ČR	3
3.2	Půda a půdní úrodnost	4
3.2.1	Půdní organická hmota	6
3.2.2	Půdní struktura	7
3.3	Problematika zhutnění půdy	8
3.4	Vodní eroze	9
3.5	Větrná eroze	11
3.6	Půdní úrodnost ve vztahu ke zpracování půdy	12
3.7	Variabilita v rámci pozemku	13
3.8	Výnosový potenciál pozemku	16
3.9	Pěstování řepky ozimé	18
3.9.1	Výživa a hnojení.....	18
3.9.2	Agrotechnika	18
3.9.3	Tvorba výnosu.....	19
3.10	Typy zpracování půdy	20
3.11	Pásové zpracování půdy (Strip tillage)	22
3.12	Strip tillage u řepky ozimé	24
4	Materiál a metody	27
4.1	Charakteristika podniku a popis pokusu	27
4.1.1	Schéma pokusu a příprava aplikačních map	29
5	Výsledky	33
6	Diskuze	39
7	Závěr	42
8	Literatura	43
9	Seznam obrázků	52
10	Seznam tabulek	53
11	Přílohy	54

1 Úvod

Předmětem této práce je hodnocení technologie variabilního zakládání porostů polních plodin na výnosové parametry.

Již naši předkové si uvědomovali, že jejich pozemky nejsou vždy vyrovnané a výnosy plodin nejsou na všech místech stejné. Každý sedlák svoje pole dobře znal a věděl, která jeho část je úrodnější, na níž lze správným hospodařením dosáhnout vyšších výnosů, a na kterých se nevyplatí intenzivně hospodařit, protože jsou úrodné méně.

Zpracování půdy a zakládání porostů je významnou součástí pěstitelských technologií polních plodin. Volba technologií zpracování půdy a zakládání porostů musí respektovat kromě agroekologických podmínek stanoviště a nároků plodin na půdní prostředí i časovou náročnost a nákladovost pracovních operací, dopad na půdní prostředí a na biotické škodlivé činitele i požadavky legislativy. Výsledkem by měla být technologie zpracování půdy, která je ekonomicky efektivní a zároveň šetrná k půdnímu a životnímu prostředí.

Při používání minimalizačních technologií zpracování půdy a zakládání porostů je nutné pro zajištění setrvalosti tohoto systému hospodaření zabezpečit i určitou výnosovou úroveň pěstovaných plodin. Vliv technologických postupů s redukcí hloubky a intenzity zpracování půdy a výsevy plodin do mělce zpracované, povrchově zpracované i nezpracované půdy se projevuje v závislosti na agroekologických podmínkách. Pro určité půdně klimatické podmínky je proto nutné ověřit vhodné technologické postupy zpracování půdy a zakládání porostů a těmto postupům uzpůsobit celou pěstební technologii jednotlivých plodin. Z pěstitelského hlediska je důležité vytvořit dostatečné vzdálenosti mezi jednotlivými rostlinami, čímž dojde k omezení konkurence v oblasti zásobení vodou, světlem, živinami a vzduchem již v období klíčení.

2 Cíl práce

Práce je zaměřena na hodnocení výnosotvorných prvků porostů polních plodin, které byly založeny technologií variabilního setí s respektováním půdních podmínek a výnosového potenciálu pozemků s ohledem na snižování vstupních nákladů a snižování dávek herbicidů.

Hlavním cílem této diplomové práce je vyhodnotit různé způsoby zakládání porostu polních plodin a jejich vliv na výnosotvorné parametry konkrétně u řepky ozimé.

3 Teoretická východiska

3.1 Charakteristika pěstebních podmínek ČR

Česká republika je vnitrozemský stát o rozloze 78 887 km². Reliéf je mírně kopcovitý, přičemž většina území (78,6 %) leží v nadmořské výšce mezi 200 a 600 m n.m. s. l. Klima je klasifikováno jako teplé mírné vlhké kontinentální (Skalák et al. 2018) s převážně západní cirkulací a průměrnými ročními srážkami kolem 600 až 800 mm. Nejintenzivnější bouřky a vrcholný povrchový odtok události se obvykle vyskytují v pozdních jarních a počátcích letních měsíců. Obecně platí, že klima je poměrně dynamické a počasí se může rychle měnit. Navíc v několika posledních dvou desetiletích byly zaznamenány mimořádně vlhké a suché roky, což má za následek lokální povodně a sucha (Trnka et al. 2016).

V porovnání s ostatními zeměmi EU má Česká republika vysoké procento orné půdy. Zemědělská půda má rozlohu 42 002 km², což je cca 53 % celkové rozlohy půdy (orná půda 42,2 %), lesy zabírají 26 773 km², což je 34 % celkové rozlohy půdy. Většina zemědělských půd je orná nebo trvalý travní porost. Zemědělské půdy se typicky nacházejí v méně příznivých půdních a klimatických podmínkách z hlediska produkce a podmínky jsou zde klasifikovány jako podhorský typ (Hauptman et al. 2009).

Podmínky České republiky jsou charakterizovány vysokou průměrnou svažitostí pozemků. Janeček et al. (2002) uvádí, že až polovina půdy v ČR je ohrožena erozí. Navíc je ČR charakterizována vysokou mírou zornění a největší průměrnou velikostí pozemků v celé EU. Kromě vodní a větrné eroze (která je bohatě a často studována) půdy dochází v podmínkách střední Evropy k poškozování kvality a úrodnosti půdy působením strojů a pracovních operací při zpracování půdy. Nejrozšířenějšími plodinami v ČR jsou pšenice, ječmen a olejnin. Osevní plocha řepky se každoročně pohybuje mezi 40 % a 65 %, následuje píce a kukuřice. Diverzita zemědělských plodin se za posledních 25 let snížila (Gebeltovej et al. 2020).

Kukuřice je dlouhodobě nejproblematičtější plodinou, co se týče eroze. Přibližně k jedné polovině významných erozních událostí dochází na kukuřičných polích, dále na polích s řepkou ozimou, v ozimých obilninách a v porostech brambor. Na rozdíl od většiny ostatních plodin dochází na kukuřičných polích k erozi půdy i když je porost zapojen (Žížala et al. 2015).

Rychlost eroze se v důsledku orebních technologií za posledních 70 let dramaticky zvýšila z důvodu rozsáhlého zavádění intenzivního, mechanizovaného zemědělství (Li et al. 2007). Van Oost et al. (2009) například zjistili, že 45–50 % plochy orné půdy v Evropě je ohroženo erozí v důsledku orebních technologií. Mnoho experimentálních a modelových studií

jasně ukázalo, že míra eroze při orebních technologiích dosahuje stejných hodnot jako u vodní eroze (Li et al. 2007; Lobb & Kachanoski 1999; Lobb et al. 1995).

3.2 Půda a půdní úrodnost

Základem produktivity stanoviště je půdní typ a půdní druh. Podmínky podnebí mají primární vliv na půdu a život organismů. Těsnost tohoto vzájemného vztahu ovlivňuje především průběh počasí a způsob hospodaření na půdě (Javůrek & Vach 2008).

Půda je počasím a klimatem bezprostředně ovlivněna. Je přirozeným substrátem pro růst kořenů a zdrojem vody i většiny minerálních látek. Svými fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi působí na příjem vody a ostatních živin. Je to složka prostředí rostlin, díky které se vliv počasí na rostliny promítá nepřímým a modifikovaným způsobem (např. teplotním režimem půdy, změnami obsahu vody atd.) (Petr et al. 1987).

Výzkumy posledních let totiž zjevně signalizují, že úrodnost půdy v mnoha hospodářských oblastech spíše klesá. Tato skutečnost je úzce spojena se zpracováním půdy, která výrazně ovlivňuje rozklad organické hmoty a s tím spojené uvolňování živin (Gobeille 2006). Dle Vaňka et al. (2012) lze však stanovit kritické parametry některých prvků půdní úrodnosti pro určité půdně-klimatické podmínky, např. pH, obsah přijatelných živin, nasycenost sorpčního komplexu apod. Prvky půdní úrodnosti lze rozdělit na dva typy:

Konzervativní prvky, které jsou stabilní, obtížně měnitelné a značně závislé na stanovišti. Většinou je musíme respektovat a podle nich usměrňovat pěstební i agrotechnická opatření. K jejich případné změně je zapotřebí velké množství prostředků a energie a mají většinou meliorační charakter.

Dynamické prvky jsou krátkodobějšího charakteru, snadněji se usměrňují a vyžadují také častější, ale méně nákladná opatření. Patří sem hlavně živinný režim, obsah snadno mineralizovatelných organických látek, biologická činnost apod.

Obecně lze konstatovat, že půdní úrodnost je schopnost půd poskytnout rostlinám dobré podmínky pro růst a vývoj, zejména vodu a přístupné živiny, podmínky pro utváření kořenového systému, a tím zajištění příjmu uvedených látek. Hodnocení půdní úrodnosti v souvislosti s růstem rostlin je prováděno především na základě výnosu pěstovaných rostlin, případně kvality jejich produktů (Černý et al. 2015).

Je však zřejmé, že výnos rostlin a kvalitu produkce ovlivňují další faktory. Není proto jednoduché vždy odvodit, zda vliv na výnos měly především půdní vlastnosti, nebo jiné faktory.

Z tohoto důvodu je definice půdní úrodnosti rozšiřována o schopnost půd vyrovnávat změny, a to jak přímo v půdě (například pH - pufrční vlastnosti, změny v obsahu živin - sorpční vlastnosti, změny v obsahu vody - apod.), ale také vhodně reagovat například na změny agrotechniky (způsoby zpracování půdy), osevnické postupy, (tj. možnost pěstování rozdílných druhů a odrůd plodin) apod. V poslední době se ale v této souvislosti zapomíná, že při správném způsobu hospodaření bychom měli postupovat obráceně. To znamená, půdním vlastnostem přizpůsobovat obdělávání půdy, podle půdních a pochopitelně i klimatických podmínek volit vhodnou skladbu plodin v osevnickém postupu nebo odrůdy (Abawi & Widmer 2000).

V širším pojetí lze půdní úrodnost vnímat jako jednotku tří navzájem propojených složek:

1. fyzikální (která například zahrnuje hloubku půdy),
2. chemická (která například zahrnuje množství dostupných živin),
3. biologická (která zahrnuje například přítomnost určitých organismů, roztočů, chvostoskoků, žížal atd.) v interakci s aktivitami člověka (zemědělství, znečištění) (Legout et al. 2014).

Zachování úrodnosti půdy je základem všech způsobů udržitelného využívání půdy. Má-li být půdní úrodnost udržena nebo zvyšována, musí být obnovovány všechny faktory, které půdní úrodnost ovlivňují. V dostupných literárních zdrojích se však setkáme především se dvěma faktory, o které v souvislosti s půdou a půdní úrodností musíme pečovat. Je to obsah organické hmoty v půdě, a dále obsah přístupných živin (Carter 2002).

Výzkumy posledních let totiž zjevně signalizují, že úrodnost půdy v mnoha hospodářských oblastech spíše klesá. Tato skutečnost je úzce spojena se zpracováním půdy, která výrazně ovlivňuje rozklad organické hmoty a s tím spojené uvolňování živin (Du & Zhou, 2009).

Aby mohly být lépe hodnoceny půdní vlastnosti, je v posledním období používán také termín „kvalita půdy“. Kvalita půdy je z uvedeného pohledu definována jako „schopnost půdy v přírodním nebo obhospodařovaném ekosystému udržet produktivitu rostlin a zvířat, zároveň zachovávat nebo zlepšovat kvalitu vody a ovzduší, podporovat lidské zdraví a bydlení“. V této souvislosti je v literatuře používán i termín „zdraví půdy“ (soil health). Někdy jsou oba termíny zaměňovány, avšak je třeba rozlišovat, že kvalita půdy se vztahuje k funkci půdy (Karlen et al. 1997; Letey et al. 2003), kdežto zdraví půdy prezentuje půdu jako konečný neobnovitelný, ale dynamický živý zdroj. V zemědělství je věnována pozornost zejména rostlinné a živočišné produkci, neboť ta má na obdělávaných půdách největší význam. Naopak v obydlených lokalitách je sledováno působení na zdraví a bydlení (Doran & Jones 1996).

Pro hodnocení kvality půdy (index kvality půdy) jsou posuzovány tři základní komponenty: (1) schopnost půdy zvyšovat produkci plodin (složka produktivita), (2) schopnost půdy tlumit působení látek znečišťujících životní prostředí a patogeny (složka životního prostředí a (3) vazba mezi kvalitou půdy a rostlinami, zvířaty a zdravím lidí (složka zdravotní) (Černý et al, 2015).

3.2.1 Půdní organická hmota

Není pochyb o tom, že půda a její organická hmota pozitivně ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy a je to zásadní faktor ovlivňující úrodnost půdy a do značné míry je podmíněn existencí bohaté a diverzifikované půdní bioty (Kubát et al. 2008).

Půdní organickou hmotu (POH) tvoří soubor všech neživých organických látek nacházejících se v půdě nebo na jejím povrchu v různém stupni rozkladu. Vytváří se z ní stabilní složka půdy – humus. Ten v půdě vytváří s neživou anorganickou složkou organominerální komplexy a ovlivňuje tak procesy v půdě a má velký vliv na všechny půdní vlastnosti. Ty hrají důležitou roli při udržování kationtů a při regulaci dostupnosti živin. Vzhledem k tomu, že půdní organická hmota (POH) vykazuje vysokou hustotu záporných iontů ve srovnání s minerálními částicemi, přispívá k nepřiměřené kationtové výměnné kapacitě půdy, (KVK) (Curtin et al. 2015).

Organické látky v půdě obecně působí proti jakémukoli zhutnění. Proto půdy, které mají nízký obsah organické hmoty, potřebují více pracovních zásahů. Primární kultivace musí být hlubší. Problém je, že s intenzitou pěstování se také zvyšuje rozklad organické hmoty. Zemědělci se tak mohou dostat do začarovaného kruhu: nízký obsah organické hmoty vede k hlubší kultivaci, ale a v dlouhodobém horizontu by se mohl obsah organické hmoty ještě více snížit. Cesta z tohoto dilematu nemusí být nutně menší kultivace, pokud to znamená nižší výnosy. Protože nižší výnosy mohou zase znamenat menší implementací posklizňových zbytků. Nejlepším řešením je pravděpodobně přizpůsobení pěstební technologie odpovídající situaci, čímž se zabrání jakékoli ztrátě na výnosu v kombinaci s péčí o organickou hmotu v půdě bez zbytečných reziduí v půdě. V podstatě to znamená precizní hospodaření s půdou a plodinami. Mnohá pole nemají rovnoměrný obsah organických látek a sledování jeho obsahu a stejně tak kontrola hloubky primární kultivace mají důležité opodstatnění (Heege et al. 2013).

Pokles půdní organické hmoty a mikrobiální biomasy v půdě ornice je považován za hlavní agronomický a ekologický problém kvůli jeho negativnímu vlivu na vlastnosti půdy

(Kozák et al. 2010; Hofman et al. 2004). Několik studií založených na dlouhodobém sledování obsahu půdní organické hmoty na různých typech půd v ČR ukazuje nižší současný obsah POH s horšími kvalitativními parametry než před desítkami let (Menšík et al. 2019; Horáček et al. 2008). Pokles POH je připisován především zpracování půdy, intenzifikaci zemědělství, a omezení používání hnoje v důsledku sníženého počtu hospodářských zvířat.

3.2.2 Půdní struktura

Půdní struktura orné půdy má významný vliv na dostupnost vody a půdního vzduchu, příjem živin a jejich vyplavování (Sněhota et al. 2008). Tím dochází k ovlivňování zásobování rostlin podzemní a povrchovou vodou. Agregace půdních částice a propojením agregátů ve velké póry je zvyšován tok vody v půdě. Zdravě strukturované půdy vykazují zvýšenou míru infiltrace, snížený povrchový odtok, vodu prosakující hlouběji do půdního profilu a obvykle, ale ne nutně, také vyšší výnosy. Postupy managementu na polích (systém zpracování půdy, střídání plodin, hnojiva atd.) mohou významně ovlivnit stabilitu půdních agregátů a půdní hydraulické vlastnosti (Kodešová et al. 2011).

Je to prostorové uspořádání a vzájemné seskupení jednotlivých půdních částic a jejich shluků. Představuje jednu z nejvýznamnějších fyzikálních vlastností půdy.

Lze rozlišit tři základní stavy půdy:

1. Elementární stav, kdy jednotlivé půdní částice mezi sebou nemají žádné vazby, jsou samostatné. Tento stav je typický pro čistý písek a písčité zeminy.
2. Slitý stav je typický pro jílu. Půdy tvoří za mokra kompaktní hmotu a za sucha se na povrchu vytváří souvislý půdní škraloup, který omezuje výměnu vzduchu a průsak vody.
3. Agregátový stav - jednotlivé částice půdy jsou spojeny ve shluky a stmeleny do větších útvarů - agregátů různého tvaru a velikosti. Tento stav je nejvhodnější, protože umožňuje proudění vody a vzduchu díky hrubším pórům mezi agregáty, zatímco uvnitř agregátů v jemných pórech se udržuje voda (půdní roztok). Podle tvaru a velikosti agregátů se rozlišuje struktura drobtovitá, hrudovitá, hranolovitá, lískovitá aj. Nejvhodnější je struktura drobtovitá, která zajišťuje dobré vzdušné a vodní poměry, potřebnou zpracovatelnost půd a dobrý průběh všech chemických, fyzikálních a biologických procesů, a tím i výhodné podmínky pro růst a vývoj rostlin (Vaněk et al. 2012).

Obhospodařováním půdy musíme usilovat o zvyšování kvality půdních agregátů a zároveň usilovat o zvyšování výnosů primární rostlinné produkce, navyšovat množství uhlíku vstupujícího do půdy a snižovat rychlosti procesů ztráty tohoto uhlíku a zároveň eliminovat možnosti vzniku eroze (Bronick & Lal 2004).

3.3 Problematika zhutnění půdy

Zhutnění půdy je jedním z hlavních problémů soudobého zemědělství. Nadužívání strojů, intenzifikace plodin, krátké střídání plodin, intenzivní pasení a nevhodné hospodaření na půdě vedou k jejímu zhutnění. Zhutnění půdy se vyskytuje v širokém spektru půd a podnebí. Zhoršuje se nedostatečným obsahem organických látek v půdě a zpracováním půdy nebo pastviny za vysoké vlhkosti. Zhutnění půdy zvyšuje pevnost půdy a snižuje fyzickou úrodnost půdy prostřednictvím snižování udržitelnosti a dodávky vody a živin, což vede ke zvyšování hnojení a tím se zvyšují výrobní náklady. Poškozená posoupnost se pak projevuje snížením růstu rostlin, což vede k nižším vstupům čerstvé organické hmoty do půdy, snížené recyklaci živin a mineralizaci, sníženým aktivitám mikroorganismů a zvýšení opotřebení mechanizace (Hamza & Anderson 2005).

Hlavními příčinami technogenního zhutňování půd je působení tlaků pojezdových ústrojí na půdu a smykové namáhání půdy, ke kterému dochází při prokluzu kol případně pásů mobilních energetických prostředků i samojízdných strojů. Zhutnění půdy se nepříznivě projevuje na výnosu plodin, zvláště závažné jsou však důsledky ekologické. Snížená schopnost zhutnělé půdy přijímat vodu při intenzivních srážkách vede ke zvýšenému povrchovému odtoku srážkové vody a ke snížené akumulaci vody v půdě. Zhutnění, zvláště na lehčích půdách zvyšuje riziko poškozování půd vodní erozí. Dalším nepříznivým důsledkem zhutnění půd je nárůst energetické náročnosti jejich zpracování a zhoršení kvality zpracování, což se nepříznivě projevuje při vzcházení následných plodin (Hůla et al. 2009).

Tak jako technologie pásového zpracování půdy není novou myšlenkou, již v 80 letech minulého století byla snaha o zavádění systémů obdělávání půdy založených na vzniku stálých nebo dočasných drah pro kola zemědělské mechanizace. Reálné uplatnění a rozšíření však technologie stálých jízdních stop, známá pod zkratkou CTF (Controlled Traffic Farming), našla až s příchodem přesných GPS navigací. Technologie pásového setí do jisté míry požadavek na shodné jízdní stopy splňuje, nicméně je zapotřebí zařadit tuto operaci do kontextu veškerých prováděných operací (Brant et al. 2016).

Zhutnění půd je na mnohých stanovištích vážnou příčinou podstatného zhoršení úrodnosti a produkční schopnosti půd. Zhutnění se projevuje zvýšením objemové hmotnosti, snížením pórovitosti, změnou v podílech velikostních skupin pórů. Vlivem zhutnění půdy v ornici i podorničí se výnosy plodin snižují v závislosti na stupni zhutnění a dalších faktorech (průběhu počasí, vlhkosti půdy, použité agrotechnice) a to v rozmezí u obilnin o 10 – 20 %, u kukuřice o 10 – 15 %, luskovin o 15 – 20 %, u brambor o 20 – 25 %, u cukrovky o 20 – 30 %. Utužení půdy nejenom snižuje výši výnosu, ale také nepříznivě ovlivňuje jakost produkce. Tak např. u cukrové řepy se cukernatost bulev snížila v průměru o 15 %, olejnatost semen řepky olejky až o 8 % (Javůrek & Vach 2008).

3.4 Vodní eroze

Vodní eroze je jedním z nejdůležitějších degračních procesů půdy v České republice. Vodní eroze je vyvolávána destrukční činností dešťových kapek a povrchového odtoku a následným transportem uvolněných půdních částic povrchovým odtokem. Intenzita vodní eroze je dána charakterem srážek a povrchového odtoku, půdními poměry, morfologií území (sklonem, délkou a tvarem svahů), vegetačními poměry a způsobem využití pozemků, včetně používaných agrotechnologií. Zemědělskou půdu na svazích je třeba chránit před vodní erozí účinnými protierozními opatřeními. O použití jednotlivých způsobů ochrany rozhoduje požadované snížení smyvu půdy a nutná ochrana objektů (vodních zdrojů, toků a nádrží, intravilánů měst a obcí atd.) při respektování zájmů vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a tvorby krajiny. Ve většině případů jde o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, vzájemně se doplňujících a respektujících současné základní požadavky a možnosti zemědělské výroby (Janeček 2007).

Z hlediska intenzity eroze můžeme rozlišit 2 druhy eroze: erozi normální (geologickou) a erozi zrychlenou (vzniklou zejména lidskou činností). V literatuře se běžně uvádí, že 1 cm půdy (tj. 130–150 tun/ha) vzniká za běžných podmínek přibližně 100 let. Za přirozenou (normální) erozi můžeme tedy považovat takovou úroveň eroze, kdy půdotvornými procesy sice „vzniká“ 1,3–1,5 tuny půdy na hektar a rok, ale ztráta půdy erozí je menší než tato hodnota. Při zrychlené erozi je pak vyšší než to, co stačí „vzniknout“ přirozenými pochody a erozí tedy ztrácíme to, co příroda „vyrobila“ v minulosti.

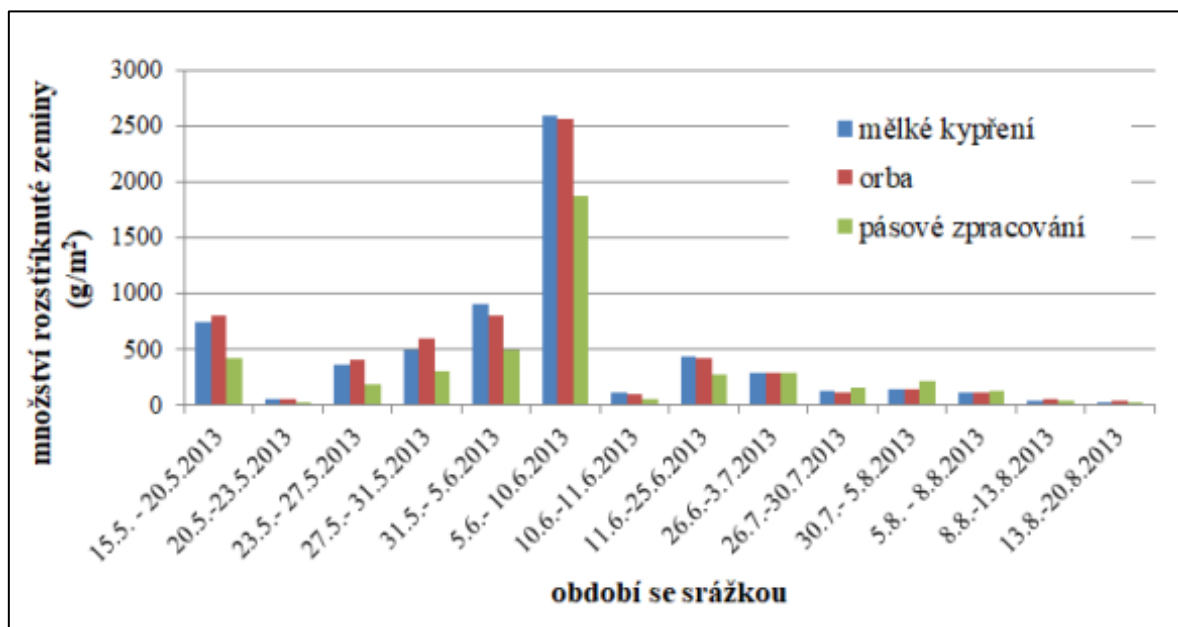
Velmi často je popisován příznivý vliv půdoochranných technologií na omezení vodní eroze půdy. Hlavním principem těchto technologií je využití organické hmoty (posklizňové

zbytky předplodin, biomasa meziplodin) na povrchu půdy. Hmota pokrývá částečně povrch půdy a snižuje povrchový odtok i smyv zeminy. Rovněž lze využít i zapojený porost na povrchu. U půdoochranného zpracování půdy jde v podstatě o redukované obdělávání zmenšováním počtu pracovních operací, jejich slučováním při současné ochraně povrchu půdy rostlinnými zbytky. Tento systém ochrany půdy se též nazývá „konzervační“ (Novák 2019).

Z principů vodní eroze půdy vyplývá významná funkce vegetačního pokryvu, závisící na vývoji vegetace a použité agrotechnice. Všeobecně jsou známá rizika spojená s pěstováním kukuřice zejména na lehčích půdách, kdy i mírná svažitosť pozemků, ale dlouhá spádnice bez přerušení plodinou s vyšším ochranným protierozním účinkem, zvyšují nebezpečí nadměrného smyvu ornice. Riziko bouřkových přívalových dešťů trvá v našich podmínkách od května do září. Významnou část tohoto období nechrání porost plodin pěstovaných v řádcích s velkou roztečí (kukuřice, slunečnice, brambory, cukrová řepa) povrch půdy před destruktivním účinkem velkých dešťových kapek dopadajících na nechráněný povrch půdy vysokou kinetickou energií. Zejména při pěstování uvedených plodin nabývají na významu agrotechnická protierozní opatření, při jejichž realizaci má zpracování půdy zásadní význam (Hůla et al. 2016).

V rámci pásového zpracování půdy má na eliminaci erozních procesů vliv zejména přítomnost posklizňových zbytků v meziřádku a kontinuální systém pórů v nezpracované vrstvě půdy. U klasického strip tillage je dominantní význam zbytků předplodiny a strniště, především u obilnin. Plochy zpracované touto technologií vykazují velice dobrou odolnost vůči erozním procesům i při přívalových srážkách. Z hlediska dokonalého pokryvu půdy v meziřádku živým nebo mrtvým mulčem hrají v systémech intenzivního strip tillage významnou roli meziplodiny. V souladu s distribucí srážek v porostu je proto zejména ve středu meziřádku nutné zajistit co nejvyšší pokrývnost půdy mulčem a eliminovat poškození a rozdrčení větších hrud při provedení pásového kypření. Graf dokumentuje hodnoty kapkové eroze na plochách s klasickým strip tillage, mělkým kypřením a orbou. Od začátku vegetace do poloviny června byly hodnoty kapkové eroze statisticky průkazně nižší na ploše s technologií strip tillage ve srovnání s ostatními způsoby zpracování půdy. Na plochách s pásovým kypřením se pozitivně projevila přítomnost posklizňových zbytků na povrchu půdy a drsnost povrchu pozemku na nezpracovaném pásu. Na konci vegetace již nebyly rozdíly mezi hodnotami kapkové eroze na hodnocených variantách výrazné (Brant et al. 2016).

Graf 1 Průměrné hodnoty kapkové eroze na plochách s provedením technologie klasického pásového zpracování půdy do strniště ječmene, na plochách s mělkým kypřením půdy a s orbou vyjádřené jako množství rozstříknuté zeminy deštěm na jednotku plochy (g/m²) za období měřená v roce 2013.



Zdroj: Brant et al. (2014a)

3.5 Větrná eroze

Větrná eroze je přírodní jev, při kterém vítr působí na půdní povrch svou mechanickou silou, rozrušuje půdu a uvolňuje půdní částice, které uvádí do pohybu a přenáší je na různou vzdálenost, kde se po snížení rychlosti větru ukládají. Důležitým faktorem ovlivňujícím průběh větrné eroze je stav a povaha půdy a odpor půdních částic. Ten je dán, kromě velikosti a tvaru částic, především strukturou a vlhkostí půdy, drsností půdního povrchu a rostlinným krytem, který sehrává rozhodující roli při ochraně půdního povrchu před dynamickými účinky větru (Janeček et al. 2012).

Přítomnost strniště v nezpracovaném meziřádku u klasického strip tillage nebo posklizňových zbytků při využití intenzivního strip tillage rovněž přispívá ke snižování rizik větrné eroze. Ponechání strniště po sklizni až do doby provedené pásového kypření a následné pokrytí meziřádku mulčem zajišťuje protierozní ochranu půdy vůči větrné erozi po celé období, kdy je pozemek bez vegetace. V suchých a teplých oblastech, kde nebývá půdy v zimě pokryta

sněhovou pokrývkou, může pásové zpracování půdy výrazně přispět k eliminaci větrné eroze v tomto období (Brant et al. 2016).

3.6 Půdní úrodnost ve vztahu ke zpracování půdy

Zpracování půdy obděláváním dochází k rozměňování a přeskupování půdních složek za účelem vytvoření příznivých podmínek pro semena plodin a kořenů rostlin a tím pádem maximalizace výnosů. Zpracování půdy má za cíl rozmělnit ztuhlou půdu, zlepšit kontakt půdy se semeny, snížit konkurenční tlak plevelů, zapravení rostlinných zbytků a zlepšení transportních vlastností bez výrazného poškození ekologických vlastností půdy (Dani et al. 2021).

Zpracování půdy je stabilizující složkou systémů hospodaření na půdě a je základní podmínkou pro příznivý počáteční (iniciální) i celkový růst a vývoj rostlin. Terminologicky i významově je blízké pojmu kultivace půdy. Termín „kultivace půdy“ (z lat. cultivare, cultivatio - zlepšovat, upravovat, z hlediska zemědělského obdělávat půdu) je však obsahově širším pojmem. Zahrnuje totiž všechny zásahy a opatření v obdělávání půdy, kterými se půda pro pěstitelské využití upravuje, tedy i zásahy agromeliorační, půdoochranné, komplex úkonů ve zpracování půdy i kultivační zásahy v porostech pěstovaných rostlin.

Termín „zpracování půdy“ je však obsahově užší proto, že zahrnuje úkony a zásahy upravující ornici a část podorniční vrstvy do vhodného strukturního stavu aplikované do doby 9 vzcházení pěstovaných rostlin. Je to soustava zpracovatelských zásahů prováděných v časovém rozmezí od sklizně předcházející plodiny (předplodiny) do vzejití následující (následné) plodiny na pozemku (Křen et al. 2015).

Každá pracovní operace zpracování půdy se podílí na změně půdních vlastností, a tím i úrodnosti půdy. Vliv dané operace je následně podpořen nebo naopak potlačen dalšími agrotechnickými opatřeními. Významný vliv však vždy hraje aktuální stav půdy a povětrnostní podmínky. Následně je konečný efekt zpracování půdy ovlivněn vývojem vegetačního pokryvu. Současné systémy zpracování půdy se obecně vyznačují vysokou variabilitou technických řešení a jejich kombinací. Nejvýrazněji se variabilita zpracování půdy projevuje v rámci základního zpracování půdy, ale již v předset'ové přípravě. Kromě klasické orby jsou v systémech celoplošného zpracování povrchu pozemku využívány rozdílné způsoby kypření půdy bez jejího obracení. Jednotlivé operace se v závislosti na typu pracovních nástrojů a jejich kombinací primárně liší z hlediska hloubky zpracování, intenzity kypření půdních vrstev a ve

vztahu k rozložení rostlinných zbytků v půdním profilu či jejich množství ponechaném na povrchu půdy. Z hlediska nových trendů, se u celoplošných systémů zpracování půdy začínají prosazovat tzv. systémy diferencovaného zpracování půdy. Principem těchto systémů je horizontální a vertikální diferenciací prostorového rozmístění půdní hmoty v půdním profilu za účelem podpory rozvoje kořenového systému, eliminace vodního stresu, zvýšení infiltrace vody do kořenové vrstvy, omezení erozních procesů apod (Brant et al. 2015).

V souvislosti s možnými riziky zvýšeného utužení půdy během předseťové přípravy a s tím spojenými problémy se zhoršenými infiltračními procesy dochází k přehodnocení klasických postupů zakládání plodin, založených na celoplošném zpracování půdy v samostatných operacích. Do popředí se dostávají systémy pro pásové zpracování půdy, které jsou navíc spojené se zonálními aplikacemi v podobě ukládání hnojiv, pomocných látek, případně výsevem pomocných plodin (Kroulík et al. 2021).

Základy vzniku systému diferencovaného zpracování půdy v kombinaci s cílenou aplikací minerálních hnojiv do půdního profilu lze hledat v systémech pásového zpracování půdy (strip tillage), které jsou již téměř dvacet let ověřovány v Evropě. Snahou těchto systémů je tedy propojit výhody celoplošného zpracování půdy a setí do nezpracované půdy (Brant et al. 2015).

3.7 Variabilita v rámci pozemku

Zmiňovanou variabilitu pozemků lze chápat ve dvou směrech – jako prostorovou a časovou. V případě prostorové variability vykazuje sledovaný znak změny v rámci plochy pozemku (při zohlednění např. hloubky půdy i v trojdimenzionálním prostoru). Typickým příkladem může být variabilita výnosu v rámci jedné plodiny na pozemku nebo utužení půdy. Příčinami prostorové variability mohou být heterogenita půdního prostředí, rozdílná intenzita obhospodařování pozemků a bioticky škodlivé vlivy. Časová variabilita naproti tomu představuje změny znaku v čase. Příčinou je zpravidla průběh povětrnostních podmínek, který zásadně ovlivňuje vývoj sledovaného jevu. Jako příklad lze zmínit množství nadzemní biomasy nebo úroveň napadení plodiny škodlivými organismy. Oba dva druhy variability se vzájemně prolínají a jejich výsledný projev je dostatečně znám. Různé agronomicky významné ukazatele vykazují rozdílnou úroveň prostorové a časové variability. Obsah mineralizovatelného dusíku v půdě je vysoce dynamickou veličinou, zatímco zrnitost půdy lze z krátkodobého hlediska považovat za relativně neměnnou (Lukas et al. 2011).

Variabilita půdních podmínek je způsobena celou řadou faktorů, jejichž vliv se mění s ohledem na prostorové měřítko sledování. V regionálním měřítku převládá vliv klimatických faktorů, způsob využití půdy, vegetační pokryv a charakteristiky povrchu krajiny. Na úrovni pole jsou hlavními faktory ovlivňujícími variabilitu půdní typ, reliéf terénu, předplodina a předchozí způsob hospodaření. Ve větším měřítku pak mohou mít vliv směr řádků porostu, způsob aplikace živin, technologie zpracování půdy a stupeň utužení půdy. Další faktory, jako je voda a člověk, mohou způsobit příznivé i nežádoucí změny v půdě a podílet se na zvýšení půdní proměnlivosti (Borůvka 2001).

Důsledky nevyrovnanosti stanoviště mohou být patrné pouhým okem na porostu plodin, ale nejvýrazněji se následně projevují na výnose. Godwin & Miller (2003) rozdělují výnos ovlivňující faktory do dvou skupin – na pěstitelem málo a více ovlivnitelné. Do první skupiny spadají vlastnosti pro daný pozemek víceméně neměnné, jako je půdní zrnitost, klima a topografie. Do druhé lze zařadit půdní strukturu, dostupnost půdní vláhy, zásobenost živinami, pH půdy, zaplevelení a výskyt chorob a škůdců. Prostorovou variabilitu vlastností v první skupině stačí zjišťovat pouze při vstupním posouzení, zatímco pro druhou skupinu je doporučeno jej provádět průběžně (Lukas et al. 2011).

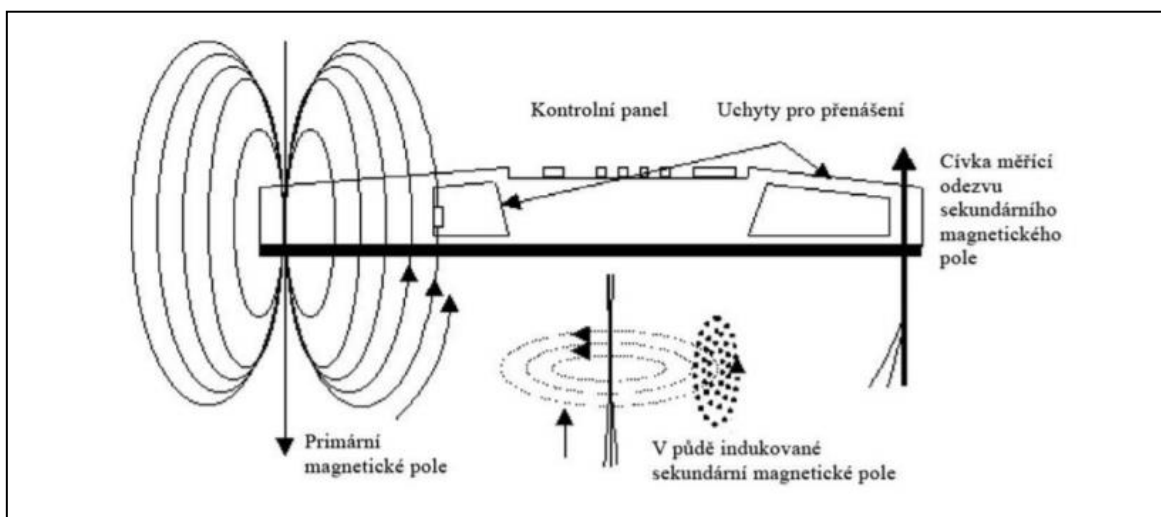
V dnešní době lze mnohé z těchto vlastností půdy nebo plodin detekovat a zaznamenat pomocí moderních snímacích technik, které vycházejí z technických možností zemědělských strojů. Lepší přístupem je stanovit opatření na příslušných půdách a plodinách a přizpůsobit je možnému technickému řešení. Výnosový potenciál půd se tradičně připisuje její struktuře, zejména obsahu jílu. To platí zejména pro ornici. Obsah jílu a jeho vazby s organickými látkami ovlivňují sorbční kapacitu půdy i její hydraulické vlastnosti a zajišťují kationtovou výměnnou kapacitu půd, která je potřebná pro zadržování a uvolňování živin. Agronomické výhody jílu však mají své limity. Velmi vysoký obsah jílu může to být škodlivý, protože tento fakt může snížit propustnost vody a bránit tím odvodnění pozemku a následně vést k podmáčeným půdním podmínkám. To platí obecně pro celý půdní profil, do kterého kořeny rostlin pronikají, a dokonce i pro určitou hloubku pod ním. Je třeba si uvědomit, že sledováním vodního toku v půdě pomocí elektrické vodivosti se provádí dvojím způsobem. Přímo, protože voda je nositelem iontů a nepřímo prostřednictvím působení jílu na vodní režim (Hegge et al. 2013).

Jedním ze základních zdrojů informací o prostorové variabilitě půdy a jejích vlastnostech jsou půdní mapy. Využitelnost těchto map je dána jejich aktuálností, dostupností v digitální podobě pro implementaci do geografických informačních systémů (GIS) a měřítkem, které představuje detailnost zachycení prostorových jevů. Tradičním způsobem získávání informací

o půdních vlastnostech je vzorkování půdy. Představuje výběr podmnožiny (vzorku) jedinců z celkové populace, které budou měřeny. Pro zachycení prostorové variability je rozhodujícím parametrem hustota vzorkování a rozmístění odběrových bodů po pozemku. Vyšší počet odběrů umožňuje provést detailnější mapování, ale samozřejmě s vyššími náklady. Vzorkování o nižším počtu vzorků je méně nákladné, nemusí však zachytit některé lokální rozdíly (Lukas et al. 2011).

Mezi nepřímé metody identifikace variability půdy patří elektrické a elektromagnetické metody, které umožňují rychlé a relativně přesné stanovení rozdílů v půdním substrátu dle jeho vodivosti. Využívají geofyzikálních vlastností půdy, kdy změna půdního prostředí ovlivňuje procházející elektrický proud (elektrická rezistivita půdy - ER) nebo elektromagnetické pole (elektromagnetická indukce - EMI). Měření využívající elektromagnetické indukce (EMI) je bezkontaktní, půdou prochází pouze elektromagnetické pole. Výhodou je tedy provádění měření na kamenitých půdách nebo během vegetace. Měřicí přístroje sestávají ze dvou cívek, které jsou od sebe v přesně definované vzdálenosti (Obr. 1). První cívka indukuje primární elektromagnetické pole, které je vysíláno směrem do půdy. V půdním prostředí dochází na základě fyzikálně-chemických vlastností půdy k vytvoření sekundárního elektromagnetického pole. Druhá cívka umístěná na opačném konci měřicího přístroje měří odezvu obou polí a z jejich vzájemného porovnání je stanovena výsledná elektrická vodivost půdy v hodnotách [$\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$] (Lück et al. 2000).

Obr. 1 Princip měření elektrické vodivosti půdy EMI přístrojem EM38 (Lesch et al. 2005)



Zdroj: Lukas et al. (2011)

3.8 Výnosový potenciál pozemku

Význam nevyrovnanosti pozemků se nejvíce projevuje na výnose plodin. Identifikace výnosových hladin v rámci jednotlivých pozemků je základním předpokladem pro úspěšné uplatnění postupů precizního zemědělství. Jeho podstatou je přizpůsobení agrotechniky lokálním podmínkám stanoviště a určení intenzity pěstebních zásahů pro jednotlivé části pozemků, tzv. management zóny, s ohledem na jejich nevyrovnanost. Běžný způsob identifikace produkčních zón vychází z identifikace podprůměrně a nadprůměrně výnosných částí pozemků z víceletých výnosových map (Blackmore 2000; Kleinjan et al. 2007). Pokud není známa příčina variability výnosu, je doporučeno uniformní hospodaření (Adamchuk et al. 2010). Lokálně cílené hospodaření lze provádět v případech, kdy jsou oblasti s rozdílným výnosem konzistentní za více let a korespondují k nějaké agronomicky významné vlastnosti (zásobenost živinami, topografie, historie užívání půdy, atd.) (Neudert et al. 2022).

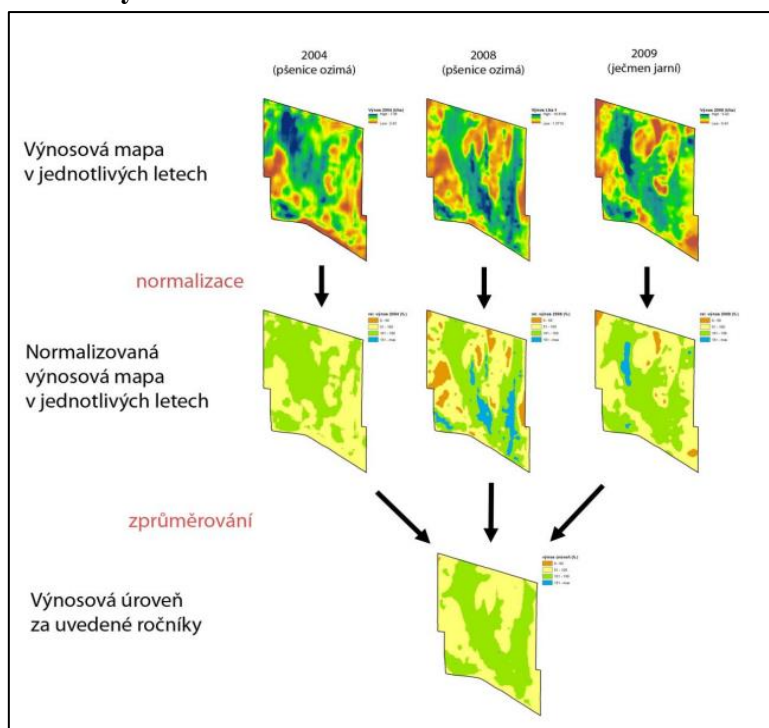
Identifikace produkčních jednotek v rámci jednotlivých pozemků je základním předpokladem pro úspěšné uplatnění postupů precizního zemědělství. Jeho podstatou je přizpůsobení agrotechniky lokálním podmínkám stanoviště a určení intenzity pěstebních zásahů pro jednotlivé části pozemků, tzv. management zóny, s ohledem na jejich nevyrovnanost (Gnip & Charvát 2003). Ucelený sběr výnosových záznamů sklízecí technikou je ale v zemědělských podnicích spíše výjimečný a vyžaduje pokročilé postupy filtrace odlehlých a chybných hodnot (Širůček 2014; Vega et al. 2019).

Pro vymezení management zón je nutné kombinovat výnosové záznamy za více ročníků. Cílem je vyhodnotit variability výnosových úrovní za sledované období a identifikovat nadprůměrně či podprůměrně výnosné plochy včetně procentuální vztahy vůči průměrné hodnotě dosaženého výnosu plodiny Blackmore et al. (2003). Úskalím klasifikace management zón z časové řady výnosových map je spolehlivost výnosových záznamů, zejména ovlivněna vysokou četností chybových hodnot, systematickými chybami datových záznamů a omezená schopnost predikce výnosů (Joernsgaard & Halmoe 2003).

Mnoho studií doporučuje mapování výnosových zón, stanovení jejich stability a využití těchto výnosových zón pro management polních plodin. Ukazuje se, že mapování výnosů polních plodin může zlepšit efektivitu a management zásahů na těchto polích. Prostorové analýzy výsledků musí být provedeny na víceletých výnosových mapách, aby se zajistila stabilita výnosových map (Moore & Wollcott 2000).

Finálním sensorovým mapováním variability porostu je měření výnosů při sklizni a kvalita produktu. Výnosové senzory zrna se již stávají standardní výbavou sklízecích mlátiček a v závislosti na výrobci využívají optického, mechanického, radiačního nebo kapacitního měření. Nezbytné je určení vlhkosti zrna pro přepočítání výnosu zrna na konstantní vlhkost (standardně 15 %). Ve fázi vývoje či prototypů se nacházejí senzory pro stanovení sklizňové kvality zrna (např. obsah bílkovin) pomocí měření v NIR. Ty by v kombinaci s dvoukomorovým zásobníkem na sklízecí mlátičce umožňovaly oddělit zrno s nižší kvalitou (a výkupní cenou). Podobně je problematický vývoj výnosových senzorů pro ostatní skupiny plodin, jako jsou pícniny, okopaniny a další. Znalost výnosu plodiny je přitom pro pěstitele významná, neboť podává informaci o úspěšnosti agrotechnických zásahů a pro stanovení bilance živin. Dříve byly samotné výnosové mapy používány jako podklad pro provádění hnojení, v současné době se od Metodika pro praxi 29 tohoto postupu upouští a variabilita výnosu představuje pouze jednu z informací nutných pro správné agronomické rozhodování. Např. kombinací výnosových map (obr. 2) za více ročníků lze identifikovat místa pozemku s rozdílnou výnosovou úrovní (Lucas et al. 2011).

Obr. 2 Postup tvorby mapy výnosové úrovně z historie výnosových map. Normalizace na průměrný výnos v daném roce (v %) umožňuje porovnávat plodiny s rozdílnou absolutní úrovní výnos



Zdroj: Lukas et al. (2011)

3.9 Pěstování řepky ozimé

3.9.1 Výživa a hnojení

Řepka se vyznačuje vysokou náročností na živiny. Týká se to jak hlavních živin včetně síry, tak také mikroelementů, neboť jejich návratnost minerálními a organickými hnojivy se velmi výrazně v posledním desetiletí snížila (Vostal 2003). Pro řepku je charakteristický vysoký obsah dusíku v průběhu vegetace. Nároky na výživu dusíkem jsou tedy velmi značné. Biologický odběr dusíku nadzemní částí rostliny činí přibližně 200-250 kg N/ha. Na úrodných půdách může přesáhnout 300 kg/N (Balík et al. 2007).

Dle Vaňka et al. (2007) jsou rozhodující pro výnos jarní dávky dusíku.

Regenerace kořenového systému – velikost první dávky činí v našich podmínkách zpravidla asi 60-90 kg N/ha. Protože v tomto období existuje nebezpečí návratu zimy, proto lze tuto dávku rozdělit na dvě části.

Hnojení ve fázi dlouhivého růstu – běžná dávka je 50-80 kg N/ha. Silné porosty, kde činí hustota 30 až 40 rostlin na m², hnojíme vyššími dávkami dusíku (asi o 20 kg N/ha).

Fáze žlutých pupat – tato dávka má své opodstatnění na lehčích a chudších půdách v sušších oblastech, kde není zabezpečen přísun dusíku rostlinám v době květu a ve fázi zelených šesulí. Velikost dávky činí zpravidla 20-40 kg N/ha (Baranyk et al. 2010).

Tab. 1 Odběrový normativ živin na výnos 1 t semene řepky a odpovídající množství slámy

kg/t					
N	P	K	Ca	Mg	S
52-59	11-18	40-50	30-38	4-6	12-16

Zdroj: Balík et al. (2007)

3.9.2 Agrotechnika

Vysoké zastoupení řepky je sice vítáno jako předplodinová alternativa za postupně se zmenšující plochy ostatních širokolistých plodin, na straně druhé však již dnes v důsledku vysoké koncentrace vznikají vážné fytopatologické problémy.

Z ekologického hlediska existují dva limitující faktory, které omezují pěstování řepky ozimé: dostatek vláhy v letním období pro založení porostů a vhodný průběh počasí v zimním

období, umožňující přezimování porostů. Řepka je vděčná za hluboké činné půdy v dobrém strukturálním stavu, s vysokou vodní kapacitou, neutrální až slabě alkalické reakce. Hluboké strukturální půdy, které jsou schopné řepce zajistit dobrý přísun vláhy a živin, snižují částečně její závislost. Na půdách lehčích, písčitých je tvorba výnosu závislá na množství a rozdělení srážek v průběhu vegetace. Na půdách těžkých trpí řepka často nedostatkem vláhy vlivem jejich horší zpracovatelnosti v období zakládání porostů (Baranyk et al. 2010).

Semena řepky ale klíčí z povrchové vody, rosy, deště. Protože rosa se tvoří na chladných agregátech půdy – na povrchových hručkách a hroudách, které v noci rychle vystydnou, vyklíčí na hrudivitém poli řepka jen po dešti. Za sucha nemá šanci – hrudky vysají rosnou vodu – „hrudka řepky hrobka“. Proto jsou v suchých oblastech doporučovány bezorebné postupy, neboť po nich se hroudy netvoří a olejka dobře vzejde. Současně, spíše ale v předstihu, se pole po minimalizaci silně zaplevelí výdrolom obilnin.

Nové postupy umožňují vypustit podmínku. Ta, pokud se neprovede skutečně klasická příprava půdy (dva týdny odstupů orby od podmínky a dva až tři týdny mezidobí mezi orbou a předset'ovou přípravou půdy), umožní plevelům i výdrolu nabobtnat a vyklíčit před řepkou (Vašák et al. 2000).

3.9.3 Tvorba výnosu

Proces tvorby výnosu řepky ozimé je vysoce variabilní a závisí na genetických, environmentálních a agronomických faktorech a stejně tak na interakci mezi nimi (Sidlauskas & Bernotas 2003). Biologický výnos řepky ozimé je výsledek rychlosti růstu a délky vegetačního období (Diepenbrock 2000). V Evropě se výnose semen řepky ozimé běžně pohybuje v rozmezí 3 až 4 tun na hektar. V příznivých produkčních podmínkách Evropy výnos řepky ozimé dosahuje 5 tun na hektar.

Hlavními výnosotvornými prvky jsou hmotnost tisíce semen (HTS), počet šešulí na m² a počet šešulí na jednu rostlinu (Baranyk et al. 2010).

Řepka má sice dobrou kompenzační schopnost, ale může ji využít pouze v případě, že jsou rostliny rovnoměrně plošně rozmístěny (Soukup 2007). Organizace porostu a způsob jeho založení tedy mohou mít významný vliv jak na životní prostor každé rostliny, tak i mikroklima samotného porostu, a tím velmi výrazně ovlivňovat zdravotní stav, tvorbu výnosových prvků a v konečné fázi i celkový výnos pěstované plodiny (Krček et al. 2013).

Hmotnost tisíce semen (HTS) je výnosotvorným prvkem, který lze nejjednodušeji stanovit. Je podmíněna geneticky, ročníkem, prostředím, souborem pěstitelských opatření včetně výživy, způsobem sklizně a zdravotním stavem porostu. Počty semen v šesuli jsou v negativním vztahu k utváření HTS, to znamená, že se vzrůstajícím počtem semen v šesuli klesá HTS. Obecně lze konstatovat, že HTS je jedním z hlavních ukazatelů zdravotního stavu v době sklizně (Baranyk et al. 2007).

3.10 Typy zpracování půdy

Obecně můžeme říci, že současné systémy zpracování půdy se snaží eliminovat prostorovou variabilitu půdního prostředí za účelem snížení variability mezi jedinci. Výrazně může na heterogenitu půdního prostředí působit i samotná orba. Především se zde projevuje vliv půdního druhu a aktuálních půdních podmínek, které ovlivňují kompaktnost skýv. Roli hraje samozřejmě i geometrie plužního tělesa. Se vznikem kompaktních skýv narůstá riziko vzniku nakypřených (prostor mezi skývami) a méně nakypřených míst v půdním profilu. Při mírném průběhu zimy je rovněž nutné počítat s minimálním efektem vlivu mrazu na půdu, především v hloubkách pod 10 mm. Nedokonalé promrznutí půdy opět zvyšuje možnost nerozpadnutí se kompaktních skýv. Tím následně narůstá riziko utužení půdy při předset'ové přípravě půdy (Brant et al. 2015).

Potřeba lidstva je založena na rostlinné produkci vyžadující kontinuální pěstování monokulturních rostlin a samozřejmě jejich kultivaci. Buď primární kultivaci (zpracování půdy do hloubky 10–30 cm), sekundární kultivaci nebo přípravu set'ového lůžka (méně než 10 cm do hloubky), zapravení posklizňové zbytků nebo ponechání úhoru (Heege et al. 2013).

Opatření na zemědělské půdě mohou významně omezit dopady zemědělství na vodní prostředí, aniž by významně omezily produkční kapacitu zemědělských půd. Mezi tato opatření lze zařadit i ochranné zpracování půdy, které je ale primárně využíváno pro zachování, případně zlepšení půdní struktury (Abdollahi et al. 2014). Při ochranném zpracování půdy je půda narušována v menší míře (podmítka do hloubky <10 cm) při porovnání s orbou, nebo naopak není narušována vůbec (výsev do zbytků předcházející plodiny/meziplodiny – přímé setí). V mnoha studiích již bylo prokázáno, že zlepšením půdní struktury dochází ke snížení eroze půdy, zvýšení obsahu půdní organické hmoty, zlepšení schopnosti půdy zadržet vodu a také ke zvýšení aktivity půdního edafonu. Ochranné zpracování půdy má také potenciál ke zlepšení

ekonomické výkonosti zemědělského subjektu, a to snížením nákladů na pohonné hmoty a práci (Kassam et al. 2014).

Ochranné zpracování půdy, potažmo omezení orby, ale nemá pouze pozitivní přínosy. Nedostatek hlubokého zpracování půdy může vést ke zvýšení objemové hmotnosti půdy (zhutnění půdy/podorničí), k rozvoji populací polních škůdců/plevelů a ke kumulaci živin v povrchových vrstvách půdy. Objemovou hmotnost půdy lze využít jako ukazatel zhutnění půdy a poskytuje určitý pohled na fyzikální stav půdy. Ochranné zpracování půdy (podmítka a přímé setí) nemá výrazný vliv na obsah dostupných živin při porovnání s orbou. Přítomnost meziplodiny měla mnohem větší vliv na obsah živin v půdě než typ zpracování půdy. Organický uhlík se v půdě podílí na tvorbě půdní struktury a významně ovlivňuje její úrodnost. Přechozí výzkum ukázal, že pod bezorebnými systémy zpracování půdy dochází ke zvyšování obsahu půdního organického uhlíku, a to především z důvodu ponechání posklizňových zbytků v/na půdě a limitace obracení půdního profilu, což omezuje mineralizaci půdní organické hmoty. Ochranné zpracování půdy nemělo výrazný pozitivní vliv na biologické vlastnosti půdy v porovnání s orbou. Ochranné zpracování půdy zvyšuje v menší míře mobilitu živin v půdním profilu, a to především z důvodu zlepšení půdní struktury (zlepšení infiltrace). Ponechané posklizňové zbytky také přispívají k mobilitě živin, jelikož jejich rozkladem dochází k uvolňování živin a jsou pak snáze vyplavitelné deštěm. Naopak využití meziplodin v osevním postupu významně snižuje ztráty živin z půdy vyplavováním (Copper et al. 2020).

Technologie bez orby jsou dlouhodobě v největší míře využívány v USA. Půdoochranné zpracování půdy zde bývá dále děleno na několik způsobů. Nejčastěji se hovoří o pěti typech půdoochranných technologií (Brady & Weil 1999).

- No-till (direct-drilling, zero-tillage) - půda je zpracovávána pouze při setí, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů.
- Ridge-till (zpracování půdy s vytvořením hrůbků) - do hrůbků o výšce 100–150 mm jsou vysety širokořádkové plodiny, například kukuřice, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací. Vytvořené hrůbky mohou zůstat na pozemku i několik sezón, v jiném případě jsou každoročně obnovovány. Významná část rostlinných zbytků zůstává po zasetí na povrchu půdy.
- Strip-till (zpracování půdy v pásech) – je označení pro technologii, u které se půda zpracovává v úzkých pruzích, do nichž je uloženo osivo, mezi těmito pruhy zůstává půda mechanicky nezasazena, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací.

- Mulch till – je technologie, při níž po zpracování půdy zůstane nejméně 30 % rostlinných zbytků na nebo blízko povrchu půdy použitím radličkových, talířových a dlátových nástrojů pro zpracování půdy, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací.
- Reduced-till - jiný systém zpracování půdy a setí, který zanechá nejméně 30 % pokryvnost rostlinných zbytků na povrchu půdy.

Technologie bez orby pro podmínky České republiky lze členit na:

- minimalizace s kypřením půdy do zvolené, zpravidla malé hloubky,
- půdoochranné zpracování, kde zůstává nejméně 30 % povrchu půdy po zasetí pokryto zbytky předplodiny nebo meziplodiny,
- přímé setí – setí do nezpracované půdy (Hůla et al. 2010).

Při porovnání půdoochranného zpracování půdy s konvenčním zpracováním se mění půdní struktura, která ovlivňuje schopnost půdy absorbovat a přemísťovat vodu. Z hlediska zpracování půdy mají fyzikální vlastnosti půdy prvořadou úlohu, protože především tyto vlastnosti rozhodují o tom, jakým způsobem je vhodné půdu obdělávat, jakých změn fyzikálních vlastností je třeba dosáhnout, aby fyzikální stav půdy byl pro pěstované rostliny nejpříznivější (Zhang et al. 2014).

3.11 Pásové zpracování půdy (Strip tillage)

Systémy pásového a hrůbkového zpracování půdy byly použity jako postupy pro úpravu půdního mikroklimatu. Pásové zpracování půdy znamená kultivaci v řádcích po sklizni, což vede ke střídání pásů kultivované půdy a půdy pokryté rostlinnými zbytky. Šířka pásu obdělávané půdy se může lišit, ale u šířky pásu větší než 20 cm je dosaženo jen o málo větší výhody v úpravě půdního mikroklimatu. Hlavní výhodou tohoto postupu je posílení absorpce slunečního záření v kultivovaném řádku při ponechání zbytků na povrchu půdy za účelem omezení eroze. Dodatečná absorbovaná energie může během jara urychlit tání o několik dní a zvýšit teplotu v pěstovaných řádcích o několik stupňů (Hillel et al. 2005).

Technologii pásového zpracování půdy představuje zpracování půdy v pružích ve směru řádků následně vysévané plodiny. Plošný podíl zpracované půdy při využití

širší rozteče řádků (0,7 m a více) nepřesahuje většinou více než jednu čtvrtinu povrchu pozemku. Podíl zpracované plochy z celkové plochy pozemku je samozřejmě závislý na rozteči řádků, která se může pohybovat v rozmezí 0,4 až 0,9 m a na šíři kypřeného pásu.

Při zpracování půdy dochází nejdříve k jejímu rozříznutí pomocí prořezávacího disku, který se zároveň podílí na vedení stroje a podle konstrukce může sloužit i jako disk opěrný (obr. 2). Případně je plochý prořezávací kotouč doplněn opěrnými koly mírně předsunutými vpřed. Poté jsou odstraněny rostlinné zbytky z povrchu zpracovávaného pásu pomocí odhrnovačů rostlinných zbytků čistícími paprskovými kotouči různé konstrukce. Následně je půda kypřena dlátem nebo radlicí.

Součástí kypřicího nástroje může být aplikátor tuhých a kapalných minerálních hnojiv. Aplikátory pro hnojiva mohou zajišťovat uložení hnojiv do jedné nebo dvou hloubek půdy. Zásobníky s hnojivem (tanky) jsou umísťovány na rám kypřiče nebo jsou nesený čelně na traktoru, případně po jeho stranách. U větších záběrů jsou tanky taženy na samostatném podvozku za kypřičem. V Evropě, kde je dominantní využití tuhých minerálních hnojiv, je preferována konstrukce čelně nesených zásobníků. Umístění zásobníku vpředu před traktorem pozitivně ovlivňuje využití tahové síly. Za kypřicím nástrojem jsou umístěny převážně zvlněné kotouče, jejichž cílem je zamezení rozptylu půdy mimo zpracovávaný pás a nakypření půdy v horní vrstvě pásu. Na konci sekce je umístěno zařízení pro urovnání a utužení horní vrstvy půdy. Pro urovnání povrchu jsou využívány prutové válce, kotouče s postranními pruty apod. Urovnání povrchu půdy zpracovaného pásu hraje zásadní roli při kypření na jaře. Při podzimním kypření je vhodné z důvodu zajištění vyššího nakypření půdy z hlediska infiltrace vody či rychlejšího ohřevu půdy na jaře funkci rovnacích nástrojů omezit.

Dominantní zastoupení z hlediska pěstování širokořádkových plodin, ale také např. řepky, má dnes ve světě tzv. klasické pásové zpracování půdy (klasické konvenční strip tillage). V rámci evropského zemědělství dochází z důvodu intenzity pěstebních systémů a minimálního využití systémů setí do nezpracované půdy ke vzniku systémů označovaných jako intenzivní strip tillage.

Za hlavní výhody pásového zpracování půdy jsou považovány (Hermann et al. 2012):

- Ochrana půdy v důsledku ponechání rostlinných zbytků v meziřádcích.
- Zlepšení půdních podmínek pro vývoj rostlin v řádcích.
- Uložení hnojiv do blízkosti kořenů, což umožňuje i snížení jejich množství.
- Vhodnější podmínky pro setí.

Jako významná přednost pásového kypření, ve srovnání s technologiemi zpracovávající celý povrch pozemku (orba a hlubší kypření bez obracení půdy), se jeví zvýšení zásoby vody v půdě v důsledku její nezpracování mezi řádky plodiny a snížení evaporace z důvodu pokrytí meziřádků rostlinnými zbytky. Uplatnění pásového zpracování půdy jednoznačně vede, oproti konvenčním technologiím, celkovému poklesu spotřeby pohonných hmot na jednotku plochy, a tím ke snížení energetických a ekonomických vstupů (Brant et al. 2016).

3.12 Strip tillage u řepky ozimé

Řepka olejka je nejdůležitější olejnatou plodinou v Evropské unii s celkovou produkcí 19,6 mil. tun a třetí nejdůležitější olejnatá plodina na světě (jarní a zimní kultivar společně) s produkcí 70,3 mil. tun (USDA 2019). Ve srovnání s obilninami, např. s pšenicí ozimou nebo ječmenem výnosy řepky olejné v mnoha zemích neustále rostou díky optimalizaci termínu setí a šlechtění osiva. Nicméně stabilita sklizně se za poslední čtyři desetiletí výrazně nezlepšila a je stále nižší než u obilnin (Finger 2010; Rondanini et al. 2012).

Výnos řepky ozimé je výsledkem komplexních interakcí mezi genotypem a půdou a průběhem počasí a manažerských rozhodnutí přijatých během růstu rostliny a jejich vývojových fází (Habekotté 1997; Peltonen-Sainio et al. 2010; Weymann et al. 2015).

Dle Baranyka et al. (2007) je v hlavních produkčních oblastech řepky (střední a vyšší polohy) se snadno zpracovatelnými půdami je pěstiteli preferovaná orba. Zejména fyto-sanitární účinky orby jsou velmi závažné a pouze nákladně nahraditelné. Redukované zpracování půdy vystavuje řepku většímu tlaku výdrolu, zvýšeným rizikům z hlediska přenosu houbových chorob z posklizňových zbytků na okolních pozemcích a nedostatečně omezuje životní cyklus škůdců. Při mělkém zpracování půdy se zvyšuje pravděpodobnost poškození řepky rezidui některých herbicidů použitých v předplodinách. Bezorebné technologie si naopak našly svoje místo především ve výsušných oblastech a v oblastech s těžkými, obtížně zpracovatelnými nebo mělkými kamenitými půdami, kde zaručují kromě ekonomických přínosů také jistější a rovnoměrnější vzcházivost porostů. Pokud je bezorebné zpracování půdy střídáno s orbou, neměla by změna systému nastat právě před výsevem řepky ozimé. Hlubší zpracování půdy je pro řepku žádoucí, a proto i při použití bezorebných technologií začíná být mělké zpracování půdy nahrazováno kypřením do hloubky 15-25 cm, aby došlo k provzdušnění profilu, rychleji infiltrovaly srážky a nebyl brzděn rozvoj kořenového systému.

Technologie pásového zpracování půdy k ozimé řepce se vyznačují nižším počtem jedinců vysávaných na jednotku plochy. Obecné informace v zahraničních pramenech (Francie) uvádějí, že počet rostlin v rozmezí 10-12 jedinců na m² je pro danou technologii optimální. V Německu je za maximální přijatelnou rozteč řádků pro řepku považovaná vzdálenost 0,5 m , spíše se doporučuje rozteč 0,45 m a nižší. Pro tyto rozteče doporučují výsevek v rozmezí 20 až 40 semen na m² (Hermann et al. 2012).

Brant et al. (2014b) uvádějí, že pro technologie pásového zpracování půdy o rozteči řádků 0,75 m by se měl počet rostlin pohybovat rozmezí 10 až 25 rostlin na m².

Výše výsevku však musí zohledňovat podmínky pro klíčení semen a vscházení rostlin, které budou vycházet z aktuálních půdních podmínek ve vztahu ke kvalitě zpracování půdy v horní vrstvě nakypřeného pásu. Tabulka 2 dokumentuje výnos semene ozimé řepky při využití technologie pásového zpracování půdy o rozteči řádku 0,75 m. Na rozdíl od kukuřice nebo slunečnice je pěstování ozimé řepky s využitím technologie strip tillage spojeno se změnou plevelných společenstev v důsledku větší rozteče řádků. Při teplejším průběhu podzimu, ale i zimy. Dochází v meziřádcích k rozvoji ozimých plevelů, jako jsou hluchavky, rozrazil, ptačince prostřední apod. Při intenzivním výskytu těchto druhů může dojít k negativnímu ovlivnění rostlin řepky, zejména na začátku vegetace v jarním období (Brant et al. 2016).

Tab 2 Hmotnost tisíce semen (HTS, g), sklizňová vlhkost semen (%) a výnos ozimé řepky (t.ha⁻¹, při 100 % sušiny) na plochách na plochách s technologií strip tillage 12.7.2014. Rozteč řádků činila 0,75 , lokalita Encovany, okr. Litoměřice

Počet rostlin na m ²	HTS (g)	Sklizňová vlhkost (%)	Výnos v t.ha ⁻¹ (sušina 100 %)
10	4,09	9,20	4,823
20	4,04	9,20	5,041
22	4,16	8,78	4,882

Zdroj: Upraveno dle Brant et al. (2014)

Dle výsledků ze severního Polska uvádí Jaskulska et al. (2018), že v roce, kdy došlo před setím ozimé řepky a bezprostředně po něm k velkému nedostatku srážek, tak to byl systém strip tillage (ST), který podporoval rychlé a jednotné vzcházení řepky. V takových povětrnostních podmínkách a na poli s prostorově odlišnou texturou půdy byly rostliny pěstované pomocí ST systému před zimováním vyrovnanější než po konvenční technologii

(CT). Vyšší uniformita rostlin pěstovaných technologií ST na poli s různorodou texturou půdy ve srovnání s CT, zejména v roce s nepříznivým rozložením srážek, byla prokázána nižšími faktory variability v počtu listů ve fázi listové růžice, suché hmotě v listové růžici a tloušťce kořenového krčku. Pravděpodobnost, že takové rostliny přezimují a pak vyprodukují vysoké výnosy, je větší než u rostlin silně diverzifikovaných z hlediska jejich morfologie a fyziologie. ST může být velmi dobře dobrým systémem pro zpracování a setí řepky v nepříznivých polních stanovištích, která mají nedostatek srážek a různou strukturu půdy.

Tříleté výsledky polních pokusů v podmínkách ČR ukázaly, že rostliny řepky měly pomalejší počáteční růst kořenů a nadzemní biomasy při použití ST ve srovnání s CT. Na podzim při prvním odběru vzorků (BBCH 14–18), měly rostliny z varianty ST výrazně tenčí kořenový krček, kratší listy a kratší kořeny než rostliny varianty CT. Ostatní parametry, jako je počet listů, hmotnost nadzemní biomasy a hmotnost kořene, byla také nižší na ST variantě než na variantě CT, ale rozdíly nebyly statisticky významné. Naopak Jaskulska et al. (2018) zjistili, že počet listů, sušina nadzemní části rostlin ozimé řepky a tloušťka kořenového krčku byla vyšší a jednotnější u ST technologie než u CT systému při odběru vzorků na konci října (Bečka et al. 2021).

Sortiment herbicidů registrovaných do ozimé řepky je poměrně úzký, přičemž převažují půdní herbicidy určené zejména k preemergní aplikaci. V posledních letech však bylo zavedeno několik účinných postemergentních herbicidů, které potlačují především plevele, jež nebyly preemergentními herbicidy dostatečně regulovány. Velmi vhodnou technologií regulace plevelů v řepce zakládané po pásovém zpracování půdy je Clearfield (CL) systém. Využití technologií pěstování ozimé řepky v širších řádcích je obecně, včetně strip tillage, spojeno s dodržováním agrotechnické kázně. Jedná se zejména o eliminaci poškození porostu přejezdu mechanizací v průběhu vegetace. Poškození části řádků, vede k výraznému poškození značného počtu rostlin nebo snížení jejich počtu na pozemku (Brant et al. 2016).

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika podniku a popis pokusu

Společnost Statek Chyšé s.r.o. (50°6'17.565"N, 13°14'39.065"E) byla založena v roce 1991. Hlavní činností společnosti je zemědělská výroba, služby v zemědělství a obchod se zemědělskými komoditami. Hospodaří na 4585 ha orné půdy v karlovarském, plzeňském a ústeckém kraji. Rostlinná výroba je zaměřena na pěstování pšenice ozimé, ječmene jarního, žita ozimého a řepky ozimé. Při svém hospodaření využívá společnost nejmodernější stroje a technologie s důrazem na dodržování správné zemědělské praxe a šetrné zacházení s půdou. Živočišná výroba je zaměřena na chov masného skotu spojených s údržbou 2197 ha trvalých travních porostů. Tato činnost je zajišťována samostatně ovládanou společností. Poloprovozní pokus se uskutečnil ve spolupráci s firmou Kverneland Group Czech s.r.o. SAS AGRO s.r.o a Centrem precizního zemědělství při ČZU v Praze.

Průměrná roční teplota je v oblasti dle ČHMÚ 6,9 °C a roční úhrn srážek se pohybuje okolo 600 mm. Z hlediska dlouhodobého průměru není tato oblast zatížena žádnými extrémními počasí.

Cílem práce je porovnání technologie variabilního setí ozimé řepky s konvenčními technologiemi založení porostu řepky ozimé s hodnocením výnosových parametrů porostu v pokusném roce 2023/2024. Ověření technologie aplikace hnojiv pod patu a kapalných látek při pásovém zpracování půdy.

Charakteristika vybraného pozemku (lokalita Chyšé; okres Karlovy Vary) včetně klimatických podmínek je uvedena v tab. 3 a 4. Pozemek se nachází v nadmořské výšce 480 m. n. m. Je zde vyšší výskyt kamenů. Sklonitost pozemku je 1, 83° (obr. 3).

Tab. 3 Popis pozemku dle LPIS

Lokalita	Pozemek	č. dle LPIS	Mapový čtverec	Výměra (ha)
Chyšé	u kostela	5802	820-1020	25,05

Zdroj: Statek Chyšé s.r.o, eAGRI

Tab. 4 Průměrné měsíční teploty a úhrn srážek na lokalitě Chyšě pro řepku ozimou ve sklizňovém roce 2023/2024 (do únor 2024)

Měsíc	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
teplota	16,9	14,5	9,6	3	1,3	-0,8	4,6
dl. průměr	15,9	11,6	6,9	1,9	-1,2	-2,3	-1,8
srážky	41,3	104,1	26,1	31,9	36,8	56,8	65,4
dl. průměr	68	53	44	43	45	43	33

Zdroj : ČHMÚ

Hodnoty BPEJ byly stanoveny na základě evidence LPIS. Charakteristiku pozemku dle BPEJ uvádí tabulka 5. V tabulce je dále uveden % podíl jednotlivých půdních typů na celkové výměře sledovaného pozemku.

Tab. 5 Charakteristiku pozemk dle BPEJ

Pozemek	BPEJ	BPEJ (ha)	Půdní typ	Půdní typ (%)
U kostela	5.08.10	0,3	černozem	1,2
	5.33.01	12,20	kambizem	48,7
	5.12.00	12,54	hnědozem	50,1

Zdroj: ekatalog BPEJ

Obr. 3 Snímek pozemku pořízený prostřednictvím aplikace LPIS



Zdroj: LPIS (eAGRI 2024)

V pokusu byla použita hybridní odrůda řepky ozimé **Dominator**. Je to středně raný hybrid se středně vysokými rostlinami (149 cm), odolnými proti poléhání (8,6 – ÚKZÚZ 2017–19) a rezistentní k viru žloutenky vodnice a fómové hnilobě. Dalším přínosem hybridu je vysoký obsah oleje s obsahem 48,9 % v sušině semen.

4.1.1 Schéma pokusu a příprava aplikačních map

Pokusný pozemek 5802 byl rozdělen do 5 bloků. Varianta kontrolní 1F a 2F (Horsch) byla založena na dvou blocích, varianta strip till 1S, 2S a 3S (Kverneland) byla založena ve třech blocích. Pokusné bloky byly založeny tak, že se jednotlivé varianty střídaly. Schéma pokusu uvádí tabulka 6.

Tab. 6 Schéma pokusu.

Blok	Varianta	Technologie
1	1S	Kverneland - strip till
2	1F	Horsch - konvence
3	2S	Kverneland - strip till
4	2F	Horsch - konvence
5	3S	Kverneland - strip till

Příprava pozemku pro všechny varianty a následné setí řepky ozimé probíhala do strniště pšenice ozimé (obr. 4). Pro všechny stroje byla shodná linie pohybu a všechny pracovaly s přesností RTK signálu (obr. 6).

Příprava bloků pro variantu strip till (S1, S2 S3) probíhala dvoufázově. V první fázi došlo k naorání pásů do strniště v šířce 50 cm strojem Kultistrip 6000F (6ti řádek) s čelně neseným zásobníkem na hnojivo F-Drill. Tuto soupravu nesl a obstarával traktor Kubota M7153 Premium KVT. Průměrná dávka hnojiva NPK (15-15-15) činila 100 kg/ha. Příprava půdy byla provedena do hloubky 25 cm a hnojivo bylo uloženo do hloubky 18 cm.

Obr. 4 Strniště před přípravou a příprava půdy pomocí Kultistrip 6000F (17.8. 2023)



Zdroj: Foto J. Soukup (2023)

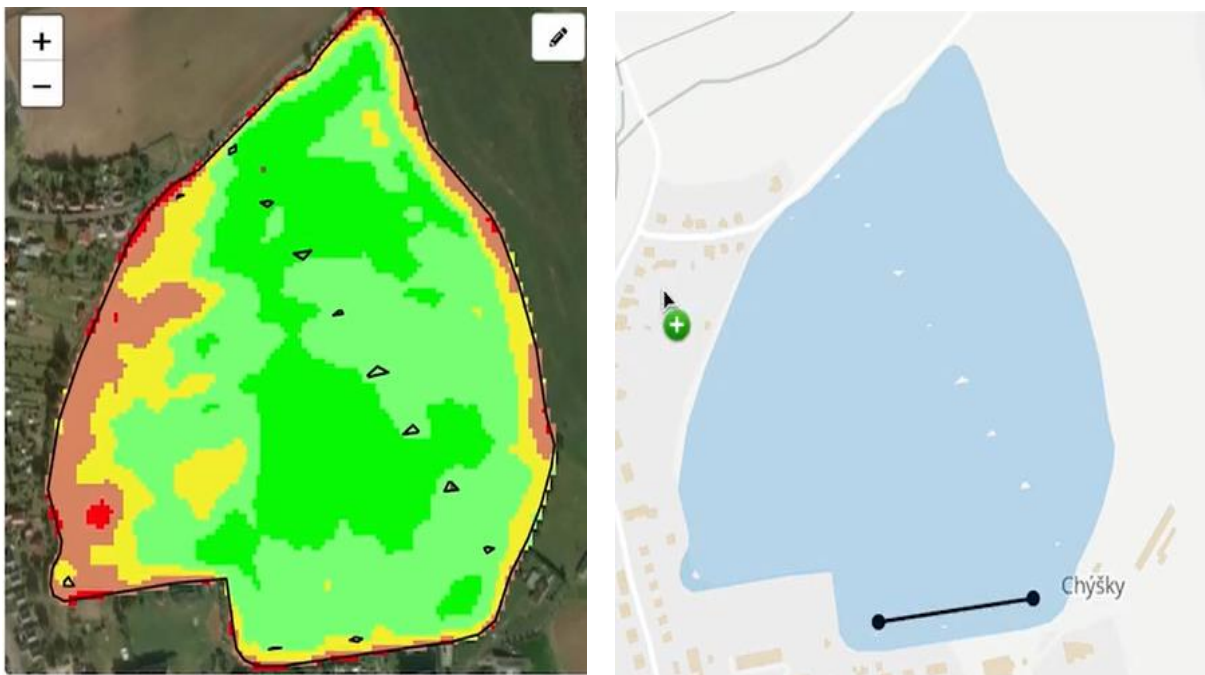
Následně byl v okamžitém sledu pomocí přesného secího stroje Kverneland Optima V a čelně neseného postřikovače iXtra LiFe zaset porost řepky. Tuto soupravu nesl a obstarával traktor Valtra T235 Versu. Setí probíhalo s aplikací hnojiva Amofos pod patu v průměrné dávce 50 kg/ha a ošetřením zasetého řádku preemergentním herbicidem BUTISAN Complete (1l/ha) v kombinaci s hnojivem DAM (40 l/ha + 20 l/ha vody) s roztečí trysek 25 cm (obr. 5). Vzdálenost mezi řádky činila 50 cm. Hnojení a setí bylo aplikováno variabilně na základě předpisové mapy (obr. 6). Průměrný výsevek řepky činil 22 semen/m².

Obr. 5 Setí a preemergentní aplikace herbicidu pomocí Kverneland Optima V



Zdroj: Foto J. Soukup (2023)

Obr. 6 Předpisová mapa pro variabilní setí a hnojení a linie pohybu strojů



Zdroj: SAS AGRO s.r.o.

Příprava bloků a setí řepky ozimé pro kontrolní variantu (1F, 2F) proběhly také 17.8.2023 přímo do strniště předplodiny pomocí stroje Horsch Focus 6TD (obr. 7). Záběr secího stroje činil 6 m. Vzdálenost mezi řádky činila 30 cm. Výsevek byl uniformní 35 semen/m². Po zasetí byl rovněž aplikován herbicid BUTISAN Complete.

Obr. 7 Horsch Focus 6TD



Zdroj: <https://www.horsch.com/za/detail/striptill-horsch-focus-part-2>

V průběhu vegetace (do února 2024) probíhala fotodokumentace pokusu a agrobiologická kontrola porostu. Ve fázi BBCH 19 byly odebrány rostliny k laboratorní analýze, která sloužila ke stanovení obsahu sušiny. Další sledované faktory byly: počet rostlin na m², výška rostlin, vzdálenost rostlin v řádku a síla kořenového krčku.

Statistické vyhodnocení bylo provedeno v programu Statistica 10 (StatSoft, USA) metodou jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$. Tabulky byly vytvořeny v programu Excel 2010 (Microsoft Office).

5 Výsledky

Z fotodokumentace pokusu 17 dní po zasetí (3.9.2023) je vidět rozdíl ve vývoji porostu řepky na obou variantách. V meziřádku u variant S1, S2 a S3 převládají dominantní rostlinné zbytky (obr. 8). Jejich efekt je zde především v eliminaci výskytu plevelů, v protierozní funkci a zvýšení infiltrace vody do půdy, z důvodu že nebyla porušena kapilarita půdy zpracováním. Na variantě S1-S3 došlo k 50 % úspoře preemergentního herbicidu, protože na těchto variantách byl herbicid aplikován pomocí trysek pouze do prostoru řádku, kde byla řepka vyseta, ve srovnání s variantou F1 a F2. Na kontrolní variantě byl herbicid aplikován plošně. V průběhu měsíce září došlo na obou variantách k téměř dvojnásobnému úhrnu srážek, než je dlouhodobý normál pro toto období. Lze usuzovat, že při tomto množství byla lepší infiltrace na variantě S1-S3.

Obr. 8 Stav porostů 3.9. 2023 (porovnání strip till a kontroly)



Zdroj: Foto J. Soukup (2023)

Z výsledků pokusu 27.9.2023 (41 dní) po zasetí je vidět efekt zasetí přesným secím strojem u variant strip till S1, S2 a S3 ve srovnání s kontrolní variantou F1 a F2 (obr. 9). Rozmístění rostlin je pravidelnější u variant strip till, což je žádoucí vzhledem k dalšímu vývoji porostu a následným operacím jako je např. pásový postřik herbicidů, regulátorů s využitím postřikovačů s roztečí 25 cm a se sekční kontrolou pro jednotlivé trysky (střídání řádek x meziřádek).

Obr. 9 Stav porostů 27.9. 2023



Zdroj: Foto J. Soukup (2023)

Z tabulky 7 a 8 vyplývá, že byl zjištěn průkazně nižší počet rostlin na variantách strip till (S1, S2, S3) ve srovnání s kontrolními variantami (F1, F2). Na variantách strip till byl zjištěn o 20 % nižší počet rostlin ve srovnání s výsevkem. Tento efekt mohl být způsoben při seti vlivem vyšší kamenitosti v půdě. Na kontrolní variantě byl průměrný počet rostlin na m² 32,1, což je o 13,9 rostlin (43,3 %) více než na variantě strip till.

Tab. 7 Průměrný počet rostlin na m² pro všechny varianty

Technologie	Varianta	Počet rostlin na m ² (kusy)	Směrodatná odchylka (kusy)	Variační koeficient
Horsch	průměr F1 a F2	32,1 ^b	10,00	25,92 %
Kverneland	průměr S1 až S3	18,2 ^a	4,38	24,06 %

Rozdílné indexy v rámci hodnot dokládají statisticky průkaznou rozdíl mezi průměry na hladině významnosti 95 % (ANOVA, Tukey).

V tomto období byla také odebrána nadzemní biomasa rostlin pro obě varianty pro stanovení obsahu sušiny (obr. 10). Na variantě strip till (S1-S3) byla nadzemní biomasa rostlin na ploše 1m² 127,4 g na variantě kontrolní (F1, F2) byla sušina nadzemní biomasy vyšší 135 g. Rozdíl činil 7,6 g. Lze usuzovat, že vyšší obsah sušiny na m² u varianty kontrolní byl z důvodu

vyššího počtu rostlin. Rostliny samotné však měly vyšší obsah sušiny na variantách strip till (7,08 g) ve srovnání s variantou kontrolní (4,50 g) (obr. 8). Rozdíl v obsahu byl 36,4 % ve prospěch varianty strip till.

Tab. 8 Průměrný počet rostlin na m² pro jednotlivé varianty

Technologie	varianta	Počet rostlin na m ² (kusy)	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Horsch	1F	30,6 ^b	9,64	26,36 %
	2F	34,6 ^b	10,69	26,35 %
Kverneland	1S	17,4 ^a	3,21	18,40 %
	2S	18,3 ^a	5,09	27,83 %
	3S	18,9 ^a	5,15	27,29 %

Rozdílné indexy v rámci hodnot dokládají statisticky průkaznou rozdíl mezi průměry na hladině významnosti 95 % (ANOVA, Tukey).

Obr. 10 Vzhled rostlin na jednotlivých variantách 27.9. 2023



Zdroj: Foto J. Soukup (2023)

Tab. 9 Průměrná vzdálenost mezi rostlinami v řádku (cm) pro všechny varianty

Technologie	Varianta	Průměrná vzdálenost mezi rostlinami v řádku (cm)	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Horsch	průměr F1 a F2	10,2 ^a	8,34	81,76 %
Kverneland	průměr S1 až S3	11,5 ^a	8,21	71,28 %

Rozdílné indexy v rámci hodnot dokládají statisticky průkaznou rozdíl mezi průměry na hladině významnosti 95 % (ANOVA, Tukey).

Tabulka 9 uvádí průměrné vzdálenosti rostlin pro všechny varianty pokusu. Mezi technologií strip till a kontrolní variantou nebyla zaznamenán statisticky průkazný rozdíl. Největší vzdálenost mezi jednotlivými variantami byla zaznamenána na variantě 1S (tab. 10), naopak nejmenší na variantě 2F. Variabilita vzdáleností setí u technologie strip till byla pravděpodobně způsobena variabilním setím na základě předpisové mapy. Fotodokumentaci z technologie strip till uvádí obr. 11.

Tab. 10 Průměrná vzdálenost mezi rostlinami v řádku (cm) pro jednotlivé varianty

Technologie	Varianta	Průměrná vzdálenost mezi rostlinami v řádku (cm)	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Horsch	1F	10,5 ^a	8,51	81,39 %
	2F	10,0 ^a	8,24	82,68 %
Kverneland	1S	12,0 ^a	9,34	77,92 %
	2S	11,7 ^a	8,62	73,59 %
	3S	10,9 ^a	6,64	61,01 %

Rozdílné indexy v rámci hodnot dokládají statisticky průkaznou rozdíl mezi průměry na hladině významnosti 95 % (ANOVA, Tukey).

Obr. 11 Vzdálenost semen řádku během setí na variantě strip till



Zdroj: Foto J. Soukup (2023)

Z výsledků kontroly porostu 80 dní po výsevu (30.10.2023) vyplývá průkazný rozdíl v počtu rostlin na m^2 a jejich rozmístění v porostu mezi variantami strip till (S1, S2 a S3) a kontrolou (F1, F2). Větší pravidelnost rozmístění rostlin je patrná na variantě strip till ve srovnání s kontrolní variantou, což by mělo mít příznivější vliv na výnos. I přes efekt kamenité půdy rostly rostliny na variantě strip till do hloubky, kořeny byly bílé a síla kořenového krčku byla minimálně 13-14 mm. Výskyt plevelů v meziřádku byl minimální.

Na kontrolní variantě pokusu byl v tomto období průměrný počet rostlin na m^2 32 kusů. Tento fakt ovlivnil habitus rostlin ve srovnání s variantou strip till. Nicméně síla kořenového krčku dostatečně přesáhla hranici 8 mm, nutnou pro dobré přezimování rostlin.

Na obou variantách pokusu došlo po vzejití rostlin, ještě k následné celoplošné herbicidní opravě, neboť vlivem vlhkého a teplého podzimu, byl tlak plevelů velmi vysoký. Všechny měsíce do konce roku 2023 byly teplotně nadprůměrné. Na variantě strip till, částečně omezilo výskyt plevelů množství rostlinných zbytků, které však nebylo až tak vysoké, na variantě kontrolní byl tlak plevelů vyšší. Přesto došlo k celkové úspoře herbicidního postřiku při preemergentní aplikaci na variantě strip till při setí zhruba o 50 % ve srovnání s kontrolní variantou.

Z výsledků kontroly porostu 181 dní po výsevu (14.2.2024) na variantě strip till byl patrný efekt přesného setí v rozmístění rostlin. V meziřádku rostlinné zbytky (zaseto do nezpracovaného strniště) eliminovaly vliv vodní a větrné eroze a také nízkých teplot, protože

sláma je svázána s půdou. Nedocházelo tak ke smyvu jemných částic z povrchu půdy. Síla kořenového krčku byla 2 cm a více. Kořen byl kulovitý, nebyl limitován z hlediska délky. Průměrná délka kořene na této variantě byla 23-26 cm (5 rostlin). Porost obecně velmi dobře přezimoval (obr. 12).

Obr. 12 Stav porostu 14.2.2024 a síla kořene na variantě strip till



Zdroj: Foto J. Soukup (2024)

Na variantě kontrolní byla pokryvnost uvolněnými rostlinnými zbytky cca 30 %. Síla kořenové krčku dosahovala v průměru 2 cm. U těchto rostlin byla tendence většího větvení v horní části kořene z důvodu, že u těchto rostlin nebylo hnojivo ukládáno zonálně. Jinak kořeny také vykazovaly dobrou hloubku prokořenění a porost velmi dobře přezimoval, jako na variantě strip till.

Z dosavadních výsledků vyplývá, že hustota porostu 18 rostlin/m² s roztečí řádku 50 cm a hustota porostu 30 rostlin/m² s roztečí řádků 30 cm při dobrém průběhu počasí, by nějak významně neměly ovlivnit rozdíl ve výnosech na jednotlivých variantách pokusu.

6 Diskuze

V pokusném roce 2023/2024 byl porost řepky ozimé zaset do strniště pšenice 17.8. 2023 dvěma odlišnými technologiemi setí. Pozemek je charakteristický vyšší kamenitostí. Zastoupení půdních druhů je 49 % kambizem a 50 % hnědozem. Kambizemě jsou většinou sorpčně nenasycené, vyskytují se v širokém rozmezí klimatických a vegetačních podmínek. Ve vyšších polohách vykazují vyšší obsah organických látek, ale s nízkým podílem humínových kyselin. Jsou to nejrozšířenější půdy u nás (zauímají přes 50 % všech půd u nás). Hnědozem jsou půdy, které se vytvořily hlavně v rovinatých oblastech na spraších a hlínách a mají slabě eluiovaný horizont (vyšší srážky vedly k vymytí uhličitánů a následně k posunu částí jílových minerálů do hlubších vrstev). Patří mezi velmi úrodné půdy s nižším obsahem humusu. Rozšířené jsou v mírně vyšších oblastech, kde lemují černozemě (Vaněk et al. 2012). Jednotlivé varianty pokusy byly založeny v pásech, které se na pozemku střídaly, aby byla co nejvíce zohledněna variabilita půdních podmínek. Vyšší kamenitost pozemku mohla mít vliv na větší pórovitost půdy.

Září 2023 bylo velmi vlhké a teplé, řepka intenzivně rostla. Řepka zasetá dříve více, neboť kořeny dosahovaly do hlubší vrstvy půdy. Dne 3.9.2023 (17 dní) po zasetí je patrný rozdíl ve vývoji porostu na pokusném pozemku. Rostliny řepky na variantě strip till vizuálně lépe vzcházely. Jejich rozmístění je vlivem přesného setí pravidelnější ve srovnání s variantou kontrolní. To může být způsobeno na variantě strip till zonální aplikací hnojiva a dále stojícími rostlinnými zbytky v meziřádku, kde je neporušená kapilarita půdy a zajištěna lepší infiltrace vody do půdy. V září došlo k extrémnímu přísunu srážek téměř o 100 % více, než je dlouhodobý průměr v této lokalitě. Dle Brant et al (2016) voda stékající po stéble se koncentruje ke kořenovému systému rostliny a v rámci systémů zpracování půdy by s tímto procesem mělo být počítáno. Jedná se především o podporu infiltrace této vody do půdy a z protierozního hlediska o eliminaci případného odtoku této části srážek. Zpracování půdy v řádku vysévané plodiny při uplatnění pásového zpracování půdy vede k podpoře rychlé infiltrace vody do zóny kořenů. Při tomto postupu se snižuje nežádoucí prohřívání půdy v horkých letních dnech a zadržuje se více vody a uhlíku v půdě, ale nedoporučuje se při kalamitním výskytu hraboše polního (Růžek et al. 2022).

Větší úhrny srážek při bouřkách nebo intenzivnějších deštích po zasetí řepky mohou mít nepříznivý vliv na povrchovou strukturu půdy a vzcházení rostlin. Vytvoření krusty na povrchu

půdy omezuje přístup vzduchu ke klíčovému semenům, na což je řepka citlivá. Vrcházení rostlin je pak nerovnoměrné, porosty jsou často řídké a nevyrovnané. V posledních letech narůstají problémy s povrchovou strukturou půdy v důsledku nízkého obsahu organických látek, absence vápnění a nevhodného poměru jednomocných a dvojmocných kationtů v půdě. Půd s horší strukturou stále přibývá a postupně se zhoršuje vsakování vody ze srážek ke kořenům rostlin, urychluje její povrchový odtok a zároveň zhoršuje provzdušnění půdy, což může mít nepříznivý vliv na růst a zdravotní stav kořenů řepky (Růžek et al. 2022).

Na obou variantách pokusu došlo po vzejití rostlin, ještě k následné celoplošné herbicidní opravě, neboť vlivem vlhkého a teplého podzimu, byl tlak plevelů velmi vysoký. Na variantě strip till, částečně omezilo výskyt plevelů množství rostlinných zbytků, které však nebylo až tak vysoké, na variantě kontrolní byl tlak plevelů vyšší. Přesto došlo k celkové úspoře herbicidní postřiku při preemergentní aplikaci na variantě strip till při seti zhruba o 50 % ve srovnání s kontrolní variantou. Na rozdíl od kukuřice nebo slunečnice je pěstování ozimé řepky s využitím technologie strip tillage spojeno se změnou plevelných společenstev v důsledku větší rozteče řádků. Při teplejším průběhu podzimu, ale i zimy dochází v meziřádcích k rozvoji ozimých plevelů, jako jsou hluchavky, rozrazil, ptačinec prostřední apod. (Brant et al. 2016).

Z kontroly porostu dne 27.9. (2023) 41 dní po zasetí vyplývá, že byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl v počtu rostlin na m^2 mezi variantou strip till a kontrolní variantou. To je samozřejmě dáno vzdáleností řádků u variant S1, S2 a S3, kde byla 50 cm a variantou kontrolní F1a F2, kde byla vzdálenost řádku 30 cm a velikostí výsevu. Výsledky polních experimentů (Brant et al. 2014a, 2014b) prokázaly využitelnost technologie strip till při pěstování ozimé řepky. Nižší počty rostlin na jednotku plochy byly spojeny s nárůstem biomasy. Nejvyšší průměrná hmotnost nadzemní biomasy byla na jaře stanovená na plochách s počtem deset rostlin na m^2 (12,7 g) a při počtu 22 rostlin na m^2 poté 8,9 g. To odpovídá našemu zjištění, kdy rostliny na variantách strip till měly vyšší obsah sušiny v nadzemní biomase (7,08 g) ve srovnání s variantou kontrolní (4,50 g). Rozdíl v obsahu byl 36,4 % ve prospěch varianty strip till. Hustota rostlin měla následně vliv i na průměr kořenového krčku. Pozitivní efekt nižšího počtu rostlin na vývoj kořenového systému ve vztahu k nárůstu rozteče řádků, který se projevil hloubkou prokořenění, nárůstem povrchu kořenového systému a celkovou délkou kořenů, popisují také Hermann et al. (2012).

Z výsledků vzdálenosti rostlin v řádku mezi jednotlivými variantami setí vyplývá, že nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl. Největší vzdálenost byla zaznamenána na variantě strip till naopak nejmenší na variantě kontrolní. Variabilita vzdáleností setí u

technologie strip till byla pravděpodobně variabilním setím na základě předpisové mapy, nerovností terénu a kamenitostí půdy. Bouma (2016) uvádí výsledky autorů z České zemědělské univerzity, z přesných pokusů ale i praxe které ukazují, že porosty s nižšími počty rostlin na jednotku plochy (10–20 rostlin na m^2) jsou při optimálním rozmístění na ploše schopny výnosově dosahovat hodnoty 4 t na hektar. Jelikož se rostliny řepky vyznačují vysokou plasticitou, je základem těchto technologií právě snižování variability mezi rostlinami řepky. Plasticita rostlin, tedy jejich schopnost reagovat na podmínky prostředí zvýšením nebo naopak snížením výnosotvorných prvků na rostlině, je dalším z důvodů obhajujícím potřebu přesného setí. Vliv na výnos může mít heterogenita rostlin, na kterou má vliv především makrovariabilitou pozemku. Vzhledem k variabilitě pozemků je potřeba si problematiku přesného setí propojit s možností variabilní změny výsevu.

Letošní zima (prosinec 2023 až únor 2024) byla atypická a značně variabilní. Všechny tři měsíce byly teplé, a přitom dost vlhké (teplotně nadnormální byl prosinec, leden se blížil k nadnormálním srážkám a únor byl velmi teplý a srážkově bohatý na vodu). Z výsledků kontroly porostu po zimě na variantě strip till stále fungovalo protierozně strniště pšenice ozimé. Eliminovalo také působení nízkých teplot. Kořen byl kulovitý, nebyl limitován z hlediska délky. Průměrná délka kořene na této variantě byla 23-26 cm (5 rostlin). Na variantě kontrolní byla pokryvnost uvolněnými rostlinnými zbytky cca 30 %. Síla kořenové krčku dosahovala v průměru 2 cm. U těchto rostlin byla tendence většího větvení v horní části kořene z důvodu, že u těchto rostlin nebylo hnojivo ukládáno zonálně. Obecně lze říci, že obě varianty pokusu velmi dobře přezimovaly. Z dosavadních výsledků vyplývá, že hustota porostu 18 rostlin/ m^2 s roztečí řádku 50 cm a hustota porostu 30 rostlin/ m^2 s roztečí řádků 30 cm při dobrém průběhu počasí, by nějak významně neměly ovlivnit rozdíl ve výnosech na jednotlivých variantách pokusu.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení různých způsobů zakládání porostu polních plodin a jejich vliv na výnosotvorné parametry konkrétně u řepky ozimé. Porosty byly založeny v pokusném roce 2023/2024 na pozemku společnosti Statek Chyšé s.r.o. technologií strip till formou variabilního setí s cílem respektovat půdní podmínky a zohlednit výnosový potenciál pozemku. Tyto varianty byly porovnávány s kontrolní variantou, kdy byl řepkový porost založen na stejném pozemku konvenčním způsobem běžným secím strojem.

Na základě zjištění lze vyvodit následující závěry:

- Z porovnání technologie strip till u řepky ozimé a kontrolní varianty bylo zjištěno, že byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl v počtu rostlin na m² mezi variantou strip till a kontrolní variantou.
- Bylo zjištěno, že rostliny na variantách strip till měly vyšší obsah sušiny v nadzemní biomase ve srovnání s variantou kontrolní.
- Z výsledků vzdálenosti rostlin v řádku mezi jednotlivými variantami setí vyplývá, že nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl.
- Na variantě strip till došlo k celkové úspoře herbicidní postřiku při preemergentní aplikaci při setí zhruba o 50 % ve srovnání s kontrolní variantou.

Na základě hodnocení pokusu, lze usoudit, že při dobrém průběhu počasí by nějak významně neměl být patrný rozdíl ve výnosech na jednotlivých variantách pokusu. Lokality, kde se může tato technologie provádět, nejsou nijak specifikované. Lze ji využít celoplošně po České republice, neboť výrazně snižuje eroznost stanoviště a zároveň chrání půdu před odpařováním vody (redukované zpracování půdy).

8 Literatura

Abawi GS, Widmer TL. 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology* **15**: 37-47.

Abdollahi L, Munkolm LJ. 2014. Tillage System and Cover Crop Effects on Soil Quality: I. Chemical, Mechanical, and Biological Properties. *Soil Science Society of America Journal* **78**: 262-270.

Adamchuk VI, Ferguson RB, Herbert GW. 2010. Soil Heterogeneity and Crop Growth, In: Oerke, E. C. et al. (eds.) *Precision Crop Protection - the Challenge and Use of Heterogeneity*: 3-16.

Balík J et al. 2007. *Principy výživy a hnojení řepky ozimé*. Power Print, Praha.

Baranyk P et al. 2007. *Řepka. Pěstování. Využití*. Ekonomika. Profi Press, Praha.

Baranyk P et al. 2010. *Olejniny*. Profi Press, Praha.

Bečka D et al. 2021. Growth and yield of winter oilseed rape under strip-tillage compared to conventional tillage. *Plant, Soil and Environment* **67**: 85–91.

Blackmore S. 2000. The interpretation of trends from multiple yield maps. *Computers and Electronics in Agriculture* **26**: 37-51.

Blackmore S, Godwin RJ, Fountas S. 2003. The Analysis of Spatial and Temporal Trends in Yield Map Data over Six Years. *Biosystems Engineering* **84**: 455-466.

Borůvka L. 2001. *Variabilita půdních vlastností a jejich hodnocení [habilitační práce]*. Katedra pedologie a geologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Bouma D. 2016. Variabilní setí řepky [cit. 01.03.2024]. Dostupné z: <https://uroda.cz/variabilni-seti-repky/>

Brady NC, Weil RR. 1999. Soil organic matter. The nature and properties of soils. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey: 446-490.

Brant V et al. 2014a: Distribuce srážek a hodnoty kapkové eroze v porostech ozimé řepky v závislosti na šířce řádků. *Agromanuál* **9**: 82-84.

Brant V et al. 2014b. Vliv technologie strip till na výnosové parametry ozimé řepky. *Agromanuál* **9**: 76-79.

Brant et al. 2015. Půdní úrodnost a současné systémy zpracování půdy. Sborník z 21. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv zaměřené na půdu a půdní úrodnost. Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin. ČZU v Praze, Praha.

Brant V et al. 2016. Pásové zpracování půdy (strip tillage). Profi Press s.r.o., Praha.

Bronick CJ, Lal R. 2004. Soil structure and management: a review. *Geoderma* **124**: 3-22.

Carter MR. 2002. Soil Quality for Sustainable Land Management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions **94**: 38-48.

Cooper RJ et al. 2020. Conservation tillage and soil health: Lessons from a 5-year UK farm trial (2013–2018). *Soil and Tillage Research* **202**: 198.

Curtin D, Fraser PM, Beare MH. 2015. Loss of soil organic matter following cultivation of long-term pasture: effects on major exchangeable cations and cation exchange capacity. *Soil Research* **53**: 377-385.

Černý J, Balík J, Kulhánek M, Vaněk V. 2015. Půdní úrodnost. Sborník z 21. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv zaměřené na půdu a půdní úrodnost. Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin. ČZU v Praze, Praha.

Dani O, Keller T, Schlesinger WH. 2021. Natural and managed soil structure: On the fragile scaffolding for soil functioning: On the fragile scaffolding for soil functioning. *Soil and Tillage Research* **208**: 1-9.

Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crop Research* **67**: 35-49.

Doran JW, Jones AJ. 1996. Methods for Assessing Soil Quality. *Soil Science Society of America* **49**: 3-11.

Du Ch, Zhou J. 2009. Evaluation of soil fertility using infrared spectroscopy: a review. *Environmental Chemistry Letters* **7**: 97-113.

Finger R. 2010. Evidence of slowing yield growth - The example of Swiss cereal yields. *Food Policy* **35**: 175-182.

Gebeltová Z et al. 2020. The Impact of Crop Mix on Decreasing Soil Price and Soil Degradation: A Case Study of Selected Regions in Czechia (2002–2019). *Sustainability* **12**: 444.

Gnip P, Charvát K. 2003. Management of zones in precision farming. *Agricultural economics* **49**: 3.

Gobeille A, Yavitt J, Stalcup P, Valenzuela A. 2006. Effects of soil management practices on soil fertility measurements on *Agave tequilana* plantations in Western Central Mexico. *Soil and Tillage Research* **87**: 80-88.

Godwin RJ, Miller PCH. 2003. A Review of the Technologies for Mapping Within-field Variability. *Biosystems Engineering* **4**: 393-407.

Habekotté B. 1997. Options for increasing seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a simulation study. *Field Crop Research* **54**: 109-126.

Hamza MA, Anderson WK. 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research* **82**: 121-145.

Hauptman I, Kukul Z, Pošmourný K. 2009. *Půda v České republice*. Praha, Consult.

Heege HJ et al. 2013. *Precision in Crop Farming: Site Specific Concepts and Sensing Methods: Applications and Results*. Springer Science+Business Media Dordrecht (ebook).

Hermann, W, Bauer B, Bischoff J. 2012: *Srip Till, Mit Streifen zum Erfolg*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Hillel D et al. 2005. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Elsevier/Academic Press.

Hofman J, Dušek L, Klánová J, Bezchlebová J, Holoubek I. 2004. Monitoring microbial biomass and respiration in different soils from the Czech Republic - a summary of results. *Environment International* **30**: 19–30.

Horáček J, Kolář L, Čechová V, Hřebečková J. 2008. Phosphorus and carbon fraction concentrations in a cambisol soil as affected by tillage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **39**: 2032–2045.

Hůla J, Kroulík M, Kovaříček P. 2009. Vliv opakovaných přejezdů po půdě na stupeň zhutnění půdy. [Effect of repeated passages along the soil on degree of soil compaction. In *GPS autopiloty v zemědělství*. [CD-ROM]. Praha: ČZU v Praze.

Hůla J et al. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.

Hůla et al. 2016. Zpracování půdy přispívající k omezení odtoku vody a smyvu zeminy. *Agromanuál* **11**: 56-60

Janeček M et al. 2002. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV nakladatelství, Praha.

Janeček M. 2007. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

Janeček et al. 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika. Česká zemědělská univerzita Praha, Praha.

Jaskulska I et al. 2018. Strip-till technology - a method for uniformity in the emergence and plant growth of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) in different environmental conditions of Northern Poland. *Italian Journal of Agronomy* **13**: 194-199.

Javůrek M, Vach M. 2008. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Metodika pro praxi. VÚRV, Praha.

Joernsgaard B, Halmoe S. 2003. Intra-field yield variation over crops and years. *European Journal of Agronomy* **19**: 23-33.

Kassam A, Derpsch R, Friedrich T. 2014. Global achievements in soil and water conservation: the case of Conservation Agriculture. *International Soil Water Conservation Research* **2**: 5-13.

Karlen DL et al. 1997. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). *Soil Science Society of America Journal* **61**: 4-12.

Kleinjan J, Clay DE, Carlson CG, Clay SA. 2007. Productivity zones from multiple years of yield monitor data, In: Pierce, F. J. et al. (eds.) *GIS applications in agriculture*: 65-80. Boca Raton, CRC Press.

Kodesova R, Jirku V, Kodes V, Muhlhanselova M, Nikodem A, Žigova A. 2011. Soil structure and soil hydraulic properties of Haplic Luvisol used as arable land and grassland. *Soil and Tillage Research* **111**:154–161.

Kozák J, Borůvka L, Kodešová R, Jacko K, Hladík J. 2010. Soil atlas of the Czech Republic. CULS Prague, Prague.

Krček V, Baranyk P, Pulkrábek J, Urban J, Škeříková M, Brant V, Záborský P. 2013. Vliv založení a organizace porostu na výnos řepky. Sborník z konference „Prosperující olejniny“, 12. - 13. 12. 2013, KRV, ČZU, Praha.

Kroulík M 2021. Modifikace technologií zakládání porostů širokořádkových plodin. *Mechanizace zemědělství* **70**: 25-30.

Kubát J et al. 2008. Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách, VURV, Praha.

Křen et al. 2015. Obecná produkce rostlinná - 1.část. Mendelova univerzita v Brně Agronomická fakulta, Brno.

Legout A et al. 2014. *Revue forestiere francaise* **4**: 413.

Lesch SM, Corwin DL, Robinson DA. 2005. Apparent soil electrical conductivity mapping as an agricultural management tool in arid zone soils. *Computers and Electronics in Agriculture* **1-3**: 351-378.

Letey J et al. 2003. Deficiencies in the soil quality concept and its application. *Journal of Soil and Water Conservation* **58**: 180-187.

Li S, Lobb, DA, Lindstrom MJ, Farenhorst A. 2007. Tillage and water erosion on different landscapes in the Northern North American great Plains Evaluated using ¹³⁷Cs technique and soil erosion models. *Catena* **3**: 493–505.

Lobb DA., Kachanoski GR., Miller MH. 1995. Tillage translocation and tillage erosion on shoulder slope landscape positions measured using ¹³⁷Cs As A tracer. *Canadian Journal Of Soil Science* **2**: 211–218.

Lobb DA, Kachanoski GR. 1999. Modelling tillage erosion in the topographically complex landscapes of Southwestern Ontario. Canada. *Soil And Tillage Research* **3-4**: 261–277.

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

Lück E, Eisenreich M, Domsch H, Blumenstein O. 2000. Geophysik für Landwirtschaft und Bodenkunde. Stoffdynamik in Geosystemen **4**: 167.

Menšík L, Hlisnikovský L, Kunzová E. 2019. The state of the soil organic matter and nutrients in the long-term field experiments with application of organic and mineral fertilizers in different soil-climate conditions in the view of expecting climate change. In: Organic fertilizers - history, production and applications. IntechOpen.

Moore SH, Wolcott MC. 2000. Using yield maps to create management zones in field crops. Louisiana Agriculture **43**: 12-13.

Neudert L et al. 2022. Postupy sběru a zpracování faremních dat pro lokálně cílenou agrotechniku polních plodin. Certifikovaná metodika pro praxi. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Novák P. 2019. Zpracování půdy a zakládání porostů v podmínkách probíhající klimatické změny- nové technologie a jejich aplikace pro omezení projevů eroze a dalších negativních jevů (komentovaný souhrn abstraktů, cílených na tematiku zpracování půdy, její erozní dopad a změny v technologiích zakládání porostů) [cit. 01.02.2024]. Dostupné z: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/zpracovani-pudy-a-zakladani-porostu-v-podminkach-probihajici-klimaticke-zmeny-nove-technologie-a-jejich-aplikace-pro-omezeni-projevu-eroze-a-dalsich-negativnich-jevu-965>

Peltonen-Sainio P. et al. 2010. Coincidence of variation in yield and climate in Europe. Agriculture, Ecosystem and Environment **139**: 483–489.

Petr J et al. 1987. Počasí a výnosy, 1st. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Rodanini DP et al. 2012. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ratio in the last four decades. European Journal of Agronomy **37**: 56-65.

Růžek et al. 2022. Zpracování půdy k řepce a hnojení dusíkem [cit. 01.03.2024]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zpracovani-pudy-k-repce-a-hnojeni-dusikem>

Skalák P, Farda A, Zahradníček P, Trnka M, Hlásny T, Štěpánek P. 2018. Projected shift of Köppen-Geiger zones in the central Europe: a first insight into the implications for ecosystems and the society. *International Journal of Climatology* **38**: 3595-3606.

Sněhota M, Sobotková M, Císlarová M. 2008. Impact of the entrapped air on water flow and solute transport in heterogeneous soil: experimental set-up. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* **56**:247–256.

Širůček P. 2014. Zpracování a interpretace výnosových map jako podklad pro agronomické rozhodování. Diplomová práce, Mendelova univerzita v Brně.

Trnka M, Semerádová D, Novotný I, Dumbrovský M, Drbal K, Pavlík F, Vopravil J, Štěpánková P, Vizina A, Balek J, Hlavinka P, Bartošová L, Žalud Z. 2016. Assessing the combined hazards of drought, soil erosion and local flooding on agricultural land: a Czech case study. *Climate Research* **70**: 231-249.

Vaněk V et al. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia, Praha.

Van Oost K, Cerdan O, Quine, TA. 2009. Accelerated sediment fluxes by water and tillage erosion on European agricultural land. *Earth Surface Processes and Landforms* **12**: 1625-1634.

Vašák J. et al. 2000. Řepka. Agrospoj, Praha.

Vega A, Córdoba M, Castro-Franco M, Balzarini M. 2019. Protocol for automating error removal from yield maps. *Precision Agriculture*.

Veřejný registr půdy – LPIS eAGRI. Hlavní strana eAGRI [online]. Copyright © 2014 [cit. 29.01.2024]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

Weymann W, Böttcher U, Sieling K., Kage H. 2015. Effects of weather conditions during different growth phases on yield formation of winter oilseed rape. *Field Crops Research* **173**: 41–48.

Zhang S, Sadras V, Chen X, Zhang, F. 2014. Water use efficiency of dryland maize in the Loess Plateau of China in response to crop management. *Field Crops Research* **163**: 55–63.

Žížala D, Kapička J, Novotný I. 2015. Monitoring soil erosion of agricultural land in Czech Republic and data assessment of erosion events from spatial database. In: *Proceedings from international conference soil – the non-renewable environmental resource*: 354–370.

9 Seznam obrázků

Obr. 1 Princip měření elektrické vodivosti půdy EMI přístrojem EM38 (Lesch et al. 2005 in Lukast et al. 2011).....	15
Obr. 2 Postup tvorby mapy výnosové úrovně z historie výnosových map. Normalizace na průměrný výnos v daném roce (v %) umožňuje porovnávat plodiny s rozdílnou absolutní úrovní výnos (Lukas et al. 2011).....	17
Obr. 3 Snímek pozemku U kostela, pořízený prostřednictvím aplikace LPIS (LPIS eAGRI 2024).....	28
Obr. 4 Strniště před přípravou a příprava půdy pomocí Kultistrip 6000F (Foto:J. Soukup 2023).....	30
Obr. 5 Setí a preemergentní aplikace herbicidu pomoci Kverneland Optima V (Foto:J. Soukup 2023).....	30
Obr. 6 Předpisová mapa pro variabilní setí a hnojení a linie pohybu strojů (SAS AGRO s.r.o. 2023).....	31
Obr. 7 Horsch Focus 6TD (Horsch 2023).....	31
Obr. 8 Stav porostů 3.9. 2023 (Foto: J. Soukup 2023).....	33
Obr. 9 Stav porostů 27.9. 2023 (Foto: J. Soukup 2023).....	34
Obr. 10 Vzhled rostlin na jednotlivých variantách 27.9. 2023 (Foto: J. Soukup 2023).....	35
Obr. 11 Vzdálenost semen řádku během setí na variantě strip till (Foto: J. Soukup 2023).....	37
Obr. 12 Stav porostu 14.2.2024 a síla kořene na variantě strip till (Foto: J. Soukup 2024).....	38

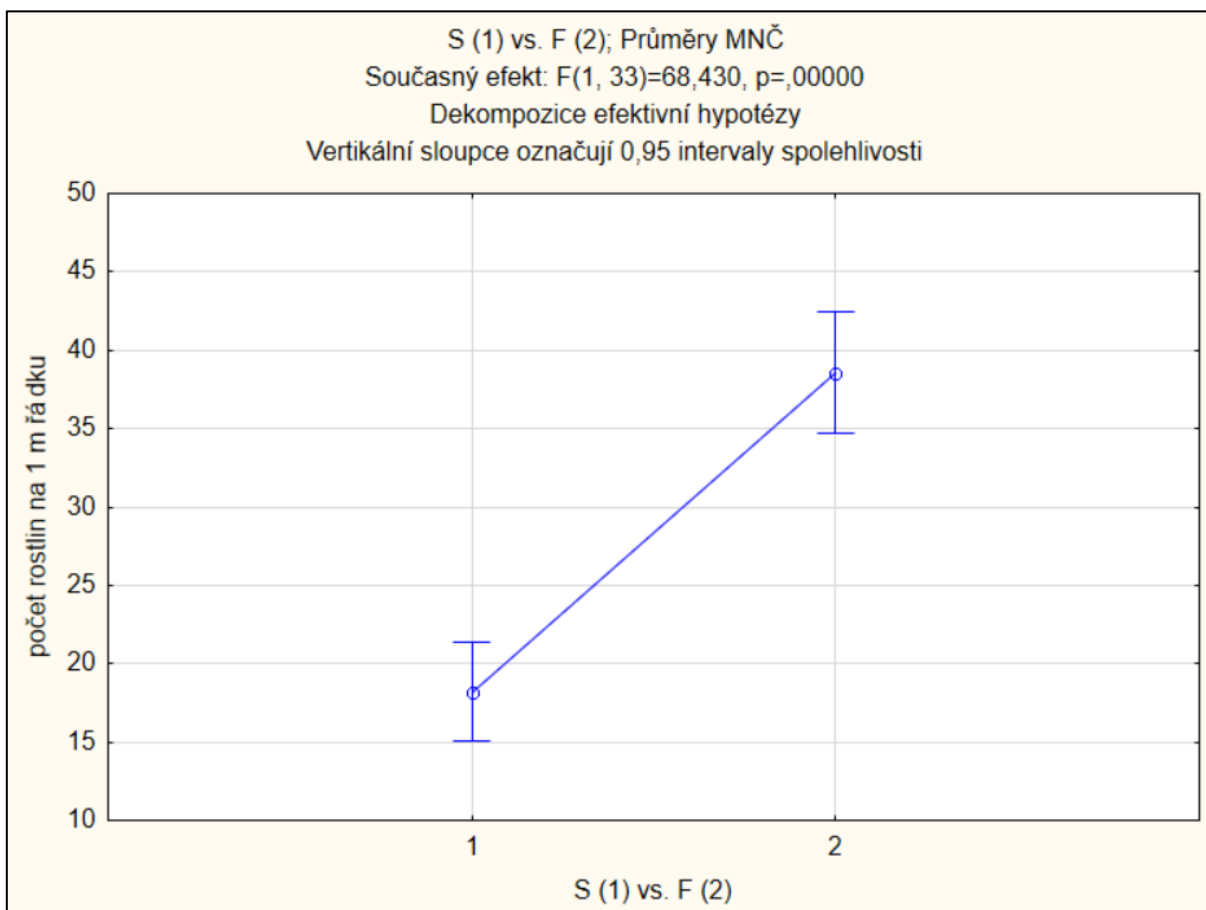
10 Seznam tabulek

Tab. 1 Odběrový normativ živin na výnos 1 t semene řepky a odpovídající množství slámy (Balík et al. 2007).....	18
Tab. 2 Hmotnost tisíce semen (HTS, g), sklizňová vlhkost semen (%) a výnos ozimé řepky (t.ha ⁻¹ , při 100 % sušině) na plochách na plochách s technologií strip tillage 12.7.2014. Rozteč řádků činila 0,75 , lokalita Encovany, okr. Litoměřice (Brant et al 2014b).....	25
Tab. 3 Popis pozemku dle LPIS (Statek Chyšě s.r.o, eAGRI 2024).....	27
Tab. 4 Průměrné měsíční teploty a úhrn srážek na lokalitě Chyšě pro řepku ozimou ve sklizňovém roce 2023/2024 (do února 2024) (ČHMÚ).....	28
Tab. 5 Charakteristiku pozemku dle BPEJ (ekatalog BPEJ).....	28
Tab. 6 Schéma pokusu.....	29
Tab. 7 Průměrný počet rostlin na m ² pro všechny varianty.....	34
Tab. 8 Průměrný počet rostlin na m ² pro jednotlivé varianty.....	35
Tab. 9 Průměrná vzdálenost mezi rostlinami v řádku (cm) pro všechny varianty.....	36
Tab. 10 Průměrná vzdálenost mezi rostlinami v řádku (cm) pro jednotlivé varianty.....	36

11 Přílohy

Příloha 1: Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) počet rostlin na 1 m řádku s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$.

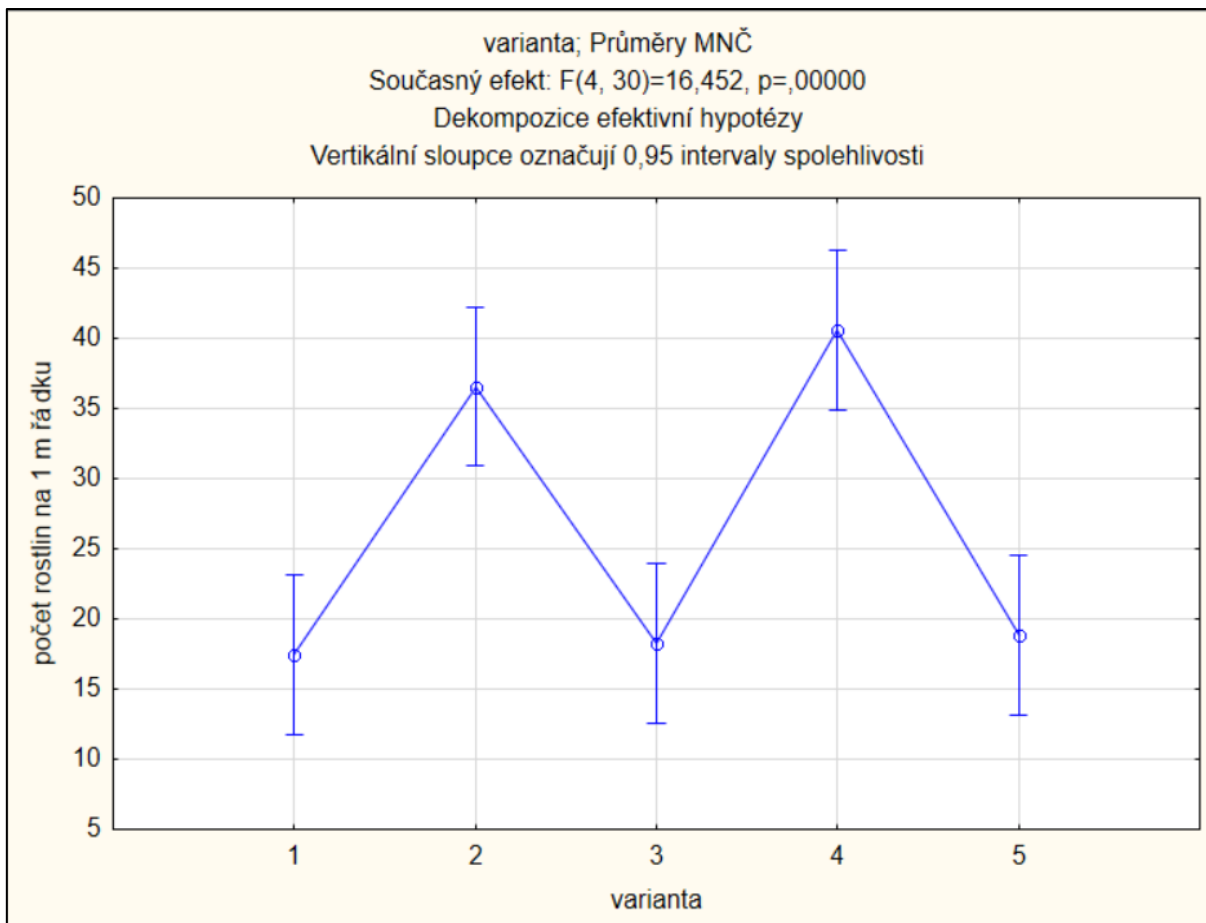
Faktor: varianta (S) strip till (F) kontrola



Tukeyův HSD test; proměnná počet rostlin na 1 m řádku (Tabulka6)					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 50,990, sv = 33,000					
Č. buňky	S (1) vs. F (2)	počet rostlin na 1 m řádku Průměr	1	2	
1	1	18,19048	****		
2	2	38,57143		****	

Příloha 2: Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) počet rostlin na 1 m řádku s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$.

Faktor: varianta (Strip till -1,3,5; kontrola 2,4)

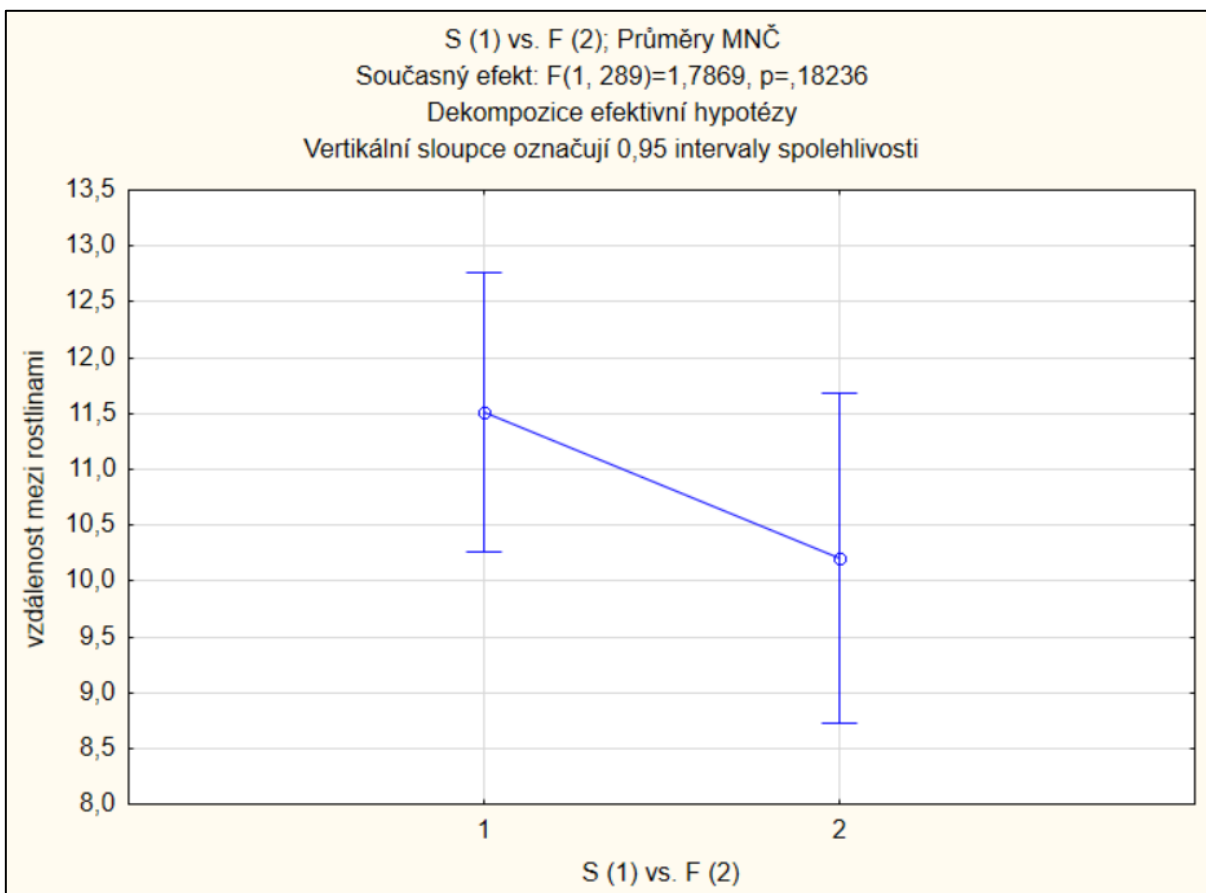


Tukeyův HSD test; proměnná počet rostlin na 1 m řádku (Tabulka8)
 Homogenní skupiny, alfa = ,05000
 Chyba: meziskup. PČ = 53,981, sv = 30,000

Č. buňky	varianta	počet rostlin na 1 m řádku Průměr	1	2
1	1	17,42857	****	
3	3	18,28571	****	
5	5	18,85714	****	
2	2	36,57143		****
4	4	40,57143		****

Příloha 3: Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) vzdálenost mezi rostlinami s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$.

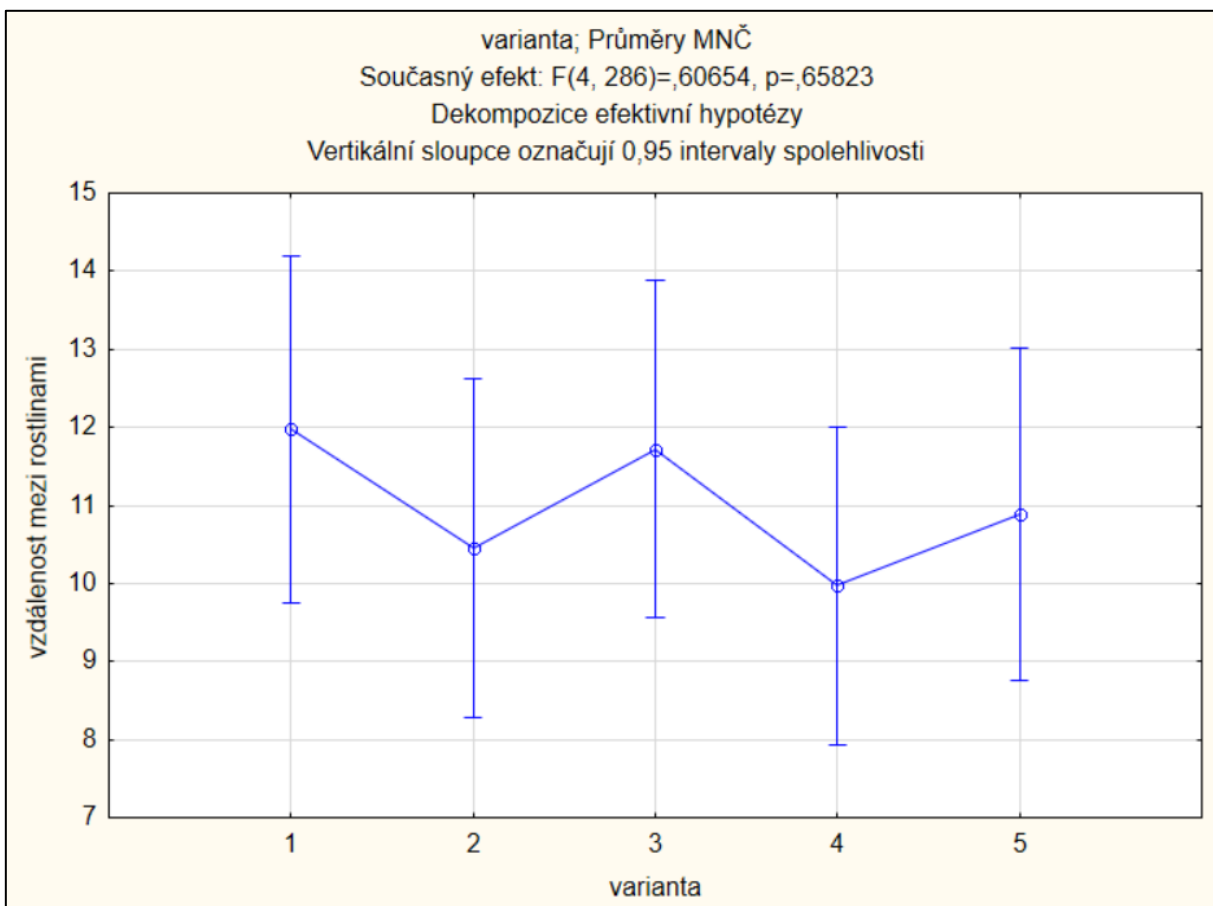
Faktor: varianta (S) strip till (F) kontrola



Tukeyův HSD test; proměnná vzdálenost mezi rostlinami (Tabulka1)				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 68,241, sv = 289,00				
Č. buňky	S (1) vs. F (2)	vzdálenost mezi rostlinami Průměr	1	
2	2	10,19835	****	
1	1	11,51176	****	

Příloha 4: Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) vzdálenost mezi rostlinami s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$.

Faktor: varianta (Strip till -1,3,5; kontrola 2,4)



Tukeyův HSD test; proměnná vzdálenost mezi rostlinami (Tabulka4)
 Homogenní skupiny, alfa = ,05000
 Chyba: meziskup. PČ = 68,800, sv = 286,00

Č. buňky	varianta	vzdálenost mezi rostlinami Průměr	1
4	4	9,96875	****
2	2	10,45614	****
5	5	10,88136	****
3	3	11,71930	****
1	1	11,98148	****