

Z_te_ch – Ověřená technologie



Optimalizace intenzity hnojení ječmene jarního ve vztahu ke zjištěné úrovni heterogenity pozemků

Neudert L. - Širůček P. - Lukas V.

Výstup z projektu QJ1610289

„Optimalizace využití produkčního potenciálu půdy lokálně cílenou agrotechnikou“

Technická dokumentace výsledku

(popis technologie včetně protokolu o způsobu a vlastním testování ověřené technologie)

Mendelova
univerzita
v Brně



MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

**Optimalizace intenzity hnojení ječmene
jarního ve vztahu ke zjištěné úrovni
heterogenity pozemků**

Z_{tech} – Ověřená technologie

LUBOMÍR NEUDERT, PETR ŠIRŮČEK, VOJTĚCH LUKAS

2018

Optimalizace intenzity hnojení ječmene jarního ve vztahu ke zjištěné úrovni heterogenity pozemků

Předložená Ověřená technologie se zaměřuje na popis a vyhodnocení ověření technologie, která optimalizuje použití hnojení ječmene jarního s ohledem na předpokládanou výši výnosu a snížení rizika poléhání porostu při lokálně cílené aplikaci hnojiv. Byl potvrzen princip korekce aplikované dávky dusíku dle podkladové mapy relativního výnosového potenciálu se zohledněním reliéfu terénu. To znamená, že potřeba použití intenzity zásahu je stanovena na základě očekávaného výnosu na dané části pozemku a dle lokalizace míst, kde je největší pravděpodobnost polehnutí porostu ječmene.

Optimization of the intensity of spring barley fertilization in relation to the determined level of heterogeneity of the field

Presented Verified Technology focuses on the description and verification of variable rate application of fertilizers for optimization of spring barley nutrition based on the spatial variability of expected yield levels and minimizing risk of crop lodging. It was confirmed the principle of correction of applied nitrogen rate based on the map of relative yield potential and with considering terrain elevation from digital elevation model. This means that the intensity of crop treatment is determined based on the identification of expected yield and delineation of the areas with high probability of crop lodging.

Ověřená technologie je výsledkem řešení výzkumného projektu na rozvoj výzkumné organizace č. **QJ1610289** s názvem „**Optimalizace využití produkčního potenciálu půdy lokálně cílenou agrotechnikou**“.

Autorský kolektiv:

Ing. Lubomír Neudert, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Petr Širůček, ROSTĚNICE a.s.

Ing. Vojtěch Lukas, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Recenzenti:

Ing. Jan Hrubý, CSc. - Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o.

Ing. Josef Svoboda, Ph.D. - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Technická dokumentace výsledku

(popis technologie včetně protokolu o způsobu a vlastním testování ověřené technologie)

© Mendelova univerzita v Brně, 2018

OBSAH

I. Úvod.....	4
II. Literární přehled k dané problematice	5
1. Lokálně cílené zemědělství a hnojení dusíkem	5
2. Poléhání porostů ječmene jarního	6
III. Ověřená technologie.....	8
1. Popis Ověřené technologie	8
2. Vlastní ověření a dosažené výsledky	9
2.1. Výběr vhodné testovací lokality	10
2.2. Sběr a vyhodnocení podpurných dat pro stanovení heterogenity testovaných pozemků	11
2.3. Stanovení produkčních zón z historických dat	14
2.4. Variabilní aplikace fosforečných hnojiv.....	16
2.5. Stanovení základní dávky dusíku a návrh variant režimů aplikace dusíkatých hnojiv	17
2.6. Variabilní aplikace dusíkatých hnojiv	17
2.7. Hodnocení stavu porostu během vegetace	18
2.8. Vyhodnocení výnosových dat.....	19
IV. Ekonomická analýza.....	22
V. Doporučení a závěr	23
VI. Seznam použité literatury	24
VII. Seznam publikací, které předcházely vzniku ověřené technologie.....	25
VIII. Protokol o ověření technologie	26

I. ÚVOD

Ječmen jarní je po pšenici ozimé druhou nejvýznamnější obilninou pěstovanou v České republice (cca. 225 tis. ha). Ječmen vyžaduje téměř stejné množství živin jako ozimá pšenice, ale jeho osvojovací schopnosti jsou výrazně nižší. To platí zejména v počátečních fázích růstu. Při plánování potřeby hnojení proto musíme být u této plodiny pečlivější, tak abychom zajistili dostatečnou výživu v průběhu celé vegetace. Technologie precizního zemědělství jsou založeny na individuální péči o jednotlivé části pozemků na základě přesných znalostí heterogenity půdních vlastností a stavu porostů. Základní principy precizního hospodaření přitom nejsou nové. Prostorovou a časovou variabilitu půdních a porostních faktorů v rámci honů si pěstitelé uvědomovali již před staletími.

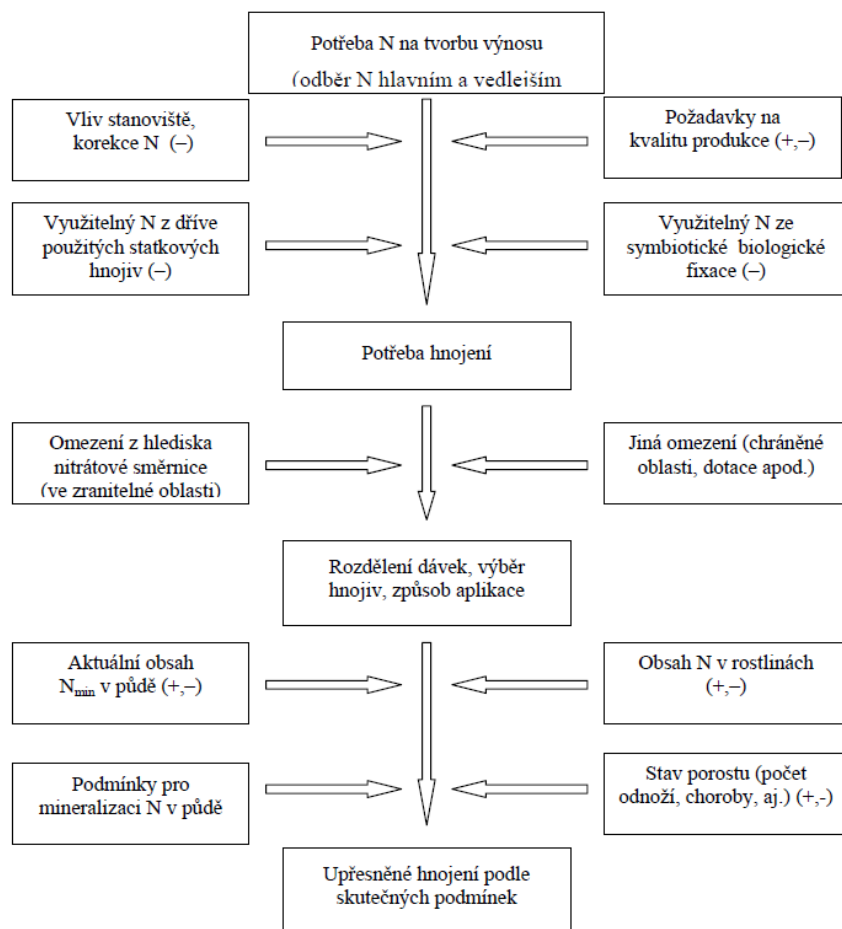
Prezentovaná ověřená technologie „Optimalizace intenzity hnojení ječmene jarního ve vztahu ke zjištěné úrovni heterogenity pozemků“ si klade za cíl praktické využití technologií a metod hodnocení stavu stanoviště a porostů polních plodin a jejich uplatnění při lokálně cílené aplikaci dusíkatých hnojiv, jako součást postupů tzv. precizního zemědělství.

Předložený technický popis technologie popisuje pracovní postup, který koriguje intenzitu zásahu podle relativního produkčního potenciálu daného místa a analýz dat získaných z DPZ. To znamená, že potřeba použití intenzity zásahu je korigována dle očekávaného výnosu na dané části pozemku a digitálního modelu terénu. To vede k efektivnějšímu využití vstupů – vyšší intenzita u slabších porostů je provedena pouze za předpokladu očekávaného nadprůměrného výnosu na daném místě.

II. LITERÁRNÍ PŘEHLED K DANÉ PROBLEMATICE

1. Lokálně cílené zemědělství a hnojení dusíkem

Principem lokálně cíleného zemědělství je přizpůsobení pěstebních operací aktuálním (lokálním) podmínkám stanoviště (Neudert et al., 2015). Přestože je precizní zemědělství postaveno na využívání nejmodernějších technologií, základní principy ve výživě rostlin zde zůstávají stále platné. Vychází se z bilančního přístupu, který popisuje např. Klír et al., 2007. Podstatou této metody stanovení dávky hnojiv je, že živiny odebrané pěstovanými plodinami, resp. následně odvezené z pozemku ve formě sklizených produktů, je třeba do půdy navrátit ve formě hnojiv (statkových nebo minerálních).



Obr. 1 Postup při stanovení hnojení plodin dusíkem (Klír et al., 2007)

Hnojením bychom měli pěstovaným plodinám zajistit adekvátní přísun živin pro vytvoření požadovaného výnosu a kvality produkce. Při stanovení dávky hnojení se berou v úvahu půdní a klimatické podmínky stanoviště, vliv předplodiny, organického hnojení, popř. zpracování půdy nebo závlah a v neposlední řadě také legislativní ekologická omezení.

Klasický bilanční princip tzv. nahrazovacího hnojení, tj. navrácení živin odvezených z pozemku ve sklizených produktech s přihlédnutím k zásobě přístupných živin v půdě (podle výsledků

Agrochemického zkoušení zemědělských půd - AZPP), popř. k obsahu živin v použitých statkových hnojivech, se využívá pro stanovení potřeby hnojení plodin fosforem a draslíkem, popř. hořčíkem (Lukas et al., 2011).

Při stanovení potřeby hnojení dusíkem je jeho množství potřebné pro tvorbu výnosu hlavního i vedlejšího produktu třeba korigovat o dusík přijímaný z půdy, dodaný organickými hnojivy a poskytnutý předplodinou z čeledi bobovité. Vzhledem k množství a rychlosti přeměn dusíku v půdě není jeho obsah v rámci AZP sledován. Pro zohlednění tohoto zdroje dusíku je třeba využít stanovištní půdní a klimatické podmínky, z nichž lze odvodit obsah organického dusíku v půdě, předpokládanou intenzitu mineralizace v průběhu vegetace a tak množství vytvořeného minerálního dusíku přístupného rostlinám. Další úpravu aplikovaného množství dusíku provedeme podle množství využitelného dusíku v organických hnojivech, podle dusíku poskytnutého posklizňovými zbytky leguminóz, popř. podle aktuálního obsahu minerálního dusíku v půdě, je-li analyticky stanoven. Efektivní využití dodaných dusíkatých hnojiv zajistíme jejich dělenou aplikací (Lukas et al., 2012).

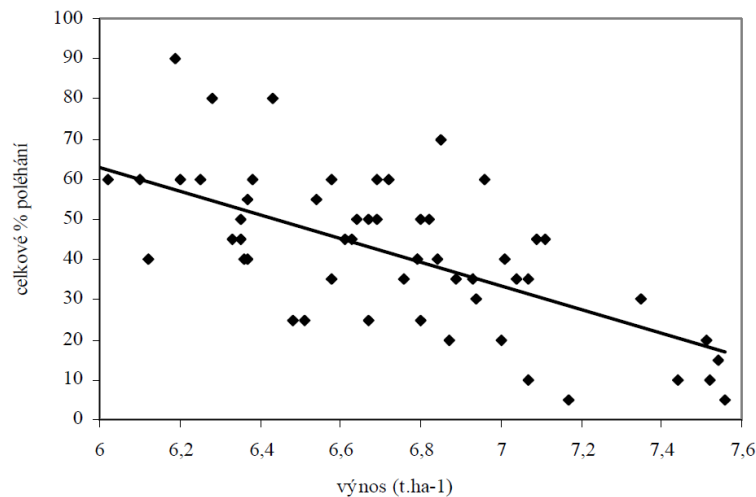
K správnému rozhodování o intenzitě hnojení pro dané místo na pozemku je třeba mít k dispozici dostatek dat popisujících stav půdního prostředí a výživný stav porostu, popř. tyto údaje v kombinaci s leteckými a satelitními snímky a např. s výnosovými mapami.

K monitoringu stavu půdního prostředí a výživného stavu rostlin slouží tzv. diagnostické metody výživy rostlin.

2. Poléhání porostů ječmene jarního

Poléhání sladovnického ječmene patří tradičně k nejvýznamnějším limitujícím faktorům intenzivních pěstitelských technologií. Babušník a Klem (2005) uvádějí, že přímé výnosové ztráty způsobené poléháním dosahují úrovně až okolo 40%, ale tyto mohou být znásobeny ztrátami, které vznikají při sklizni.

Někdy jsou polehlé velké souvislé plochy, jindy pruhy nebo ohniska. Podle těchto okolností lze také odhadnout okruh příčin. Konečným důsledkem polehnutí porostů je ekonomická ztráta, která může být velmi citelná (Žirovnická, 2000). Tyto ztráty však nemusí být vždy důsledkem nejen vysoké výnosové ztráty, ale také znehodnocení sladovnické kvality ječmene (zahnědlé špičky, porůstání, zvýšená infekce fuzariózami a obsah mykotoxinů, výskyt plísni), či zvýšené náklady na sklizeň.



Obr. 2 Závislost mezi celkovou intenzitou poléhání (suma relativního podílu plochy se sklonem rostlin nad 45° a do 45°) a výnosem u odrůdy Jersey v roce 2005 (Babušník-Klem, 2005)

Omezení poléhání nabývá v posledních letech na značném významu především z těchto důvodů (Babušník-Klem, 2005):

- v sortimentu preferovaných sladovnických odrůd převládají odrůdy s dlouhým stéblem a se zvýšenou náchylností k poléhání
- intenzivní technologie zaměřené na dosažení špičkových výnosů vyžadují vysokou cílovou hustotu produktivních stébel (900-1000/m²), což zvyšuje riziko poléhání
- intenzivní technologie pěstování sladovnického ječmene využívají vyšších dávek dusíku, který patří k faktorům podporujícím poléhání
- poléhání několikanásobně zvyšuje riziko infekce klasů a zrna původci klasových fuzarióz a následné kontaminace zrna mykotoxiny, které se stávají významným kvalitativním parametrem i pro sladovnický ječmen
- regulace poléhání je u ječmene náročnější a obvykle méně účinná než například u ozimé pšenice

Přes šlechtitelský pokrok ve změně habitu rostlin jednotlivých druhů obilnin je nutné počítat s rizikovými faktory snižujícími stabilitu stébel. Jak uvádí Žirovnická (2000), významnou příčinou snížení odolnosti poléhání je vysoká hustota porostu. Naši pěstitelé používají vyšší výsevky obilnin než je obvyklé v západní Evropě. Výsevek je často paušálně dán zavedenou hmotností osiva na hektar pro určitý druh, a to bez ohledu na vlastnosti osiva. Dále je snaha pojistit si dostatečný počet rostlin na plochu zvýšeným výsevkem. Nutno připomenout, že hustý porost je nejméně tak špatný jako řídký porost. Nápravná opatření pak nemusí být dostatečně účinná. Přehoustnutí porostu podporuje dále vyšší hnojení dusíkatými hnojivy na počátku vegetace, kdy vede ke zvýšené intenzitě odnožování. V hustých porostech je nedostatek světla, existuje velká konkurence mezi rostlinami i odnožemi, takže pletiva jsou řídká, málo mechanicky pevná. Při intenzivním pěstování obilnin se záměrně počítá s ošetřením regulátory růstu proti poléhání ve spojitosti s vyšší úrovní hnojení dusíkatými hnojivy.

III. OVĚŘENÁ TECHNOLOGIE

1. Popis Ověřené technologie

Úkolem Ověřené technologie je v praxi ověřit a zhodnotit postup, který byl navržen řešiteli v rámci řešení projektu NAZV č. **QJ1610289** s názvem „**Optimalizace využití produkčního potenciálu půdy lokálně cílenou agrotechnikou**“. Ověřovaný postup slouží k praktickému stanovení diferencovaných dávek hnojení dusíkem k ječmeni jarnímu na základě detailnějších znalostí heterogenity půdních vlastností a stavu porostů.

Vlastní použité pracovní postupy stanovení heterogenity stanoviště vycházejí a jsou popsány v metodice „Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství“ (Lukas, Neudert, 2011), kterou schválil Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský pod č. j. 197-14/KÚ/UKZUZ/2011 a MZe doporučilo pro využití v praxi.

Základní hypotéza vychází z předpokladu, že na základě efektivního mapování variability půdních podmínek v rámci honů a analýzy dat z DPZ lze doporučit optimální intenzitu hospodaření (zejména hnojení) s ohledem na produkční potenciál půdy. Zároveň umožňuje pružněji reagovat na prostorové rozdíly v rámci jednotlivých pozemků. Základní normativ hnojení ječmene jarního lze doplnit o mapový podklad (tzv. map-overlay), který koriguje intenzitu zásahu podle produkčního potenciálu daného místa a o reliéf terénu. To znamená, že potřeba použití intenzity zásahu je korigována dle očekávaného výnosu na dané části pozemku (analyzováno na základě historických dat) a dle lokalizace údolnic a míst, kde se na pozemku nejvíce akumuluje voda a je zde největší pravděpodobnost polehnutí ječmene. Tato kombinace standardní dávky a její korekce vede k efektivnějšímu využití vstupů – vyšší intenzita hnojení je provedena pouze za předpokladu očekávaného nadprůměrného výnosu na daném místě.

Popis technologie

Jak již bylo řečeno v úvodu, jarní ječmen vyžaduje téměř stejné množství živin jako ozimá pšenice, ale jeho osvojovací schopnosti jsou výrazně nižší. To platí zejména v počátečních fázích růstu. Při plánování potřeby hnojení proto musíme být u této plodiny pečlivější, abychom zajistili dostatečnou výživu v průběhu celé vegetace. Principem ověřené technologie je stanovit optimální dávku základního hnojení ječmene jarního dusíkem, protože nadbytek dusíku u ječmene jarního vede k nárůstu neproduktivní nadzemní biomasy. Porosty jsou přehuštěné, stébla jsou tenká a prodloužená, což způsobuje zvýšenou náchylnost k poléhání a k napadení houbovými chorobami. Redukuje se počet klasů a zrn v klasu. Zvyšující se dávky dusíku zvyšují obsah bílkovin v zrně a snižují ostatní jakostní ukazatele. Naopak deficit dusíku od počátku vegetace má za následek omezení tvorby bílkovin, což se projevuje omezením růstu rostlin. Při nedostatku dusíku jsou rostliny slabší a nižší, porosty jsou nevyrovnané a světlejší.

Základní dávka byla stanovena podle předplodiny, půdní úrodnosti a směru pěstování. Tato dávka pak byla v rámci uplatnění technologií PZ v zemědělském podniku korigována. Kromě zohlednění aktuálního stavu pozemku lze provést korekci dávkování aplikovaného hnojiva na základě očekávaného výnosu a reliéfu terénu na daném místě dle údajů z přípravení podkladové aplikační mapy. Podstatou je zohlednění rozložení dosažitelné úrovně výnosu (zóny produkčního potenciálu – yield productivity zones) na pozemku. Stanovení zón produkčního potenciálu je popsáno v certifikované metodice z roku 2016 (Lukas, Neudert, 2016). Autoři popisují postup zpracování výnosových map, kdy kombinací historických map s relativním výnosem lze do určité míry eliminovat ročníkové rozdíly a získat přehled o rozložení relativního výnosového potenciálu na daném území. Při absenci výnosových dat lze využít data dálkového průzkumu Země v podobě vegetačních indexů (NDVI, EVI).

Základní dávka dusíkatých hnojiv doporučená podle normativu je upravena dle očekávaného výnosu v dané části pozemku. Cílem je hnojením podpořit porost s předpokladem dosažení vyššího výnosu. Nedochozí tedy ke srovnání porostu, ale k diferenciaci dle očekávané výše a kvality produkce. Naopak na místech s očekávaným nižším výnosem je dávka snižována. Inovativním prvkem stanovení variabilní dávky dusíku je také možnost úpravy podkladové mapy hnojení dle dat o reliéfu terénu. Dávka stanovená na základě předpokládaného výnosu je tak dále ještě upravena na základě analýzy TWI (Topographic Wetness Index). Tento index popisuje kumulaci vlhkosti v krajině kombinací sklonu svahu a velikosti povodí každé buňky DEM. Jako vlhká vycházejí místa plochá s velkým povodím, jako suchá potom místa na prudkých svazích s malým povodím. Fokální analýzou TWI vrstvy dojde k vyhlazení hodnot v rastru pro lokalizaci údolnic a míst, kde se na pozemku nejvíce akumuluje voda. Jsou tak identifikována místa s největší pravděpodobností polehnutí ječmene. Na těchto lokalitách uvnitř pozemku je pak snížena dávka dusíku. Eliminuje se tak riziko snížením výnosu a jeho kvality v důsledku poléhání porostu. Ke zvýšení dávky N tak dojde pouze, pokud stanovištní podmínky dávají předpoklad dosažení vyššího výnosu.

2. Vlastní ověření a dosažené výsledky

Testování Ověřené technologie **Optimalizace intenzity hnojení ječmene jarního ve vztahu ke zjištěné úrovni heterogenity pozemků** proběhlo formou poloprovozního polního testování na pozemcích zemědělského podniku ROSTĚNICE a. s., který v současnosti hospodaří v Jihomoravském kraji na výměře 10.000 ha. Ječmen pěstuje na výměře cca 3 000 ha.

Předmětem polního experimentu bylo ověření optimalizace hnojení ječmene jarního s ohledem na předpokládanou výši výnosu a snížení rizika poléhání porostu v polních podmínkách.

Vlastní ověřování a zpracování výsledků probíhalo dle následujícího postupu:




1. Výběr vhodného pozemku
2. Sběr a vyhodnocení podpůrných dat pro stanovení heterogenity testovaných pozemků
3. Stanovení výnosového potenciálu z historických dat

4. Variabilní aplikace fosforečných hnojiv
5. Stanovení základní dávky dusíku a návrh variant režimů aplikace dusíkatých hnojiv
6. Variabilní aplikace dusíkatých hnojiv
7. Hodnocení stavu porostu během vegetace
8. Vyhodnocení výnosových dat

2.1. Výběr vhodné testovací lokality

Na základě osobní konzultace s uživatelem pozemků a dle předběžné analýzy družicových dat byly pro ověření technologie variabilního dávkování hnojiv k ječmeni jarnímu vybrány následující pozemky (viz. Tab. 1):

Tab. 1 Charakteristika testovacích pozemků

	Póčovo	Za Hytychovým	Letošsko
Půdní blok	8903/6	8801/4	3406/11
Čtverec	560-1150	560-1150	570-1160
Výměra	68,65	35,26	29,2
Předplodina	ječmen jarní	řepka ozimá	řepka ozimá, ječmen jarní
Převládající půdní druh	Černozem, hnědozem na mírných svazích, se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půdy hluboké v teplém, mírně vlhkém klimatickém regionu a středně produkční.	Černozemě a hnědozemě převážně na rovině nebo úplné rovině, se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půdy hluboké v teplém, mírně vlhkém klimatickém regionu a produkční.	Černozemě převážně na rovině nebo úplné rovině, se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půdy hluboké v teplém, mírně vlhkém klimatickém regionu a produkční až vysoce produkční.
			
	(zdroj: LPIS)		

Použitá technologie pěstování:

Hned po sklizni předplodiny byla na testovacích pozemcích provedena podmínka univerzálním talířovým podmiťčem Simba X-Press., která se vyznačuje tím, že perfektně zpracuje půdu a precizně ji promíchá s posklizňovými zbytky. Výdrol, který vzešel po provedené podmítce, byl chemicky ošetřen herbicidem s účinnou látkou Glyphosat v dávce 1,5 l.ha⁻¹. Následovalo základní hnojení variabilní aplikací fosforu. Postup aplikace P je popsán v další části technické

dokumentace. Po aplikaci P hnojiva bylo provedeno dlátové kypření do hloubky 0,25 m dlátovým pluhem Terraland.

V jarním agrotechnickém termínu (21.3.2018) bylo pomocí univerzálního neseného kompaktoru Swifter provedeno urovnání a nakypření povrchu půdy. Následovala variabilní aplikace základního hnojení N, která je předmětem ověřování technologie. Vlastní setí bylo provedeno 27.3. 2018 secím strojem Pöttinger o záběru 8 m. Byla zasetá odrůda Overture. Výsevné ústrojí bylo nastaveno na výsevek 180 kg.ha⁻¹, což odpovídá výsevku 3,8 MKS.ha⁻¹. Tento výsevek byl jednotný na celém pozemku.

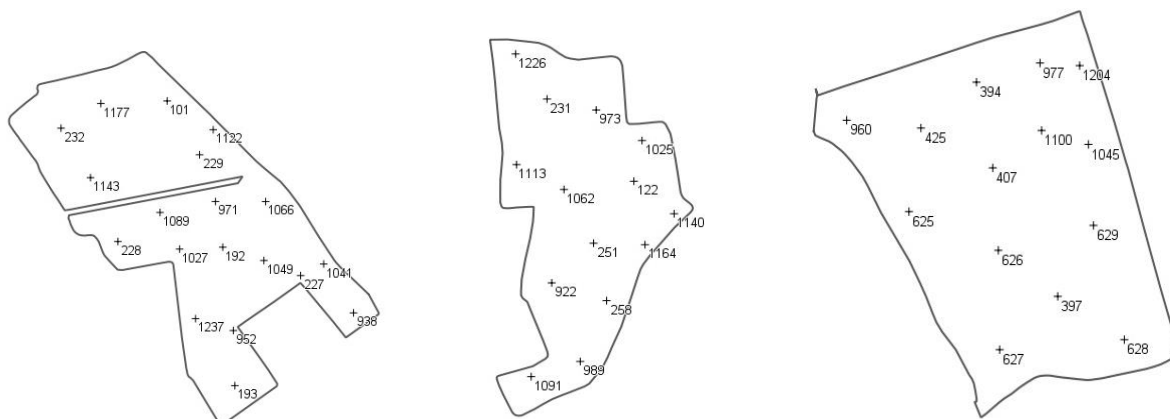
2.2. Sběr a vyhodnocení podpůrných dat pro stanovení heterogenity testovaných pozemků

Prostorová variabilita pozemků představuje základní vstupní informaci pro diferencovanou aplikaci.

Analýza výživného stavu

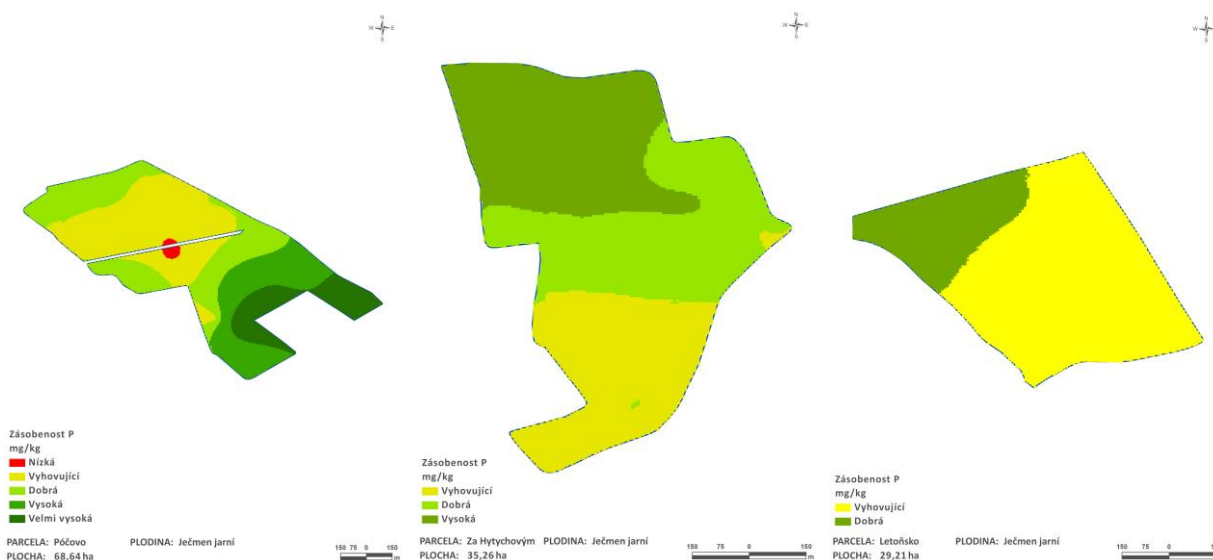
Tyto analýzy byly provedeny z důvodů detailnějšího zmapování heterogenity pokusné lokality a také z důvodů případné lokalizace a eliminace míst, kde by mohl být výživný stav rostlin ovlivněn i jinou živinou než je dusík. Vzorkování je základní podstatou jakéhokoliv terénního výzkumu v půdních vědách, neboť měření celé populace je v praxi nemožné. Pro analýzy bylo využito výsledků systému Prefarm, který si jako službu nechávají v zemědělském podniku pravidelně provádět firmou MJM Litovel a.s. Tento systém je založen na sběru dat o prostorové variabilitě pozemku a jejich následné zpracování v GIS aplikacích, které umožňují shromažďovat veškeré dostupné informace o pozemku a tyto informace pak následně zpracovávat a analyzovat. Výhodou tohoto systému je komplexnost dat zpracovávaných do agronomických doporučení pro variabilní aplikace.

Pro zachycení prostorové variability je rozhodujícím parametrem hustota vzorkování a rozmístění odběrových bodů po pozemku. Na testovacím pozemku bylo provedeno tzv. cílené vzorkování. Rozmístění odběrových bodů bylo provedeno na základě analýzy časové řady družicových dat. Došlo tak k optimalizaci počtu vzorků reflektujících na rozdíly v půdních vlastnostech – v homogenních oblastech byl počet vzorků nižší než v oblastech s vyšší variabilitou.



Obr. 3 Rozmístění bodů pro odběr vzorků půdy na testovacích pozemcích – Rostěnice a.s., 2017

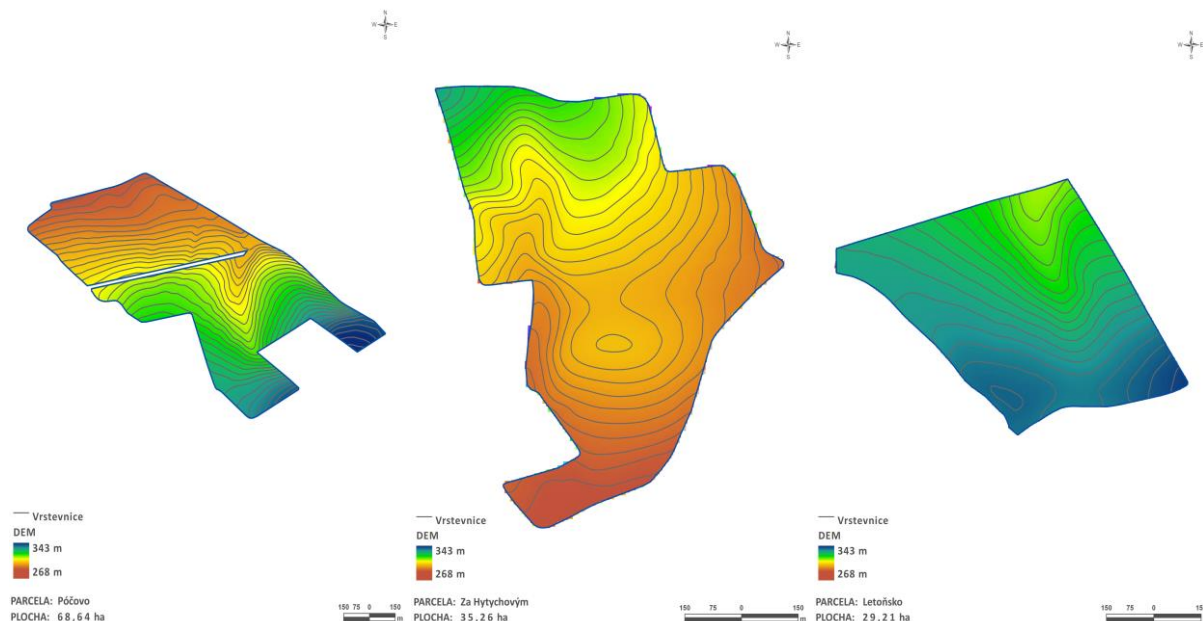
Výsledky ukázaly, že na testovacích pozemcích je zásobenost živinami na dobré úrovni, zvláště u K a Mg. U P je stav převážně vyhovující. S cílem eliminovat místa na pozemku, která by mohla negativně ovlivnit výsledky testu našeho ověřovaného systému dávkování hnojiv byla provedena variabilní aplikace P (viz. dále).



Obr. 4 Mapy variability zásobenosti P na testovacích pozemcích

Analýza topografické variability

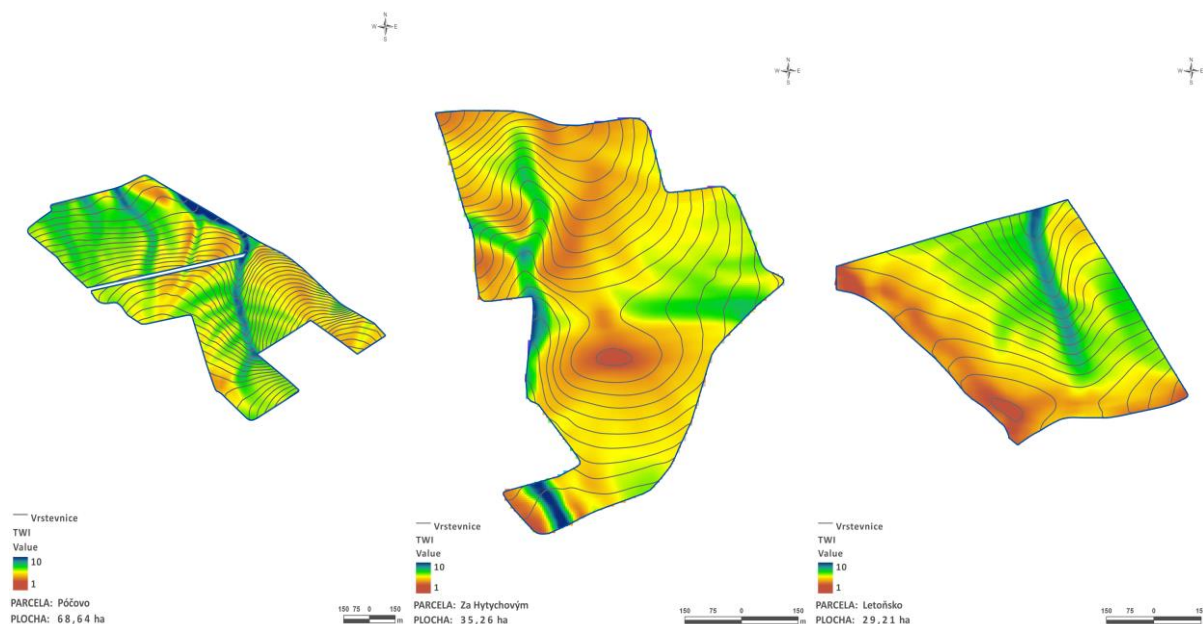
Tyto analýzy byly provedeny z důvodů detailnější identifikace rizikových ploch s největší pravděpodobností polehnutí ječmene. Nejdříve byla provedena analýza digitálního modelu terénu.



Obr. 5 *Mapy DEM na testovacích pozemcích*

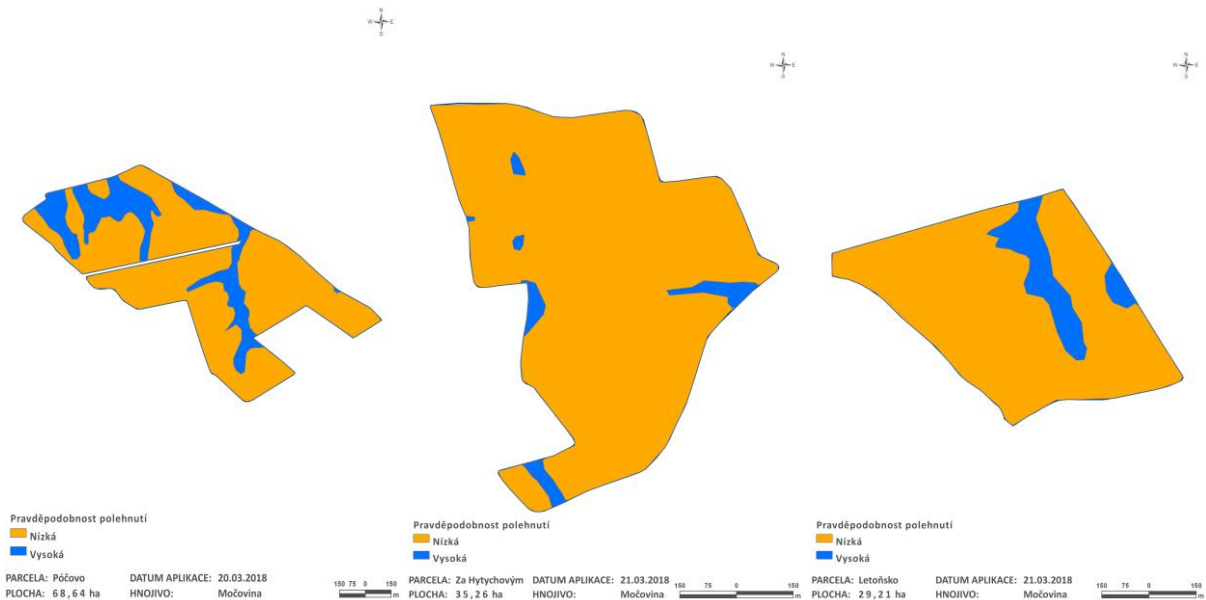
Digitální model terénu (DEM- Digital Elevation Model) je digitální popis a prezentace reálného povrchu, který se skládá z reálných naměřených dat a interpolačních metod, které dopočítávají pravděpodobná data pro místa, kde data chybí. Uvnitř modelovaného území je možno v libovolných bodech odvodit nadmořské výšky. Na základě digitálního modelu reliéfu byl stanoven TWI index.

TWI (Topographic Wetness Index) popisuje akumulaci vlhkosti v krajině kombinací sklonu svahu a velikosti mikropovodí každé buňky DEM. Analýzou byly identifikovány místa s očekávanou vyšší vlhkostí půdy s velkým mikro-povodím, jako suchá potom místa na prudkých svazích s malým mikro-povodím.



Obr. 6 *Mapy TWI indexu na testovacích pozemcích*

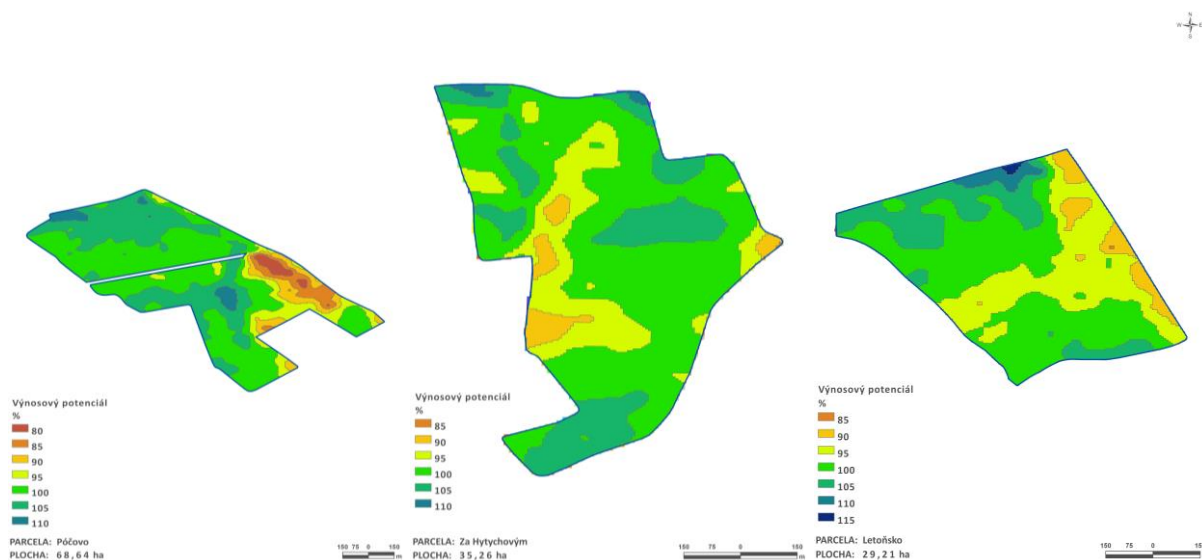
Následnou reklasifikací dat fokální analýzou TWI vrstvy došlo k vyhlazení hodnot v rastru a stanovení kategorií nízké a vysoké pravděpodobnosti polehnutí porostu ječmene jarního. Hranice při reklasifikaci byla stanovena na základě historické zkušenosti poléhání porostu na daném místě z minulých let (Obr. 7).



Obr. 7 Mapy s identifikací míst s vysokou pravděpodobností poléhání porostu na testovacích pozemcích

2.3. Stanovení produkčních zón z historických dat

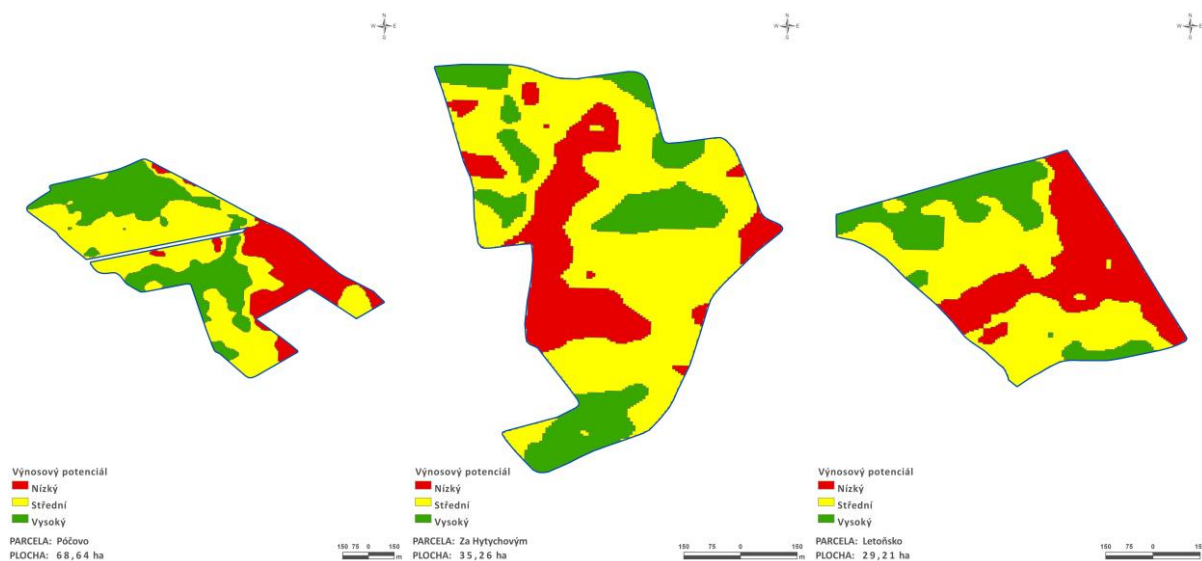
Při stanovení potřeby hnojení dusíkem je třeba vycházet z množství potřebného pro tvorbu výnosu hlavního i vedlejšího produktu. Je tedy třeba definovat očekávaný výnos. Očekávaným výnosem je při tradičním výpočtu myšlena průměrná hodnota výnosu plodiny na daném pozemku. U více heterogenních pozemků však může použití jednotného průměrného výnosu za celý pozemek maskovat lokální oblasti s vyšší nebo naopak nižší produktivitou.



Obr. 8 Mapa produkčních zón na testovacích pozemcích stanovená z časové řady družicových dat

Na testovacích pozemcích byly vymezeny produkční zóny (Obr. 8 a 9). Pro stanovení produkčních zón byl zvolen pracovní postup, který je popsán v certifikované metodice z roku 2016 (Lukas, Neudert, 2016). Autoři popisují postup zpracování výnosových map, kdy kombinací historických map s relativním výnosem lze do určité míry eliminovat ročníkové rozdíly a získat přehled o rozložení výnosového potenciálu na daném území. Při absenci výnosových dat lze využít data dálkového průzkumu Země v podobě vegetačních indexů (NDVI, EVI).

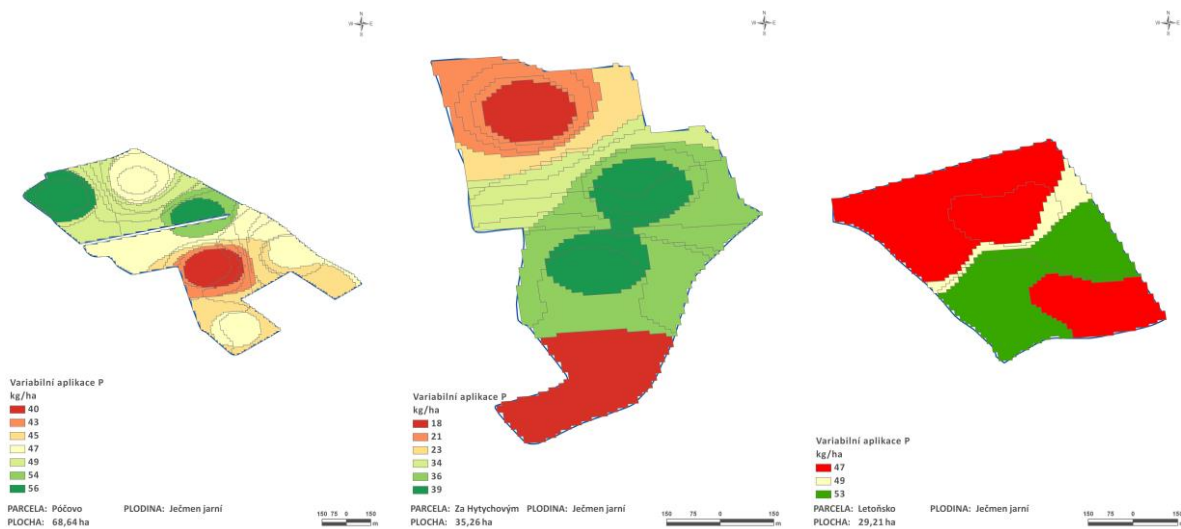
Principem zohlednění výnosové úrovně při výpočtu normativu je plošná diferenciací výnosového potenciálu daného území namísto použití jednotného průměrného plánovaného výnosu nutného pro výpočet normativu (odběru živin na plánovaný výnos).



Obr. 9 Mapa relativního výnosového potenciálu na testovacích pozemcích

2.4. Variabilní aplikace fosforečných hnojiv

Na základě předchozích analýz heterogenity výrobních podmínek na testovacích pozemcích byly v podzimním agrotechnickém termínu provedeny variabilní aplikace fosforečných hnojiv (Obr. 10).



Obr. 10 Aplikační mapy hnojení P na testovacích pozemcích

Pro variabilní aplikaci bylo využito speciální dvoukomorové pneumatiké rozmetadlo Twin Bin na podvozku Terra Gator. Dávkování hnojiva je zajištěno dvěma turniketovými dávkovači poháněnými hydromotory. Jejich rychlost otáčení a tím i dávku aplikovaného hnojiva řídí palubní počítač Falcon podle zjištěné polohy a údajů v aplikační mapě.



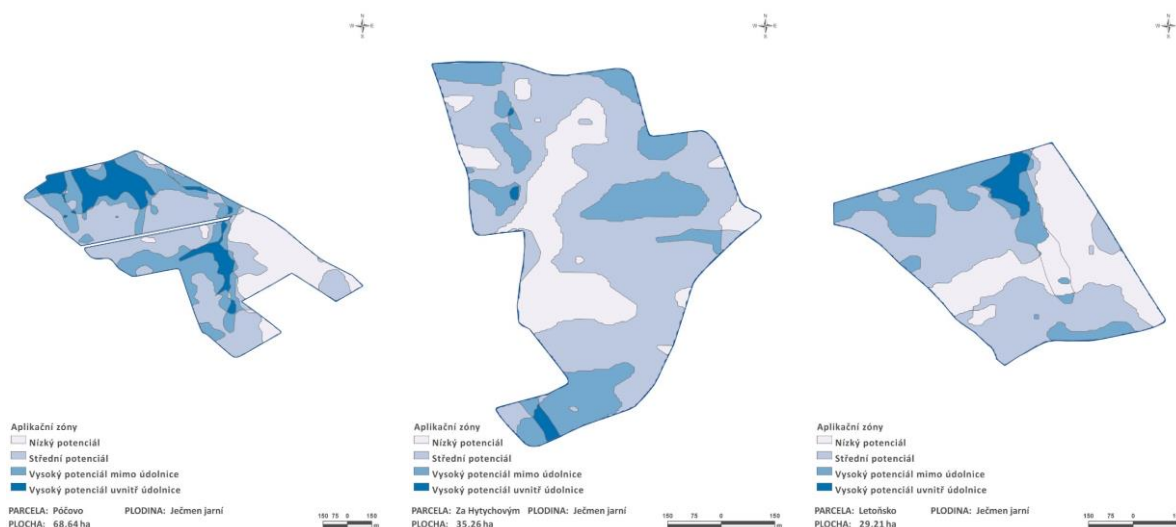
Obr. 11 Aplikace P na testovacím pozemku

2.5. Stanovení základní dávky dusíku a návrh variant režimů aplikace dusíkatých hnojiv

Na základě předchozích analýz heterogenity výrobních podmínek na testovacím pozemku byly navrženy 3 zóny aplikace dusíku se 4 variantami režimů variabilní aplikace dusíkatých hnojiv a vygenerován design polního pokusu (Obr. 12).

Byly vybrány následující režimy aplikace dusíkatého hnojiva:

- zóna č. 1 – místa s nízkým výnosovým potenciálem, 0,75 průměrné dávky podle předplodiny
- zóna č. 2 – místa se středním výnosovým potenciálem, 1,10 průměrné dávky podle předplodiny
- zóna č. 3 – rozdělena na 2 pod zóny:
 - místa s nejvyšším výnosovým potenciálem mimo údolnice, 1,25 průměrné dávky podle předplodiny
 - místa s nejvyšším výnosovým potenciálem uvnitř údolnice, 0,75 průměrné dávky podle předplodiny



Obr. 12 Mapa rozmištní jednotlivých aplikačních zón na testovacích pozemcích

2.6. Variabilní aplikace dusíkatých hnojiv

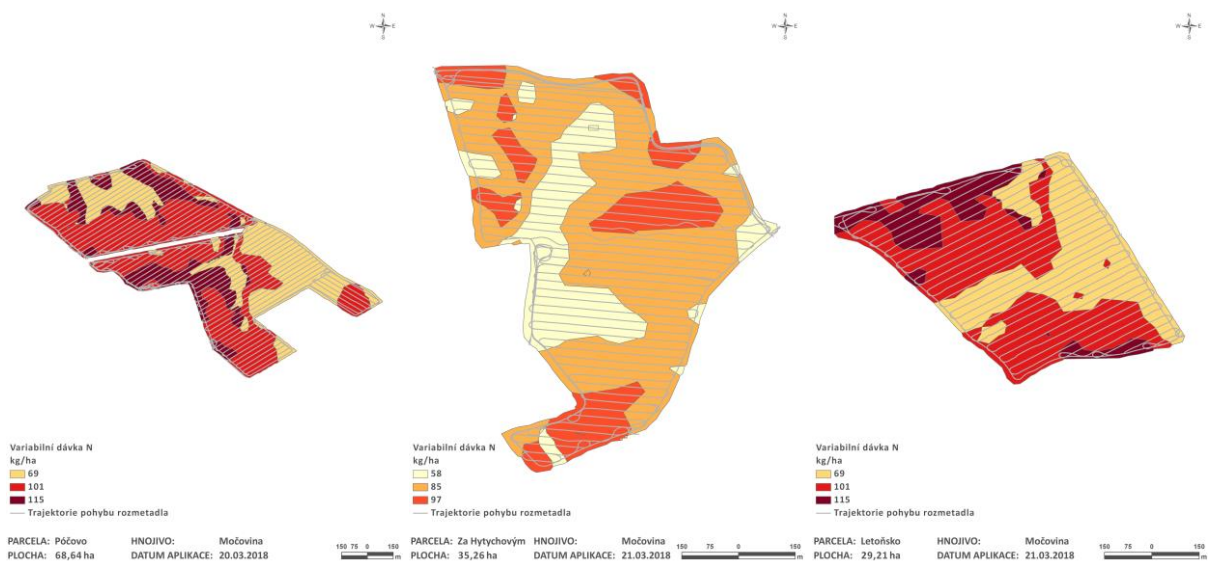
Vlastní variabilní aplikace hnojiva byla provedena 20. a 21.3.2018. K aplikaci bylo použito pneumatické rozmetadlo Twin Bin na podvozku Terra Gator.

Bylo použito hnojivo močovina s obsahem N 46 %. Na základě plánované výnosové úrovně a provedených korekcí provedených dle standardní metodiky hnojení (Klír et al., 2007) byla agronomickou službou zemědělského podniku Rostěnice a.s. stanovena základní dávka N. Tato dávka byla po předplodině ječmen jarní 92 kg N.ha⁻¹ a po řepce ozimé 76 kg N.ha⁻¹.



Obr. 13 Aplikace hnojiva na pozemku

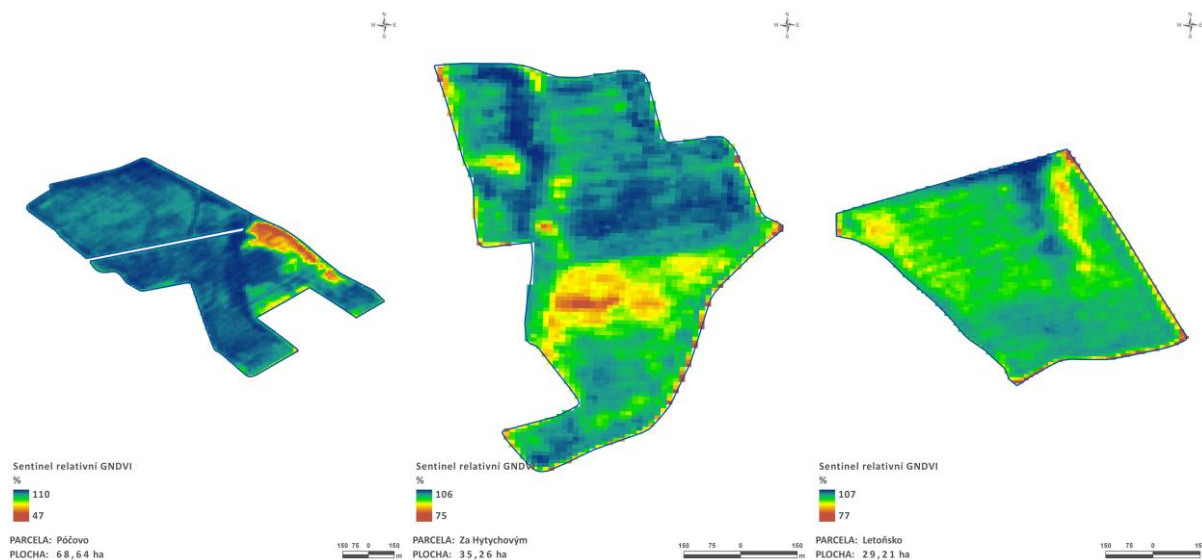
Nastavení variabilních dávek bylo pomocí ovládání systému rozmetadla pomocí palubního počítače Falcon. Palubní počítač nastavoval dávkovací ústrojí dle vygenerované aplikační mapy dávek dusíkatého hnojiva (Obr. 14).



Obr. 14 Aplikační mapa dávky N na testovacích pozemcích

2.7. Hodnocení stavu porostu během vegetace

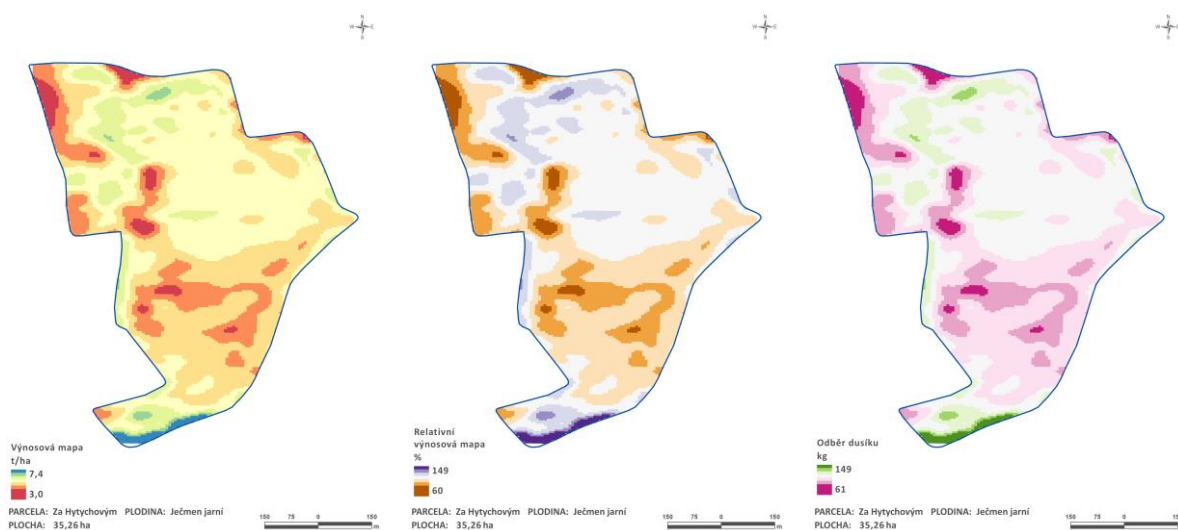
Za účelem ověření efektivity variabilního hnojení při různých režimech stanovení dávky dusíku proběhlo během vegetace ječmene jarního vyhodnocení dat z DPZ a vygenerovány mapy vegetačních indexů.



Obr. 15 Mapy vegetačních indexů vygenerované z dat získaných z DPZ – družice Sentinel 2 X.Y.2018

2.8. Vyhodnocení výnosových dat

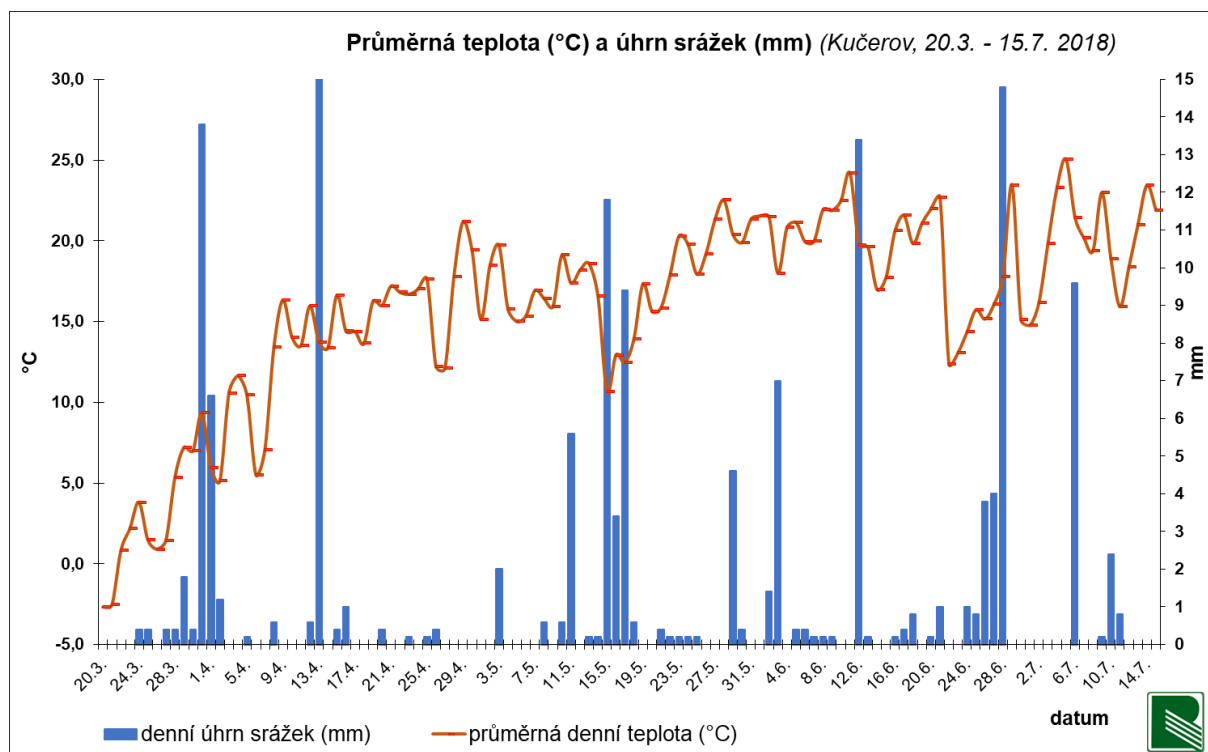
Vlastní sklizeň byla provedena dne 15.7.2018 sklízecí mlátičkou Case (záběr 10,5 m) a Claas Lexion 770, vybavenými výnosoměrným čidlem se záznamovým zařízením s GPS. Při zahájení sklizně na pozemku byly provedeny kalibrace dle výnosu a vlhkosti zrna stanoveného na váze v podniku při odvozu zrna. Po kalibraci výnosoměrného čidla probíhala sklizeň celého pozemku, po dobu práce sklízecí mlátičky byla zaznamenána výnosová data. Muselo dojít k filtraci dat a přepočítání výnosu mezi sklízecími mlátičkami navzájem metodami strojového učení, jelikož každá mlátička disponovala různě nakalibrovanými výnosoměry s odlišným systémem měření. Z těchto dat pak byla vygenerována mapa rozložení výnosu při sklizni (Obr. 16).



Obr. 16 Ukázka mapy rozložení výnosu a odběr N na testovacím pozemku Za Hytychovým

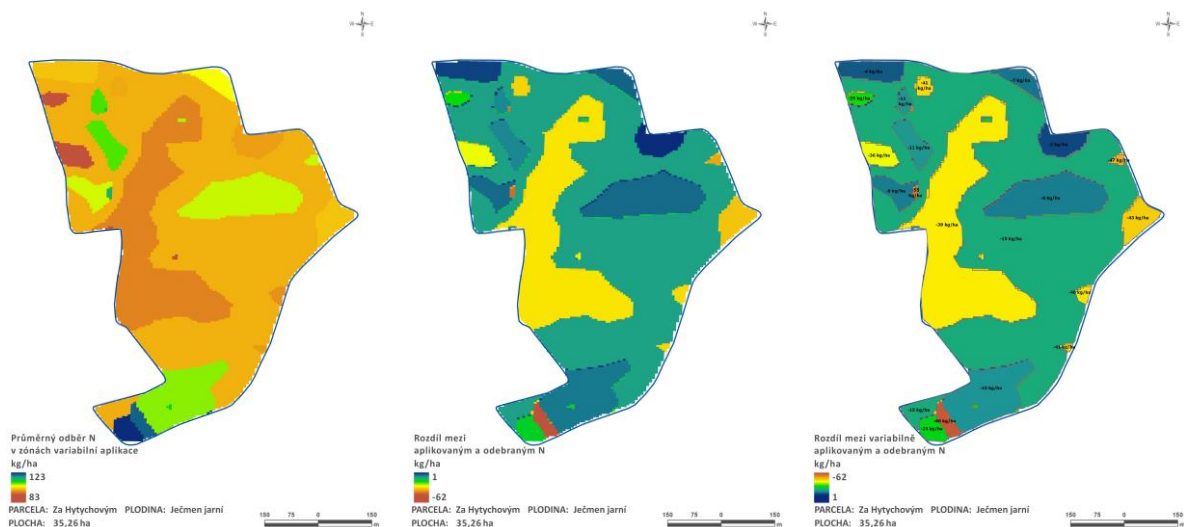
Mapa výnosu naměřeného při sklizni ukazuje na nízké hodnoty dosahovaného výnosu na souvratích pozemku, které poukazují na možný vliv utužení půdy při častějším otáčení souprav. Z naměřených dat sklízecí mlátičkou byly následně pomocí GIS software „vyčištěny“ extrémní nereálné hodnoty a vygenerována výnosová mapa (Obr. 16).

V průměru byl na pozemku Póčovo dosažen výnos 5,40 t.ha⁻¹. Na pozemku Za Hytychovým byl dosažen průměrný výnos 5,32 t.ha⁻¹ a na pozemku Letošsko byl dosažen průměrný výnos 5,70 t.ha⁻¹. Plánovaný výnos pro rok 2018 byl 7,0 t.ha⁻¹. Hlavním důvodem propadu výnosu ve sklizňovém roce 2018 byl negativní průběh povětrnostních podmínek, zvláště nedostatek srážek v průběhu vegetace. Od 20.3. 2018 do sklizně (15.7. 2018) byl meteorologickou stanicí umístěnou v areálu společnosti Rostěnice a.s. zaznamenán úhrn srážek ve výši 152,6 mm a průměrná teplota 15,73°C.



Obr. 17 Průběh počasí na sledované lokalitě

Potvrdila se tak základní hypotéza ověřované technologie, že variabilní aplikace dusíku na základě relativního výnosového potenciálu a se zohledněním reliéfu terénu umožňuje pružněji reagovat na potřebu výživy u rostlin a postihnout prostorové rozdíly v rámci jednotlivých pozemků.



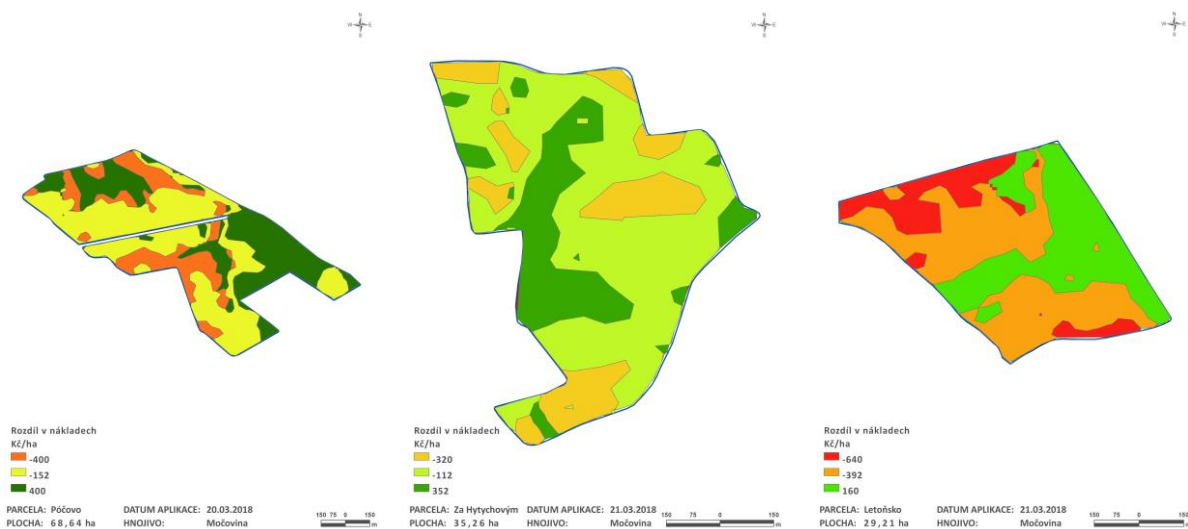
Obr. 18 Ukázka mapy odběru N na produkci a rozdíl mezi aplikovaným a odebraným dusíkem na testovacím pozemku Za Hytychovým

Ze získaných údajů o aplikovaném množství hnojiva a výnosu zrna byla stanovena efektivnost využití N na tvorbu produkce (Obr. 18). Z map je patrné, že na pozemku bylo produkováno více dusíku, než bylo aplikováno. Potvrdila se tak další hypotéza spojená s přínosem této technologie, která je spojena s všeobecným zájmem v oblasti ochrany životního prostředí. Tím, že nedochází k „přehnojení“ dusíkem na jednotlivých částech pozemku, se snižuje riziko vyplavování nevyužitého dusíku do spodních vrstev půdy a tedy i riziko kontaminace podzemní vody nitráty. Pozemky se nachází v nitrátové směrnicí a OPVZ - kromě Letoňska. Dalším přínosem je snížení potřeby chemického ošetření regulátory růstu. Tradičně v zemědělském podniku používají dvě aplikace regulátorů růstu. Při ověřování technologie na testovacích pozemcích byla provedena pouze jedna aplikace. Předkládaná technologie tak má výrazný potenciál přispět ke snížení negativních dopadů zemědělské činnosti na životní prostředí.

IV. EKONOMICKÁ ANALÝZA

Přesné vyčíslení ekonomického přínosu postupů, uvedených v technologii je obtížné, neboť se jedná o kombinaci položek environmentálních, zemědělských i celospolečenských. Ekonomické přínosy vycházejí z dosažených srovnatelných či vyšších výnosů. Dle zkušeností agronomické služby zemědělského podniku Rostějnice a.s., může být v důsledku polehnutí porostu snížen výnos ječmene až o 30 % a zároveň bývá další ekonomická ztráta způsobená snížením sladovnické kvality produkce. Lze očekávat i ekonomický přínos snížením nákladů na chemické ošetření regulátory růstu. Vzhledem k tomu, že v zemědělském podniku pěstují sladovnický ječmen na cca 3 000 ha, může být ekonomický přínos poměrně velký. Bude však záležet na rozsahu (výměře) pozemků, na jejich variabilitě a na členitosti reliéfu terénu.

Další přínosy jsou v souladu s všeobecným zájmem celé společnosti v oblasti ochrany životního prostředí. Předkládaná technologie má výrazný potenciál přispět ke snížení negativních dopadů zemědělské činnosti na životní prostředí. Předpokládané ekonomické přínosy vycházejí.



Obr. 19 Rozdíl nákladů mezi variabilní aplikací dusíku a uniformní dávkou aplikace dusíku

V. DOPORUČENÍ A ZÁVĚR

Technologie byla ověřena a byl potvrzen princip korekce aplikované dávky dusíku dle podkladové mapy relativního výnosového potenciálu se zohledněním reliéfu terénu. To znamená, že potřeba použití intenzity zásahu je stanovena na základě očekávaného výnosu na dané části pozemku (analyzováno na základě historických dat) a dle lokalizace míst, kde se na pozemku dle znalosti reliéfu terénu nejvíce akumuluje voda a je zde největší pravděpodobnost polehnutí porostu ječmene.

Předpokládané přínosy je obtížné kvantifikovat, neboť se jedná o kombinaci položek environmentálních, zemědělských i celospolečenských. Ekonomické přínosy vycházejí z dosažených srovnatelných či vyšších výnosů. Lze očekávat i ekonomický přínos snížením nákladů na chemické ošetření regulátory růstu. Bude záležet na rozsahu (výměře) pozemků, na jejich variabilitě a na členitosti reliéfu terénu. Další přínosy jsou v souladu s všeobecným zájmem celé společnosti v oblasti ochrany životního prostředí. Předkládaná technologie má výrazný potenciál přispět ke snížení negativních dopadů zemědělské činnosti na životní prostředí.

VI. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Babušník, J., Klem, K.: Omezení poléhání jarního ječmene s využitím regulátorů růstu – rozhodovací pravidla a systémy aplikace morforegulátorů. Sborník z konference „Úspěšné plodiny pro velký trh“ - Ječmen a cukrovka“, 2006.
- Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., Sedlář, O.: Hnojení jarního ječmene. Agromanuál. Agromanuál. 2018, 13(2), 72-74. ISSN 1801-7673.
- Klír J., Kunzová E., Čermák P.: Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Praha, 2007. 28 s. ISBN 978-80-87011-14-0.
- Lukas, V., Neudert, L. 2016.: Sensorové měření porostů zemědělských plodin pro variabilní aplikaci hnojiv a pesticidů. Uplatněná certifikovaná metodika. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016. 52 s. ISBN 978-80-7509-460-5.
- Lukas, V., Neudert, L., Křen J.: Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství. Uplatněná certifikovaná metodika. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011, 36 s. ISBN 978-80-7375-562-1.
- Lukas, V., Ryant, P. Neudert, L. Dryšlová, T., Gnip, P., Smutný, V.: Tvorba aplikačních map pro základní hnojení plodin v precizním zemědělství. Uplatněná certifikovaná metodika. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011, 36 s. ISBN 978-80-7375-651-4.
- Lukas, V., Ryant, P. Neudert, L. Dryšlová, T., Gnip, P., Smutný, V.: Stanovení a optimalizace diferencovaných dávek dusíkatých hnojiv v precizním zemědělství. Uplatněná certifikovaná metodika. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012, 48 s. ISBN 978-80-7375-686-4.
- Neudert, L., Lukas, V., Altmann, J., Dryšlová, T., Gnip, P., Holý, S., Charvát, K., Kocurek, V., Kroulík, M., Křen, J., Křivánek, Z., Loch, T., Pospíšil, J., Ryant, P., Smutný, V., Šmoldas, R., Vondra, M.: Precizní zemědělství. Technologie a metody v rostlinné produkci. Mendelova univerzita v Brně, Brno. 2015, 240 s. ISBN 978-80-7509-311-0.
- Žirovnická, J.: Regulátory růstu proti polehnutí obilí. Úroda. 2000, 54(5), 67-73. ISSN 0139-6013.

VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY VZNIKU OVĚŘENÉ TECHNOLOGIE

LUKAS V.; NOVÁK J.; NEUDERT L.; SVOBODOVA I.; RODRIGUEZ-MORENO, F.; EDREES M. M. R. H.; KŘEN J.: The combination of UAV survey and Landsat imagery for monitoring of crop vigor in precision agriculture. In: XXIII ISPRS Congress: Technical Commission VII. Göttingen: Copernicus GmbH, 2016, 41, s. 953-957.

Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B8-953-2016>

LUKAS V.; NEUDERT L.; NOVÁK J.: Variabilní aplikace hnojiv v precizním zemědělství. Agromanuál. 2017, 12(8), 64-67. ISSN 1801-7673.

LUKAS V.; NEUDERT L.; NOVÁK J.; ŠIRŮČEK P.; KRAMÁŘ M.; RODRIGUEZ-MORENO F.; ZEMEK F.: Využití dálkového průzkumu pro hodnocení stavu porostů zemědělských plodin. Úroda. 2016, 64(12), 67-73. ISSN 0139-6013.

LUKAS V.; NEUDERT L.; NOVÁK J.; KŘEN J.: Estimation of Soil Physico-chemical Properties by On-the-go Measurement of Soil Electrical Conductivity. Agriculturae Conspectus Scientificus. 2018, 83(1), 93-98. ISSN 1331-7768. Dostupné z: <http://acs.agr.hr/acs/index.php/acs/article/view/1338>

LUKAS V.; NEUDERT L.; NOVÁK J.; ŽÍŽALA D.; PIKL M.; KRAUS M.: Mapování plošné variability fyzikálně-chemických vlastností půdy pomocí měření elektrické konduktivity. Úroda. 2017, 65(12), 437-440. ISSN 0139-6013.

Dostupné z: http://www.vupt.cz/content/files/aktualni_poznatky/2017_vedecka_priloha_uroda_12.pdf

LUKAS V.; NEUDERT L.; KŘEN J.: Využití dálkového průzkumu pro lokálně cílenou agrotechniku. Mechanizace zemědělství. 2017, 67(5), 60-61. ISSN 0373-6776.

LUKAS V.; NOVÁK J.; NEUDERT L.; PAULOVÁ N.; ŠIRŮČEK P.: Metody analýzy a interpretace půdních vlastností pro tvorbu aplikačních map v precizním zemědělství. Úroda. 2018, 66(12), 319-324. ISSN 0139-6013.

MEZERA J; LUKAS V.; ELBL J.: Evaluation of crop yield spatial variability in relation to variable rate application of fertilizers. In: MendelNet 2017: Proceedings of International PhD Students Conference. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2017, s. 86-91. ISBN 978-80-7509-529-9. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2017/mnet_2017_full.pdf

VIII. PROTOKOL O OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE

- oskenovaný original dokumentu

Protokol o ověření technologie

Název Ověřené technologie:

Optimalizace intenzity hnojení ječmene jarního ve vztahu ke zjištěné úrovni heterogenity pozemků

Autoři Ověřené technologie:

Ing. Lubomír Neudert, Ph.D.
Ing. Petr Širůček
Ing. Vojtěch Lukas, Ph.D.

Předmět ověřování:

Praktické využívání nových postupů aplikace diferencovaných dávek dusíkatého hnojení jako součást pro uplatnění principů lokálně cíleného obhospodařování, tzv. precizního zemědělství. Jde o postupy, které optimalizují použití hnojení ječmene jarního s ohledem na předpokládanou výši výnosu a snížení rizika poléhání porostu v polních podmínkách.

Ověřující pracoviště:

Ústav agrosystémů a bioklimatologie AF, Mendelova univerzita v Brně – *řešitel projektu*
ROSTĚNICE, a.s. – *zemědělský podnik, uživatel technologie*

Termín ověření:

Únor 2018 (*výběr ověřovací lokality*) – Listopad 2018 (*vyhodnocení výsledků a zpracování technické dokumentace*)

Technická dokumentace:


Viz. Příloha - Technická dokumentace výsledku - (*popis technologie včetně protokolu o způsobu a vlastním testování ověřené technologie*)

Závěrečné konstatování:

Technologie byla ověřena a byl potvrzen princip korekce aplikované dávky dusíku dle podkladové mapy relativního výnosového potenciálu a se zohledněním reliéfu terénu. To znamená, že potřeba použití intenzity zásahu je stanovena na základě očekávaného výnosu na dané části pozemku (analyzováno na základě historických dat) a dle lokalizace míst, kde se na pozemku dle znalosti reliéfu terénu nejvíce akumuluje voda a je zde největší pravděpodobnost polehnutí porostu ječmene.

Přínos postupů, uvedených v technologiích je obtížné kvantifikovat, neboť se jedná o kombinaci položek environmentálních, zemědělských i celospolečenských. Ekonomické přínosy vycházejí z dosažených srovnatelných či vyšších výnosů. Lze očekávat i ekonomický přínos snížením nákladů na chemické ošetření regulátory růstu. Bude záležet na rozsahu (výměře) pozemků, na jejich variabilitě a na členitosti reliéfu terénu. Další přínosy jsou v souladu s všeobecným zájmem celé společnosti v oblasti ochrany životního prostředí. Předkládaná technologie má výrazný potenciál přispět ke snížení negativních dopadů zemědělské činnosti na životní prostředí.

Technologie „Optimalizace intenzity hnojení ječmene jarního ve vztahu ke zjištěné úrovni heterogenity pozemků“ byla navržena a ověřena v rámci řešení výzkumného projektu NAZV č. QJ1610289 s názvem „Optimalizace využití produkčního potenciálu půdy lokálně cílenou agrotechnikou“.

<p>Za autorský tým MENDELU Ing. Lubomír Neudert, Ph.D. Ústav agrosystémů a bioklimatologie AF Mendelova univerzita v Brně</p> <p>V Brně dne: 30. 11. 2018</p>	 (podpis)
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Za uživatele technologie Ing. Vítězslav Navrátil ROSTĚNICE a.s.</p> <p>V Rostěnicích dne: 30. 11. 2018</p>	 ROSTĚNICE, s.a. 682 01 Rostěnice-Zvonovice, Rostěnice 166 IČ: 63481821 DIČ: CZ63481821 zápis v OR u KS v Brně, oddíl B, vložka 1740 (podpis)
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Název: Optimalizace intenzity hnojení ječmene jarního ve vztahu ke zjištěné úrovni heterogenity pozemků

Autoři: Ing. Lubomír Neudert, Ph.D.

Ing. Petr Širůček

Ing. Vojtěch Lukas, Ph.D.

Vydala: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 BRNO

Vydání: první, 2018

Počet stran: 28

Vydáno bez jazykové úpravy.

Publikace je poskytována bezplatně.

Kontakt na autory: neudert@mendelu.cz

vojtech.lukas@mendelu.cz

