



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ZEMĚDĚLSKÝ SVAZ ČESKÉ REPUBLIKY

sborník z pilotního semináře

Nové postupy ve výživě rostlin a jejich praktické uplatnění v pěstebních technologiích

zaměřený na výživu rostlin při různém zpracování půdy, vliv zpracování půdy a hnojení rostlin na dosažené výnosy a kvalitu produkce pěstovaných zemědělských plodin, příjem a využití živin rostlinami za optimálních a nepříznivých podmínek z hlediska požadavků odlišných užitkových směrů pěstování plodin, nové postupy při aplikaci minerálních hnojiv šetrné k životnímu prostředí a uplatnění nových hnojiv a inovovaných postupů ve výživě rostlin v pěstebních technologiích.

Cílem semináře je zvýšit informovanost agronomů o nových postupech ve výživě rostlin a uplatněním těchto postupů v pěstebních technologiích zvýšit jejich konkurenceschopnost v rámci EU. Rozšíření uvedených postupů v zemědělské praxi přispěje k ochraně půdy, vody a ovzduší.

Tento sborník vznikl v rámci projektu Tvorba vzdělávacích programů pro zemědělce ze Středočeského kraje (reg. číslo CZ.1.07/3.2.11/03.0120). Tento projekt je spolufinancován z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.

***Ing. Pavel Růžek, CSc.
Helena Kusá, Ing. Ph.D.
Gabriela Mühlbachová, Ing. Ph.D.
Radek Vavera, Ing. Ph.D.***

2014



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

1. Výživa a hnojení rostlin při různých technologiích zpracování půdy	3
1.1. Zpracování půdy ve vztahu k výživě rostlin	3
1.2. Půdní organická hmota a biologická aktivita půdy	5
1.3. Vliv zpracování půdy na uvolňování živin z půdní zásoby	10
1.4. Vliv zpracování půdy na obsah živin v různých vrstvách půdy	13
2. Vliv zpracování půdy a hnojení rostlin na dosažené výnosy a kvalitu produkce pěstovaných zemědělských plodin	18
2.1. Vliv zpracování půdy na využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami	18
2.2. Hnojení ozimé pšenice dusíkem při různém zpracování půdy	20
2.3. Hnojení jarního ječmene dusíkem při různém zpracování půdy	25
2.4. Optimalizace výživy rostlin při různém zpracování půdy	27
3. Příjem a využití živin rostlinami za optimálních a nepříznivých podmínek	30
3.1. Nepříznivé abiotické faktory pro využití živin z půdy a hnojiv	30
3.2. Vliv způsobů zpracování půdy a aplikace hnojiv na využití živin rostlinami při nedostatku srážek	31
3.3. Vhodné postupy v hnojení rostlin pro aridní oblasti	38
4. Nové postupy při aplikaci minerálních hnojiv šetrné k životnímu prostředí	42
4.1. Vliv zpracování půdy a hnojení na emise CO ₂ a tvorbu nitrátů v půdě	42
4.2. Identifikace rizik znečišťování vod nitráty a návrh vhodných agrotechnických postupů včetně hnojení k omezení rizik	44
4.3. Omezení ztrát dusíku volatilizací amoniaku po aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv	46
4.4. Lokální aplikace minerálních hnojiv a její uplatnění při omezování znečišťování vod a ovzduší	52
5. Uplatnění nových hnojiv a inovovaných postupů ve výživě rostlin a v pěstebních technologiích	58
5.1. Nový technologický postup při setí a hnojení zemědělských plodin s aplikací hnojiva k osivu	58
5.2. Technologie hnojení kapalnými dusíkatými hnojivy s využitím	60



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

stabilizátoru dusíku StabilureN	
5.3. Podpora slabších porostů ozimé řepky podzimním přihnojením hnojivem UREA ^{stabil}	64
5.4. Odrůdové pěstební technologie ozimé pšenice pro sušší oblasti	68
6. Citovaná literatura	74



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

NOVÉ POSTUPY VE VÝŽIVĚ ROSTLIN A JEJICH PRAKTICKÉ UPLATNĚNÍ V PĚSTEBNÍCH TECHNOLOGIÍCH

1. Výživa a hnojení rostlin při různých technologiích zpracování půdy

1.1. Zpracování půdy ve vztahu k výživě rostlin

V České republice jsou z technologií zpracování půdy nejvíce používány orba (konvenční, klasické zpracování půdy) a minimalizační technologie s různou hloubkou zpracování půdy a ponecháním různého množství posklizňových zbytků na jejím povrchu. Hůla et al. (2008) uvádějí, že v ČR jsou celkově minimalizační technologie uplatňovány na více než 30 % orné půdy. Většinou se jedná o postupy s mělkým (omezeným), případně středně hlubokým zpracováním půdy kypřením bez obracení půdy orbou. Pod pojem minimalizační technologie můžeme zařadit následující postupy :

- minimalizace s kypřením půdy do zvolené, zpravidla malé hloubky, v případě potřeby lze ornici jednorázově hlouběji prokypřit bez obracení,
- půdoochranné zpracování – způsoby zpracování půdy, u kterých zůstává nejméně 30 % povrchu po zasetí pokryto rostlinnými zbytky předplodiny nebo meziplodiny,
- přímé setí (setí do nezpracované půdy) – půda se po sklizni předplodiny nezpracovává, seje se speciálními secími stroji.

V posledních letech je dříve používaná minimalizace spojená často jen s mělkým zpracováním půdy stále více doplňována hlubokým kypřením, při kterém, kromě rozrušení utužené vrstvy půdy, mohou být do hlubších vrstev půdy aplikována také minerální hnojiva. Čím více půdu kypříme a provzdušňujeme, tím více podporujeme mineralizační procesy v půdě spojené mimo jiné s rozkladem půdní organické hmoty a uvolňováním živin pro výživu rostlin. V trvale udržitelných systémech hospodaření na půdě šetrných k životnímu prostředí bychom proto měli intenzivní zpracování půdy (orba, hluboké kypření, podrývání apod.) provádět v době, kdy je menší mineralizace (např. před zimou) nebo následně zařadit plodinu, která dokáže uvolněné živiny včetně nitrátů využít (např. řepka ozimá). S intenzitou



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

kypření půdy se zvyšuje také potřeba navrácení organických látek do půdy organickými a statkovými hnojivy s širším poměrem C:N (např. sláma, hnůj, kompost).

Zpracováním půdy ovlivňujeme její vodní, vzdušný a tepelný režim a zároveň i biologické, chemické a fyzikální vlastnosti. Menší provzdušnění půdy a ponechání posklizňových zbytků na jejím povrchu nebo v povrchové vrstvě u minimalizačních technologií se ve srovnání s klasickou orbou mimo jiné projeví také jiným režimem zpřístupňování živin z půdy a aplikovaných hnojiv pro výživu rostlin. Zpravidla platí, že v podzimním a zimním období jsou bezorebně zpracované půdy teplejší a v jarním a letním období chladnější než půdy orané (obr. 1). Tyto rozdíly jsou tím větší, čím více posklizňových zbytků zůstává na povrchu půdy. Půdy s rostlinnými zbytky na povrchu se ve slunečných dnech ve srovnání s orbou pomaleji prohřívají a naopak během mrazivých nocí jsou teplejší. Kromě toho ztrácejí méně vody výparem, což se projevuje při nedostatku srážek lepšími podmínkami pro růst rostlin a využití živin z půdy a aplikovaných hnojiv. Největší rozdíly v hospodaření s vodou v době sucha mezi půdami s orbou a mělkým zpracováním s posklizňovými zbytky na povrchu vznikají u nezapojených porostů pěstovaných plodin při větrném a teplém počasí po zasetí ozimů v podzimním období nebo na začátku jarní vegetace rostlin.

Obr. 1: Teplota půdy v hloubce 5 cm pod ozimou pšenicí po různém zpracování (Ruzyně, průměr 2002-06)



Pokryv půdy vegetací či posklizňovými zbytky má příznivý vliv na uchování půdní vody, především tím, že zmenšuje odtok vody z povrchu a redukuje neproduktivní výpary.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Redukované zpracování půdy vede zpravidla ke zvýšení infiltrace vody do půdy a k redukcí povrchového odtoku vody a snížení rizika eroze. Snížení hloubky a intenzity zpracování půdy má většinou příznivý vliv na půdní a životní prostředí. Může vést ke zvyšování obsahu a kvality půdní organické hmoty, zlepšování strukturního stavu půdy, zvyšování biologické aktivity půdy a k regulaci vodní a větrné eroze, ke snižování emise oxidu uhličitého z půdy do ovzduší, apod. Avšak výnosová reakce jednotlivých druhů plodin na hloubku a intenzitu zpracování půdy do značné míry závisí na konkrétních půdních a povětrnostních podmínkách a vzhledem k rozmanitosti těchto podmínek výsledky pokusů obecně ukazují, že výnosy plodin pěstovaných po orbě a po minimalizaci se většinou příliš neliší (Hůla et al., 2008).

1.2. Půdní organická hmota a biologická aktivita půdy

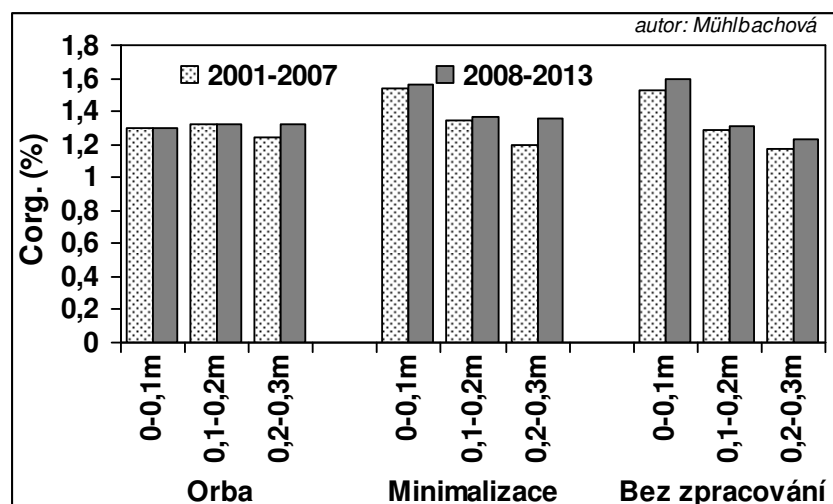
Na zpřístupňování živin z půdní zásoby pro výživu rostlin má významný vliv množství a kvalita organické hmoty v půdě a její biologická aktivita. Nahrazení orby minimalizačními technologiemi má zpravidla za následek postupný nárůst organické hmoty v povrchové vrstvě půdy, zatímco s hloubkou její koncentrace klesá. U konvenčně zpracovávaných půd s orbou je organická hmota rovnoměrněji distribuována v celé hloubce ornice. Sprague a Triplett (1986) uvádějí že vynechání orby má za následek postupné naakumulování organické hmoty v několika centimetrové povrchové vrstvě půdy zatímco s hloubkou její koncentrace ostře klesá. U konvenčně zpracovávaných půd je organická hmota mnohem rovnoměrněji distribuována v celé hloubce ornice. Rasmussen et al. (1998) zjistili na základě výsledků z dlouhodobých pokusů, že nejvýznamnějšími faktory, které ovlivnily změny obsahu organického C a N v půdě byla četnost letních úhorů a množství dodaného C v podobě rostlinných zbytků. Největší úbytky organické hmoty byly zapříčiněny biologickou oxidací a nízkými vstupy C do půdy v době, kdy ležela ladem (více než erozí). Snižující se intenzita zpracování půdy omezovala ztráty organické hmoty, ale účinek nebyl tak velký jako eliminace letního úhoru.

Murugan et al. (2014) studovali vliv intenzity zpracování půdy na akumulaci organické hmoty a mikrobiálních zbytků ve 4 různých sprašových půdách v Německu. V 15ti-letém pokusu byla půda zpracovávána orbou, mělkým kypřením a ponechána bez zpracování. U

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

bezorebných systémů zpracování půdy se zvýšil obsah půdního organického uhlíku o 7% a uhlíku mikrobiální biomasy o 20 % ve srovnání s orbou. Hůla et al.(2008) uvádějí že v dlouhodobých pokusech obsah organického uhlíku na nezpracované půdě s přímým setím postupně stoupal v průměru o 0,49 t C.ha⁻¹ za rok. Obdobné výsledky jsme získali také v našich dlouhodobých pokusech s různým zpracováním půdy na stanovišti v Ruzyni. Spolu s uhlíkem je do organických látek v půdě zabudován také dusík. Proto by s klesající intenzitou zpracování půdy vzhledem k menší mineralizaci a k větší imobilizaci dusíku do organických látek v půdě mělo být pro srovnatelné výnosy a kvalitu produkce (např. obsah bílkovin v zrna obilnin) aplikováno v hnojivech o 10 až 40 kg N/ha více než u orby. Většina publikovaných výsledků (Sprague a Triplett, 1986) dokládá, že v prvních letech je z neoraných půd rostlinám zpřístupňováno méně dusíku z půdní organické zásoby než z oraných, což lze korigovat dusíkatým hnojením. Pravděpodobnou příčinou nižší přístupnosti dusíku po vynechání orby je pomalejší mineralizace a v úvahu přichází i vyšší imobilizace, denitrifikace či vyplavování nitrátů. Na obrázku 2 jsou znázorněny změny obsahu organického uhlíku v půdě po dlouhodobém (od roku 1995) používání různých technologií zpracování půdy (hnědozem na spraši) na stanovišti v Praze-Ruzyni.

Obr. 2: Vliv způsobu zpracování půdy na obsah organického uhlíku v hnědozemi



Ze znázorněných údajů vyplývá, že zatímco u orby je obsah C_{org} ve všech třech vrstvách půdy vyrovnaný, u bezorebných způsobů zpracování půdy je obsah uhlíku v horní deseticentimetrové vrstvě vyšší než ve spodnějších vrstvách půdy. Obsah organické hmoty



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

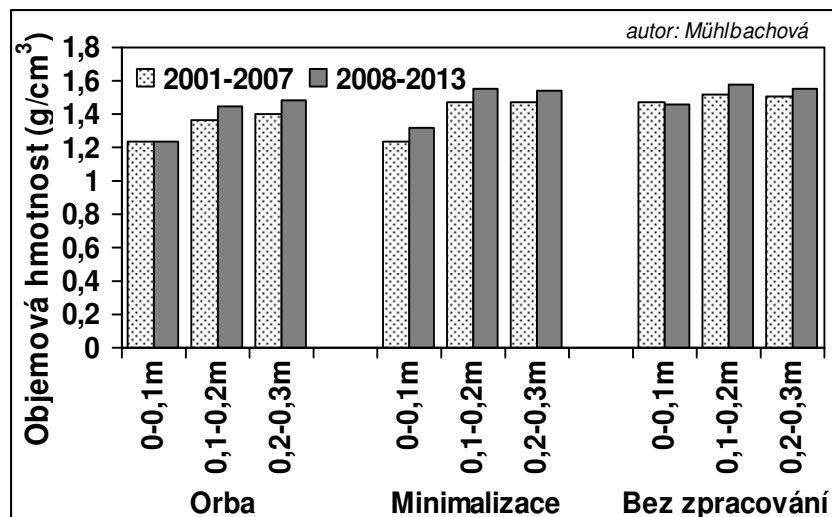
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

v půdě je považován za významný indikátor kvality půdy a jak ukazují získané výsledky, změny obsahu C_{org} v půdě probíhají velmi pomalu a ve sledovaném období byly minimální.

Při porovnání skutečného množství organické hmoty, živin apod. v různých vrstvách půdy po různém zpracování je potřeba brát v úvahu údaje o objemové hmotnosti půdy. Například v nakypřené zorané vrstvě půdy (0 – 0,3 m) je při stejném obsahu C_{org} uvedeném v % jako v půdě bez zpracování ve skutečnosti menší množství organického uhlíku. Obdobně je třeba interpretovat výsledky o obsahu živin v půdě získané z laboratoře, kdy například 20 mg N_{min} /kg půdy odebrané do hloubky 0,3 m po orbě představuje 75 kg N/ha, zatímco u mělce zpracované půdy vzhledem k větší objemové hmotnosti o 10 – 15 kg N/ha více. Na obrázku 3 jsou znázorněny údaje o objemové redukované hmotnosti půdy po různém zpracování. Z uvedených výsledků vyplývá, že nejnižší objemová hmotnost byla zjištěna v povrchové vrstvě půdy po orbě a mělkém zpracování půdy. Během sledovaných let došlo u všech technologií zpracování půdy k mírnému utužení orniční vrstvy (0 – 0,3 m) půdy. Sprague a Triplett (1986) konstatují, že hodnoty objemové hmotnosti redukované při kontinuálním dlouhodobém používání půdoochranného zpracování půdy se postupně zlepšují, protože počáteční negativní efekt vyšší objemové hmotnosti pro růst kořenů a pohyb vody je kompenzován růstem velkých pórů. Makropóry jsou tvořeny žížalími kanálky a kanálky po odumřelých kořenech. Když jsou tyto póry otevřené, pak jsou efektivní, a proto by měla být chráněna půda od zbytečných přejezdů. V zemědělské praxi však běžně dochází při přejezdu těžké zemědělské techniky k poškození makropórů v půdě, a to zejména při větší vlhkosti půdy.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

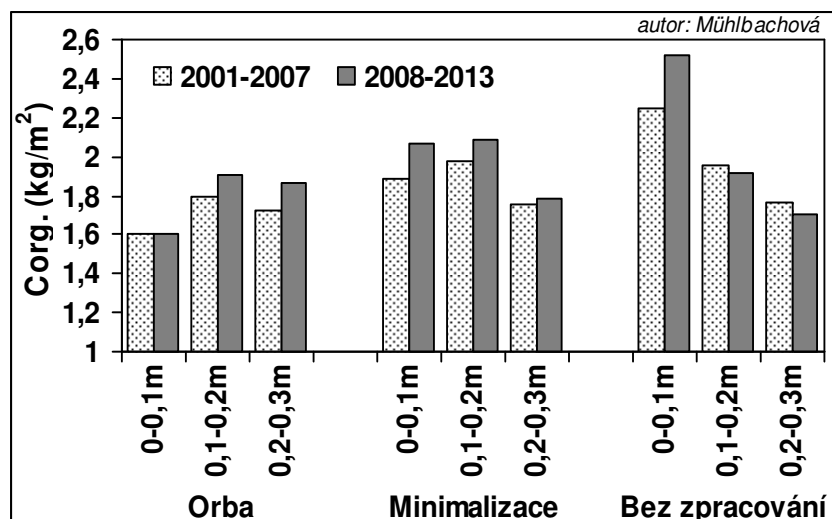
Obr. 3: Vliv zpracování půdy na její objemovou hmotnost



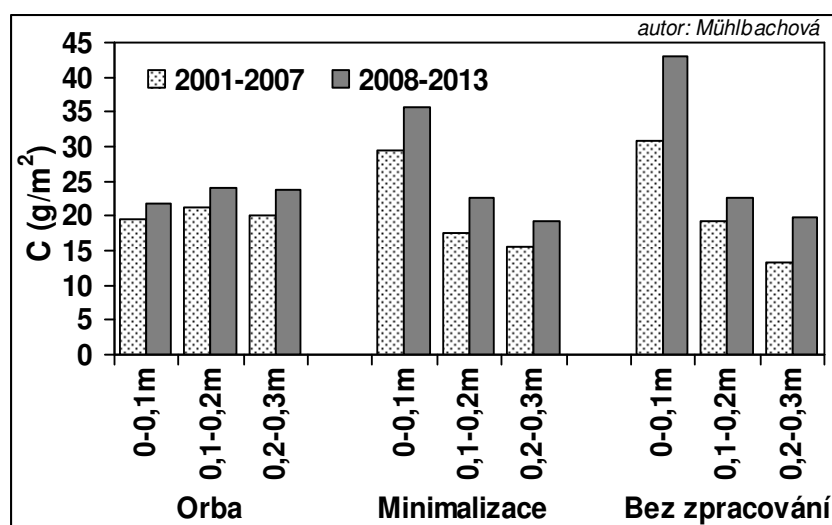
S využitím dat o organickém uhlíku v půdě znázorněných na obr. 2 a jejich přepočtu podle objemové hmotnosti půdy (obr. 3) je na obr. 4 znázorněno množství C_{org} přepočtené na plochu půdy. Na obrázku 5 je obdobným způsobem vyjádřena mikrobiální biomasa v jednotlivých vrstvách půdy po různém zpracování. Z výsledků vyplývá, že zatímco u orby nejsou podstatné rozdíly mezi vrstvami půdy, u bezorebných technologií je biomasa mikroorganismů nejvíce zastoupena v horní vrstvě půdy a s hloubkou klesá. Větší aktivita půdních mikroorganismů a s tím spojených enzymů v horní vrstvě půdy u neoraných půd má vliv na metabolismus dusíku a dalších živin a jejich využití rostlinami. Půdní mikrobiální biomasa tvoří většinou méně než 5% organické hmoty v půdě, avšak je nejdostupnějším zdrojem C, N, P a S, degraduje rezidua pesticidů a podporuje půdní agregaci (Hůla et al. 2008). Fyzikální a chemické vlastnosti půdy jsou velmi důležitými faktory ovlivňujícími mikrobiální růst a aktivitu a následně mohou určovat změny v enzymatické aktivitě, kdy aktivita enzymů v půdě klesá s hloubkou. Zpracováním půdy dochází ke změně vertikální distribuce půdní organické hmoty a rostlinných živin dodávaných na povrch půdy, a to může mít vliv na aktivitu enzymů a mikrobiální biomasu, které jsou odpovědné za transformaci a cyklus organické hmoty a rostlinných živin (Curci et al. 1997).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 4: Obsah C_{org} v půdě po různém zpracování přepočtené na plochu půdy



Obr. 5: Vliv způsobu zpracování půdy na obsah uhlíku mikrobiální biomasy v půdě



S vyšším obsahem organické hmoty, živin a lepšími vláhovými podmínkami v povrchové vrstvě půdy u redukovaného zpracování souvisí také rozmístění kořenů rostlin v půdním profilu. Z našich výsledků získaných z dlouhodobých pokusů s různým zpracováním půdy vyplývá, že u půdoochranného zpracování byla více prokořeněná vrstva půdy 0 – 10 cm, zatímco u orby bylo větší prokořenění ve vrstvě 10 – 30 cm. Růst kořenů po bezorebném zpracování půdy může být redukován ve srovnání s orbou v počátečních fázích růstu u jarních plodin, a to zejména na těžších, pomalu se prohřívajících půdách.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1.3. Vliv zpracování půdy na uvolňování živin z půdní zásoby

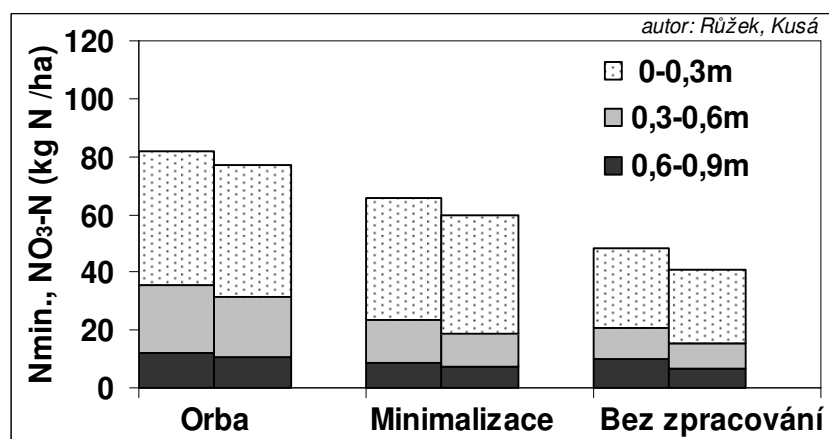
Uvolňování živin z půdní zásoby pro výživu rostlin podporuje intenzivní hluboké kypření a provzdušnění půdy, ke kterému dochází zejména při orbě. U půd bez zpracování nebo s mělkým zpracováním ve srovnání s půdami oranými probíhá mineralizace organických látek v půdě pozvolněji v závislosti na teplotě a vlhkosti půdy. Příznivější podmínky pro mineralizační procesy u bezorebně obdělávaných půd ve srovnání s orbou mohou nastat během suchého podzimu, kdy limitujícím faktorem pro průběh mineralizace je větší vlhkost, popř. i vyšší teplota půdy kryté posklizňovými zbytky, na jaře pak obdobně po proschnutí půdy během jarních přisušků nebo po vícedenních mrazech v pozdějším jaru. Na obr. 1 je znázorněn průběh teplot od 21. října do konce května v hloubce půdy 5 cm pod ozimou pšenicí zasetou do různě zpracované půdy. Z obrázku vyplývá, že po bezorebném zpracování dosahovaly teploty během podzimu a zimy většinou vyšších hodnot než u orby a také vykazovaly menší výkyvy teplot. V průběhu jarního období pak na rozdíl od podzimu a zimy dosahovaly teploty v horní vrstvě půdy u bezorebných technologií zpracování půdy nižších hodnot než u orby, což má za následek pozvolnější uvolňování živin z půdní organické hmoty a omezení příjmu některých živin rostlinami. Při teplotě 5 až 10 °C je u většiny pěstovaných plodin omezen příjem nitrátového dusíku, fosforu, vápníku a síry kořeny rostlin. Zpravidla se uvádí, že pro příjem nitrátového dusíku je limitující teplota půdy 5 – 6 °C a pro příjem fosforu 10 °C (Hůla et al. 2008).

Po dobrých předplodinách (jeteloviny, luskoviny, řepka ozimá apod.) dochází u technologií s redukováním zpracováním půdy k pozvolnějšímu uvolňování živin z posklizňových zbytků, což se projeví zejména nižší zásobou minerálního dusíku v půdě. Na obrázcích 6 až 9 je znázorněn obsah minerálního a nitrátového dusíku v hnědozemi při odběru vzorků půd do hloubky 0,9 m v listopadu před zámrazem půdy pod ozimou pšenicí po ozimé řepce, hrachu a máku při různém zpracování půdy. Po ozimé řepce byl nejvyšší obsah N_{\min} v půdě na obou stanovištích zjištěn po orbě, u minimalizace (mělké zpracování do 0,1 m) byl nižší a u půdy bez zpracování s posklizňovými zbytky na povrchu nejnižší. Převážná část minerálního dusíku byla ve formě nitrátů, které mohou být během následujícího mimovegetačního období vyplaveny mimo dosah kořenů rostlin. Po hrachu a máku, u kterých

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

zůstává ve srovnání s řepkou menší množství rychle rozložitelných posklizňových zbytků se do zimy uvolnilo větší množství minerálního dusíku. K výraznějšímu snížení obsahu minerálního a nitrátového dusíku v půdě ve srovnání s orbou i minimalizací došlo u nezpracované půdy s ponecháním posklizňových zbytků na povrchu. Nižší množství nitrátů zejména v těžších a vlhčích půdách bez zpracování s menším provzdušněním může být také způsobeno většími ztrátami denitrifikací. Sprague a Triplett (1986) uvádějí, že vyšší obsah vody, vyšší podíl nasycených pórů a výrazně větší populace fakultativních anaerobů a denitrifikantů v neoraných půdách může vést k vyšší denitrifikaci.

Obr. 6: Obsah N_{min} (levý sloupec) a NO_3-N (pravý sloupec) v hnědozemi pod ozimou pšenicí po řepce při různém zpracování půdy (Ruzyně, průměry: listopad 2005 -13)

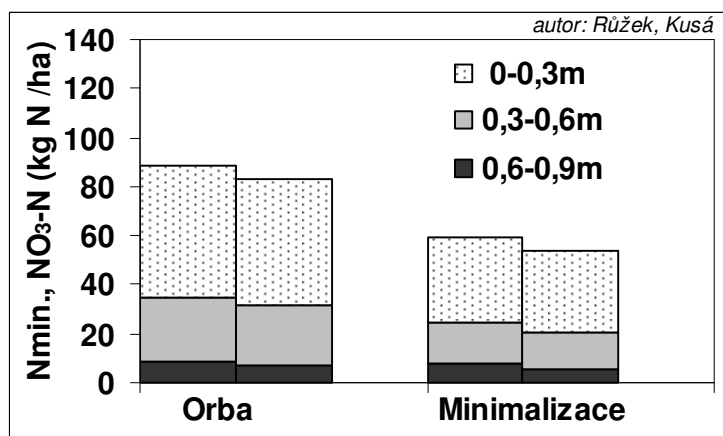


Po horších předplodinách, po kterých zůstávají posklizňové zbytky s širokým poměrem C:N (např. sláma obilnin) na povrchu půdy nebo v její vrchní vrstvě dochází k větší imobilizaci dusíku z půdy i aplikovaných hnojiv půdní mikroflórou a k menšímu využití dusíku rostlinami. Vzhledem k větší sekvestraci uhlíku v půdě u půdoochranných technologií je spolu s uhlíkem v organických vazbách vázáno i odpovídající množství dusíku, které může být částečně zpřístupněno pro rostliny po intenzivnějším prokypření půdy (např. podrýváním, hlubokým nebo opakovaným kypřením půdy apod.). Toto agrotechnické opatření by mělo následovat po obilninách, které zanechávají v půdě malé množství reziduálního dusíku a měla by následovat plodina, která dokáže dusík uvolněný mineralizací organických látek

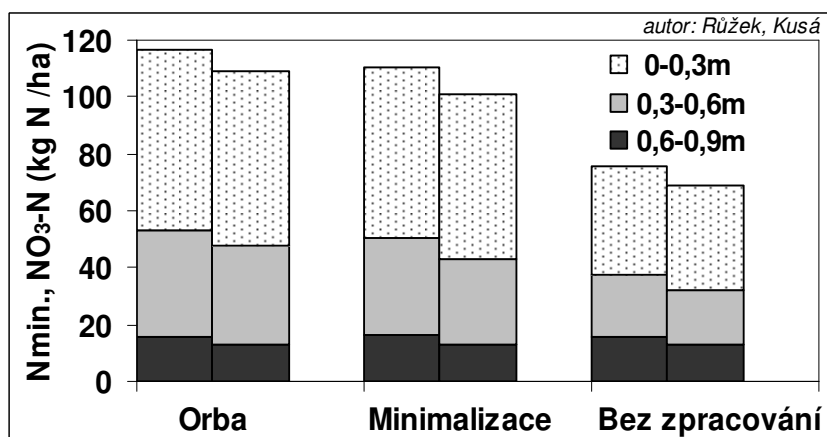
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

využít (např. řepka). Po lepších předplodinách se doporučuje podřívání provádět co nejdéle na podzim při nižších teplotách půdy, aby mineralizace byla posunuta do jarního období.

Obr. 7: Obsah $N_{min.}$ (levý sloupec) a NO_3-N (pravý sloupec) v hnědozemi pod ozimou pšenicí po řepce při různém zpracování půdy (Chrášťany, průměry: listopad 2005 -13)

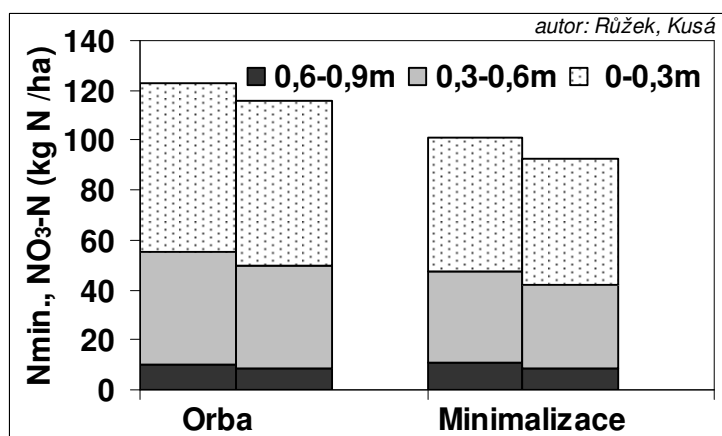


Obr. 8: Obsah N_{min} (levý sloupec) a NO_3-N (pravý sloupec) v hnědozemi pod ozimou pšenicí po hrachu při různém zpracování půdy (Ruzyně, průměry: listopad 2007 -12)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 9: Obsah N_{min} (levý sloupec) a NO_3-N (pravý sloupec) v hnědozemí pod ozimou pšenicí po máku při různém zpracování půdy (Chrášťany, průměry: listopad 2007 -12)



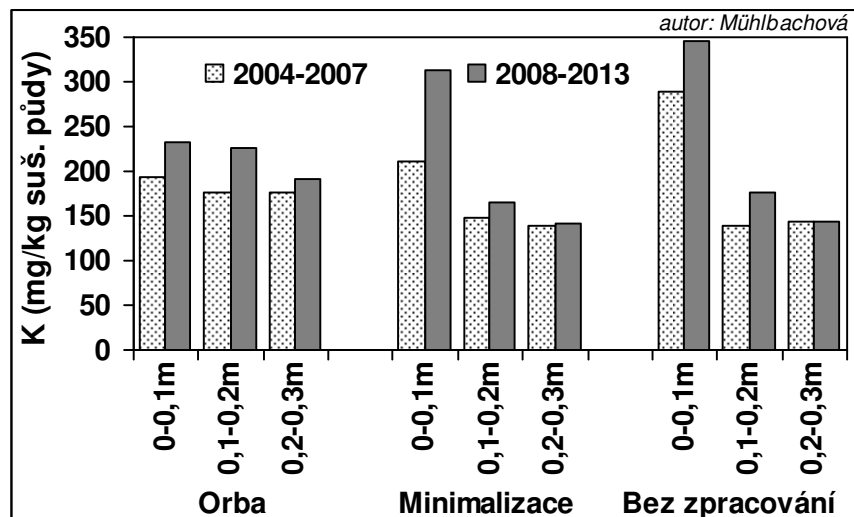
1.4. Vliv zpracování půdy na obsah živin v různých vrstvách půdy

Po víceletém používání minimalizačních technologií zpracování půdy dochází ke změnám v rozmístění živin v půdním profilu. U půd bez zpracování nebo s redukováným zpracováním se zvyšuje koncentrace živin z aplikovaných hnojiv, z rozložených posklizňových zbytků a půdní organické hmoty v povrchové vrstvě půdy. Po hlubokém kypření nebo podrývání půdy se většinou dostává do spodních vrstev jen malá část živin z horní vrstvy půdy. Proto se v posledních letech začala ve větší míře lokálně aplikovat minerální hnojiva do větších hloubek při hlubokém kypření zejména pro širokořádkové plodiny (např. kukuřice). Bez diagnostiky půdního prostředí, kde má být hnojivo uloženo nemusí přinést toto opatření požadovaný efekt a naopak se může ve srovnání se zapravením hnojiva v horní vrstvě půdy snížit využití živin rostlinami a zvýšit jejich ztráty například vyplavením. Na využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami mají značný vliv vlastnosti půdy v místě uložení hnojiva jako půdní struktura, obsah vzduchu a vody, pH, sorpční schopnost, koncentrace živin v půdě apod.

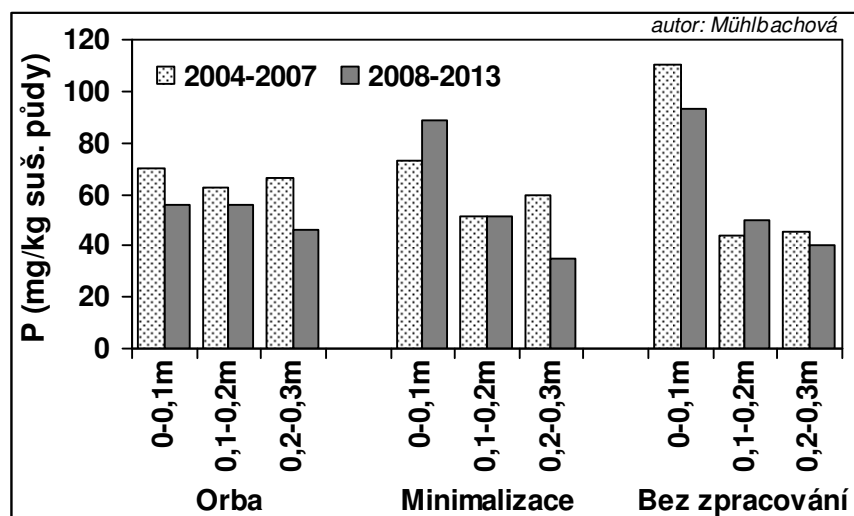
Na obrázcích 10 – 12 je znázorněno rozmístění živin K, P a Ca (stanoveno dle metody Mehlich III) v jednotlivých vrstvách půdy po různém zpracování. Po orbě jsou živiny ve zorané vrstvě půdy téměř rovnoměrně rozmístěny. Živiny méně pohyblivé v půdě jako P a K

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 10: Obsah K v ornici po různém způsobu zpracování půdy



Obr. 11: Obsah P v ornici po různém způsobu zpracování půdy

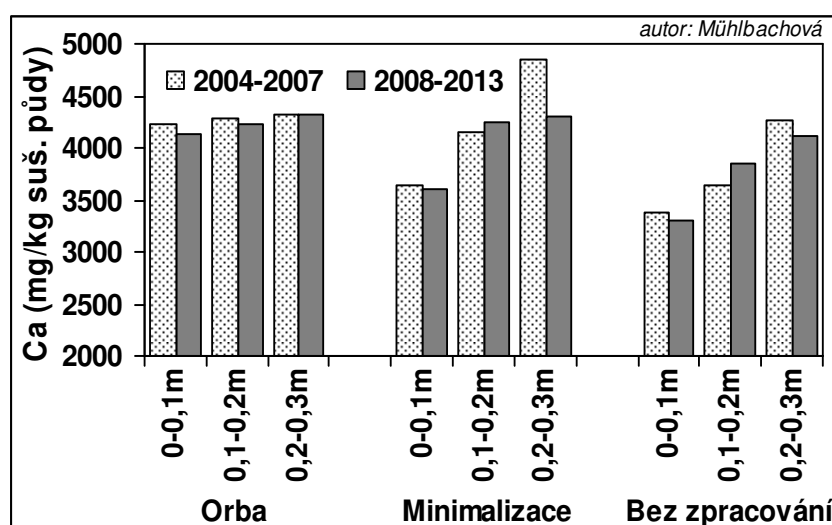


(u draslíku transport v půdním profilu omezen v důsledku vysokého stupně nasycení půdy bazickým kationem Ca^{2+} a tím i vysoké adsorpce K^+ na jílové minerály) jsou orbou zapraveny do hlubších vrstev půdy a naopak spodní vrstva půdy obohacená vápníkem a případně i hořčíkem se obracením půdy dostává na povrch. Po víceletém používání bezorebných technologií zpracování půdy jsou méně pohyblivé živiny zpravidla koncentrovány v povrchové vrstvě půdy a s hloubkou půdy se jejich koncentrace na rozdíl od orby významně snižuje. Naopak výměnný a vodorozpustný vápník se z horních vrstev půdy

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

vymývá a povrchová vrstva půdy se postupně okyseluje, čemuž je nutné u minimalizačních technologií zpracování půdy věnovat zvláštní pozornost. Vysoká biologická aktivita v povrchové vrstvě půdy zvyšuje mimo jiné obsah CO_2 , což podporuje přeměnu málo rozpustného uhličitanu vápenatého na lehce rozpustný hydrouhličitan vápenatý. Na okyselování povrchové vrstvy půdy má vliv gravitační voda s rozpuštěnými bazickými kationy vápníku a hořčíku, které se při nadbytku srážek vyplavují do spodních vrstev půdy, případně až do podzemních vod. Zlepšení stavu okyselování horní vrstvy půdy a zároveň i její struktury u bezorebných technologií vápněním je nutné provádět velmi citlivě nejlépe použitím menších dávek pomalu působícího dolomitického vápence, neboť razantnější způsoby vápnění mohou výrazně podpořit biologickou aktivitu v půdě, mineralizaci organických látek, tvorbu a následné vyplavení nitrátů a v neposlední řadě zvýšit množství vyplaveného vápníku z horní vrstvy půdy. Vápník má nezastupitelnou úlohu v tvorbě půdní struktury a významně ovlivňuje retenční schopnost půdy. Jak uvádějí Fecenko a Ložek (2000), vápník je základním prvkem půdní úrodnosti a ochráncem životního prostředí. Jako nejdůležitější bazický kation rozhoduje o půdní reakci a ústojivé schopnosti půd a podstatně ovlivňuje přístupnost makro i mikroelementů v půdě.

Obr. 12: Obsah Ca v ornici po různém způsobu zpracování půdy



Z vyhodnocení výsledků analýz půd na stanovení obsahu fosforu a draslíku podle Mehlich III (obr. 10 a 11) vyplývá, že každoročně aplikovaná dávka 80 kg $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ v kamexu nebo



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

draselné soli je vzhledem k ponechání slámy po sklizni a na draslík méně náročnému osevnímu postupu (ozimá pšenice, ozimá řepka, ozimá pšenice, hrách) plně dostačující a v příštích letech může být i mírně snížena. Naopak u fosforu došlo i při pravidelném každoročním hnojení 60 kg P₂O₅ v amofosu k mírnému snížení obsahu P v půdě, což se zatím neprojevalo snížením výnosů pěstovaných plodin ani obsahu P ve sklizených produktech.

Nejčastější rozdíly minimálního zpracování půdy ve srovnání s orbou ve vztahu k výživě rostlin:

- *Vyšší obsah živin v povrchové vrstvě půdy a nižší obsah živin v hlubších vrstvách půdy.*
- *Větší objemová hmotnost půdy, což je nutné brát v úvahu při vyhodnocení údajů o obsahu živin, enzymů apod. v půdě.*
- *Pozvolnější prohřívání půdy a uvolňování živin z půdní zásoby na začátku jarní vegetace rostlin.*
- *Menší provzdušnění půdy a větší potenciál k vytváření anaerobních zón.*
- *Nižší ztráty vody při zpracování půdy, nižší výpar vody z půdy, vyšší a stabilnější vlhkost půdy a lepší podmínky pro využití živin z půdy a hnojiv při nedostatku srážek.*
- *Postupné okyselování povrchové vrstvy půdy spojené s vyplavováním vápníku do spodních vrstev půdy.*
- *Větší množství posklizňových zbytků a organické hmoty v povrchové vrstvě půdy.*
- *Větší prokořenění povrchové vrstvy půdy, menší poškození kořenů během zimy a na začátku jarní vegetace rostlin.*
- *U některých plodin menší prokořenění v hlubších vrstvách půdy.*
- *Větší aktivita půdních organismů a vyšší obsah enzymů v povrchové vrstvě půdy.*
- *Větší imobilizace aplikovaného dusíku a dalších živin půdní mikroflórou.*
- *Potřeba operativnějšího a preciznějšího přístupu k hnojení rostlin.*
- *Nižší účinnost malých dávek dusíku aplikovaných na povrch půdy.*
- *Nižší účinnost kapalných hnojiv (např. DAM, roztoky močoviny apod.) aplikovaných postřikem na povrch půdy s posklizňovými zbytky.*
- *Vyšší účinnost povrchové a podpovrchové lokální aplikace hnojiv.*



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- *Menší ztráty živin erozí a povrchovým smyvem.*
- *Větší ztráty dusíku a nižší účinnost hnojení na vlhkých těžších půdách v chladnějších oblastech.*
- *Větší potenciál ztrát dusíku denitrifikací.*
- *V aridních oblastech větší riziko zasolení půdy po aplikaci hnojiv.*



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. Vliv zpracování půdy a hnojení rostlin na dosažené výnosy a kvalitu produkce pěstovaných zemědělských plodin

2.1. Vliv zpracování půdy na využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami

Mezi různými technologiemi zpracování půdy existují rozdíly v nárocích na operativnost a preciznost jednotlivých agrotechnických opatření včetně hnojení rostlin. Žádné z těchto opatření nelze řešit samostatně, ale vždy v celém komplexu agrotechnických postupů v rámci pěstební technologie. Na rozdíl od konvenčního zpracování půdy s orbou, které částečně eliminuje nedostatky ve výživě rostlin na úkor vyšších vstupů energie, při redukovaném zpracování půdy se chyby v hnojení mohou projevit rychleji a výrazněji jak ve výnosu, tak i v kvalitě sklizených produktů.

Při používání minimalizačních technologií zpracování půdy dochází k pozvolnějšímu uvolňování živin z organických vazeb, což vyžaduje operativnější a preciznější přístup k hnojení, a to zejména dusíkem, který má významný vliv na dosažené výnosy i kvalitu produkce pěstovaných zemědělských plodin. Dusíkatá výživa je nejdůležitějším faktorem v rámci výživy rostlin minerálními živinami, které jsou přijímány především kořeny rostlin z půdy (Stevenson 1982).

Největší problémy mohou vznikat zpravidla při přechodu z konvenčního zpracování půdy s orbou na konzervační, kdy často dochází k větší imobilizaci aplikovaného dusíku a k dosažení stejného výnosu je třeba zvýšit celkovou dávku dusíku v návaznosti na množství posklizňových zbytků, jejich kvalitu včetně poměru C : N a způsob jejich zapravení. V přechodném období, které může trvat 5 – 10 let, se ještě významněji neprojeví pozitivní vliv půdoochranného zpracování na zvýšení obsahu organické hmoty a edafonu v půdě, zvýšení počtu biopórů, zvýšení stability agregátů a zlepšení půdní struktury, zvýšení odolnosti horní vrstvy půdy ke slévání a utužení. Po dlouhodobém bezorebném zpracování půdy bez orby je nutné větší pozornost věnovat utužení půdy v jednotlivých vrstvách půdního profilu, obsahu živin ve spodních vrstvách půdy, okyselování povrchové vrstvy půdy apod.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nižší příjem živin rostlinami u půdoochranných technologií zpracování půdy lze očekávat na těžších málo strukturních půdách v chladném období s četnými srážkami, kdy je omezeno uvolňování živin z organických vazeb v půdě a kromě toho může docházet ke ztrátám živin vyplavením a denitrifikací. Ztráty dusíku denitrifikací vznikají při nedostatku kyslíku a přítomnosti nitrátů a lehce rozložitelného uhlíku v půdě.

Naopak vyšší účinnost hnojení u minimalizačních technologií než u orby zpravidla dosahujeme v období sucha, kdy mulč na povrchu půdy brání proschnutí povrchové vrstvy půdy, ze které na rozdíl od proschlé půdy po orbě může rostlina přijímat živiny z dříve aplikovaných hnojiv. V tomto případě, kdy je výnos limitován nedostatkem vody, jsou zanedbatelné ztráty dusíku denitrifikací a vyplavením. Vyšší účinnost aplikovaných hnojiv je také po malém množství srážek vzhledem k tomu, že u půdoochranného zpracování jsou kořeny mělko pod povrchem půdy a jsou schopny přijímat také živiny méně pohyblivé v půdním profilu. To se nejvíce projeví po delším období sucha, kdy po orbě prosychá silnější vrstva půdy a na transport živin z aplikovaných hnojiv ke kořenům rostlin je potřeba větší množství srážek. Jestliže je na povrchu půdy vrstva posklizňových zbytků s širokým poměrem C : N (např. sláma obilnin), může docházet u půdoochranných technologií zpracování půdy k větší imobilizaci dusíku z aplikovaných hnojiv. Přitom je vyšší imobilizace N po aplikaci hnojiv s převažující amonnou formou dusíku (síran amonný, DASA, ENSIN apod.) nebo z nichž tato forma vzniká (močovina, ALZON). Proto při aplikaci hnojiv na bázi močoviny je vhodnější tato hnojiva používat v době, kdy je nízká aktivita půdních mikroorganismů (např. aplikace vyšších dávek k ozimům na začátku jarní vegetace rostlin).

Vzhledem k větší imobilizaci dusíku půdní mikroflórou a k postupnému nárůstu obsahu organického dusíku v půdě je u bezorebného zpracování půdy ve srovnání s orbou většinou nižší účinnost malých dávek dusíku. Sprague a Triplett (1986) uvádějí, že při dávkách N nižších než optimálních se dosahuje u půdoochranných technologií nižších výnosů než u orby zřejmě z důvodu větší imobilizace N, denitrifikace a nižší mineralizace. Tento rozdíl by se měl zmenšovat při optimálních a vyšších dávkách N-hnojiv, kdy mohou být naopak vyšší výnosy při půdoochranné technologii, což zde většinou způsobují lepší vláhové podmínky pro příjem živin. Zjistili vyšší účinnost dusíku na půdě bez zpracování (NT) v podmínkách, kde je limitujícím faktorem vlhkost půdy a naopak nižší v chladném, vlhkém klimatu a na



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

nepropustných půdách, kde může docházet k velkým ztrátám denitrifikací. V půdách a klimatech mezi těmito extrémy bude účinnost dusíkatých hnojiv nižší v několika prvních letech po přechodu z orebného systému na bezorebný, ale časem bude v důsledku nárůstu obsahu půdního organického dusíku v neorané půdě srovnatelná dostupnost dusíku z orané i neorané půdy pro rostliny a následně i srovnatelné účinnosti aplikovaných dusíkatých hnojiv.

2.2. Hnojení ozimé pšenice dusíkem při různém zpracování půdy

V našich dlouhodobých pokusech s různým zpracováním půdy (od roku 1995, hnědozem, stanoviště Ruzyně) byly výnosy zrna ozimé pšenice bez hnojení dusíkem v průměru let 2006 – 2013 (obr. 13 a 14) nejvyšší po orbě (5,7 t/ha po řepce a 8 t/ha po předplodině hrachu), následovalo minimální zpracování půdy (5,2 a 7,5 t/ha) a nejnižší výnosy byly dosaženy na půdě bez zpracování (4,2 a 6,1 t/ha), přičemž po předplodině hrachu byly na orbě o 41 % vyšší, na minimalizaci o 44 % a na půdě bez zpracování o 45 % vyšší než po předplodině řepce ozimé. Po optimální celkové dávce dusíku (stanovené na základě obsahu N_{min} v půdě do 0,9 m a plánovaného výnosu) ve výši 120 - 150 kg N/ha dělené do 2 – 3 dílčích dávek byly výnosy po orbě a minimalizaci srovnatelné a byly vyšší než na půdě bez zpracování s ponecháním posklizňových zbytků na povrchu. Ke hnojení byla použita následující dusíkatá hnojiva: ledek amonný s vápencem (LAV), kapalně hnojivo DAM a močovina s inhibitory ureasy $UREA^{stabil}$ (Us). Hnojivo $UREA^{stabil}$ bylo vyvinuto mimo jiné pro efektivní hnojení zemědělských plodin pěstovaných při půdoochranném zpracování půdy s posklizňovými zbytky na povrchu. Jedná se o hnojivo na bázi močoviny s inhibitory ureasy NBPT (N-(n-butyl)-thiophosphoric triamid), který inhibuje rozklad močoviny a omezuje ztráty dusíku po její aplikaci. Ve srovnání s neupravenou močovinou jsou působením inhibitoru ureázy eliminovány ztráty dusíku únikem amoniaku a vytvořeny lepší předpoklady pro transport nerozložené močoviny ke kořenům rostlin. Po dobu 1 - 3 týdnů jsou omezeny ztráty dusíku únikem amoniaku a po srážkách je dusík ve formě močoviny rozpuštěný ve vodě transportován do půdního profilu. Jak vyplývá z dosažených výnosů zrna ozimé pšenice znázorněných na obrázcích 13 a 14, mezi použitými hnojivy nebyly zjištěny podstatné rozdíly. Při použití hnojiva $UREA^{stabil}$ nebyla zjištěna vyšší účinnost bezorebných technologií zpracování půdy ve



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

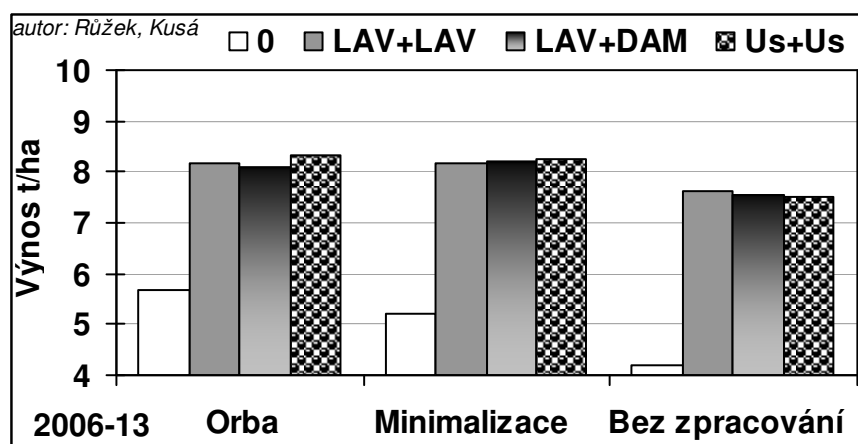


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

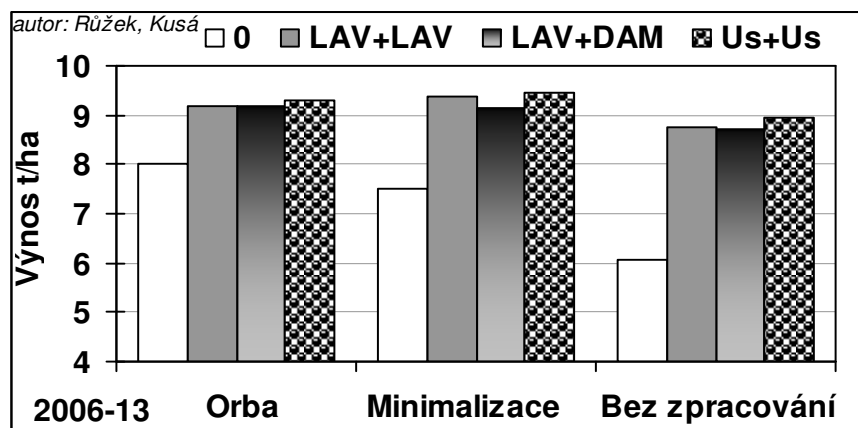
srovnání s hnojivem LAV a DAM, obsahujících amonnou formu dusíku, která může být při hnojení na posklizňové zbytky ve větší míře imobilizována mikroorganismy. Předpokládaná vyšší efektivnost $UREA^{stabil}$ nemusela být dosažena z důvodu významně vyšší aktivity enzymu ureasy v povrchové vrstvě půdy po půdoochranném zpracování půdy (obr. 15) a tím i kratší doby účinnosti inhibitoru ureasy, a to zejména při aplikaci 2. dávky dusíku na začátku sloupkování ozimé pšenice. Proto je vhodnější na této půdě aplikovat vyšší dávku $UREA^{stabil}$ (např. 80 kg N/ha) již v 1. dávce dusíku na začátku jarní vegetace ozimé pšenice, kdy je také aktivita enzymů vzhledem k nižší teplotě v půdě menší a kdy jsme zjistili vyšší účinnost tohoto hnojiva ve srovnání s klasickou močovinou nebo LAV. Z různých forem dusíku v aplikovaných hnojivech působí u orebných i bezorebných technologií zpracování půdy většinou nejrychleji nitrátová forma (ledek vápenatý), následuje močovina s inhibitorem ureasy ($UREA^{stabil}$), klasická močovina a na většině našich půd nejpomaleji rostliny využívají dusík z hnojiv s převažující amonnou formou (síran amonný, DASA, ENSIN apod.).

Obr. 13: Výnos zrna ozimé pšenice po různém zpracování půdy a hnojení (předplodina řepka ozimá)

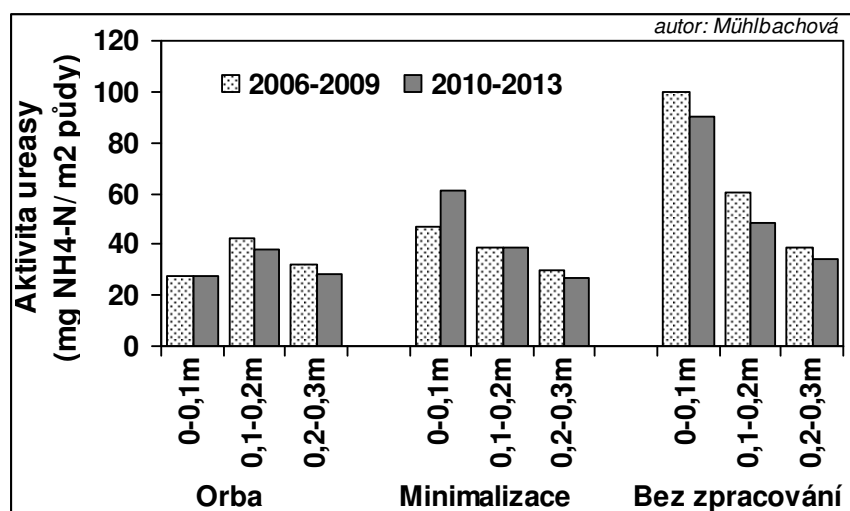


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 14: Výnos zrna ozimé pšenice po různém zpracování půdy a hnojení (předplodina hrách)



Obr. 15: Vliv způsobu zpracování půdy na aktivitu enzymu ureasy

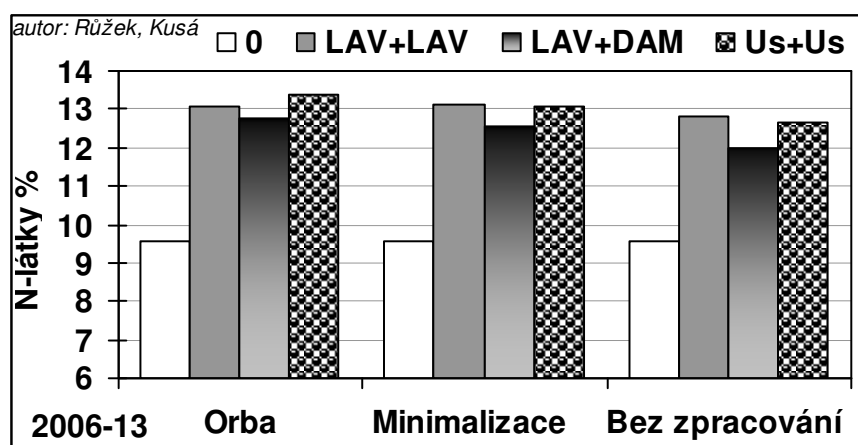


Na obrázcích 16 a 17 je znázorněn vliv aplikace různých dusíkatých hnojiv na obsah dusíkatých látek v zrně ozimé pšenice při různém zpracování půdy. Obsah bílkovin v zrně ozimé pšenice po předplodině hrachu byl obdobný jako po řepce, což je nutné hodnotit v souvislosti s dosaženými výnosy zrna, které byly po hrachu vyšší. Vyšší obsah N-látek v zrně ozimé pšenice po hrachu byl zjištěn u dusíkem nehnojené varianty (10,4 % ve srovnání s 9,6 % po řepce) a v menší míře také u dusíkem hnojených variant při konvenčním zpracování půdy s orbou, po které je zpravidla větší zásoba N_{min} v půdě. U ozimé pšenice po řepce ozimé byl na rozdíl od předplodiny hrachu nižší obsah bílkovin v zrně po aplikaci

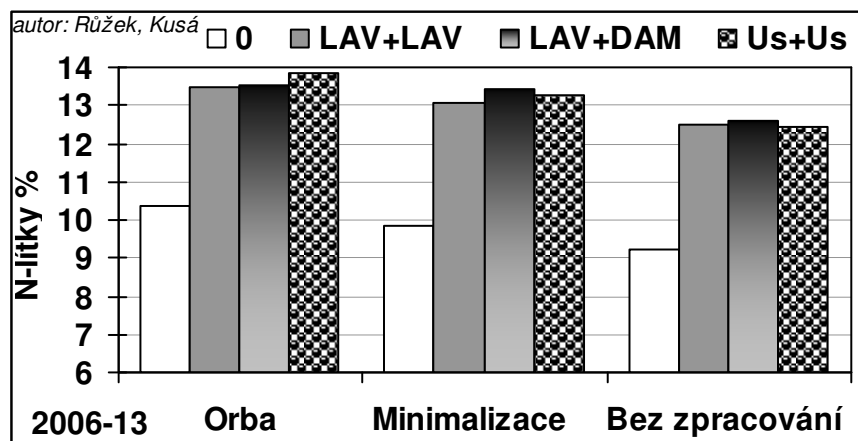
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

kapalného hnojiva DAM, což mohlo být způsobeno větší imobilizací dusíku z DAMu půdní mikroflórou při rozkladu posklizňových zbytků po řepce s širším poměrem C:N. Vzhledem k tomu, že byly větší rozdíly zjištěny u bezorebných způsobů zpracování půdy, mohly být

Obr. 16: Obsah N-látek v zrna ozimé pšenice po různém zpracování půdy a hnojení (předplodina ozimá řepka)



Obr. 17: Obsah N-látek v zrna ozimé pšenice po různém zpracování půdy a hnojení (předplodina hrách)



nižší obsahy dusíkatých látek v zrna po hnojení DAM (ve srovnání s LAV a UREA^{stabil}) způsobeny také ztrátami dusíku volatilizací amoniaku, neboť po postřiku tímto kapalným



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

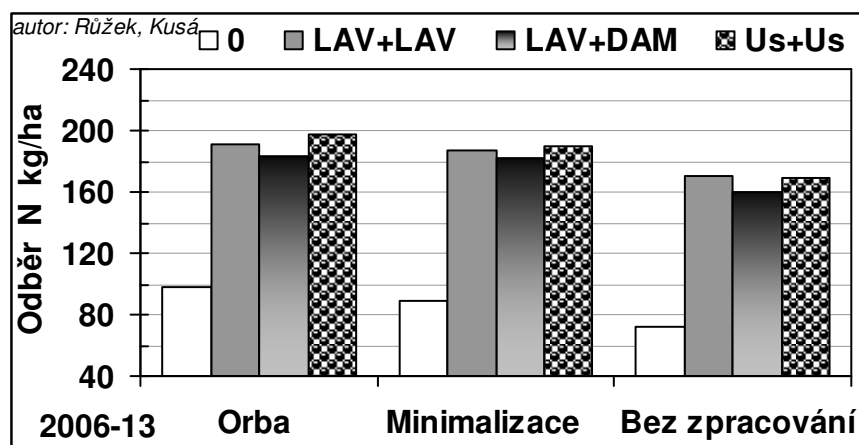
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

hnojivem ulpívají kapky na podstatně větším povrchu rostlin, posklizňových zbytků a často i půdy než po aplikaci granulovaných hnojiv. Přestože po aplikaci DAM postřikem na rostliny (aplikován většinou ve 2 dávkách) může být část dusíku přijímána přes listy, na účinnost hnojení N to nemělo podstatný vliv. Z tohoto hlediska je efektivnější zejména u půdoochranných technologií zpracování půdy s posklizňovými zbytky na povrchu aplikovat kapalné hnojivo DAM většími kapkami nebo pomocí aplikačních trubic. Omezit ztráty dusíku únikem amoniaku a zvýšit účinnost hnojení je možné také přidáním přípravku Stabiluren (obsahuje inhibitor ureasy) v dávce 1,5 – 2,5 l na 1000 l kapalného hnojiva DAM.

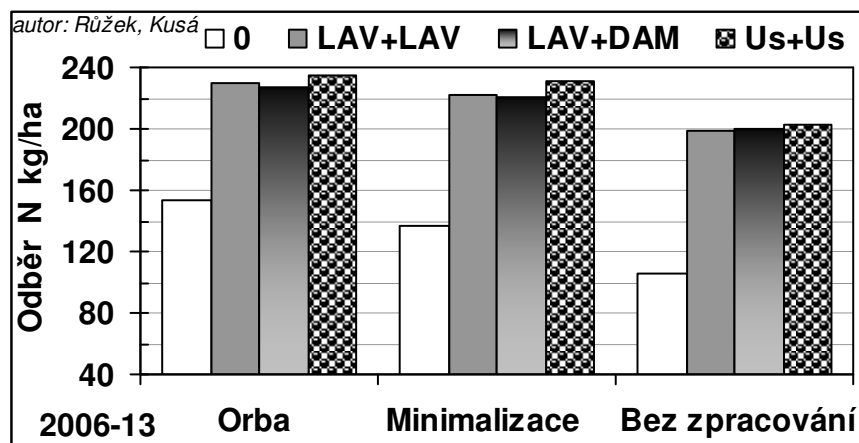
Na obrázcích 18 a 19 je znázorněn celkový odběr dusíku zrnem a slámou ozimé pšenice po aplikaci různých hnojiv a různém zpracování půdy. Na odběr dusíku rostlinami měly významný vliv předplodiny a způsob zpracování půdy po jejich sklizni, což se projevilo různou zásobou minerálního dusíku v půdě (obrázky 6 a 8). Po řepce ozimé odebraly rostliny bez hnojení dusíkem na orbě 99 kg N/ha, na minimalizaci 89 kg N/ha a na půdě bez zpracování 72 kg N/ha, zatímco po hrachu na orbě 153 kg N/ha (= o 54 kg N/ha více než po řepce), na minimalizaci 137 kg N/ha (o 48 kg N/ha více) a na půdě bez zpracování 105 kg N/ha (o 33 kg N/ha více). Dosažené výsledky ukazují kolik dusíku mohou rostliny přijmout z půdy nadzemní částí po různých předplodinách a jak toto množství můžeme ovlivnit různým zpracováním půdy. Po hnojení různými dusíkatými hnojivy v celkové dávce 120 – 150 kg N/ha se zvýšil odběr N rostlinami ozimé pšenice na orbě v průměru o 91 kg N/ha po řepce (o 77 kg N/ha po hrachu), na minimalizaci o 97 kg N/ha (o 87 kg N/ha) a na půdě bez zpracování o 94 kg N/ha po řepce (o 96 kg N/ha po hrachu). Z toho vyplývá, že u bezorebných technologií zpracování půdy se hnojení dusíkem projevilo vyšším nárůstem odběru dusíku rostlinami ve srovnání s nehnojenou kontrolou než u orby.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 18: Odběr dusíku zrnem a slámou ozimé pšenice po různém zpracování půdy a hnojení (předplodina ozimá řepka)



Obr. 19: Odběr dusíku zrnem a slámou ozimé pšenice po různém zpracování půdy a hnojení (předplodina hrách)



2.3 Hnojení jarního ječmene dusíkem při různém zpracování půdy

Na obrázcích 20 a 21 je znázorněn vliv zpracování půdy a termínu hnojení dusíkem (průměr různých minerálních dusíkatých hnojiv v dávce 60 – 80 kg N/ha) před setím a za vegetace ve 2.-3. lístku na výnos zrna a obsah N-látek v zrna jarního ječmene po ozimé pšenici na hnědozemi v řepařské výrobní oblasti (Ruzyně, 2008 – 11). Z výsledků vyplývá, že po orbě byly dosaženy mírně vyšší výnosy zrna a obsahy N-látek v zrna než po minimálním zpracování půdy do 0,1 m, přičemž největší rozdíly byly zjištěny u variant bez hnojení



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



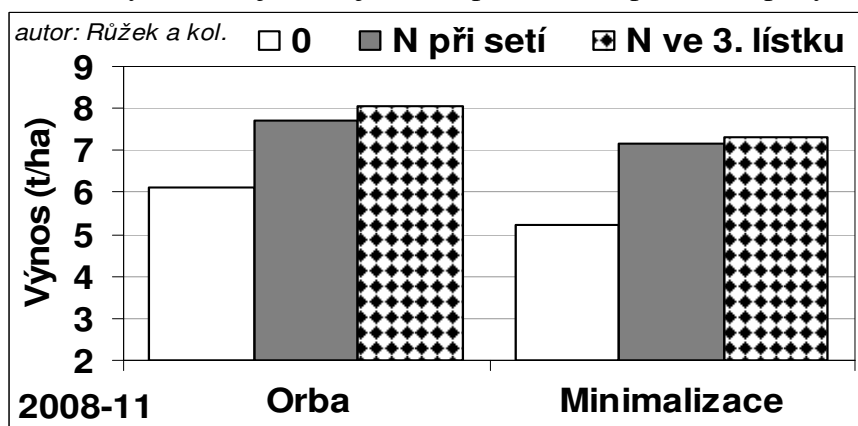
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

dusíkem. Po přihnojení ve 2.- 3. lístku na povrch půdy byl vytvořen přibližně stejný počet odnoží jako při hnojení před setím, ale odnože byly slabší a měly menší hmotnost, což se v některých letech projevilo horší kvalitou zrna (propad na sítěch, u orby vyšší obsah N-látek).

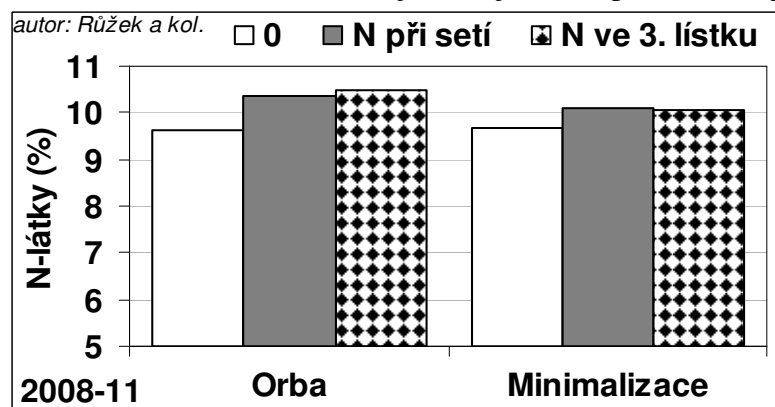
Z výsledků maloparcelkových polních pokusů s jarním ječmenem pěstovaném na stanovišti v Ruzyni po ozimé pšenici na půdě s minimálním zpracováním půdy (do 10 cm) hnojeném před setím nebo za vegetace různými dusíkatými hnojivy (dusičnan amonný, močovina, močovina s inhibítorem ureasy) značenými ^{15}N vyplývá, že z dávky $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ využily rostliny v průměru let 2010-13) 55 % N (48 – 59 % N v jednotlivých letech), přitom při plošném hnojení před setím v průměru 53 % a při přihnojení ve 2. – 3. lístku 54 % N. Při hnojení před setím nebyly zjištěny významné rozdíly mezi hnojivy (51 – 55 %), při hnojení za vegetace bylo nejvyšší využití dusíku rostlinami zjištěno u nitratové formy (64 %), následovala močovina s inhibítorem ureasy (56 %), močovina (50 %) a amoniakální forma N (48 %). K vyššímu využití dusíku z aplikovaných hnojiv před nebo při setí jarního ječmene přispěla lokální aplikace močoviny nebo močoviny s inhibítorem ureasy mezi řádky (ob řádek), která zvýšila efektivnost hnojení v průměru z 52 % na 58 %.

Obr. 20: Výnos zrna jarního ječmene po různém zpracování půdy a hnojení dusíkem



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 21: Obsah N-látek v zrně jarního ječmene po různém zpracování půdy a hnojení N



Výsledky dlouhodobých pokusů založených na řadě pokusných stanovišť v rozdílných agroekologických podmínkách naznačily (Hůla et al. 2008), že při minimálním zpracování půdy, včetně setí do nezpracované půdy, je často vypěstováno zrna s nižším obsahem N-látek, a to v průměru o 0,2 – 0,3 %. V této souvislosti byla zaznamenána rozdílná reakce pěstovaných odrůd na intenzitu zpracování půdy, významný je i vliv ročníku. Zároveň je nutno připomenout, že nadměrně utužená půda obvykle zhoršuje kvalitativní ukazatele jarního ječmene, včetně obsahu N-látek v zrně. Vaněk et al. (2007) uvádějí, že poznatky posledních let ukazují, že již není velké nebezpečí nadměrného příjmu minerálního dusíku a zvýšení obsahu N-látek v zrně nad hranici požadovanou pro sladovnické účely (11 %). Značně se totiž snížilo množství minerálního dusíku, který se uvolňuje v půdě (mineralizací), protože je nižší obsah lehceji hydrolyzovatelných organických látek v půdách. Spolupůsobí také to, že současně pěstované odrůdy využívají větší množství dusíku na tvorbu výnosu, aniž se výrazně zvyšuje množství N-látek v zrně. Spíše jsme svědky toho, že v důsledku zředovacího efektu je velká část dusíkatých rezerv ječmenů využita na tvorbu zrna a značně klesá obsah N-látek – až pod požadovanou hranici.

2.4. Optimalizace výživy rostlin při různém zpracování půdy

Hůla et al. (2008) uvádějí, že snížení hloubky a intenzity zpracování půdy má většinou příznivý vliv na půdní a životní prostředí. Může vést ke zvyšování obsahu a kvality půdní organické hmoty, zlepšování strukturního stavu půdy, zvyšování biologické aktivity půdy a



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

k regulaci vodní a větrné eroze, ke snižování emise oxidu uhličitého z půdy do ovzduší, apod. Avšak výnosová reakce jednotlivých druhů plodin na hloubku a intenzitu zpracování půdy do značné míry závisí na konkrétních půdních a povětrnostních podmínkách a vzhledem k rozmanitosti těchto podmínek výsledky pokusů obecně ukazují, že výnosy plodin pěstovaných po orbě a po minimalizaci se většinou příliš neliší.

Zvýšení efektivity využití dusíku z aplikovaných hnojiv má velký význam ekonomický i ekologický. Dle Robertse (2008) dosahuje návratnost dusíku (kg N odebraného /1kg aplikovaného) u většiny zrnin v pokusech 46 – 65%, zatímco v zemědělské praxi zřídka přesahuje 50%, zpravidla dosahuje pouze 20 – 30% v sušších oblastech, 30 - 40% pod závlahou. Efektivnost využití dusíku lze zvýšit lepším managementem hnojení tj. aplikací ve správných dávkách, době a na správná místa. Nejvyšší efektivnost živin je vždy ve spodní části výnosové křivky tj. při nízkých dávkách hnojiv, které vyvolají velkou výnosovou odezvu. S rostoucí dávkou živin klesá výnosový přírůstek a efektivnost využití živin. V praxi je třeba najít optimum. Živiny aplikované ale nevyužité rostlinami jsou předmětem ztrát vyplavením, volatilizací, erozí, denitrifikací nebo mohou být imobilizovány půdní organickou hmotou a uvolněny později.

Optimalizace efektivity využití živin:

1. Správná dávka – dle analýzy půdy a kalkulace na očekávaný výnos plánované kvality. Když rozbor chybí a pro odhady není dost informací doporučuje Roberts (2008) založit srovnávací parcely: jednak plně nahnojené N,P,K tak, aby nebyl limitován výnos nedostatkem některého z prvků a pak parcely, kde nebude jedním z těch prvků hnojeno vůbec. Vše sklídit zvlášť. Z rozdílů výnosů a odběru jednotlivých živin se spočítá deficit, tedy to, co je potřeba v hnojivech dodat.
2. Správný čas – efektivnější jsou dělené dávky během vegetace než velká jednorázová dávka před setím. Doporučuje chlorofylmetry, N-senzory a precizní zemědělství. Další možností je použití stabilizátorů dusíku a hnojiv s regulovaným uvolňováním N. Stabilizátory dusíku jsou např. nitrapyrin, DCD, NBPT – zpomalují konverzi hnojiv na nitráty. Tato hnojiva jsou dražší než běžná. Dříve byla používána jen v zahradnictví a při speciálních aplikacích. Dnešní technologie je zlevnila a zpřístupnila i pro takové plodiny jako jsou obilniny, kukuřice.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3. Správné umístění - správné uložení hnojiva je stejně důležité jako stanovení správné dávky N. Existuje řada způsobů aplikace, ale stále se nejvíce používá povrchová nebo podpovrchová aplikace před nebo po setí. Před setím jsou hnojiva aplikována plošně, do pásů na povrch nebo do pásů 5-20 cm hluboko. Při setí mohou být hnojiva aplikována se semeny, pod semena nebo vedle a pod semena. Po zasetí je aplikace omezena již pouze na dusík, a to povrchově nebo pásově pod povrch. Vyšší využití bývá při pásové aplikaci, protože menší kontakt s půdou snižuje možnost ztrát fixací nebo vyplavováním

Příjem živiny nikdy neprobíhá izolovaně. Dochází k důležitým interakcím mezi živinami. Např. dostatek P a K má vliv na výnos a efektivnost využití N. Roberts (2008) v rozsáhlé studii napříč Asií a Severní Amerikou zjistil zvýšení návratnosti aplikovaného dusíku na 54% při současném optimálním hnojení P a K, oproti pouhým 21%, pokud byl aplikován pouze samotný dusík.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3. Příjem a využití živin rostlinami za optimálních a nepříznivých podmínek

3.1. Nepříznivé abiotické faktory pro využití živin z půdy a hnojiv

Nepříznivé podmínky pro příjem a využití živin z aplikovaných hnojiv a z půdy rostlinami jsou v našich půdně-klimatických podmínkách nejčastěji způsobeny suchem, popř. nízkými a vysokými teplotami. Dá se předpokládat, že v příštích letech vzhledem k nastupujícím změnám klimatu spojených se zvýšením teploty vzduchu a intenzivnějším výparem vody budou přibývat výkyvy v rozložení srážek včetně častějších intenzivních srážek a atypicky teplých a suchých období. Již v současné době jsou zaznamenány větší rozdíly než dříve v teplotách během zimy a častěji se také vyskytují teplá a suchá období v průběhu jarní vegetace rostlin. I přes stále větší výkyvy v povětrnostních podmínkách bude snahou farmářů pěstovat výkonnější odrůdy zemědělských plodin s vysokým potenciálním výnosem jako např. odrůdy ozimé pšenice s vysokou produktivitou klasu, čímž se mohou zvyšovat meziročníkové rozdíly ve výnosech zrna a jeho kvalitě (např. obsah bílkovin, objemová hmotnost apod.).

Haberle et al. (2008) uvádějí, že z mechanismu působení nepříznivých faktorů vyplývá, že v polní výrobě je nutné využívat kombinace více postupů, protože (s výjimkou závlahy u sucha) neexistuje žádný agrotechnický zásah, který by negativní působení stresů plně eliminoval. Opatření začínají u péče o kvalitu půdy, nezbytné je šetření vodou v celém osevním postupu, výběr vhodné technologie zpracování půdy, zajištění optimální a vyrovnané zásoby přístupných živin v půdě a vytvoření podmínek pro dobrý rozvoj kořenového systému. Důležitý je výběr vhodné odrůdy, termínu setí a vytvoření správné struktury porostu a fyziologicky zdůvodněné hnojení v průběhu vegetace.

Pozornost výzkumu pro snížení dopadu nepříznivých abiotických faktorů se ve světě zaměřuje do dvou oblastí. První je šlechtění, kde se hledají genotypy se zvýšenou plasticitou, adaptačními vlastnostmi a tolerancí ke stresům. Druhou oblastí výzkumu je široká problematika agrotechniky, sahající od termínů a technologie zpracování půdy a setí, přes organizaci porostu, systémy hnojení až po aplikaci fyziologicky aktivních látek a hnojiv na



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

list. Cílem těchto opatření je vytvořit s předstihem vhodné podmínky v půdním prostředí, rostlině a porostu, které by zvýšily schopnost překonat období stresu.

Kvalitní půdní prostředí je základním předpokladem pro snížení dopadu většiny abiotických stresů. Na využití živin z aplikovaných hnojiv a z půdy má rozhodující vliv dostatek vody v půdě. Současně s vysoušením půdy se zhoršuje kontakt kořenů s půdními agregáty a kořeny samy se částečně smršťují. Z hlediska příjmu živin dochází při vysychání k nepříznivým změnám v přístupnosti živin – snižuje se pohyb živin ke kořenům difúzí a transpiračním tokem, zvyšuje se osmotický tlak půdního roztoku, utlumují se mikrobiální procesy, takže klesá mineralizace dusíku a dalších živin z organické hmoty, snižuje se pufrací schopnost půdy a může docházet k hromadění škodlivých látek. Důsledkem je nevyrovnaná výživa, protože například dostupnost fosforu a draslíku je závislá hlavně na difúzi iontů ke kořenům. Draslík je přitom důležitý prvek v hospodaření s vodou v rostlině a nedostatek fosforu narušuje syntézu energeticky bohatých metabolitů s dopady až do kvality zrna. Sucho omezuje i příjem stopových živin (mikroelementů) a tím nepřímo snižuje i efektivnost využití ostatních živin (Haberle et al. 2008).

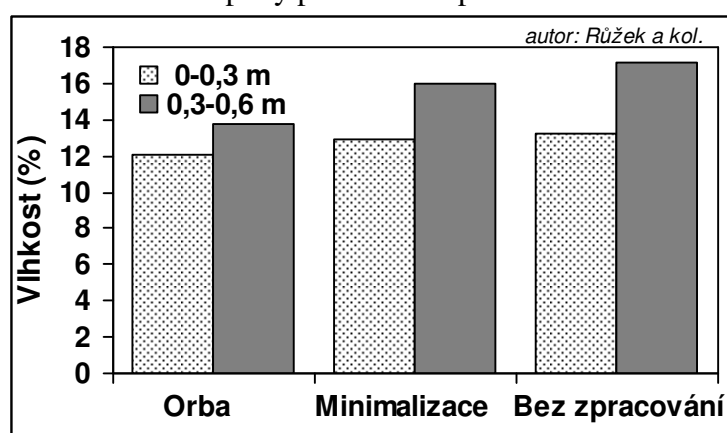
3.2. Vliv způsobů zpracování půdy a aplikace hnojiv na využití živin rostlinami při nedostatku srážek

Vodní poměry v půdě významně ovlivňuje použitá technologie zpracování půdy. U orby i bezorebných způsobů zpracování půdy je jedním z nejdůležitějších agrotechnických opatření šetřících vodu v půdě podmínka co nejdříve po sklizni předplodiny, neboť i zralý porost obilnin a strniště mají překvapivě vysoký výpar. U bezorebných technologií zpracování půdy je velmi důležité nízké strniště rovnoměrně pokryté dobře homogenizovanými posklizňovými zbytky. Obecně u orby dochází k většímu výparu z nakypřené vrstvy, ale přerušením kapilárních cest se šetří voda v podorníci a hrubý povrch půdy příznivě ovlivňuje zadržení zimních dešťových i sněhových srážek. Naproti tomu povrch půdy pokrytý mulčem vykazuje nižší výpar a menší povrchový odtok vody a voda z hlubších vrstev se vztlínáním dostává k povrchu. Proto je na začátku jarní vegetace po orbě obvykle větší zásoba vody v hlubších vrstvách a menší v horní vrstvě půdy než po bezorebném zpracování. Větší a stabilnější

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

vlhkost povrchové vrstvy půdy a její lepší prokořenění u bezorebných technologií vytvářejí vhodné podmínky pro využití živin z aplikovaných hnojiv. Na obr. 22 je znázorněn vliv zpracování půdy k ozimé pšenici po řepce na obsah vody v hnědozemi na začátku sloupkování rostlin během suchého jara 2007.

Obr. 22: Vlhkost půdy pod ozimou pšenicí na začátku sloupkování (Ruzyně, duben 2007)

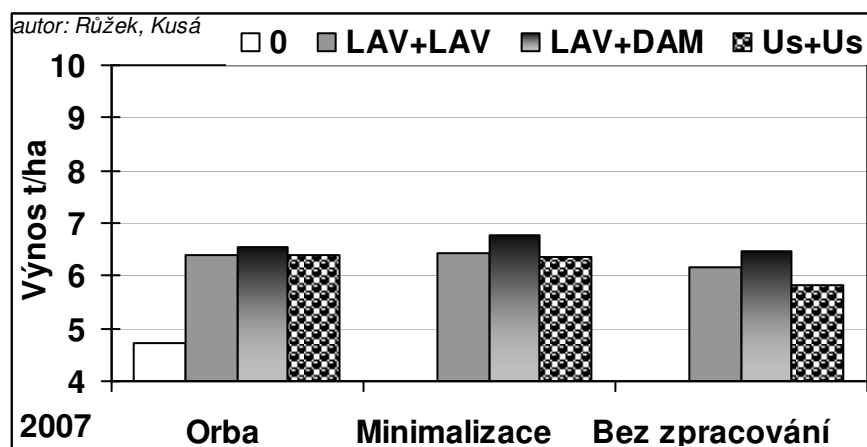


Na obrázku 23 je znázorněn výnos zrna ozimé pšenice po různém zpracování a hnojení na hnědozemi (Ruzyně, předplodina řepka ozimá) v suchém roce 2007. Ve srovnání s průměrnými výnosy dosaženými ve vlhčích letech (obr. 24) došlo na orbě v důsledku sucha k poklesu o 27 %, na minimalizaci o 25 % a na půdě bez zpracování o 22 %. I přes větší vlhkost půdy bez zpracování (obr. 22) nebyl u této varianty v suchém roce 2007 dosažen vyšší výnos než např. na sušší půdě po orbě. Důvodem může být menší dostupnost dusíku a dalších živin pro rostliny vzhledem k tomu, že při nedostatku srážek bylo nižší využití N z hnojiv aplikovaných na povrch půdy a většina dalších živin se u půdy bez zpracování nachází v povrchové vrstvě půdy, která byla nejvíce postižena suchem. Z aplikovaných dusíkatých hnojiv se v suchém roce lépe než v běžných letech projevilo kapalné hnojivo DAM, kde část dusíku mohla být přijata přes listy rostlin. Jestliže po aplikaci kapalného hnojiva DAM postříkem na povrch půdy, posklizňové zbytky a listy rostlin následuje suché, teplé a větrné počasí, mohou vznikat vyšší ztráty dusíku únikem amoniaku než při hnojení tuhými hnojivy, což se může mimo jiné projevit nižším obsahem N-látek v zrna ozimé pšenice (obr. 25).

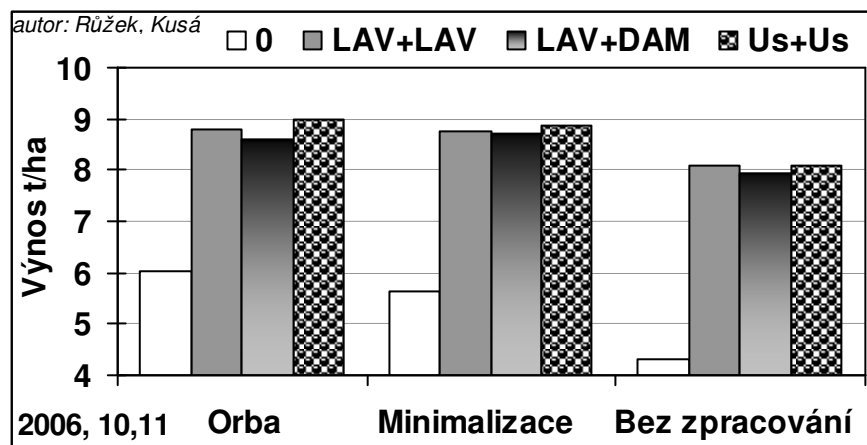
Jednou z možností, jak dodat rostlinám živiny při absenci srážek, je listová výživa rostlin. Aplikací listových hnojiv řešíme zejména nedostatek stopových prvků v rostlině, ale

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 23: Výnos zrna ozimé pšenice po různém zpracování půdy a hnojení v suchém roce 2007 (předplodina řepka ozimá)



Obr. 24: Výnos zrna ozimé pšenice po různém zpracování půdy a hnojení (předplodina řepka ozimá)



např. v době sucha nebo nízké teploty v půdě můžeme dočasně řešit i nedostatek makroprvků, a to zejména v době, kdy je jejich potřeba pro růst a vývoj rostlin nízká (např. na začátku jarní vegetace. Haberle et al. (2008) uvádějí, že při foliární aplikaci hnojiv, kdy živiny vstupují bezprostředně do pletiv listu se lze vyhnout nepříznivým podmínkám pro jejich příjem z vyschlé půdy. Ale i aplikace na list má při suchu svá úskalí – je to špatná hydratace listů, riziko poškození pletiv při vysokých teplotách, vadnutí a stáčení listů, menší plocha metabolicky aktivních listů. Navíc při silném vodním stresu již nelimituje růst rostliny deficit



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

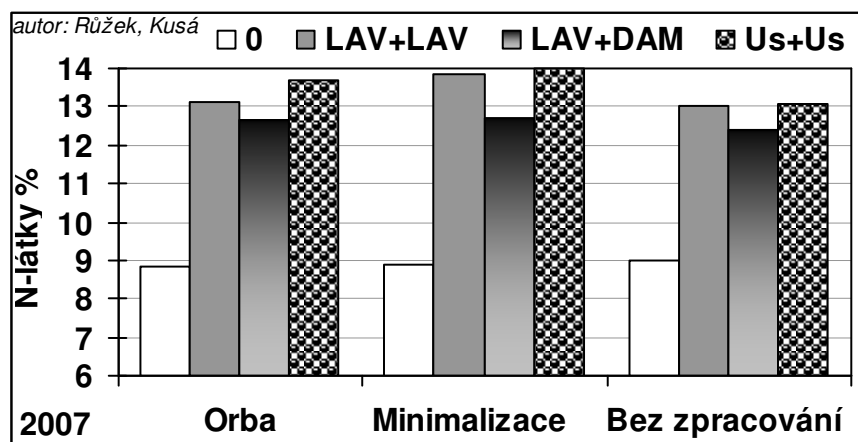


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

živin, ale nedostatek vody. Z toho vyplývá, že listová aplikace vhodných hnojiv (zejména snadno přijatelné močoviny, Mg a stopových prvků) může pomoci překonat přechodné období sucha. Nesmíme také zapomenout, že vodní stav rostlin může mít vliv na efektivnost aplikace dalších látek, např. strobilurinů. Při nedostatku vody je třeba počítat s tím, že aplikace hnojiv a fungicidů na list nemusí mít stejný efekt jako v případě, kdy má rostlina dostatek vody, listy jsou turgescenční a všechny fyziologické a biochemické procesy probíhají normálně. Účinek aplikovaných látek ovlivňují nejen morfologické a anatomické změny rostlin a listů orgánů, ale i vnitřní podmínky rostliny. Listová výživa tedy může překrýt krátkodobý nedostatek živin způsobený nepříznivými podmínkami pro příjem z půdy. Na počátku vegetace to bývá období s příliš nízkou teplotou půdy (pod 5°C, v případě fosforu pod 10°C) kdy efektivnost případného použití listové výživy je limitována stupněm vývoje listové plochy. Později se zpravidla jedná o přechodná období s nedostatkem srážek, která bývají provázena relativně vysokými teplotami. V pozdních fázích vegetace listové aplikace živin a prostředků na ochranu rostlin představují významný nástroj k ovlivnění výše výnosu a jeho kvality. Prodloužení životnosti listové plochy a s ní spojené fotosyntetické aktivity použitím vhodných fungicidů (např. strobilurinů) zvýší HTZ, ale může snižovat obsah dusíkatých látek v zrna. Pro jeho udržení nebo zvýšení je nezbytná současná aplikace močoviny.

Obr. 25: Obsah N-látek v zrna ozimé pšenice po různém zpracování půdy a hnojení v suchém roce 2007 (předplodina ozimá řepka)





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

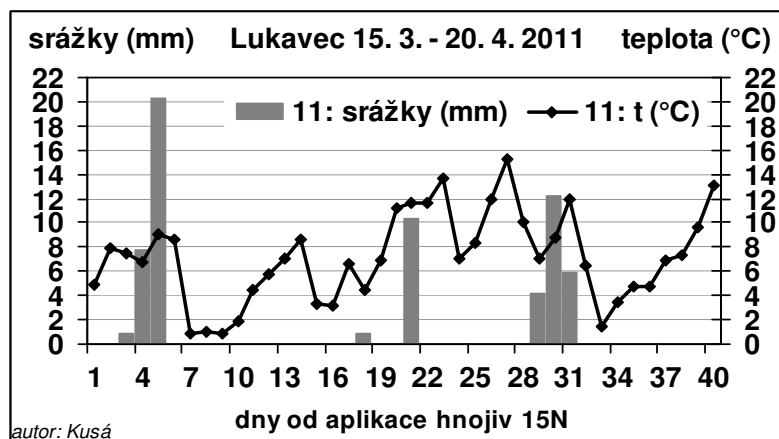
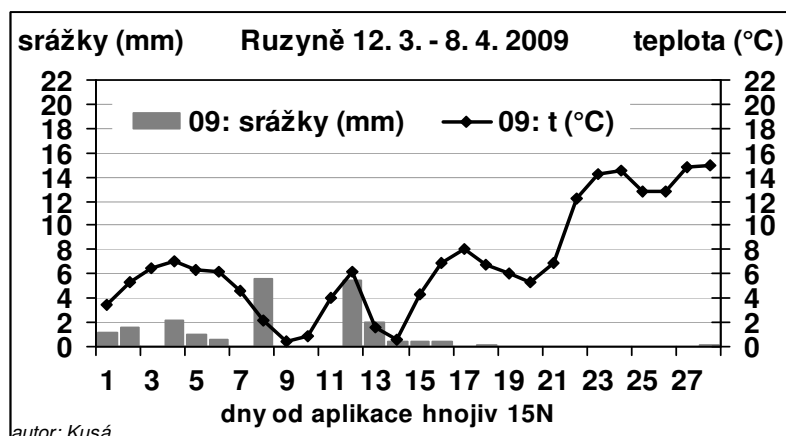
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kromě vlhkosti půdy je dalším limitujícím faktorem pro příjem živin teplota půdy. Haberle et al. (2008) uvádějí, že negativní je i vysoký rozdíl teplot v kořenové a nadzemní zóně – vysoké teploty a transpirace na jaře, kdy může současně být teplota půdy ještě blízko nule, mohou dále oslabovat rostliny poškozené mrazem. Příjem N a K začíná již při 2 °C, dále rychle stoupá od 5 °C. Příjem P, Mg a Ca byl při 2 °C nepatrný. Na rozdíl od P se rychlost příjmu Ca a Mg významně zvyšovala až od 10 °C. Ve všech případech se optimální teplota pohybuje mezi 15 – 20 °C. Závislost příjmu různých forem dusíku na teplotě je komplikovanější. Při teplotách 2 °C – 15 °C je příjem amonných iontů v průměru 2,5 x rychlejší než příjem nitrátů. Naproti tomu močovina ve srovnání s nitráty je přijímána 2x pomaleji. Při teplotě nad 15 °C se rozdíly v rychlosti příjmu jednotlivých forem N zmenšují.

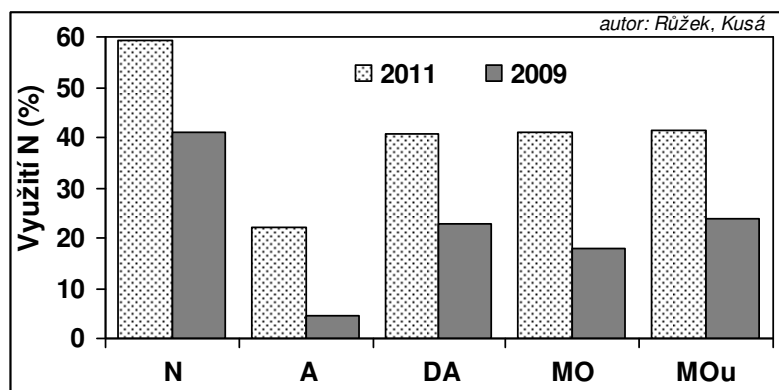
Na obrázku 26 je znázorněn příznivý (2011) a nepříznivý (2009) průběh srážek a teplot po regeneračním přihnojení ozimé řepky různými dusíkatými hnojivy. V roce 2011 přišly srážky již 3. den po aplikaci hnojiv a během třech dnů spadlo téměř 30 mm srážek, což vytvořilo velmi dobré podmínky pro využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami. Nitrátová (N) a močovinová forma dusíku (MO), které jsou dobře pohyblivé v půdě se po srážkách dostaly ke kořenům a mohly být přijaty rostlinami. Amonná (A) forma dusíku, která je ve většině našich půd sorbována v povrchové vrstvě a v půdním profilu není pohyblivá, se nejprve musí po oteplení půdy s pomocí nitrifikačních bakterií přeměnit na nitráty, které jsou pak po dalších srážkách transportovány ke kořenům. Proto rostliny využily za 40 dní po hnojení (rostliny odebírány ve fázi butonizace) i přes příznivé srážkové podmínky z aplikovaného amonného dusíku jen 22 %, což je nejméně ze všech sledovaných forem (obrázek 27). Naopak nejlépe byla rostlinami přijímána nitrátová forma dusíku (59 %). Mezi močovinou (MO) a močovinou s inhibitorem ureasy (MOu) nebyl zjištěn při bezprostředních srážkách po hnojení žádný podstatný rozdíl ve využití rostlinami (41 a 42 %). Při interpretaci dosažených výsledků nebyl při příznivých srážkových podmínkách zjištěn rozdíl ve využití dusíku rostlinami mezi dusičnanem amonným (DA), močovinou a močovinou s inhibitorem ureasy (UREA^{stabil}). Jestliže však v roce 2009 přišly efektivní srážky později (8. a 12. den po aplikaci hnojiv), byly jen necelých 6 mm a po nich došlo k výraznému oteplení a intenzivnímu růstu rostlin, bylo využití dusíku z močoviny za těchto sušších podmínek během 30 dní růstu rostlin do fáze butonizace jen 18 %. Přídavek inhibitoru ureasy

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 26: Průběh teplot a srážek nepříznivý (2009) a příznivý (2011) pro využití živin z aplikovaných hnojiv



Obr. 27: Využití různých forem dusíku značených izotopem ^{15}N rostlinami ozimé řepky



k močovině zvýšil využití dusíku o jednu třetinu na 24 %, což bylo obdobné jako u dusičnanu amonného (23 %), u kterého byla dusičnanová forma využita rostlinami ze 41 %, zatímco



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

amonná jen z 5 %. Období jarního růstu řepky do tvorby pupat má rozhodující vliv na vytvoření dostatečného počtu výnosotvorných prvků pro vysoký výnosový potenciál semen. Na využití dusíku z hnojiv rostlinami měl nejvýznamnější vliv stav porostu na začátku jarní vegetace a srážky po aplikaci hnojiv.

Z dosažených výsledků vyplývá, že hnojiva obsahující z větší části amonnou formu dusíku (síran amonný, DASA apod.) nejsou vhodná pro regenerační hnojení řepky ozimé dusíkem, a to zejména při následném sušším počasí nebo při pozdějším a rychlém nástupu jara.

Na základě získaných poznatků a dosažených výsledků lze doporučit následující postup při jarním hnojení ozimé řepky:

Upřednostnění forem dusíku v minerálních dusíkatých hnojivech při jarním hnojení řepky podle stavu porostu a půdy

1. s ledkovou formou N (LAV, LAD)

- Pozdější a rychlejší nástup jara.
- Kromě běžných porostů vhodná forma dusíku pro slabé a poškozené porosty a při větším množství dosud nerozložené slámy v půdě.

2. s amidickou formou N (MO, Us, DAM, DAM+StabilureN)

- Při aplikaci vyšších dávek N na začátku jarní vegetace, zejména v oblastech s častými pozdějšími přísuškami.
- Při časnějším nástupu jara a riziku pozdějších mrazů.
- Běžné porosty kromě velmi slabých a výrazněji poškozených po zimě.

3. s amoniakální formou N v kombinaci se sírou (SA, DASA, Ensin)

- Nedostatek dostupné síry v prokořeněném půdním profilu (po vlhké zimě, při hospodaření bez živočišné výroby ...).
- Při časnějším nástupu jara.
- Běžné porosty kromě velmi slabých a poškozených po zimě.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3.3. Vhodné postupy v hnojení rostlin pro aridní oblasti

V teplejších a sušších oblastech na půdách s vyšší biologickou aktivitou (kromě promyvných půd s písčitým a štěrkovitým podložím) je vhodné aplikovat vyšší dávky dusíku na začátku jarní vegetace rostlin, protože později aplikované dávky vzhledem k častým přísuškům nebo větší imobilizaci N půdní mikroflórou (např. při posklizňových zbytcích na povrchu půdy) mají nižší účinnost. Pro toto hnojení jsou velmi vhodná hnojiva s regulovaným uvolňováním dusíku, jako například UREA^{stabil} s inhibitorem ureasy, který zpomaluje hydrolýzu močoviny, čímž omezuje ztráty únikem amoniaku a prodlužuje dobu, kdy může být nehydrolyzovaná močovina po srážkách transportována ke kořenům rostlin. Naopak v chladnějších a vlhčích oblastech s větší jistotou srážek je dusík z hnojiv efektivněji využit, pokud je aplikován v dělených dávkách před a v průběhu maximálního odběru rostlinami. Tím se omezuje doba, kdy mohou vznikat ztráty dusíku vyplavením, povrchovým smyvem, denitrifikací a kdy může být dusík z hnojiv imobilizován mikroorganismy v povrchové vrstvě půdy. Při hnojení vyššími dávkami dusíku před setím nebo sázením jarních plodin (např. kukuřice, brambory) s možností zapravení hnojiva do půdy při předseťové přípravě nebo při podpovrchové lokální aplikaci do půdy je vhodné ve vlhkých oblastech s promyvnými půdami aplikovat dusíkatá hnojiva s inhibitorem nitrifikace (např. Alzon), který většinou po dobu 3 – 6 týdnů omezí tvorbu nitrátů v půdě a tím omezí riziko jejich vyplavení mimo dosah kořenů rostlin a znečištění povrchových a podzemních vod.

Na sušším stanovišti (Ruzyně) byly v suchém roce 2007 porovnávány vysoké jednorázové dávky dusíku (140 kg N/ha) aplikované na začátku vegetace ozimé pšenice v močovině, močovině s inhibitorem ureasy (UREA^{stabil}) a v močovině s inhibitorem nitrifikace (Alzon) ve srovnání s dělenou aplikací hnojiva LAV ve dvou dávkách. Jak vyplývá z výsledků znázorněných na obrázcích 28 – 30, byly dosaženy obdobné výnosy zrna ozimé pšenice po aplikaci jednorázové dávky v různých hnojivech jako po aplikaci hnojiva LAV ve dvou dávkách. Obsah dusíkatých látek v zrně byl nižší po aplikaci hnojiva Alzon, které je doporučováno k jednorázovým dávkám dusíku spíše do vlhkých lokalit, kde je riziko ztrát dusíku z půdy vyplavením nitrátů. Odběr dusíku zrnem ozimé pšenice byl po aplikaci dělené



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

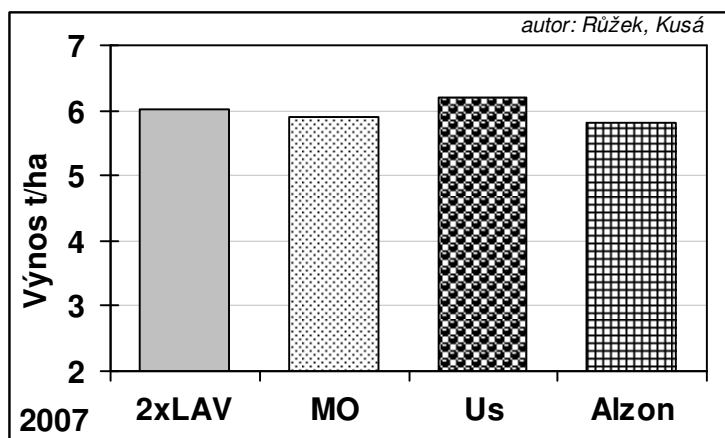


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

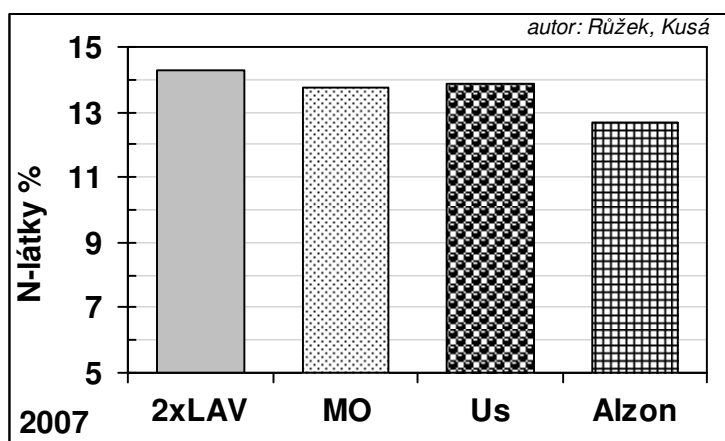
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

dávky LAV a hnojiva UREA^{stabil} vyšší (130 kg N/ha) než po hnojení klasickou močovinou (122 kg N/ha) a hnojivem Alzon (112 kg N/ha).

Obr. 28: Vliv dělených a jednorázových dávek N-hnojiv na výnos zrna ozimé pšenice v suchém roce 2007

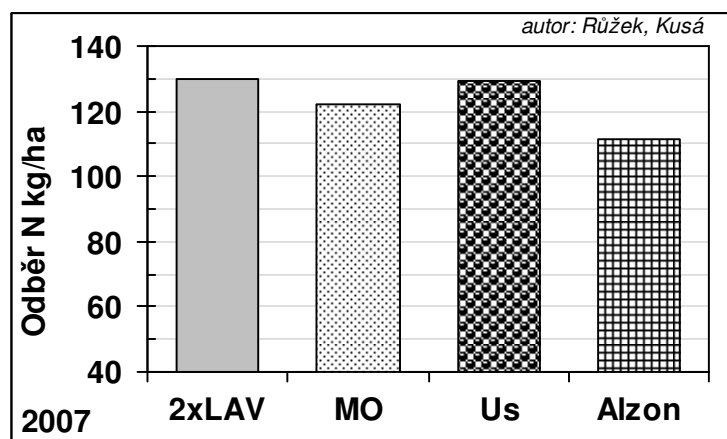


Obr. 29: Vliv dělených a jednorázových dávek N-hnojiv na obsah bílkovin v zrna ozimé pšenice v suchém roce 2007



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

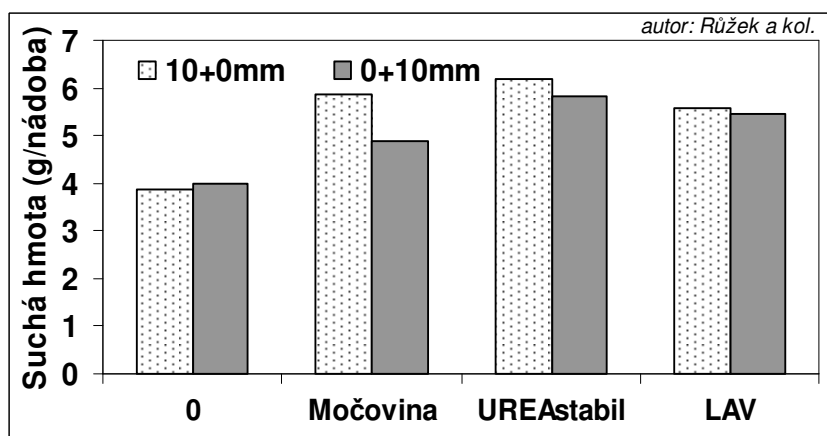
Obr. 30: Vliv dělených a jednorázových dávek N-hnojiv na odběr dusíku zrnem ozimé pšenice v suchém roce 2007



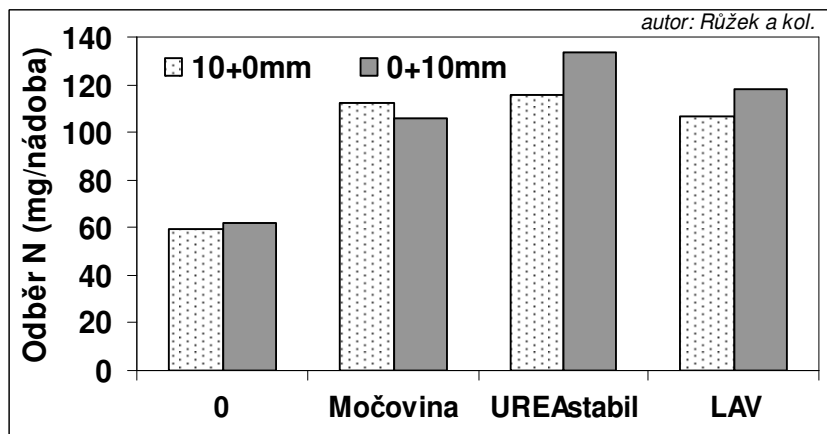
V nádobových vegetačních pokusech s jarní pšenicí byl zjišťován vliv rozpustnosti různých dusíkatých minerálních hnojiv (LAV, močovina, močovina s inhibitorem ureasy = UREA^{stabil}) aplikovaných na suchý povrch půdy (hnědozem, dávka hnojiva 292 mg N/nádobu) při simulaci různých srážek (srážky 5 + 5 mm do 48 hod. po aplikaci hnojiv, srážky 5 + 5 mm po 10 dnech) na růst rostlin a obsah dusíku v rostlinách. Aplikace hnojiv byla provedena na začátku odnožování a rostliny byly odebírány ve sloupkování. Z dosažených výsledků vyplývá (obr. 31 a 32), že při srážkách 10 mm do 2 dnů po aplikaci hnojiv nejsou v nárůstu biomasy rostlin ani v odběru dusíku rostlinami podstatné rozdíly mezi klasickou močovinou a močovinou s inhibitorem ureasy (UREA^{stabil}). U ledku amonného s vápencem byly vzhledem k horší rozpustnosti granulí zjištěny mírně nižší hodnoty, které mohly být kromě toho ovlivněny také nižším využitím amonné formy dusíku rostlinami. Při srážkách po 10 dnech, což je v zemědělské praxi častější případ, byly nejlepší výsledky dosaženy u hnojiva UREA^{stabil}, kde převážná část dusíku vzhledem k působení inhibitoru ureasy byla v močovinové formě, která je dobře pohyblivá v půdě. U klasické močoviny došlo během 10 dnů k přeměně převážné části dusíku na amonnou formu, která není v půdě pohyblivá. U LAV byly v době srážek již rozpuštěny granule a část amonného dusíku mohla být přeměněna na nitráty, což se projevilo vyšším odběrem dusíku než u srážek do 2 dnů po hnojení.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 31: Nárůst hmoty rostlin jarní pšenice po aplikaci různých N hnojiv a simulaci srážek (nádobový vegetační pokus)



Obr. 32: Odběr dusíku rostlinami jarní pšenice po aplikaci různých N hnojiv a simulaci srážek (nádobový vegetační pokus)





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Nové postupy při aplikaci minerálních hnojiv šetrné k životnímu prostředí

4.1. Vliv zpracování půdy a hnojení na emise CO₂ a tvorbu nitrátů v půdě

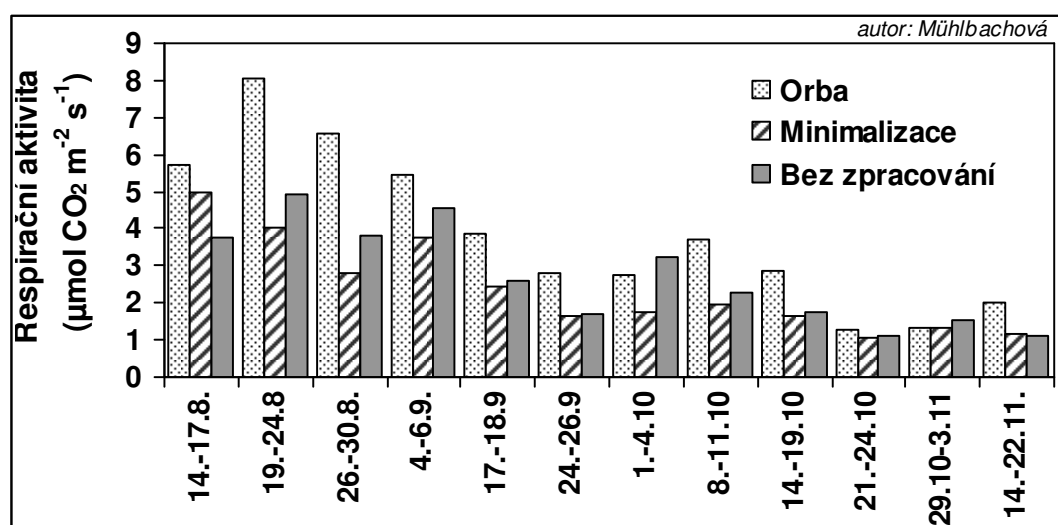
Zpracování půdy a hnojení zemědělských plodin zejména dusíkem má vliv na ztráty dusíku a emise oxidu uhličitého z půdy. Ztráty dusíku jsou často spojené se znečišťováním vod (nitráty) a ovzduší (NH₃, N_{ox}). Na obr. 33 je znázorněna respirační aktivita půdy, jejíž produktem jsou emise CO₂ po různém zpracování půdy po ozimé pšenici před setím ozimé řepky. 2 – 3 dny před prvním měřením byla provedena orba a na minimalizaci podmínka a mezi 20. - 27.8. předsetňová příprava půdy a setí ozimé řepky. Zjištěné emise CO₂ nám dávají informaci mimo jiné o průběhu mineralizačních procesů v půdě a uvolňování živin včetně dusíku z organických látek v půdě. Z údajů znázorněných na obrázku vyplývá, že po letní orbě k ozimé řepce spojené s aerací půdy dochází k intenzivní mineralizační aktivitě spojené se zvýšenými emisemi CO₂. Ve srovnání s orbou jsou emise oxidu uhličitého u bezorebných technologií zpracování půdy podstatně nižší a stejných, popř. výjimečně i vyšších hodnot dosahují jen při proschnutí půdy, kdy limitujícím faktorem je vlhkost půdy. V souvislosti s tím se po orbě uvolňuje zpravidla více živin včetně nitrátů (viz obr. 6 – 9), které se mohou v následujícím období vyplavit do spodních vrstev půdy. V případě, že po letní orbě následuje ozimá řepka nebo meziplodina, dokážou je rostliny většinou využít a před zimou je v půdě jen malé množství nitrátového dusíku (obr. 34). Když provádíme orbu před setím ozimých obilnin s nízkým odběrem N do zimy (většinou do 25 kg N/ha) nebo pro jařinu, volíme termín orby co nejpozději a po lepších předplodinách (hrách, mák, řepka apod.) je vhodnější zejména na promyvných půdách používat jen mělké zpracování půdy. Jestliže každoročně provádíme časnou orbu podporující mineralizační procesy v půdě, měli bychom z hlediska péče o půdu a trvalé udržitelnosti hospodaření na půdě navracet do půdy větší množství organických látek než při pozdní orbě před zimou nebo při používání minimalizačních technologií zpracování půdy. V zemědělských podnicích, kde je používán digestát nebo kejda, popř. další hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem a s úzkým poměrem C:N jsou z tohoto pohledu rizikové

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

aplikace větších dávek těchto hnojiv v letním období například na strniště s následnou orbou nebo hlubokým kypřením půdy bez zařazení mezplodiny na zelené hnojení, popř. ozimé řepky. V kombinaci s plošnou aplikací dusíkatých hnojiv v jarním období může postupně docházet ke snižování obsahu organických látek v půdě a zhoršování její biologických, chemických a fyzikálních vlastností včetně struktury a retenční schopnosti.

Kultivace půd v teplém a semiaridním klimatu přispívá ke snižování organické hmoty a hrubší struktuře půd. Zpracování půdy vystavuje organickou hmotu v půdních částicích a agregátech rychlému rozkladu. Tyto ztráty vyvolávají kontinuální snižování organické hmoty v půdě a snižují produkční schopnosti půdy. Ztráty CO₂ byly měřeny u oraných půd i u půd s bezorebnou technologií. Velké ztráty CO₂ byly vyvolány u orných půd okamžitě po zpracování nebo po dešti a trvaly asi tři dny. U bezorebných půd byly ztráty CO₂ konstantní a ve svém objemu asi o polovinu až dvě třetiny nižší. Z tohoto je možné uzavřít, že intenzita zpracování půdy by se měla snížit, aby se tak snížily ztráty uhlíku a degradace půdní kvality. Přijetí konzervačního zpracování půdy může vést v čistý nárůst půdní organické hmoty v půdě (Drury et al. 2007).

Obr. 33: Průměrné emise CO₂ z půdy po různém zpracování





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4.2. Identifikace rizik znečišťování vod nitráty a návrh vhodných agrotechnických postupů včetně hnojení k omezení rizik

K největším rizikům znečištění povrchových a podzemních vod nitráty dochází, jestliže jsou zjištěny vysoké obsahy nitrátového dusíku v půdě v době, kdy nemohou být využity rostlinami. Z vyhodnocení odběrů vzorků půd (v letech 2009-2013 více než 1 000 z půdních vrstev 0-0,3m a 0,3-0,6m) odebraných před zimou v zemědělských podnicích a z agrotechnických pokusů vyplývá, že kromě jetelovin a luskovin (v předcházejících letech většinou 80-120 kg NO₃⁻-N/ha) patřila z hlediska vyšších obsahů nitrátů v půdě před zimou k nejvíce rizikovým předplodinám také kukuřice (v průměru 71 kg NO₃⁻-N/ha), ozimá řepka a mák (68) a brambory (61). V posledních letech s rostoucími dávkami dusíku k ozimé pšenici se zvyšuje množství nitrátového dusíku také po této plodině (64), a to zejména při aplikaci organických hnojiv většinou na slámu po sklizni (75). Velmi vysoké hodnoty, přesahující často 100 kg NO₃⁻-N/ha byly zjištěny po aplikaci digestátu na slámu po řepce, ale tyto odběry byly provedeny jen ve 2 letech a na menším počtu pozemků. Naopak při hnojení statkovými hnojivy na posklizňové zbytky po sklizni kukuřice byly zjištěny relativně nízké obsahy nitrátů v půdě (49 kg NO₃⁻-N/ha), což většinou souvisí s pozdní aplikací hnojiv a nižší intenzitou nitrifikačních procesů v půdě (30 kg N/ha bylo v amonné formě). Také po cukrovce vzhledem k pozdnímu zapravení chrástu bylo stanoveno v průměru jen 31 kg NO₃⁻-N/ha. V posledních letech (kromě roku 2013 s vysokými výnosy a vyšším odběrem N rostlinami, popř. vyplavením nitrátů po intenzivních srážkách) došlo ke zvýšení obsahu nitrátů v půdách v typických sušších oblastech (Znojensko, Rakovnicko) vzhledem ke zvýšení dávek dusíku v minerálních hnojivech navazujících na růst cen zemědělských komodit. Zvýšila se také rizika znečištění vod v oblastech s vysokou koncentrací pěstování kukuřice v návaznosti na výrobu bioplynu související mimo jiné s aplikací vysokých dávek digestátu v nevhodné době.

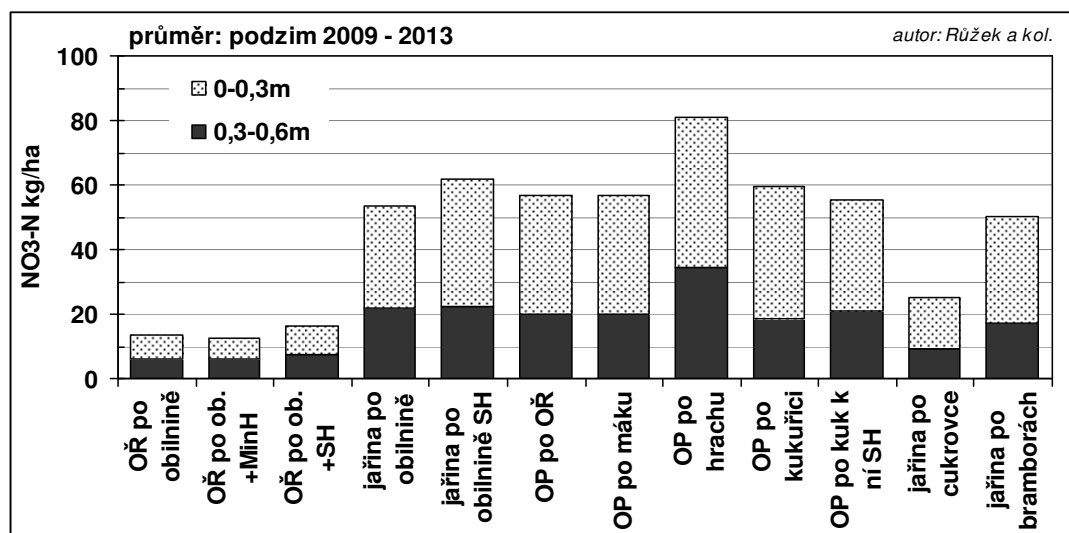
Naopak nejmenší riziko znečišťování vod nitráty ve všech letech bylo zjištěno u porostů s meziplojinami a s řepkou ozimou, a to i v případě, že byly hnojené minerálními nebo statkovými hnojivy. Pod ozimou řepkou po obilnině bylo v průměru zjištěno v půdě do hloubky 0,6m 15 kg NO₃⁻-N/ha, přičemž většina porostů byla hnojena minerálními hnojivy s

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

N před setím. Při hnojení statkovými hnojivy před setím bylo množství nitrátového dusíku v půdě 17kg NO_3^- -N/ha a po přihnojení řepky v průběhu podzimního růstu minerálními hnojivy (nejčastěji $\text{UREA}^{\text{stabil}}$) 15 kg NO_3^- -N/ha.

Obdobné, ale u některých plodin nižší hodnoty obsahu nitrátů v půdě byly získány v pilotních farmách ve zranitelných oblastech ochrany vod, kde jsou uplatňovány v posledních letech agrotechnické postupy pro snížení obsahu nitrátů před zimou s cílem dosáhnout maximální úrovně 60kg NO_3^- -N/ha (obr. 34).

Obr. 34: Vliv předplodiny, zpracování půdy, hnojení a pěstované plodiny na obsah nitrátů v půdě (listopad, 2009 – 2013)



K eliminaci rizik znečištění vod nitráty lze na základě získaných dat z odběrů vzorků půd doporučit zařazení meziplodin, pozdější zapravení výdrolu řepky (zejména při aplikaci digestátu nebo kejdy na řepkovou slámu), pozdější termín orby nebo omezené zpracování půdy po jetelovinách a luskovinách, uplatnění nových postupů ve výživě rostlin s využitím hnojiv s regulovaným uvolňováním dusíku a s aplikací hnojiv do míst s větším prokořeněním a lepšími vláhovými podmínkami. Například při hnojení kukuřice minerálními a organickými hnojivy před setím, resp. při setí není vhodné vzhledem k ochraně vod aplikovat hnojiva plošně na povrch půdy. Při lokální aplikaci minerálních dusíkatých hnojiv jsme zjistili v letech 2012 a 2013 využití dusíku rostlinami 70-75 %, zatímco při plošné jen okolo 55 %. Také při pěstování brambor v technologii s odkameněním zvýšila lokální aplikace dusíkatých



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

minerálních hnojiv po stranách hlíz při sázení brambor využití dusíku rostlinami a významně snížila množství nitrátů v půdě (při odběrech v červnu v průměru o 21 %) v době, kdy je minimální příjem dusíku rostlinami a po intenzivních srážkách (např. 2013) existuje značné riziko vyplavení nitrátů mimo dosah kořenů brambor, které v našich pokusech dosahovaly většinou jen hloubky 0,7 m od vrcholu hrůbku.

Při zařazení mezplodin po sklizni obilnin a aplikaci statkových hnojiv na slámu se snížilo množství nitrátů v půdě v průměru ze 75 na 33 kg $\text{NO}_3^- \text{N/ha}$. Po ozimé řepce lze kromě pozdějšího zapravení výdrolu snížit množství nitrátů v půdě omezeným zpracováním, což potvrdily výsledky získané na stanovišti v Ruzyni a v Chrášťanech u Rakovníka (obr. 6 a 7).

K vysokým hodnotám residuálního dusíku v půdě přispívají i nepříznivé klimatické podmínky, zejména období sucha během vegetace, kdy rostliny nedosáhnou očekávaného výnosu a nespotřebují dávku dusíku vykalkulovanou na očekávaný výnos. Toto považují Drury et al. (2007) za příčinu nárůstu residuálního dusíku v půdách v zemědělských oblastech Kanady (o 50% mezi roky 1996 a 2001).

4.3. Omezení ztrát dusíku volatilizací amoniaku po aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv

Celkové ztráty dusíku (vyplavování nitrátů, plynné ztráty amoniaku a oxidů dusíku) do prostředí představují významné dopady vzhledem k ekonomické účinnosti použitého dusíku a mají významný vliv na kvalitu povrchových i podzemních vod a kvalitu ovzduší. V ČR jsou obdobně jako v řadě zemí EU na rozdíl od světového trhu s hnojivy, kde má největší zastoupení močovina (okolo 50 %), nejvíce používaná hnojiva s ledkovou formou dusíku (LAV, LAD, přibližně 45 %), následuje kapalné hnojivo DAM (35 %), močovina (15 %), síran amonný a další hnojiva (5 %).

Ztráty dusíku z půdy volatilizací amoniaku souvisí především s používáním vysokých dávek dusíkatých hnojiv, zejména organického původu. I když se na těchto ztrátách může podílet i půdní dusík, s největší intenzitou tento proces probíhá po aplikaci dusíkatých hnojiv. Přitom k největším ztrátám NH_3 dochází v prvních dnech po aplikaci hnojiv. Volatilizace je proces úniku amoniaku z půdy do atmosféry a nastává, jakmile je volný NH_3 přítomen



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

v blízkosti povrchu půdy nebo na jejím povrchu. Koncentrace amoniaku v půdním roztoku nebo vzduchu roste při aplikaci vyšších dávek dusíkatých hnojiv, zejména s amidovou a amoniakální formou dusíku. Množství volatilizovaného NH_3 je nepatrné, když je aplikovaný dusík zapraven do půdy a je poměrně nízké ($\leq 15\%$ aplikovaného N), pokud je amoniakální dusík aplikován na povrch především kyselých půd (Nelson 1982). Ledgard (2001) konstatoval, že k produkci plynného amoniaku dochází především v neutrálních až alkalických karbonátových půdách, ale nevylučuje možnost úniku NH_3 ani z kyselých půd, ve kterých je uvedený proces pochopitelně slabší. Mnohokrát bylo dokázáno, že jakoukoliv alkalizaci půdního prostředí simultánně doprovází výrazné zvýšení intenzity volatilizace amoniaku (Watson et al. 1994; Sigunda et al. 2002; Malhi et al. 2003). Důvodem může být skutečnost, že se zvyšováním pH půdního roztoku se dosahuje vysokého nasycení sorpčního komplexu vápníkem, resp. hořčíkem a snižuje se možnost sorpce amoniaku. Kromě toho se zvýšením pH zesiluje aktivita iontů NH_4^+ a OH^- a tím se narušuje vytvořená rovnováha syntézy a rozkladu amoniaku ve směru produkce NH_3 (Ernst a Massey 1960).

Rozhodující úlohu má dávka dusíkatých hnojiv, především s amidovou a amoniakální formou dusíku. Všeobecně platí, že čím je dávka vyšší, tím více amoniaku z ní unikne. Příčinou je neschopnost půdy okamžitě imobilizovat, resp. nitrifikovat velké množství amoniaku. Proto dusík z hnojiv intenzívně volatilizuje obvykle 2 - 4 týdny po aplikaci na půdu, popř. do půdy (Follett a Hatfield 2001).

Velmi důležitý je i způsob aplikace dusíkatých hnojiv, hlavně hloubka jejich zapravení do půdy. Jednoznačně se potvrzuje, že k volatilizaci amoniaku dochází především z hnojiv nezpracovaných do půdy. Při povrchové aplikaci močoviny do půdy dochází vlivem suchých a teplých podmínek k rychlé hydrolýze a ke ztrátám dusíku z aplikovaného hnojiva volatilizací amoniaku do ovzduší. Produkce a ztráty amoniaku jsou tedy spojeny s hydrolýzou močoviny v půdách. Volatilizace amoniaku po hydrolýze močoviny roste se zvyšující se teplotou a s následnou koncentrací amoniaku v povrchové vrstvě půdy (Malhi et al. 2001).

Na základě vyhodnocení desítek pokusů s měřením emisí amoniaku v otevřených i uzavřených systémech lze určit průměrné hodnoty volatilizace amoniaku po aplikaci nejvíce používaných dusíkatých minerálních hnojiv : LAV = 2 % (1 – 3 %), dusičnan amonný = 4 % (3 – 6 %), DAM = 10 % (3 – 12 %), močovina = 18 % (13 – 21 %), síran amonný = 1 % u



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

kyselých půd a 22 % u půd s pH nad 7 (vypočteno ze zdrojových dat : EMEP/EEA emission inventory guidebook, 2013). Studie britského Ministerstva pro životní prostředí, výživu a záležitosti venkova (Defra) uvádí průměrné emise amoniaku na orné půdě u LAV, LAD, DA 3 % (3-10 %), u DAM 14 % (8 – 17 %) a u močoviny 22 % (2 – 43 %), resp. u travních porostů 2 % u LAV a 27 % u močoviny. Evropská emisní inventura (EMEP) uvádí, že 94 % všech emisí amoniaku je způsobeno zemědělstvím, přičemž přibližně 80 % těchto emisí pochází z organických zdrojů. U minerálních hnojiv představují ztráty N únikem amoniaku na orné půdě u LAV 1 %, DAM 6 % a u močoviny 12 %; u travních porostů 2 % u LAV, 12 % u DAM a 23 % u močoviny (citováno na www.danfertilazers.com).

Močovina $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ patří do skupiny dusíkatých hnojiv s amidickou formou dusíku a je v celosvětovém měřítku nejvíce používaným hnojivem v zemědělství. Pokud nejsou močovina nebo dusíkatá hnojiva obsahující močovinu transportovány do půdy pomocí srážek nebo zpracováním půdy do 72 hodin, dochází ke ztrátám dusíku a účinnost příjmu dusíku močoviny se značně snižuje (Trenkel 1997; Watson et al. 2008). Tyto ztráty jsou jedním z důvodů, proč jsou ve státech EU mnoho let hlavní formou používaného dusíkatého hnojiva dusičnan amonný nebo ledek amonný s vápencem. Ztráty amoniaku z těchto hnojiv jsou nižší, ale na druhou stranu cena za kilogram dusíku je u těchto hnojiv vyšší než u močoviny a dusík těchto hnojiv může být náchylný ke ztrátám vyplavením ve formě nitrátů, především v oblastech s vysokým množstvím srážek (Watson 2005). V půdě je močovina hydrolyzována extracelulárním enzymem ureasou na uhličitán amonný, který se dále mění na amoniak. Při hydrolyze roste pH kolem močoviny a podíl dusíku ve formě amonného iontu je posunut směrem k amoniaku. Dochází tak k akumulaci amonného iontu v zóně aplikace a zvyšování pH, které vede ke ztrátám NH_3 (Watson 2005). Negativním efektem hydrolyzy močoviny může být i akumulace NO_2^- , který může škodit vývoji semen, klíčení a mladým rostlinám (Gasser 1964; Tomlinson 1970; Delogu et al. 1998). Akumulace amonných iontů, vysoké pH půdy a následně také akumulace nitritů v toxické koncentraci může způsobit poškození klíčících rostlin při setí a sázení a značné ztráty plynného dusíku volatilizací amoniaku. Tyto ztráty jsou prvořadým důvodem snížení účinnosti povrchově aplikované močoviny (Fenn a Hossner 1985). Knop (1974) poukazuje, že v přirozených půdních podmínkách je příjem celých molekul močoviny kořeny rostlin málo pravděpodobný právě vzhledem k jejímu



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

rychlému hydrolytickému rozkladu na amoniak. Přesto bylo prokázáno, že rostliny přijímají i nehydrolyzovanou močovinu, a to jak kořeny, tak i po její aplikaci na list (Mérigout et al. 2008).

V polních podmínkách dosahují při povrchové aplikaci močoviny ztráty NH_3 většinou 10 - 20 % z aplikovaného dusíku. Výsledky jsou však rozdílné a v extrémních podmínkách mohou být ztráty až 50 % (Watson 1990; Watson et al. 1994; Nastri et al. 2000). Malhi et al. (2003) a další autoři uvádějí, že ztráty únikem amoniaku stoupají, čím je močovina blíže k povrchu půdy, s klesající hodnotou kationtové výměnné kapacity, s rostoucí hodnotou pH, s vyšším obsahem karbonátů i s dávkou hnojiva.

U půd jílovitých a bohatých na organický materiál je vyšší pufrací kapacita, která omezuje růst pH a následně vznik amoniaku (amonný ion vzniklý při hydrolýze může být absorbován jílovými koloidy půdy). Písčité půdy mají nižší pufrací kapacitu, a tak mají větší sklon ke ztrátám volatilizací amoniaku, především při vysoké teplotě na povrchu půdy a při větrném počasí (Malhi et al. 2003).

Vlastnosti půdy, např. aktivita půdní biomasy, jsou ovlivněny i způsobem a intenzitou zpracování půdy. Takže i tento faktor ovlivňuje míru ztrát dusíku z aplikovaných hnojiv ve formě emisí, jak potvrdily svými měřeními Rochette et al. (2009). Po povrchové aplikaci močoviny (14 g N/m^2) na půdní bloky v kontrolovaných podmínkách zjistili po 30 dnech téměř 6x vyšší kumulativní ztráty dusíku z nezpracované půdy (no-till; 3 g N/m^2) než z půdy po orbě ($0,52 \text{ g N/m}^2$). K těmto rozdílům přispívá celá řada faktorů, např. aktivita ureasy byla v 1cm povrchové vrstvě nezpracované půdy 4,2 krát vyšší než v půdě po orbě a hydrolýza močoviny zde probíhala velice rychle – zvýšené emise byly zjištěny již 4 hodiny po aplikaci. Dále přítomnost posklizňových zbytků na povrchu půdy omezuje kontakt granulí hnojiva s částicemi půdy jakožto možnými sorbenty NH_4^+ iontů, zatímco na orané půdě některé granule hnojiva již při aplikaci zapadají do nerovností povrchu.

Uplatnění inhibitorů ureasy při snížení ztrát únikem amoniaku po hnojení močovinou



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Aplikace inhibitorů ureasy s močovinou je jednou z nejslibnějších cest ke zlepšení využitelnosti aplikované močoviny (Grant et al. 1996). Hlavní výhody spočívají ve významné redukci ztrát amoniaku do atmosféry, zlepšení využitelnosti dusíku z amidické formy, redukci poškození semen při klíčení a vzcházení a snížení potenciálu ohrožení životního prostředí nebezpečnými plyny (Trenkel 1997; Watson 2005; Chen 2008). Inhibitory ureasy jsou chemické sloučeniny, které mohou snížit aktivitu enzymu ureasy a tím zpomalit rychlou konverzi močoviny na NH_4^+ , což ponechává více času povrchově aplikované močoviny proniknout po srážkách hlouběji do půdy a snižovat pH a koncentraci NH_4^+ na povrchu půdy či v její podpovrchové vrstvě (Watson 2005). Amonný ion vznikající při pomalejším průběhu hydrolýzy močoviny tak může být lépe chráněn před volatilizací do ovzduší absorpcí na půdní hmotu (Carmona et al. 1990; Christianson et al. 1993; Malhi et al. 2001).

Jedním z nejúčinnějších inhibitorů ureasy je N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT). Je strukturou analogický s močovinou a vhodný pro snížení míry hydrolýzy močoviny a ztrát volatilizací u různých typů půd (Vittory et al. 1996; Watson et al. 2008). Princip působení NBPT je v navázání na enzym ureasu v přirozeném vazebním místě močoviny, a to mnohem silnější vazbou. Vytvořený komplex NBPT s ureasou je velmi stabilní a už dále nereaguje s vodou (Manunza et al. 1999; Musiani et al. 2001). NBPT je netoxický a vysoce účinný již při nízkých koncentracích, jak pro zpomalení hydrolýzy močoviny a omezení ztrát amoniaku z aplikovaného hnojiva, následně tak pro zvýšení příjmu dusíku a výnosu plodin. Používáním NBPT je možné také předcházet negativnímu dopadu toxicity amoniaku a nitritů na klíčivost semen a následné vzcházení, ke kterému může docházet v případě rychlé hydrolýzy močoviny aplikované při seti (Wang et al. 1995; Malhi et al. 2003; Watson et al. 2008). Největší efekt inhibitoru ureasy nastává v situaci, kdy povrchově aplikovaná močovina hydrolyzuje a není posunuta do půdního profilu srážkami ani jinak zapravena do půdy (Chen 2008). NBPT je účinný v inhibici hydrolýzy močoviny i při nízkých koncentracích a redukuje míru hydrolýzy močoviny u řady typů půd, a to až po dobu 14-ti dnů (Carmona et al. 1990; Watson et al. 1994; Vittory et al. 1996; Trenkel 1997). Nicméně jeho účinnost se snižuje při vysokých teplotách a na půdách, kde jsou ponechány rostlinné zbytky (Carmona et al. 1990; Wang et al. 2001).



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mnoha pokusy bylo prokázáno, že inhibitor NBPT má příznivý vliv na emise amoniaku z močoviny, které snižuje až o 70 %, a to jak u travních porostů, tak i na orné půdě (DEFRA 2006; Watson et al. 2008).

Watson et al. (1994) sledovali schopnost inhibitoru ureasy NBPT omezit volatilizaci NH_3 při společné aplikaci s močovinou na povrch půdy. Jejich výsledky ukazují, že inhibitor NBPT má významný vliv na snížení volatilizace amoniaku při aplikaci močoviny a je účinný již při nízkých koncentracích (0,01 %). Ztráty amoniaku z aplikované močoviny bez přídavku NBPT byly v rozmezí 5,8 – 38,9 % aplikovaného dusíku a působení inhibitoru ureasy snižovalo únik amoniaku o 54,4 – 99,4 %, v závislosti na vlastnostech půdy. Největší schopnost snížení volatilizace amoniaku se projevila na půdě s nízkým obsahem organické hmoty a s vysokým pH. Soares et al. (2012) porovnávali emise z různě upravené močoviny za řízených podmínek. Emise z neupravené močoviny dosahovaly 28 - 27 % aplikovaného N a nejintenzivnější byly třetí den po aplikaci. Přídavek inhibitoru ureasy NBPT snížil celkové emise amoniaku za sledované období (19 dní) o 54 – 78% ve srovnání s obyčejnou močovinou.

Z našich inkubačních modelových pokusů s hnědozemí (hlinitá, pH KCL= 6,7) vyplývá, že inhibitor ureasy NBPT (3 ml Stabiluren/1 kg močoviny) aplikovaný s močovinou (= $\text{UREA}^{\text{stabil}}$) na povrch půdy měl průkazný vliv na omezení úniku amoniaku z půdy. Při teplotě 26 °C byly emise amoniaku ve srovnání s močovinou po 2 dnech nižší v průměru o 89 %, po 4 dnech o 84 %, po 7 dnech o 69 % a po 14 dnech o 52 %. Při použití hnojiva DAM snížil přídavek inhibitoru NBPT (2 ml Stabilurenu/1l DAMu) emise amoniaku po 2 dnech o 52 %, po 4 dnech o 63 %, po 7 dnech o 57 % a po 14 dnech o 13 %. K dalšímu snížení ztrát NH_3 přispěla lokální aplikace DAMu se Stabilurenem. Na písčitohlinité půdě (kambizem, pH KCL= 5,5) byl zjišťován vliv přídavku inhibitoru ureasy (hnojivo $\text{UREA}^{\text{stabil}}$) a inhibitoru nitrifikace (ALZON) ve srovnání s močovinou na emise amoniaku. Při teplotě 10 °C byly emise NH_3 u hnojiva $\text{UREA}^{\text{stabil}}$ po 7 dnech nižší o 99 % a po 14 dnech o 97 %, zatímco u hnojiva ALZON byly po 7 dnech o 66 % vyšší a po 14 dnech o 78 % než u močoviny. Při teplotě 28 °C byly emise NH_3 u hnojiva $\text{UREA}^{\text{stabil}}$ po 7 dnech nižší o 65 % a po 14 dnech o 29 %, zatímco u hnojiva ALZON byly po 7 dnech o 201 % a po 14 dnech o 195 % vyšší než u močoviny. Pokud byla k inkubované zemině před aplikací hnojiv přidána drcená sláma



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

simulující posklizňové zbytky došlo u samotné močoviny po dvou týdnech k nárůstu emisí o 12-15% ve srovnání se samotnou zeminou s hnojivem. Při použití inhibitorů k močovině naopak k poklesu - u inhibitoru nitrifikace o 40-35%, u inhibitoru ureasy téměř o 50%. Z výsledků polních pokusů vyplynulo, že používání inhibitoru ureasy s močovinou je nejvhodnější v prvních jarních dávkách hnojení z důvodu nízkých teplot, kdy je delší doba účinnosti inhibitoru ureasy.

4.4. Lokální aplikace minerálních hnojiv a její uplatnění při omezování znečišťování vod a ovzduší

Z výsledků našich polních pokusů vyplývá, že při lokální podpovrchové aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv do míst s následným prokořeněním je vyšší využití dusíku rostlinami než při plošné aplikaci, ale celkový odběr dusíku může být přibližně stejný, neboť po plošné aplikaci se zřejmě zpřístupní více dusíku v důsledku intenzivnější mineralizace půdní organické hmoty. Podpovrchová lokální aplikace minerálních hnojiv se u nás nejvíce používá při seti kukuřice a sázení brambor. V případě lokální aplikace dusíkatých hnojiv platí zásada, že čím je hnojivo uloženo blíže k osivu nebo sadbě, tím vhodnější a bezpečnější je použití močoviny s inhibitorem ureasy (UREA^{stabil}), při jejíž aplikaci se minimalizuje riziko poškození klíčících rostlin (viz předcházející kapitola).

Lokální aplikace hnojiv ke kukuřici

Z výsledků pokusů s plošnou a lokální aplikací hnojiva UREA^{stabil} při seti kukuřice vyplývá, že odběr dusíku z tohoto hnojiva při plošné aplikaci a následném zapravení do povrchové vrstvy půdy byl významně nižší než při aplikaci do pásků po obou stranách řádku nebo při aplikaci 5 cm vedle řádku a 5 cm pod osivo. Podíl dusíku z minerálního hnojiva na celkovém odběru N u plošné aplikace činil jen necelých 21 %, zatímco u lokálních aplikací 25 – 26 %. Využití dusíku z hnojiv rostlinami při různém způsobu hnojení činilo při plošné aplikaci 58 %, zatímco u ostatních způsobů aplikace bylo vyšší a velice vyrovnané (72 – 74 %). U všech variant bylo v roce 2013 zjištěno o 6 – 10 % vyšší využití dusíku než v sušším



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

roce 2012. Pouze při aplikaci za vegetace spolu s plečkováním dosáhl meziroční nárůst téměř 16 %, k čemuž přispělo jak větší množství srážek (obdobné u všech variant hnojení), ale také provzdušnění půdy plečkováním spojeným s rozrušením povrchové krusty a zapravení hnojiv do větší hloubky. Rozdíl mezi plošnou a lokální podpovrchovou aplikací byl výrazný a stat. průkazný i u odběru dusíku z minerálních hnojiv zrnem. Při plošné aplikaci bylo zjištěno využití dusíku z hnojiv pouze 27% a u lokálních způsobů hnojení 36 – 37%). Příznivé vláhové podmínky v půdě v roce 2013 se kromě vysokého využití N z aplikovaných minerálních hnojiv rostlinami (více než 70%) projeví také velmi nízkým obsahem residuálního dusíku v půdě po sklizni kukuřice (do 20kg N_{min}/ha do hloubky 0,6m). Na rozdíl od suššího roku 2012 nebyly zjištěny vyšší koncentrace minerálního dusíku ani v místech aplikace hnojiv. Tyto výsledky byly potvrzeny také při odběrech vzorků půd na provozních honech zemědělských podniků (listopad 2013), kdy průměrný obsah nitrátového dusíku v půdě do hloubky 0,6m byl 51kg N/ha (v roce 2012: 87kg N/ha).

Lokální aplikace hnojiv k bramborám

Při pěstování brambor v České republice je ve specializovaných podnicích uplatňován intenzivní způsob pěstování brambor založený na technologii odkameňování půdy před sázením. Tato technologie přispěla ke zlepšení kvality sklízených brambor, ale vzhledem k prokypření půdy se současně projevila také větší intenzitou mineralizačních a nitrifikačních procesů v půdě, a to především v době, kdy rostliny nemohou uvolněné živiny plně využít. Před sázením brambor jsou často aplikovány vysoké dávky dusíkatých minerálních hnojiv 60 – 120kg N/ha, přičemž rostliny mohou tento dusík přijímat nejdříve za 4 – 6 týdnů. Přitom kromě minerálních hnojiv jsou k bramborám aplikována také statková hnojiva. Vzhledem k dobrému provzdušnění a prohřívání půdy dochází k intenzivnější mineralizaci organických látek v půdě a k následné tvorbě nitrátového dusíku, jehož množství v půdě před začátkem příjmu rostlinami často dosahuje hodnot 150 - 200kg N/ha a nejsou výjimkou vyšší hodnoty zejména po aplikaci vyšších dávek statkových hnojiv v kombinaci s plošnou aplikací dusíkatých minerálních hnojiv před sázením brambor. Přitom v této době nejsou výjimečné intenzivní srážky, po kterých může docházet ke znečištění povrchových a podzemních vod nitráty. Tvorbu nitrátů v půdě je možné významně omezit lokální aplikací hnojiv při sázení



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

brambor. Přestože lokální aplikace snižuje množství nitrátů v půdě, vzniká v období od hnojení do intenzivního příjmu dusíku rostlinami (2 měsíce i déle) značné riziko vyplavování nitrátů do spodních vrstev půdy. Proto je na lehčích promyvných půdách žádoucí dělená aplikace dusíkatých minerálních hnojiv, která vychází ze snížení dávky dusíkatého hnojiva při sázení brambor na 60 – 80kg N/ha a z přihnojení 20 – 40kg N/ha po vzejití brambor (např. lokální aplikace kapalných dusíkatých hnojiv do hrůbku nebo přihnojení na list během vegetace rostlin 6 – 7% roztokem močoviny v kombinaci s postřikem pesticidy). Dělení celkové dávky dusíku se doporučuje především při intenzitě hnojení nad 100kg N a při časném sázení brambor. Riziko vyplavování nitrátů z půdy a následné znečištění vodních zdrojů lze také snížit použitím dusíkatých hnojiv s inhibitory nitrifikace při sázení brambor.

Použití dusíkatých hnojiv s inhibitory nitrifikace (ALZON, ENTEC, ENSIN apod.) při aplikaci před sázením nebo při sázení brambor omezuje tvorbu nitrátů v půdě během následujících 3 – 6 týdnů. Vzhledem k tomu je možné aplikovat tato hnojiva ve vyšších jednorázových dávkách (např. 100 – 120kg N/ha). Hnojiva s inhibitory nitrifikace nejsou vhodná pro aplikaci na povrch půdy bez následného zapravení a pro lokální aplikaci do těsné blízkosti hlíz (minimálně 5cm od hlízy a do větší hloubky než hlíza). Použití dusíkatých hnojiv s inhibitory ureázy (UREA^{stabil}, DAM + Stabiluren apod.) je vhodné pro lokální aplikaci při sázení brambor, a to zejména při možném kontaktu hnojiva s hlízami nebo při umístění hnojiva do blízkosti hlíz (5 cm a méně), kde dochází vzhledem k lepšímu vodnímu režimu k vyššímu využití dusíku z hnojiva. Kelling et al. (2011) uvádějí, že pozitivní vliv inhibitoru nitrifikace na výnos či kvalitu hlíz brambor není obecně jednoznačný. V pokusech dospěli i k opačným výsledkům, a to ve třech letech ze šesti. Negativní vliv přídatku inhibitoru nitrifikace spočívá zejména v nepříznivé hodnotě pH vyvolané zvýšenou koncentrací amonných iontů a jejich tzv. toxicitě vůči klíčícím hlízám, což vede k opoždění vzcházení rostlin. Významnost tohoto jevu stoupá s přiblížením aplikovaného hnojiva k sadbě. Nepříznivý vliv na klíčení a vyrovnanost vzcházení brambor může mít také síran amonný při aplikaci v blízkosti hlíz. Naopak močovinu s inhibitorem ureasy je možné aplikovat do těsné blízkosti hlíz nebo v menších dávkách přímo k hlízám, neboť inhibitor ureasy NBPT zpomaluje přeměnu močoviny na amonné ionty, čímž dochází jen k pozvolnému nárůstu koncentrace amonných iontů, příp. také nitritů, v okolí sadby, což eliminuje negativní dopad



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

toxicity amoniaku a nitritů na klíčivost a následné vzcházení rostlin, jak dokládá řada publikovaných prací (Karamanos et al. 2004, Malhi et al. 2003 a další –viz předcházející kapitola). Přídavek inhibitoru nitrifikace k hnojivům s amoniakální či amidickou formou dusíku má i přes možné nepříznivé vlivy své opodstatnění zejména na hlinitopísčitých promyvných půdách, na nichž se v ČR brambory často pěstují. Negativní dopady na vzcházení rostlin lze eliminovat vhodným uložením hnojiva. V našem případě byla hnojiva aplikována ve vzdálenosti 0,10 – 0,12m od hlízy, při které nebyly po aplikaci močoviny s inhibitorem nitrifikace ani síranu amonného pozorovány rozdíly ve vzcházení rostlin oproti ostatním variantám pokusu.

Při pěstování brambor bez závlahy má zejména v sušších letech opodstatnění vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku, který může zachytit 15 – 20% vody z dešťových srážek. Takto zadržaná voda se vsakuje do hrůbku do prostoru kořenového systému rostlin a má příznivý vliv na zlepšení vodního režimu v hrůbku a využití živin z lokálně uložených minerálních hnojiv rostlinami. Zvýšení stability půdní vlhkosti v hrůbku v období přisušků a nízkých srážek přispívá ke zvýšení výnosů hlíz zejména v sušších letech při nepravidelných srážkách včetně krátkodobých intenzivních dešťů střídajících se s opakovanými přisušky. Vzhledem k zadržení většího množství srážkové vody v hrůbku je vhodné zejména ve vlhčích oblastech k hnojení při sázení brambor použít dusíkaté hnojivo s inhibitorem nitrifikace.

Z výsledků našich víceletých pokusů vyplývá, že využití dusíku z lokálně aplikovaných hnojiv rostlinami bramboru zjištěné s využitím izotopu ^{15}N dosahovalo v průměru pěti let 59 %, nejvíce v roce 2011 (69 %) a nejméně v roce 2008 (44 %). Přitom největší využití N bylo zjištěno po aplikaci síranu amonného (62 %) a hnojiva UREA^{stabil} (61 %). U močoviny s inhibitorem ureázy byla efektivnost hnojení vyšší (61 %) než při použití inhibitoru nitrifikace (56 %). Vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku se významně projevil jen v sušším roce 2008, kdy došlo ke zvýšení využití N rostlinami u močoviny s inhibitorem ureázy z 33 % na 44 % a u močoviny s inhibitorem nitrifikace ze 40 % na 48 % ve srovnání s klasickým hrůbkem. Příjem dusíku z aplikovaných minerálních hnojiv ve srovnání s ostatními zdroji (hnůj, N z půdní zásoby apod.) se podílel na celkové výživě brambor dusíkem v průměru jen přibližně z jedné třetiny (v roce 2008:27%, v letech 2009 – 11:33 – 34% a v roce 2012:38%). I tento malý podíl dusíku z testovaných minerálních hnojiv odebraný rostlinami se však projevil



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

významným zvýšením výnosů hlíz brambor oproti nehnojené kontrole: v roce 2008 o 20%, 2009 o 31%, 2010 o 38%, 2011 o 49% a v roce 2012 o 30%.

Přednosti podpovrchové lokální aplikace hnojiv ve srovnání s plošnou při hnojení zemědělských plodin lze obecně shrnout do následujících bodů :

- většinou vyšší využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami než po plošné aplikaci,
- bezprostřední dostupnost živin kořeny rostlin,
- menší závislost využitelnosti živin rostlinami na povětrnostních podmínkách,
- omezení imobilizace živin půdními mikroorganismy (zejména N a P),
- pozvolnější hydrolýza močoviny z aplikovaných hnojiv a nižší ztráty volatilizací amoniaku,
- omezení ztrát únikem amoniaku po aplikaci dusíkatých hnojiv s amonným dusíkem,
- pomalejší nitrifikace amonného dusíku z hnojiv a nižší ztráty vyplavením nitrátů,
- možnost efektivního používání inhibitorů ureázy a nitrifikace (nižší spotřeba, vyšší účinnost a delší doba působení),
- v kombinaci s inhibitory nitrifikace a ureázy je možné regulovat tvorbu některých forem dusíku a tím zlepšit metabolismus dusíku v rostlině a omezit ztráty N do vod a ovzduší,
- pokrytí potřeby výživy rostlin ozimé pšenice dusíkem do konce odnožování,
- omezení odběru živin plevely a snížení jejich konkurenceschopnosti s pěstovanou plodinou,
- možnost společné aplikace mikroprvků s makroprvky a vytvoření vhodné půdní reakce pro jejich příjem rostlinami,
- lepší využití fosforu a stopových prvků na karbonátových půdách,
- možnost společné aplikace hnojiv s biologicky aktivními látkami nebo se systémovými pesticidy,
- u ozimů posunutí regenerační dávky dusíku do pozdějšího období, kdy nedochází k poškození fyzikálního stavu půdy přejezdem aplikační techniky.

Vzhledem k tomu, že v povrchové vrstvě půdy u půdoochranných technologií ve větší míře než u orby konkurují pěstovaným rostlinám ve využití dusíku půdní mikroorganismy a



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

plevele je vhodnější při zakládání porostů aplikovat hnojiva lokálně podpovrchově než klasicky na povrch půdy. Podpovrchová aplikace hnojiv omezuje ztráty volatilizací amoniaku a imobilizaci dusíku díky tomu, že hnojivo je umístěno pod vrstvu rostlinných zbytků a je omezen kontakt hnojiva, půdních mikroorganismů a rozkládaných zbytků (Malhi et al. 2001). Randall et al. (1997) uvádějí, že podpovrchovou aplikací dusíkatých hnojiv je omezen kontakt hnojiva s mikroorganismy, které se hojně vyskytují na povrchu posklizňových zbytků. Tento způsob aplikace snižuje imobilizaci N z hnojiva a zvyšuje jeho využití rostlinami až o 20% oproti povrchové aplikaci. Také během vegetace rostlin je vhodné u těchto technologií aplikovat dusíkatá hnojiva lokálně (aplikační trubice, systém CULTAN, makrogranule apod.), aby pokrývala co nejmenší plochu půdy s posklizňovými zbytky. Rice a Smith (1984) s využitím izotopu ^{15}N zjistili mnohem vyšší rychlost imobilizace dusíku z povrchově aplikovaných hnojiv na neoraných půdách než na oraných. Aplikací DAMu do pásů či velkými kapkami na povrch půdy dochází k výraznému omezení volatilizace ve srovnání s plošným postřikem, což se projevuje i nárůstem výnosu plodin (Touchtone a Hargrove 1982).



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5. Uplatnění nových hnojiv a inovovaných postupů ve výživě rostlin v pěstebních technologiích

Inovované postupy ve výživě rostlin s uplatněním nových hnojiv mohou přinést celkový efekt jen když se stanou součástí celé pěstební technologie. V posledních letech jsme ověřili a uplatnili v zemědělské praxi následující nové technologické postupy: setí a hnojení zemědělských plodin s aplikací hnojiva k osivu, hnojení kapalnými dusíkatými hnojivy s využitím stabilizátoru dusíku StabilureN, podpora slabších porostů ozimé řepky podzimním přihnojením hnojivem UREA^{stabil}, odrudové pěstební technologie ozimé pšenice pro sušší oblasti.

5.1 Nový technologický postup při setí a hnojení zemědělských plodin s aplikací hnojiva k osivu

Cílem technologie je s využitím nového postupu ve srovnání s postupy dosud používanými snížit náklady na zakládání porostů a hnojení zemědělských plodin, zvýšit efektivnost hnojení a stabilizovat výnosy a kvalitu produkce pěstovaných plodin. Jedná se především o následující nové postupy při zakládání porostů zemědělských plodin: aplikace hnojiva UREA^{stabil} k osivu do seťového lůžka při plošném setí do pásů, aplikace hnojiva UREA^{stabil} k osivu do seťového lůžka při klasickém setí do řádků, aplikace hnojiva UREA^{stabil} k hlízám při sázení brambor. Technologie vznikla ve spolupráci s českými firmami Farmet, a.s. a AGRA GROUP, a.s. a v roce 2010 byla na veletrhu zemědělské techniky TECHAGRO oceněna hlavní cenou „Grand Prix“ za nový technologický postup při zakládání porostů zemědělských plodin s aplikací originálního českého hnojiva UREA^{stabil} přímo k osivu při setí do pásů.

Technologie je založena na aplikaci nového stabilizovaného dusíkatého hnojiva UREA^{stabil} (popř. v kombinaci s menšími dávkami jiných minerálních hnojiv) přímo k osivu a k sadbě při zakládání porostů zemědělských plodin. Originální české hnojivo UREA^{stabil} je močovina s inhibitorem ureasy NBPT a na rozdíl od klasické močoviny a dalších hnojiv může být při



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

setí a sázení aplikováno v dávkách 20 – 80 kg N/ha přímo k osivu a sadbě při minimálním riziku poškození klíčících a vzcházejících rostlin. Působení inhibitoru ureasy NBPT inhibuje přeměnu močoviny na amonné ionty, čímž dochází k pozvolnějšímu nárůstu koncentrace amonných iontů a případně také nitritů v okolí semen. Takto je možné používáním NBPT předcházet negativnímu dopadu toxicity amoniaku a nitritů na klíčivost semen a následné vzcházení rostlin. Bezpečnou dávku hnojiva aplikovanou k osivu nebo sadbě dané plodiny lze určit na základě vybraných vlastností půdy (aktuální obsah amonného N, vlhkost půdy, kationtově výměnná kapacita, pH, aktivita enzymu ureázy atd.) a předpokládaných povětrnostních podmínek po aplikaci hnojiva, což představuje know how autorů technologie. Největší uplatnění této technologie lze předpokládat při zakládání porostů jarního ječmene a jarní pšenice s aplikací celé nebo převažující dávky dusíku v UREA^{stabil} k osivu při plošném setí do pásů (např. secím strojem Excelent Premium od české firmy Farmet a.s.), a to zejména na neoraných půdách s posklizňovými zbytky na povrchu a v oblastech s častými jarními přísušky, kde běžně používaná plošná aplikace hnojiv na povrch půdy nepřináší požadovaný efekt. Hnojivo je směřováno s osivem hned za dávkovači a následně je společně vedeno hadicovými semenovody k secím radličkám a ukládáno do širokých pásů. Tento systém zcela eliminuje případné ucpávání hadicových semenovodů hnojivem, které se často vyskytuje u konvenčních secích strojů s přihnojovacím systémem s oddělenými hadicemi pro aplikaci osiva a hnojiva. Porosty zemědělských plodin (jarní ječmen, jarní a ozimá pšenice apod.) založené touto technologií vykazují lepší vyrovnanost a vyšší meziročníkovou stabilitu výnosů a kvalitativních parametrů zrna. Ve srovnání s dosud používanými postupy má značné ekonomické a ekologické přínosy (snížení počtu přejezdů po poli, snížení nákladů na založení a hnojení porostů zemědělských plodin, snížení ztrát dusíku z aplikovaných hnojiv a s tím související omezení rizika znečištění vod a ovzduší apod.). Vzhledem k uvedeným přínosům a eliminaci rizik při aplikaci UREA^{stabil} k osivu a sadbě lze uplatňovat v zemědělské praxi následující nové technologické postupy při hnojení rostlin:

- aplikace hnojiva UREA^{stabil} k osivu do set'ového lůžka při plošném setí do pásů,
- aplikace UREA^{stabil} k osivu do set'ového lůžka při klasickém setí do řádků,
- aplikace UREA^{stabil} přímo k hlízám při sázení brambor.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5.2. Technologie hnojení kapalnými dusíkatými hnojivy s využitím stabilizátoru dusíku StabilureN

Cílem technologie je s využitím přípravku StabilureN při hnojení kapalnými dusíkatými hnojivy (DAM, SAM, AmisaN, LOVODAM, roztoky močoviny apod.) zvýšit efektivnost hnojení dusíkem, omezit znečišťování ovzduší a snížit rizika poškození rostlin při aplikaci uvedených hnojiv.

StabilureN obsahuje minimálně 20 % inhibitoru ureasy NBPT, který stabilizuje močovinu obsaženou v kapalných dusíkatých hnojivech, inhibuje její rozklad, omezuje ztráty dusíku po aplikaci a snižuje rizika poškození rostlin. Při společné aplikaci kapalných dusíkatých hnojiv s přípravkem StabilureN ve srovnání s běžně používanou aplikací hnojiv bez StabilureNu jsou působením inhibitoru ureasy eliminovány ztráty dusíku únikem amoniaku, vytvořeny lepší předpoklady pro transport nerozložené močoviny ke kořenům rostlin, omezeny negativní vlivy rozkladu močoviny (toxicita NH_3 , NO_2^-) na klíčení a vzcházení rostlin. Například při aplikaci StabilureNu v kombinaci s kapalným dusíkatým hnojivem DAM 390 může být po dobu efektivní účinnosti inhibitoru ureasy (zpravidla 5 – 14 dní v závislosti na teplotě vzduchu) po srážkách 50 – 75 % dusíku (nitrátová forma + nehydrolyzovaná močovina) transportováno ke kořenům rostlin, zatímco u klasického DAMu se po 2 - 4 dnech nachází převážná část dusíku v málo pohyblivé amonné formě, která zůstává na povrchu půdy a může být zdrojem ztrát dusíku únikem amoniaku. StabilureN se do kapalných dusíkatých hnojiv přidává nejlépe přímo do postřikovače bezprostředně před aplikací. StabilureN lze po předchozí zkoušce mísitelnosti aplikovat společně s běžnými přípravky na ochranu rostlin. Vzhledem k uvedeným přínosům a eliminaci rizik při společné aplikaci kapalných N-hnojiv s přípravkem StabilureN je možné uplatňovat v zemědělské praxi následující nové technologické postupy při hnojení rostlin:

- povrchová lokální aplikace hnojiv pomocí aplikačních trubic v porostech zemědělských plodin, zejména ozimé pšenice,
- podpovrchová lokální aplikace vyšších dávek dusíku při tzv. „hnojení pod patu“ při zakládání porostů zemědělských plodin,



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- aplikace vyšších dávek dusíku na povrch půdy při zakládání porostů zemědělských plodin a při přihnojení ozimů na začátku jarní vegetace rostlin ,
- aplikace kapalných dusíkatých hnojiv postřikem k hlízám nebo přímo na hlízy při sázení brambor,

Povrchová lokální aplikace hnojiv pomocí aplikačních trubic v porostech zemědělských plodin, zejména ozimé pšenice

Povrchová lokální aplikace kapalných dusíkatých hnojiv pomocí aplikačních trubic omezuje ve srovnání s plošnou aplikací postřikem kontaktní plochu hnojiva s rostlinou, půdou a posklizňovými zbytky. Čím více posklizňových zbytků s širším poměrem C:N zůstává po předplodině u půdoochranných technologií zpracování půdy na jejím povrchu nebo v její povrchové vrstvě, tím větší je efekt lokální povrchové aplikace kapalných hnojiv pomocí aplikačních trubic. U půdoochranných technologií s posklizňovými zbytky na povrchu půdy je větší obsah enzymu ureasy v povrchové vrstvě půdy a dochází k větší imobilizaci dusíku z plošně aplikovaných hnojiv, k větším ztrátám dusíku z hnojiv volatilizací amoniaku apod. Přídavek StabilureNu do kapalných dusíkatých hnojiv obsahujících močovinu omezuje ztráty dusíku únikem amoniaku po aplikaci na půdu a jeho hlavní přínos spočívá v tom, že po dobu 1 – 2 týdnů inhibuje rozklad močoviny, která může být po srážkách spolu s nitrátovou formou dusíku obsaženou v hnojivu transportována ke kořenům rostlin. Z aplikační trubice, které jsou většinou instalovány na postřikovače ve vzdálenosti 25 cm (např. od výrobce Agrio Kremže), hnojivo vytéká přímo na povrch půdy nebo je aplikováno ve formě velkých kapek. Tento technologický postup hnojení přináší největší efekt v návaznosti na zakládání porostů obilnin plošným výsevem (např. secí stroje Horsch Concord, Horsch Sprinter, EXCELENT Premium apod.), kde je osivo vyséváno plošně do pásu o šířce 15 cm a mezi pásy je 10 cm mezera, ve které se ve vzrostlém porostu pohybují aplikační trubice. Vhodný je také do porostů se vzdáleností řádků 12,5 cm, 25 cm apod. Při jiné vzdálenosti řádků je nutné věnovat větší pozornost pojezdové rychlosti, aby trubice nevyjížděly z porostu a nedošlo k jeho popálení. Při aplikaci kapalných dusíkatých hnojiv spolu se StabilureNem pomocí aplikačních trubic je ve srovnání s aplikací postřikem významně omezeno riziko popálení porostů obilnin zejména v pozdějších fázích vegetace, poškození zdraví zvířat apod. a dusík aplikovaný tímto



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

způsobem působí jako pozvolně působící hnojivo. Proto lze takto aplikovat např. v systému hnojení ozimé pšenice méně dávek dusíkatých hnojiv s vyšším množstvím dusíku (60 – 120kg N/ha) bez negativních vlivů na strukturu porostu, zdravotní stav rostlin a kvalitu zrna. Doporučená dávka StabilureNu pro aplikaci kapalných dusíkatých hnojiv je 180 – 220 ml na 100 l hnojiva (např. DAM), přičemž vyšší dávku je třeba použít při teplotách vzduchu nad 15 °C a při ponechání posklizňových zbytků na povrchu půdy. Technologie vznikla ve spolupráci firem AGRIO MZS, s.r.o., Farnet, a.s., AGRA GROUP, a.s., a VÚRV, v.v.i. a v roce 2010 byla oceněna hlavní cenou „Zlatý klas“ na mezinárodní zemědělské výstavě Země živitelka.

Podpovrchová lokální aplikace vyšších dávek dusíku při tzv. „hnojení pod patu“ při zakládání porostů zemědělských plodin

Při lokální podpovrchové aplikaci kapalného hnojiva DAM 390 a obdobných kapalných dusíkatých hnojiv v kombinaci se StabilureNem pod osivo (tzv. „hnojení pod patu“) nebo do řádku vedle řádku s osivem při zakládání porostů zemědělských plodin je ve srovnání s použitím samotného DAMu minimalizováno riziko poškození klíčků a kořínků klíčících rostlin. Kromě toho může být při použití StabilureNu aplikována vyšší dávka hnojiva a hnojivo může být umístěno v menší vzdálenosti od osiva. V důsledku působení inhibitoru ureasy je inhibován po určitou dobu v závislosti na teplotě a vlastnostech půdy rozklad močoviny obsažené v použitých kapalných dusíkatých hnojivech. Rozklad močoviny je pak pozvolný a tím je omezen vznik vyšší koncentrace amoniaku a nitritů, které mohou poškodit klíčící rostliny. Při podpovrchové lokální aplikaci kapalného hnojiva DAM v dávce 20 – 60kg N/ha je doporučováno 150 – 200ml StabilureNu /100l hnojiva, přičemž vyšší dávku je třeba použít při teplotě půdy nad 15 °C, při setí do suché půdy, při aplikaci hnojiva ve vyšší dávce nebo v menší vzdálenosti od osiva než 2 cm, po organickém hnojení nebo při větším množství posklizňových zbytků v půdě.

Aplikace vyšších dávek dusíku na povrch půdy při zakládání porostů zemědělských plodin a při přihnojení ozimů na začátku jarní vegetace rostlin



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Aplikace kapalných dusíkatých hnojiv s obsahem močoviny s přídatkem StabilureNu na povrch půdy snižuje ve srovnání se samotnými hnojivy ztráty únikem amoniaku a vytváří lepší předpoklady pro transport dusíku do prokořeněného půdního profilu. To přináší efekt zejména při aplikaci postřikem na povrch půdy kapalného hnojiva DAM + StabilureN v kombinaci s půdními herbicidy po zasetí kukuřice. Dávka dusíku se většinou pohybuje od 60 do 120kg N/ha a dávka StabilureNu od 200 do 250ml/100l DAMu, přičemž vyšší dávku StabilureNu je třeba použít při teplotě vzduchu nad 15 °C, po organickém hnojení ke kukuřici a při půdoochranném zpracování půdy. Při přihnojení ozimé řepky a ozimé pšenice kapalnými dusíkatými hnojivy s přídatkem StabilureNu na začátku jarní vegetace rostlin se doporučuje používat kromě aplikačních trubic také 3-otvorové, popř. 5-otvorové damové trysky, a to zejména u bezorebných technologií zpracování půdy. Doporučená dávka dusíku se většinou pohybuje od 60 do 100kg N/ha a dávka StabilureNu od 180 do 220ml/100l DAMu, přičemž vyšší dávku StabilureNu je třeba použít při teplotě vzduchu nad 15°C a u bezorebných systémů zpracování půdy. Vyšší dávky dusíku na začátku jarní vegetace rostlin přináší největší efekt v oblastech s častými jarními přísušky a po víceletém hospodaření na půdě bez orby s ponecháním posklizňových zbytků na povrchu nebo v povrchové vrstvičce půdy. Kapalná dusíkatá hnojiva s obsahem močoviny a s přídatkem StabilureNu není vhodné aplikovat na rostliny poškozené mrazem, herbicidy nebo na velmi slabé rostliny a zároveň není vhodné hnojit ve dnech, kdy klesá teplota vzduchu pod bod mrazu.

Aplikace kapalných dusíkatých hnojiv postřikem k hlízám nebo přímo na hlízy při sázení brambor

Při aplikaci kapalného hnojiva DAM 390 a obdobných kapalných dusíkatých hnojiv v kombinaci se StabilureNem postřikem k hlízám nebo přímo na hlízy při sázení brambor je ve srovnání s použitím samotného DAMu omezeno riziko poškození hlíz, klíčků a kořínků klíčících rostlin. Kromě toho může být při použití StabilureNu aplikována vyšší dávka hnojiva. V důsledku působení inhibitoru ureasy je inhibován po určitou dobu v závislosti na teplotě a vlastnostech půdy rozklad močoviny obsažené v kapalných dusíkatých hnojivech. Přitom nerozložená močovina nemá zpravidla nepříznivý vliv na hlízy brambor, klíčky a kořínky klíčících rostlin. Rozklad močoviny v použitých kapalných dusíkatých hnojivech



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

s přídatkem StabilureNu je pozvolný a tím je omezen vznik vyšší koncentrace amoniaku a nitritů, které mohou poškodit klíčící rostliny. Při aplikaci kapalného hnojiva DAM k hlízám brambor se doporučuje při dávce do 100 litrů/ha přidat 150ml StabilureNu /100 l hnojiva, při dávce 100 – 150 l/ha přidat 180 ml/100 l hnojiva a při dávce 150 – 200l DAM/ha 220ml StabilureNu/100l hnojiva. Při aplikaci kapalného hnojiva DAM přímo na hlízy se dávka StabilureNu zvyšuje o 10%. Dávka StabilureNu se dále zvyšuje o 10 % po organickém hnojení k bramborám (hnůj, zelené hnojení, zapravení slámy apod.). Při dávce hnojiva postřikem na hlízy brambor vyšší než 100 l/ha je nutné brát v úvahu různou náchylnost odrůd brambor k poškození hlíz. Při aplikaci postřikem na hlízy je možné kombinovat použití hnojiv s pesticidy. Nedoporučuje se uplatňovat na naklíčené hlízy nebo na hlízy po odstranění klíčků. Ve srovnání s lokální aplikací kapalných dusíkatých hnojiv po stranách hlíz (ve vzdálenosti 10 – 15 cm od středu hlízy) při sázení brambor, uplatňovanou v posledních letech do zemědělské praxe, navržený technologický postup snižuje náklady na provoz a zvyšuje výkonnost sazeče při sázení brambor.

5.3. Podpora slabších porostů ozimé řepky podzimním přihnojením hnojivem

UREA^{stabil}

Při plánovaných výnosech semen okolo 4 t/ha a více je třeba již v podzimním období vytvořit silný porost řepky, který do zimy odebere podle pěstované odrůdy minimálně 60 – 80 kg N/ha, na jaře rychle regeneruje a vytváří výkonný listový aparát. Hlavní předností hnojení řepky během podzimní vegetace je možnost reagovat na skutečný stav rostlin. Při dostatečné výživě rostlin dusíkem se zvyšuje rychlost fotosyntézy, což má příznivý vliv na lepší růst nadzemní části rostlin, ale i kořenů, kde je ukládáno větší množství vytvořených zásobních látek potřebných pro dobré přezimování rostlin a rychlý růst na začátku jarní vegetace. Pro hnojení slabých porostů do 4. listu během měsíce září jsou zpravidla nejvhodnější ledky (např. LAV, LAD), zatímco při pozdějším hnojení v průběhu října je vhodná močovina aplikovaná před deštěm nebo při nejistých srážkách hnojivo UREA^{stabil}, ale i u něj je třeba, aby min. 5 mm srážek přišlo nejlépe do 2 týdnů. Při aplikaci hnojiv na bázi močoviny ulpívá část granulek na listech, ze kterých může být po rozpuštění dusík přijímán formou listové výživy,



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

což se příznivě projeví zejména při nedostatku srážek. Přihnojení dusíkem vyžadují především porosty, u kterých se během podzimního růstu projevují nedostatky této živiny (žloutnutí spodních listů, fialovění listů, zpomalení růstu rostlin s malou listovou plochou). Většinou je dostačující dávka do 40kg N/ha, která musí spolu s termínem aplikace odpovídat platné legislativě pro danou oblast. Z našich dlouhodobých zkušeností s podzimním přihnojováním řepky dusíkem vyplývá, že největší výnosový efekt nastává při hnojení řepky s příznaky nedostatku N nebo při pozdním setí, při následném pozdějším a rychlém nástupu jara s nízkými srážkami a časně sklizni. Na podzimní přihnojení (zejména pozdější během října) lépe reagují odrůdy tolerantní k pozdějšímu termínu setí než odrůdy určené pro časně výsevy.

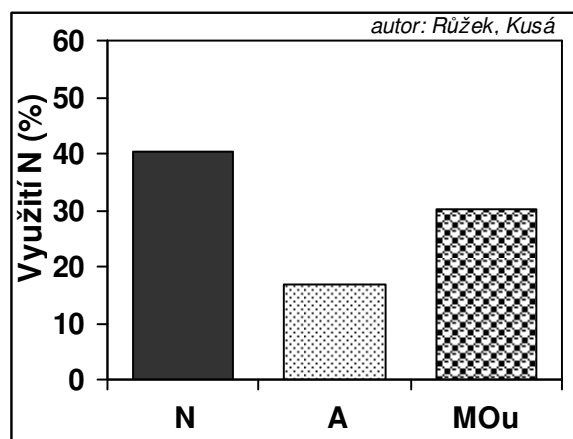
Při hnojení řepky v průběhu měsíce října je třeba, aby se převážná část dusíku po srážkách dostala ke kořenům rostlin, což umožňuje v půdě pohyblivá amidická forma N a přitom se před zimou výrazněji nezvýšil příjem nitrátů rostlinami, k čemuž by došlo například po hnojení ledky. Vzhledem k dosud teplé půdě a stále vysoké aktivitě enzymu ureázy se dusík z močoviny v půdě poměrně rychle přeměňuje na amonnou formu, která je přijímána kořeny rostlin a využívána půdními mikroorganismy na rozklad slámy. Dusík přijatý kořeny podporuje jejich růst, sílu kořenového krčku a vzhledem k již omezené nitrifikaci v půdě část nepřijatého dusíku zpravidla zůstane v okolí kořenů v amonné formě pro jarní regeneraci rostlin. Na rozdíl od nitrátového dusíku je amonná forma N metabolizovaná v kořenech, kam jsou translokovány energeticky bohaté uhlíkaté látky z listů, což vytváří dobré předpoklady pro přezimování a jarní regeneraci rostlin. Po přihnojení hnojivy síran amonný, Alzon, DASA apod. se na většině našich půd nemobilní amonná forma dusíku váže na sorpční systém v povrchové vrstvě půdy a ke kořenům se N dostává až ve formě nitrátů, k čemuž může dojít například až před zimou, což nemusí být příznivé. Při příjmu nitrátového ionu rostlinná pletiva zpravidla obsahují více vody než při příjmu amonného ionu.

Využití různých forem dusíku z aplikovaných hnojiv značených izotopem ^{15}N rostlinami řepky ozimé během podzimního růstu v letech 2012 a 2013 je znázorněno na obrázku 35 (stanoviště Ruzyně, hnojení 18.10.2012 a 14.10.2013) v dávce 40kg N/ha, odběr rostlin 19.11. a 28.11.). Bylo zjištěno, že ze sledovaných forem dusíku byla rostlinami obdobně jako v jarním období nejvíce využita nitrátová forma (40%) a nejméně amonná (17%).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Z dosažených výsledků vyplývá, že při podzimním hnojení LAV mohlo být rostlinami během podzimního růstu využito přibližně 28,5% N, po aplikaci UREA^{stabil} 30% N, zatímco při hnojení síranem amonným jen 17 % N. I přes relativně nízké využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami způsobené mimo jiné nedostatkem srážek mělo hnojení příznivý vliv na stav rostlin před zimou a rychlejší regeneraci rostlin v jarním období.

Obr. 35: Využití různých forem dusíku z minerálních hnojiv (40kg N/ha) rostlinami řepky během podzimního růstu (Ruzyně, průměr 2012 a 13)



N=nitrátová forma, A=amonná forma

MOu=močovinová forma s inhibítorem ureázy

Hnojení řepky dusíkem při setí a během podzimního růstu

1. před setím nebo při setí

- podpora rozkladu slámy (největší efekt při zapravení většího množství slámy na půdách s nižší mineralizační aktivitou)
- zlepšení výživného stavu rostlin (zejména při setí do širších řádků nebo očekávaném větším výskytu výdrolu vhodná lokální aplikace např. „pod patu“)

2. během podzimní vegetace

- zlepšení výživného stavu rostlin
- podpora rozkladu slámy
- vytvoření lepších podmínek pro jarní vegetaci rostlin



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výhody a nevýhody podzimního přihnojení řepky ve srovnání s hnojením před setím

- aplikace hnojiva na povrch půdy bez zapravení (nevhodná hnojiva s amonnou formou N),
- větší závislost na srážkách,
- + nezvyšuje většinou požadavky na práce v sezónní špičce,
- + operativní reakce na skutečný stav porostu a omezení rizika přerůstání řepky,
- + nehnojíme výdrol,
- + dodání dusíku rostlině v době, kdy již ustává uvolňování N z půdy mineralizací,
- + zvýšení koncentrace živin v půdním roztoku,
- + pozitivní vliv na kořeny rostlin a sílu kořenového krčku,
- + lepší podmínky pro jarní regeneraci rostlin.

Lepší podmínky pro jarní regeneraci rostlin

- větší množství dusíku obsaženého v rostlinách,
- větší množství přijatelného N v půdě (zejména v amonné formě) v okolí kořenů rostlin,
- řeší problémy s časným regeneračním hnojením na těžších a zamokřených půdách,
- umožňuje lépe zvládnout regenerační hnojení ozimů, zejména při pozdějším nástupu jara
- lepší výživný stav rostlin dusíkem při nedostatku srážek po regeneračním hnojení (např. 2014),
- většinou výhodnější ceny dusíkatých hnojiv na podzim než na začátku jarní vegetace rostlin.

Výhody a nevýhody použití hnojiva UREAstabil ve srovnání s jinými hnojivy (LAV, LAD, DASA...)

- možné problémy s aplikací při větší vzdálenosti kolejových řádků,
- + lepší rozpustnost ve vodě,
- + transport převážné části N po dešti ke kořenům rostlin,
- + příjem N rostlinou v amonné formě (metabolizována v kořenech, transport do nadzemní části ve formě aminokyselin a amidů),
- + nižší riziko poškození nadzemní části rostlin mrazy,
- + část N ve formě NH_4^+ zůstává v kořenové zóně rostlin do jarní regenerace,



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

+ příznivý vliv na růst kořenů a sílu kořenového krčku rostlin.

5.4. Odrůdové pěstební technologie ozimé pšenice pro sušší oblasti

Na sušších stanovištích s častými jarními přísušky je třeba věnovat větší pozornost jak výběru vhodné odrůdy, tak i optimálních agrotechnických opatření. Vytvoření optimální struktury porostu patří v současné době nejen v aridních oblastech k největším rezervám v naplňování výnosového potenciálu rostlin. Zejména vyšší hustota porostu než optimální počet rostlin přináší rizika zhoršení zdravotního stavu rostlin, polehnutí porostu a zhoršení kvality produkce.

Vhodnost odrůd do sušších oblastí při různé intenzitě vstupů ověřujeme v polních odrůdových agrotechnických pokusech na 2 sušších stanovištích : v Praze-Ruzyni a v Chrástanech u Rakovníka. Z dosažených výsledků na obou stanovištích v letech 2009 - 2013 vyplývá vhodnost redukováného zpracování půdy (minimalizace) především na stanovišti v Chrástanech s lehčími půdami, kde je větší riziko snížení výnosů a kvality zrna ozimé pšenice v důsledku stresu suchem. Meziročníková variabilita ve výnosech zrna byla na tomto stanovišti výrazně vyšší než na stanovišti v Ruzyni s hlinitými těžšími půdami méně podléhajícími vysychání. Na základě dosažených výsledků lze doporučit na stanovišti v Chrástanech redukované zpracování půdy s ponecháním části posklizňových zbytků na povrchu v kombinaci s vyšší intenzitou výživy a ochrany rostlin. Ve srovnání s orbou byla na tomto stanovišti zjištěna u minimalizace mimo jiné vyšší meziročníková stabilita výnosů zrna ozimé pšenice. Na úrodnějším stanovišti v Ruzyni se jeví oba systémy zpracování půdy jako rovnocenné a u orby je možné dosáhnout vysokých výnosů zrna i při snížení vstupů ve výživě a ochraně rostlin, což se však může projevit zhoršením některých kvalitativních parametrů zrna (zejména obsahu N-látek). V obou technologiích zpracování půdy byly na obou sušších stanovištích zjištěny nejvyšší průměrné výnosy zrna u odrůd kompenzačního typu JB Asano, Kerubino a Manager. V roce 2012 s mrazivou zimou prokázaly na stanovišti v Chrástanech nejvyšší odolnost vůči mrazu odrůdy Bohemia, Baletka a Kerubino. Jako náchylné k vyzimování se na této lokalitě ukázaly odrůdy Potenzial a Federer, přičemž přezimování rostlin bylo lepší na minimalizaci než na orbě. Při odpovídající výživě a ochraně rostlin



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

mohou i hůře přezimující odrůdy poskytnout poměrně vysoký výnos zrna, což se potvrdilo také u poškozených odrůd Potenzial, Elan a Federer, které dosáhly výnosů 6,2–7,1 t.ha⁻¹. Při výběru odrůd s nižší zimovzdorností jsou vhodnější odrůdy kompenzačního typu s dobrou odnožovací schopností a vysokou produktivitou klasu, které dokáží kompenzovat nižší počet rostlin. V tabulkách 1 a 2 jsou uvedeny průměrné výnosy (2011 a 2013, 2012 – poškození mrazem) odrůd ozimé pšenice při různé intenzitě vstupů na 2 stanovištích v Praze-Ruzyni a v Chrášťanech.

Tab. 1 Výnos zrna (t/ha) odrůd ozimé pšenice na stanovišti Ruzyně (průměr let 2011 a 2013)

Odrůda	Výnos (86%; t/ha)				% rozdíl O vs.M (O = 100%)		% rozdíl intenzit (I = 100%)	
	MI	OI	MII	OII	int. I	int. II	M	O
Bakfis	7,52	8,17	8,84	9,16	-8	-4	18	12
Baletka	7,30	7,82	9,53	9,56	-7	0	31	22
Bohemia	7,30	7,64	8,92	8,87	-4	1	22	16
Cubus	7,63	7,95	9,39	9,39	-4	0	23	18
Elan	8,39	8,99	9,52	9,78	-7	-3	13	9
Federer	7,47	8,02	9,28	9,69	-7	-4	24	21
JB Asano	7,64	8,50	9,57	10,25	-10	-7	25	21
Kerubino	8,24	8,82	10,05	10,42	-7	-4	22	18
Manager	8,45	9,27	9,97	10,06	-9	-1	18	8
Mulan	7,93	8,48	9,75	9,98	-6	-2	23	18
Potenzial	7,77	8,43	9,47	10,09	-8	-6	22	20
Sultan	7,76	8,31	9,68	10,05	-7	-4	25	21
Průměr	7,78	8,37	9,50	9,77	-7	-3	22	17

OI = orba nízká intenzita, bez fungicidů a regulátorů růstu, 30 + 50kg N/ha

MI = minimalizace do 10 cm nízká intenzita, bez fungicidů a regulátorů růstu, 30 + 50kg N/ha

OII = orba vysoká intenzita, 2 fungicidy, morforegulátor růstu, 60 + 70kg N/ha

MII = minimalizace do 10 cm, vysoká intenzita, 2 fungicidy, morforegulátor růstu, 60 + 70kg N/ha



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tab. 2 Výnos zrna (t/ha) odrůd ozimé pšenice na stanovišti Chrášťany (průměr let 2011 a 2013)

Odrůda	Výnos (86%; t/ha)				% rozdíl O vs.M (O =100%)		% rozdíl intenzit (I = 100%)	
	MI	OI	MII	OII	int. I	int. II	M	O
Bakfís	9,01	9,62	9,86	10,13	-6	-3	9	5
Baletka	8,94	9,68	10,25	10,60	-8	-3	15	9
Bohemia	8,53	9,30	9,76	9,93	-8	-2	14	7
Cubus	9,49	9,91	10,03	10,47	-4	-4	6	6
Elan	10,11	10,68	10,52	10,80	-5	-3	4	1
Federer	8,86	9,84	9,95	10,63	-10	-6	12	8
JB Asano	10,13	10,54	10,62	11,33	-4	-6	5	7
Kerubino	9,37	10,17	10,49	10,92	-8	-4	12	7
Manager	10,14	10,42	10,80	11,07	-3	-2	6	6
Mulan	9,85	10,67	10,56	11,19	-8	-6	7	5
Potenzial	9,46	9,99	10,32	10,36	-5	0	9	4
Sultan	9,22	9,88	10,39	10,75	-7	-3	13	9
Průměr	9,43	10,05	10,29	10,68	-6	-4	9	6

OI = orba nízká intenzita, bez fungicidů a regulátorů růstu, 30 + 60kg N/ha

MI = minimalizace do 10 cm nízká intenzita, bez fungicidů a regulátorů růstu, 30 + 60kg N/ha

OII = orba vysoká intenzita, 2 fungicidy, morforegulátor růstu, 60 + 80kg N/ha

MII = minimalizace do 10 cm, vysoká intenzita, 2 fungicidy, morforegulátor růstu, 60 + 80kg N/ha

Přestože jsou do oblastí s jarními přísušky doporučovány ranější odrůdy, v roce 2011 (obdobně jako v roce 2007) v důsledku suchého a teplého měsíce dubna a května byly výnosnější pozdější odrůdy kompenzačního typu, které dokázaly využít pozdní srážky. Nebyla také potvrzena vyšší výnosová stabilita a odolnost k suchu u osinatých odrůd ozimé pšenice. Na základě víceletých výsledků z odrůdových pokusů s ozimou pšenicí lze do oblastí s častými jarními přísušky doporučit odrůdy kompenzačního typu se střední odnožovací schopností, vyšším počtem zrn v klasu v kombinaci se střední HTZ a s vyšší objemovou hmotností zrna. Kompenzaci výnosové deprese nebo některého jakostního parametru zrna u



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

dané odrůdy ozimé pšenice pěstované v podmínkách abiotických a biotických stresů (sucho, mráz, napadení chorobami apod.) lze také řešit setím ve směsi s tzv. kompenzační odrůdou, která je v požadovaných vlastnostech excelentní.

Požadavky na odrůdy pro suché oblasti

- Kvalitní osivo z oblasti bez stresů – nutná znalost provenience osiva, velmi dobrá klíčivost a vysoká energie klíčení.
- Kompenzační typy odrůd s nižší odnožovací schopností, vysokým počtem zrn v klasu a průměrnou HTZ.
- Menší atraktivnost pro přenašeče viróz (křísek polní).
- Dobrá zimovzdornost a odolnost vyjarování spojená s rychlou jarní regenerací rostlin.
- Nevyžaduje vyšší dávku morforegulátoru růstu (optimálně do 1 l přípravků s CCC v BBCH 30).
- Dobrý zdravotní stav, dostačující jedno fungicidní ošetření ve fázi BBCH 39 – 61 bez výraznějšího „green efektu.“
- Menší plocha horních listů a případná regulace metabolismu při vysokých teplotách snižováním aktivní plochy listů, vosková vrstva na povrchu listů.
- Vysoká objemová hmotnost zrna.

Nový technologický postup při setí a hnojení zemědělských plodin

Ve spolupráci s českou firmou Farmet, a.s. byl vyvinut nový technologický postup při setí modulárním secím strojem Falcon, který umožňuje paralelní setí směsí kompenzačních odrůd, snížení výsevu a zlepšení struktury porostu, zvýšení efektivity hnojení diferencovanou cílenou aplikací minerálních hnojiv do míst s větší vláhovou jistotou a prokořeněním půdy, čímž zvyšuje stabilitu výnosů a kvalitu produkce pěstovaných plodin včetně suchých oblastí. Tento exponát byl v roce 2014 oceněn hlavní cenou „Grand Prix“ na mezinárodním veletrhu zemědělské techniky Techagro. Uplatnění této nové technologie zakládání porostů zemědělských plodin a jejich hnojení v zemědělské praxi poskytuje následující přínosy :

- **Setí směsí kompenzačních odrůd:** Paralelní setí 2 odrůd, které se vzájemně doplňují ve svých vlastnostech (např. odrůdy ozimé pšenice s vysokou a nižší odolností k mrazu,



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

suchu, napadení chorobami, poléhání, s výbornými a méně stabilními hodnotami kvality zrna apod.) snižuje rizika pěstování a zvyšuje meziročníkovou stabilitu výnosů a kvality produkce u některých velmi výnosných odrůd například s horší mrazuvzdorností, s nižší objemovou hmotností nebo obsahem bílkovin v zrně apod.

- **Snížení výsevků a zlepšení struktury porostu:** Paralelní setí dvou různých výsevků umožňuje farmářům optimalizovat strukturu porostů a omezit riziko při zakládání porostu s nízkým výsevkem (např. u hybridních odrůd ozimé pšenice).
- **Stabilizace výnosů v suchých oblastech:** Pěstování méně výnosných odrůd s vyšší odolností k suchu v kombinaci s výnosnějšími odrůdami se střední odolností snižuje rozdíly ve výnosech a kvalitě produkce v jednotlivých letech. Při nejistotě srážek a setí do proschlé půdy s horší strukturou je možné zvolit různou hloubku setí sudými a lichými botkami. Dvoudiskové secí botky s vysokým přitlakem, opěrným kopírovacím kolečkem a integrovaným zavlačovačem zajišťují výbornou kvalitu setového lůžka a velmi přesné hloubkové kopírování. S využitím technologie strip-drill se zvyšuje zadržení srážkové vody v půdě a při setí drobnosemenných plodin (např. řepka) je dosažena při nižší vlhkosti půdy výrazně lepší vzcháživost (využívá se tzv. "efekt rosení" v nakypřeném pásu).
- **Omezení rizika eroze a degradace půdy:** S využitím technologie strip-drill je půda při jednom přejezdu zpracována v úzkých pásích do větší hloubky, podpovrchově je aplikováno do pásu hnojivo a následně je uloženo osivo. Tím se významně redukuje počet přejezdů po poli, snižuje degradace a erozní ohrožení půd a zvyšuje zadržení srážkové vody v půdě. Vodní erozi je možné omezit také paralelním setím dvou různých plodin (intercropping systém) při konvenčním a ekologickém způsobu hospodaření na půdě.
- **Zvýšení efektivity hnojení minerálními hnojivy:** Diferencovaně cílená aplikace minerálních hnojiv do úzkých pásů v kořenové zóně rostlin a do míst s větší vláhovou jistotou zvyšuje využití živin rostlinami a omezuje znečišťování vod a ovzduší.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Možné přínosy sítí směsí odrůd - shrnutí:

- Zvýšení stability výnosů zrna a jeho kvality.
- Úspora osiva snížením výsevku.
- Omezení rizika pěstování výnosných odrůd s nižší mrazuvzdorností.
- Větší uplatnění odrůd s vysokým výnosovým potenciálem a méně stabilní kvalitou zrna (např. Mulan, Tobak ...).
- Zvýšení stability výnosů a kvality zrna při pěstování ozimé pšenice v suchých oblastech.
- Zlepšení struktury porostů ozimé pšenice, která je v současné době jedním z největších problémů při naplňování výnosového potenciálu u ozimé pšenice.
- Větší uplatnění výnosných hybridních odrůd.
- Snížení rizika kontaminace zrna mykotoxiny při pěstování odrůd s nižší odolností k fuzariózám apod.
- Omezení znečišťování vod při pěstování potravinářské ozimé pšenice ve zranitelných oblastech a v ochranných pásmech vodních zdrojů.
- Významný přínos při pěstování ozimé pšenice v systému ekologického zemědělství.
- Uplatnění přísevů zejména v ekologickém zemědělství, pěstování směsek, protierozní kombinace plodin.
- Odborný přínos v poznání a ověřování doporučovaných postupů (hloubka sítí, výsevek, výsevné ústrojí, účinnost prostředků k moření a stimulaci osiva včetně tvorby kořenů apod., úspora osiva snížením výsevku.

Prezentované výsledky byly získány za finanční podpory MZe ČR a TAČR v rámci řešení Výzkumného záměru MZe 0002700604, Institucionálního záměru RO0414 a projektů TA02010669, TA02021392.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

6. Citovaná literatura

- BIELEK P. 1984. Dusík v půdě a jeho premeny 1. Příroda, Bratislava. Č. publikace 5737. s. 135. ISBN 64-096-84
- CARMONA G., CHRISTIANSON C. B., BYRNES B. H. 1990. Temperature and low concentration effects of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (nBTPT) on ammonia volatilization from urea. *Soil Biology and Biochemistry*. **22**(7), 933 – 937.
- CURCI, M.; PIZZIGALLO, M. D. R.; CRECCHIO, C.; MININNI, R.; RUGGIERO, P. 1997. Effects of conventional tillage on biochemical properties of soils. *Biology and Fertility of Soils*. **25**(1), 1-6.
- DEFRA. 2006. Component reports of Defra project NT2605 (CSA 6579). Work package 3 Optimum use of nBTPT (Agrotain) urease inhibitor. 44 s.
- DELOGU G., CATTIVELLI L., PECCHIONI N., DE FALCIS D., MAGGIORE T., STANCA A.M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *European Journal of Agronomy*. **9**, 11 – 20.
- DRURY, C. F., YANG, J.Y., DE JONG, R., YANG, X.M., HUFFMAN, E.C., KIRKWOOD, V., REID, K. 2007. Residual soil nitrogen indicator for agricultural land in Canada. *Canadian Journal of Soil Science*. **87** (Special Issue), 167-177.
- FECENKO, J., LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojení poľných plodín. Nitra: SPU. 442 s. ISBN 80-7137-777-5.
- FENN L. a HOSSNER L. 1985. Ammonia volatilization from ammonium or ammonium forming nitrogen fertilizers. *Adv Soil Sci*. **1**, 123 – 169.
- FOLLETT R. a HATFIELD J. 2001. Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. Elsevier. 520 s.
- GASSER J. 1964. Urea as a fertilizer. *Soil Fert.* **27**, 175 – 180.
- GRANT, C.A., JIA, S., BROWN, K.R., BAILEY, L.D. 1996. Volatile losses of urea from surface-applied urea ammonium nitrate with and without the urease inhibitor NBPT. *Can. J. Soil Sci.* **76**, 417 – 419.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- HABERLE, J., TRČKOVÁ, M., RŮŽEK, P. 2008. Příčiny nepříznivého působení sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití živin obilninami a možnosti jeho omezení. Praha: VÚRV, v.v.i. 28 s. ISBN 978-80-87011-45-4.
- HŮLA, J. et al. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profi Press, Praha. 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.
- CHEN, D. 2008. Enhanced efficiency fertilisers for agricultural sustainability and environmental quality in Australia. In: IFA Crossroads Asia-Pacific, December 2008, Melbourne, Australia. 12 s.
- CHRISTIANSON, C.B., BAETHGEN W., CARMONA G., HOWARD R. 1993. Microsite reactions of urea-nBTPT fertilizer on the soil surface. *Soil Biol Biochem.* **25**, 1107 – 1117.
- KARAMANOS, R.E., HARAPIAK, J.T., FLORE, N.A., STONEHOUSE, T.B. 2004. Use of N-(n-butyl)thiophosphoric triamide (NBPT) to increase safety of seed-placed urea. *Can. J. Plant Sci.* **84**, 105 – 116.
- KELLING, K.A. , WOLKOWSKI, R.P. , RUARK, M.D. 2011. Potato response to nitrogen form and nitrification inhibitors. *Am. J. Pot. Res.* Vol. **88**, 459 – 469.
- KNOP, K. 1974. Močovina v zemědělství. TES, Praha, 174 s.
- LEDGARD S.F. 2001. Nitrogen cycling in low input legume-based agriculture, with emphasis on legume/grass pastures. *Plant and Soil* **228**, 43 – 59.
- MALHI, S. S., GRANT, C., JOHNSTON, A., GILL, K. 2001. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. *Soil & Tillage Reseach.* 60, 101 – 122.
- MALHI, S.S., OLIVER, E., MAYERLE, G., KRUGER, G., GILL, K.S. 2003 Improving effectiveness of seedrow-placed urea with urease inhibitor and polymer coating for durum wheat and canola. *Communication in soil sciency and plant analysis.* Vol. **34**, 1709 – 1727.
- MANUNZA, B., DEIANA, S., PINTORE, M., GESSA, C. 1999. The binding mechanism of urea, hydroxamic and N-(n-butyl)thiophosphoric triamide to the urease active site. A comparative molecular dynamics study. *Soil. Biol. Biochem.* **31**(5), 789 – 796.
- MURUGAN, R., Koch, H. J. a Joergensen R. G. 2014. Long-term influence of different tillage intensities on soil microbial biomass, residue and community structure at different depths. *Biol. Fertil. Soils.* **50**, s. 487- 498. ISSN 1432-0789.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- MUSIANI F., ARNOFI E., CASADIO R., CIURLI S. 2001. Structure-based computational study of the catalytic and inhibition mechanisms of urease. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*. **6**, 300 – 314.
- NASRI, A., TODERI, G., BERNATI, E., GOVI, G. 2000. Ammonia volatilization and yield response from urea applied to wheat with urease and nitrification inhibitors. *Agrochimica*. **44**(5-6), 231 – 239.
- NELSON, D. W. 1982. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification: Nitrogen in agricultural soils. Madison, *American Society of Agronomy*. 327 – 363E.
- RASMUSSEN, P.E., ALBRECHT, S.L., SMILEY, R.W., PAUSTIAN, K., ELLIOTT, E.T., CARTER, M.R. 1998. Soil C and N changes under tillage and cropping systems in semi-arid Pacific northwest agriculture. *Soil and Tillage Research*. **47**, 197-205.
- RICE C.W. a SMITH M.S. 1984. Nitrification of fertilizer and mineralized ammonium in no-till and plowed soils. *J. Soil Sci. Soc. Am.* **47**, 1125 – 1129.
- ROBERTS, T. L. 2008. Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*. **32**, 177-182. E-ISSN 1303-6173.
- ROCHETTE, P., ANGERS, D.A., CHANTIGNY, M.H., MACDONALD, J.D., BISSONNETTE, N., BERTRAND, N. 2009. Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: A laboratory comparison. *Soil & Tillage Research*. **103**, 310–315.
- SIGUNDA D.O., JANSSEN B.H. a OENEMA O. 2002. Ammonia volatilization from Vertisols. *European Journal of Soil Science*. **53**, 195 – 202.
- SOARES, J.R., CANTARELLA, H. a DE CAMPOS SENEGALE, M.L. 2012. Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. *Soil Biology & Biochemistry*. **52**, 82-89.
- SPRAGUE, G.B., TRIPLETT, M.A. 1986. No-tillage and surface-tillage agriculture. John Wiley and Sons, Canada. 467 s. ISBN 0 471-88410-3.
- STEVENSON, F.J. 1982. Origin and Distribution of Nitrogen in Soil: Nitrogen in Agricultural Soils. Madison, *American Society of Agronomy*. 1 – 42.
- TOUCHTONE, J. T., HARGROVE, W. C. 1982. Nitrogen source and methods of application for no-tillage corn production. *Agron. J.* Vol. **74**, 823 – 826.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- TOMLINSON, T. 1970. Urea: agronomic applications. *Proc Fert Soc.* **113**, 1 – 76.
- TRENKEL, M.E. 1997. Improving fertilizer use efficiency - controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. Ed. by IFA, Paris. 157 s.
- VANĚK, V., BALÍK J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Praha: Profi Press, s. r.o. 166 s. ISBN 978-80-86726-25-0.
- VITTORY A., MARZADORI C., GIOACCHINI P., RICCI S., GESSA C. 1996. Effects of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide in low concentrations on ammonia volatilization and evolution of mineral nitrogen. *Biol Fertil Soils.* **22**, 196 – 201.
- WANG W. J., CHALK P.M., CHEN D., SMITH C.J. 2001. Nitrogen mineralization, immobilization and loss, and their role in determining differences in net nitrogen production during waterlogged and aerobic incubation of soils. *Soil Biology and Biochemistry.* **33**, 1305 – 1315.
- WANG X.B., XIN J.F., GRANT C.A., BAILEY L.D. 1995. Effects of placement of urea with a urease inhibitor on seedling emergence, N uptake and dry matter yield of wheat. *Can. J. Plant Sci.* **75**(2): 449-452
- WATSON, C.J. 1990. The influence of soil properties on the effectiveness of phenylphosphorodiamidate (PPD) in reducing ammonia volatilization from surface applied urea. *Fertil. Research.* **24** (1), 1 – 10.
- WATSON, C. 2005. Urease Inhibitors. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. 16 s.
- WATSON C., AKHONZADA N.A., HAMILTON J.T.G., MATTHEWS D.I. 2008. Rate and mode of application of the urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Use and Management.* **24**, 246 – 253.
- WATSON C., MILLER H., POLAND P., KILPATRICK D., ALLEN M., GARRETT M., CHRISTIANSON C. 1994. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Biol Biochem.* **26**, 1165-1171.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poznámky:

Název: Nové postupy ve výživě rostlin a jejich praktické uplatnění v pěstebních technologiích

Vydavatel: Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s.
Hyberská 38, Praha 1

Druh publikace: Sborník ze semináře

Odborní garanti: Ing. Veronika Hlaváčková, Ph.D.

Určeno: manažeři zemědělských podniků

Vydání: první

Rok vydání: 2014

Náklad: 20 výtisků

ISBN 978-80-87262-73-3 (Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s., Hyberská 38, 110 00 Praha 1)

Za obsahovou a jazykovou správnost díla odpovídají autoři.