

Hodnocení přínosů technologií precizního zemědělství v řepářství

ASSESSING BENEFITS OF PRECISION FARMING TECHNOLOGIES IN SUGAR BEET PRODUCTION

Jan Jarolímek, Jan Masner, Jiří Vaněk, Ludmila Pánková – Česká zemědělská univerzita v Praze

Pojem „precizní zemědělství“ je odbornou veřejností užíván přibližně od 90. let 20. století. Zobecňuje snahu o identifikaci řešení, nástrojů a postupů, které mohou zvýšit produktivitu a ziskovost a současně chránit životní prostředí (1). V novém tisíciletí s rozvojem dalších inovativních technologií začínají někteří autoři používat pojmy Smart Farming nebo Zemědělství 4.0, stále se však jedná o pojmenování trendu využití moderních, především informačních technologií pro větší efektivitu zemědělské výroby, bez toho, že by tyto pojmy reprezentovaly nějakou konkrétní technologii. V článku bude dále používán pojem „precizní zemědělství“.

Precizní zemědělství představuje jednu z možností, jak zvýšit konkurenceschopnost českého zemědělství a rovněž lépe propojit využívání výsledků vědy a techniky přímo v zemědělských podnicích. Napomáhá tak k eliminaci slabých stránek našeho zemědělství (zejména snižování výrobních nákladů) a přispívá ke zvyšování rentability, resp. konkurenceschopnosti podniků.

Precizní zemědělství můžeme charakterizovat jako řešení vedoucí ke snížení agrochemických vstupů a snižování negativních dopadů zemědělství na životní prostředí, kdy základní přínosy pro pěstitele lze spatřovat v ekonomické oblasti (snižování nákladů prostřednictvím kontrolované aplikace zemědělských vstupů), v oblasti zvýšení výnosů (cílený management polní variability) a v neposlední řadě v příznivém dopadu na životní prostředí ve smyslu přesné aplikace agrochemických prostředků (2, 3, 4 a další).

Spolu s rozvojem technologií z technického pohledu je nezbytné, aby docházelo k chápání rozvoje technologií v precizním zemědělství i z uživatelského pohledu, např. v rámci interakce člověka a počítače (5). Specifika interakce mezi uživateli a technologií pak mohou mít zásadní vliv na úspěšné zapojení precizního zemědělství do praxe (6). V některých případech může být komfort uživatele, snížení stresu a pracovní zátěže dokonce i primárním přínosem určité technologie. Jak např. dokazuje HOLPP ET AL. (7), využití RTK (real time kinematic) navigace má kromě zlepšení přesnosti řízení a zvýšení rychlosti otočky také zásadní vliv na snížení stresu řidičů zemědělské techniky.

Klíčovým faktorem při rozhodnutí zda určitou technologii zapojit do praxe je porozumění procesům zemědělské výroby vycházející z výzkumné činnosti, u cukrové řepy např. problematice hnojení, ochrany rostlin, termínů agrotechnických zásahů apod. (8, 9). Pracovníci v managementu zemědělství musí volit mezi řadou možností aplikovaného výzkumu a technologií, a v tomto rozhodovacím procesu je pak potřeba sjednotit předchozí zkušenosti pracovníků i zavádění nových technologií a postupů (10). Je potřeba vytvoření účinných rozhodovacích modelů a podpůrných prostředků pro dané fáze produkčního

procesu. Základní premisou pro vhodné rozhodnutí je rychlá dostupnost kvalitních dat. Situace v evropském zemědělství je ale taková, že většina dat je roztržštěných a obtížně interpretovatelných. Skutečný potenciál dat spojených s precizním zemědělstvím tedy není naplno využíván (11). Významné je to pak především u plodin s vysokou technologickou náročností a s tím spojenými vysokými výrobními náklady, např. cukrové řepy.

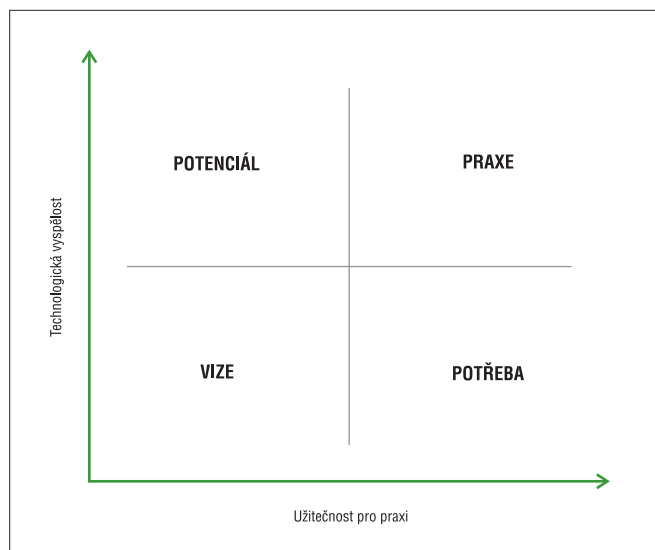
Rozšiřování prvků precizního zemědělství do reálného využití je tak stagnující proces, jak dokazují například SCHIMMELPFENNIG a EBEL (12). Implementace technologií precizního zemědělství z pohledu zemědělce totiž představuje také zásadní ekonomické rozhodnutí. Nejdůležitějším faktorem, který může urychlit rozšíření aplikace precizního zemědělství je ziskovost, případně rychlost návratu investice. Pro účinnější přesun technologií precizního zemědělství do praxe je tedy nutné zajistit informovanost zemědělce o ekonomických benefitech těchto technologií (13). Množství a typ skutečně v praxi nasazených technologií a postupů totiž úzce souvisí s důvody pro nasazení dané technologie, zejména ale ekonomickou efektivitou (14, 15).

Mnoho odborníků přínosy technologií precizního zemědělství definuje nejen kvantitativně, ale i kvalitativně. Např. CORDESSES ET AL. (16), DUNN ET AL. (17), DEBAIN ET AL. (18), HAN ET AL. (19), KINGWELL (20), STOLL A KUTZBACH (21) shrnují následující obecné přínosy např. při používání navigačního systému:

– snížení únavy řidičů: vodicí systémy snižují úsilí spojené s udržováním přesných cest,



Obr. 1. Porovnání potenciálu hodnocených technologií precizního zemědělství (26)



- zvyšování výnosů,
- snížení nákladů na pracovní operace: přesnost se zvyšuje snížením „přeskakování“ (vynechání) a „zdvojnásobení“ (opakované aplikace – překrývání) mezi sousedními překryvy v terénu,
- zvýšení produktivity: jsou možné vyšší provozní rychlosti,
- lepší kvalita: řidič může zaměřit pozornost jinde na zajištění lepší kvality,
- zlepšení bezpečnosti,
- menší negativní vliv na životní prostředí (snížení frekvence průchodu strojů, snížení zhutnění půdy),
- možnost práce v noci a v případě zhoršené viditelnosti.

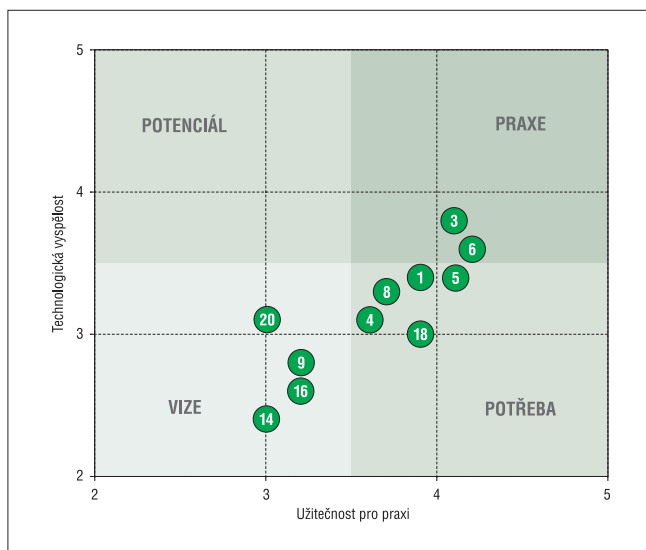
Při analýze současných modelů a postupů využití precizního zemědělství je potřeba zohlednit jevy, které primárně vedou k uplatnění precizního zemědělství. Dosavadní studie ignorují informační, behaviorální a sociální aspekty vedoucí k rozhodnutí pro využívání precizního zemědělství. Studie rovněž přehlíží politické aspekty, v rámci nichž však zemědělství nutně operuje. Porozumění těmto podmínkám, které tak mohou přesahovat primární motivaci pro využití precizního zemědělství, je nezbytné pro lepší integraci nových technologií v praxi (22).

Nalezení vztahu mezi technologickou inovativností, ekonomickou efektivností a praktickou využitelností technologií se řeší od počátku rozvoje precizního zemědělství. Existuje řada technologicky velmi vyspělých metod, jejichž využití v praxi není takové, jak se očekávalo. Na druhé straně je reálná poptávka zemědělců po technologickém rozvoji v celé řadě oblastí. Efektivita a využitelnost se odvíjí od lokálních podmínek, obhospodařovaných plodin, liší se v různých zemích a vyvíjí se v čase.

Materiál a metoda

Pro zhodnocení využívaných technologií precizního zemědělství byl navržen Uživatelsko-technologický index precizního zemědělství (UTIPA). Přístupný je prostřednictvím webové aplikace (www.utipa.info), jejíž uživatelské rozhraní umožňuje využití různých zařízení – mobilní telefon, tablet a stolní počítač.

Obr. 2. Porovnání technologií precizního zemědělství využívaných v řepařství



- ① Telematika u traktorů a dalších zemědělských strojů
- ② Řízená jízda traktorů a zem. techniky po pozemku s přesností na 2 cm
- ③ Využití informací z družicových snímků k managementu rostl. výroby
- ④ Tvorba aplikačních map pro základní hnojení
- ⑤ Automatická regulace dávky hnojiva podle mapy hnojení
- ⑥ Automatická regulace řádkového setí podle mapy výsevu
- ⑦ Využití dronů při aplikaci prostředků ochrany rostlin
- ⑧ Variabilní zpracování půdy
- ⑨ Využití bezpilotních prostředků k managementu rostlinné výroby
- ⑩ Variabilní aplikace prostředků pro ochranu rostlin podle mapy výskytu škodlivého činitele
- ⑪ Mapování výnosů při sklizni okopanin

UTIPA je komplexní systém pro mezinárodní komunitu lidí se vztahem k preciznímu zemědělství, je přístupný každému, kdo respektuje pravidla používání. Funguje na principu „**jaká data poskytnu, k takovým datům mám následně přístup**“. Umožňuje dlouhodobé sledování vývoje a trendů precizního zemědělství. Uvedený systém má význam pro prezentaci potenciálu precizního zemědělství, pro plánování rozvoje a především pro nalezení vztahu mezi technologickou inovativností a užitečností pro zemědělskou praxi.

UTIPA je primárně založen na bodovém hodnocení vybraných technologií (metod) precizního zemědělství z pohledu technologické vyspělosti a užitečnosti pro praxi. Hodnotí princip technologií, a ne konkrétní produkty nebo jejich výrobce.

Za nejlepší úroveň technologické vyspělosti či propracovanosti hodnocených metod precizního zemědělství obecně považujeme, že mají ověřenou funkčnost a provozní spolehlivost, uživatelské rozhraní pro využití v zemědělské praxi a jsou hromadně (sériově) vyráběny, ideálně několika výrobci. **Za nejhorší úroveň** v této souvislosti považujeme technologie založené pouze na teoretické úvaze.

Za nejvyšší úroveň užitečnosti pro praxi hodnocených metod považujeme jednak zkušenosti s výhodností z pohledu ekonomické efektivity, kvality i kvantity produkce, organizace a kontroly výrobního procesu, welfare apod., dále je také vysoce hodnoceno vnímání velikosti potenciálu hodnocené metody při řešení provozních nedostatků aktuálně využívaných technologií, tzn. potřeby inovace v dané výrobní oblasti. **Za nejhorší úroveň** pak při tomto hodnocení považujeme nejasnost způsobu využití a potenciálu přínosů.

Hodnocení vychází z individuálních poznatků a zkušeností respondentů. Na základě přidělených bodů je vypočten Index, s jehož pomocí můžeme porovnávat jednotlivé technologie, skupiny respondentů, země, změny v čase apod., ale také srovnat své hodnocení s ostatními. Zároveň nám vizualizace získaných hodnot nabízí řadu nových pohledů a zjištění (obr. 1.):

- **vize** – záměr, hledání technologického řešení a způsobu využití,
- **potenciál** – dokonalé technologické řešení, problém s efektivitou a uživatelskou využitelností,
- **potřeba** – potřeba praxe, problém s technologickým rozvojem,
- **praxe** – cílový stav, dokonalé technologické řešení, ekonomická efektivnost a vysoká uživatelská využitelnost v praxi.

Hlavní využití UTIPA je ve vzájemném porovnání, přínosném pro všechny zájmové skupiny. Respondenti jsou děleni do kategorií:

- zemědělská výroba do 50 ha,
- zemědělská výroba do 50–500 ha,
- zemědělská výroba nad 500 ha,
- dodavatelé technologií a služeb precizního zemědělství,
- akademická sféra a výzkum,
- žáci a studenti.

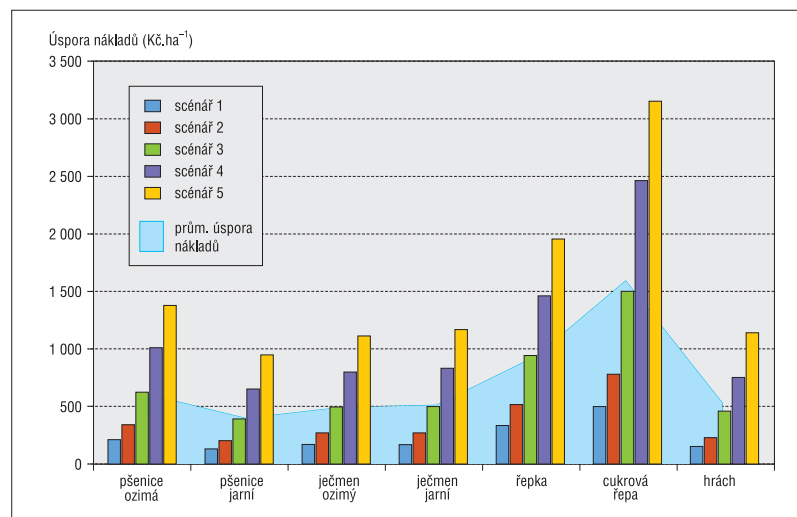
V současnosti je v systému UTIPA celkem hodnoceno dvacet technologií precizního zemědělství; v tomto článku jsou využity pouze technologie, které mají vztah k pěstování cukrové řepy:

- **Řízená jízda traktorů a zemědělské techniky po pozemku s přesností na 2 cm** – volba trajektorií pohybu strojů při pracovních operacích na základě GPS souřadnic a korekce RTK

(A-B linie, optimalizace na základě tvaru pozemku, pohybem po vrstevnici, jednotné kolejové řádky (CTF), apod.).

- **Telematika u traktorů a dalších zemědělských strojů** – kontinuální sběr provozních údajů, jejich ukládání a následné vyhodnocení – např. spotřeba paliva, tahová síla, prokluz, pracovní a nepracovní jízdy apod.
- **Variabilní zpracování půdy** – volba hloubky zpracování půdy na základě zmapovaných fyzikálních a chemických vlastností půdy (utužení, hrudovitost, pH, půdní vodivost apod.).
- **Tvorba aplikačních map pro základní hnojení** – Systém sběru a zpracování dat o půdním bloku, např. agrochemické zkoušení půd (AZP), výnosových map apod., jehož výsledkem je aplikační mapa pro základní hnojení.
- **Automatická regulace dávky hnojiva podle mapy** – regulace dávky podle vložené mapy hnojení vytvořené na základě předchozích údajů o zásobenosti živin.
- **Automatická regulace přesného setí podle mapy výsevu** – např. u kukuřice, cukrové řepy a dalších plodin. Automatické nastavení secího stroje (nastavení výsevu, hloubky setí) podle mapy výsevu, stanovištních podmínek, navádění secího stroje podle přípravy půdy.
- **Variabilní aplikace prostředků pro ochranu rostlin podle mapy výskytu škodlivého činitele** – vypínání sekci postřikovače, ochrana rostlin podle mapy výskytu škodlivého činitele, desikace podle aplikační mapy.
- **Využití dronů při aplikaci prostředků ochrany rostlin** – využití bezpilotních prostředků (UAV, dronů) především pro selektivní aplikaci pesticidů.

Obr. 3. Porovnání úspory nákladů dle různých úrovní využití technologií precizního zemědělství v praxi



Pramen: Pánková (24)

- **Mapování výnosů při sklizni okopanin** – vybavení sklízeců cukrové řepy a brambor přijímači signálu GPS a výnosovými čidly, tvorba a interpretace výnosových map.
- **Využití bezpilotních prostředků k managementu rostlinné výroby** – využití dronů nebo jiných bezpilotních prostředků k monitoringu stavu porostů (odhad výnosu, nerovnoměrné vzcházení, škody způsobené erozí, zvěří, počasím), včetně zpracování a interpretace výsledků.
- **Využití informací z družicových snímků k managementu rostlinné výroby** – využití družicových snímků k monitoringu stavu porostů (odhad výnosu, nerovnoměrné vzcházení, škody erozí, zvěří, počasím), vč. zpracování a interpretace výsledků.

Výsledky a diskuse

Na základě výše uvedených principů a shromážděných dat můžeme provádět celou řadu porovnání. Nejjednodušší je využití vizuálního zobrazení, kde můžeme porovnávat jednotlivé ukazatele – technologie, respondenty, území; a předpokládá se, že v budoucnu bude možné i časové porovnání. Výhodou systému je, že každý uživatel může s daty pracovat samostatně a může si udělat i porovnání s vlastním hodnocením. Na základě vzájemného vztahu můžeme vizuálně rozdělit hodnocené technologie do uvedených skupin, v pořadí od nejlépe hodnocené k nejhorší (obr. 2.). Z vizuálního porovnání vyplývá, že z hodnocených technologií je nejlépe využitelnou technologií v praxi Řízená jízda traktorů s další zemědělské techniky po pozemku ③, čemuž odpovídají i zkušenosti ze zemědělských podniků, kde je navigace strojů s využitím korekčního signálu RTK velmi často používána.

Druhou technologií, která se dostala, byť jenom těsně, do části dobrého využití v praxi, je Automatická regulace dávky hnojiva podle mapy hnojení ⑥. Zde je již poměrně zažitá zkušenost zemědělských podniků s úsporou a rovnoměrnějším rozmetáním hnojiva. Problém zde však zůstává ve výchozí technologii, samostatně hodnocené Tvorbě aplikačních map pro základní hnojení ⑤, která dle hodnocení stále spadá do kategorie „potřeba“, tzn. zemědělská praxe vnímá přínosy této technologie, ale na trhu nejsou doposud k dispozici uživatelsky přívětivá

řešení s jednoznačným ekonomickým přínosem, která by mohla být široce využita a posunula by celý technologický proces přesného hnojení na vyšší úroveň. Přehled výzkumných aktivit u cukrové řepy uvádí např. CHOCHOLA (23).

Do kategorie „potřeba“ dále spadá Telematika u traktorů a dalších zemědělských strojů ①, Automatická regulace řádkového setí ⑧, Variabilní aplikace prostředků ochrany rostlin ⑩ a hraničné i Využití družicových snímků ④. Jedná se o technologie, které zemědělská výroba vnímá jako užitečné pro praxi a ekonomickou efektivnost výroby, ale nejsou dostatečně vyvinuty, případně dostatečně dostupné zemědělské veřejnosti. U těchto technologií se tedy nachází velký prostor pro oblast výzkumu a jsou výzvou pro dodavatele technologií na hledání efektivních řešení.

Poslední čtyři zde hodnocené technologie, kterými jsou Mapování výnosů při sklizni okopanin ②, Využití dronů při aplikaci prostředků ochrany rostlin ⑨, Využití bezpilotních prostředků k managementu rostlinné výroby ⑥ a Variabilní

zpracování půdy ⑭, se řadí do kategorie „Vize“, tedy oblasti záměrů, u kterých se hledá řešení a jeho praktické využití.

V tomto okamžiku je nutné si uvědomit ekonomický potenciál úspor při využití výše uvedených technologií precizního zemědělství v řepářství, kde mohou úspory nákladů činit i více než 3 000 Kč.ha⁻¹. Uvedená hodnota vychází z případové studie zpracované na ČZU v Praze pro potřeby Ministerstva zemědělství ČR. Potenciál úspory nákladů je pro porovnání sumarizován dle vybraných plodin (obr. 3.), v grafu jsou stanoveny scénáře míry implementace technologií precizního zemědělství:

- **Scénář č. 1** – začátek implementace technologií precizního zemědělství v zemědělském podniku, kdy předpokládané úspory nákladů vycházejí z operací hnojení a chemické ochrany rostlin (mj. v podniku nejčastěji realizované). Na základě studia literatury a kvalifikovaného odhadu byl definován podíl úspory ve výši 1,9 % vybraných druhově členěných nákladů.
- **Scénář č. 2** – mírný rozvoj implementace technologií precizního zemědělství v zemědělském podniku, kdy předpokládané úspory nákladů vycházejí z operace hnojení a chemické ochrany. S ohledem na předpoklad multiplikativních účinků technologií precizního zemědělství v čase byl expertní odhad úspory vybraných druhů nákladů stanoven ve výši 3 %.
- **Scénář č. 3** – průměrné zapojení technologií precizního zemědělství předpokládá využívání technologií ve více pracovních operacích a koresponduje s odhadem úspory nákladů ve výši 5 %. Tato úspora nákladů je kvantifikována u nákladů na hnojiva a prostředky chemické ochrany rostlin, u ostatních přímých nákladů (tj. PHM a služeb) a mzdových nákladů.
- **Scénář č. 4** – návrh tohoto scénáře vychází z předpokladu další (širší) úrovně využívání technologií precizního zemědělství ve většině pracovních operací při pěstování hodnocených plodin, předpokládá synergický efekt plynoucí ze zkušeností, dobré praxe a časové linie používání technologií precizního zemědělství. Úspora vybraných druhových nákladů byla na základě expertního odhadu vyčíslena na úrovni 7 %.
- **Scénář č. 5** – jedná se o pokročilé využívání technologií precizního zemědělství ve většině pracovních agrotechnických operací s předpokladem úspory nákladů ve výši 9 % a vysokou mírou využití technologií precizního zemědělství v praxi.

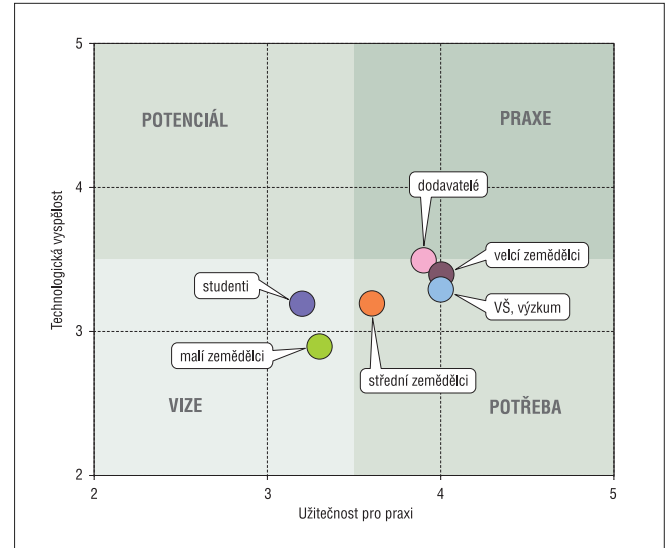
Hodnoty úspor v rámci jednotlivých scénářů jsou porovnány s průměrnou úsporou nákladů, jež byla odvozena z průměrných dat nákladovosti plodin v České republice dle UZEI.

Z dosažených údajů vyplývá, že rozšiřování stupně a míry zapojení technologií precizního zemědělství v provozní činnosti podniku přináší růst ekonomického efektu. Ten plyne z mnoha druhových nákladových položek (nákladů na osiva, hnojiva, pohonné hmoty, osobní náklady aj.) a jeho příspěvek k úspoře nákladů je značně diferencovaný. Využívání technologií precizního zemědělství má příznivý dopad na ekonomiku pěstování všech analyzovaných zemědělských komodit. Vysoké hodnoty dosažené u cukrové řepy jsou dány zejména vysokými výrobními náklady připadajícími na jednotku plochy (24).

Dalším možným porovnáním je hodnocení jednotlivých skupin respondentů. Tímto způsobem je možné porovnávat každou technologii samostatně, zde uvádíme porovnání všech hodnocení respondentů za všechny technologie (obr. 4.).

Celkově nejlépe hodnotí technologie precizního zemědělství, na pomezí praktického využití, dodavatelé technologií a služeb. To je logické, jelikož jsou to ti, kteří vytvářejí trh těchto technologií. Potěšitelné je, že téměř obdobně vnímání moderních technologií mají i velcí zemědělci (nad 500 ha), mají tedy dostatek znalostí a nejspíše i vlastních výsledků z jejich využití. To odpovídá i jiným průzkumům uvádějícím, že právě velké zemědělské podniky využívají technologie precizního zemědělství nejvíce (25). Nicméně zde je již hodnocení na úrovni „potřeba“, tzn. ještě velký potenciál na zlepšení využití v praxi. Téměř na stejné úrovni je i vnímání přínosů akademickými a výzkumnými pracovníky.

Obr. 4. Porovnání hodnocení respondentů



Výrazně horší vnímání precizního zemědělství a pravděpodobně i výrazně menší znalosti a zkušenosti mají v této oblasti střední zemědělské podniky (50–500 ha) a ještě výrazně horší je pohled u malých zemědělců (do 50 ha). Zde na jedné straně může být nižší znalost využití moderních technologií, ale jistě zde výraznou roli hraje i ekonomika a návratnost, především u nejmenších zemědělců.

Na zamyšlení, především pro střední a vysoké školy, je hodnocení studentů těchto škol (v hodnocení nejsou středoškolské a vysokoškolské studenty rozděleny). Z hodnocení vyplývá, že mají velmi malé znalosti v této oblasti, což je pro budoucí vývoj českého zemědělství velká výstraha.

Závěr

V článku jsou uvedeny dva příklady porovnání technologií precizního zemědělství. Každý zájemce si může v systému UTIPA (www.utipa.info) najít a porovnat technologie, které ho zajímají. Uživatelsko-technologický index precizního zemědělství je komplexní systém pro mezinárodní komunitu lidí se vztahem k preciznímu zemědělství, je přístupný každému, kdo respektuje pravidla používání. Umožňuje dlouhodobé sledování vývoje a trendů precizního zemědělství. Význam má pro prezentaci potenciálu precizního zemědělství, plánování rozvoje a především pro nalezení vztahu mezi technologickou inovativností a užitečností pro praxi.

Přínosem může být pro všechny zájmové skupiny. Zemědělci se mohou dozvědět, jestli je pro ně nabízená technologie užitečná a má-li význam. Dodavatelé často potřebují vědět, co jejich zákazníci (zemědělci) chtějí nebo očekávají, ale i jak se na jejich technologii dívají. Pro akademickou sféru může být zdrojem dat pro vědu a výzkum. V neposlední řadě může přispět k rozšíření povědomí o technologiích precizního zemědělství pro odbornou veřejnost.



V rámci další výzkumné činnosti systému UTIPA bude rozvíjeno softwarové řešení a uživatelské rozhraní. Předpokládá se doplnění webové aplikace o detailní přehled a popis jednotlivých technologií tak, aby aplikace mohla být využívána jako spolehlivý zdroj informací. Vizualizace dat bude podrobena dalšímu výzkumu, aby přinášela významné výstupy pro jednotlivé cílové skupiny.

Článek vznikl za podpory Interní grantové agentury (IGA) Provozně ekonomické fakulty ČZU v Praze, č. 20151032: Problematika UI/UX v návaznosti na aplikace podporující regionální rozvoj a obory příbuzné.

Souhrn

Nalezení vztahu mezi technologickou inovativností, ekonomickou efektivností a praktickou využitelností moderních technologií se řeší od počátku rozvoje precizního zemědělství. Pro jejich zhodnocení je možné využít Uživatelsko-technologický index precizního zemědělství (UTIPA). Jedná se o komplexní systém pro mezinárodní komunitu lidí se vztahem k preciznímu zemědělství, je přístupný každému, kdo respektuje pravidla používání. Každý zájemce si může v systému UTIPA najít a porovnat technologie, které ho zajímají. Nezanedbatelným přínosem je již pouhé vyvolání diskuse o přínosech a potenciálu precizního zemědělství.

V článku jsou uvedeny dva příklady porovnání technologií precizního zemědělství. Nejlépe hodnocenou technologií v řepářství je Řízená jízda traktorů a další zemědělské techniky po pozemku. Z porovnání hodnocení jednotlivých skupin respondentů pak vyplývají malé znalosti studentů středních a vysokých škol o moderních technologiích precizního zemědělství.

Klíčová slova: precizní zemědělství, Smart Farming, cukrová řepa, zemědělské technologie, uživatelské rozhraní, efektivita, UTIPA.

Literatura

1. CAMBOURIS, A. N. ET AL.: Precision Agriculture in Potato Production. *Potato Research*, 57, 2014 (3–4), s. 249–262.
2. KENDALL, H. AT AL.: Precision Agriculture in China: Exploring Awareness, Understanding, Attitudes and Perceptions of Agricultural Experts and End-Users in China. *Advances in Animal Biosciences: Precisin Agriculture (ECPA)*, 8, 2017 (2), s. 703–707.
3. GODWIN, R. ET AL.: Precisojin farming of cereal crops: A five-year experiment to develop management guidelines. 2002, [online] <https://cereals.ahdb.org.uk/media/288142/pr267-final-project-report.pdf>.
4. CASSMAN, K. G.: Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proc. Nat. Academy of Sci. of the USA*, 96, 1999 (11).
5. LINDBLOM, J. ET AL.: Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies. *Precision Agriculture*, 2016, [online] <http://link.springer.com/10.1007/s11119-016-9491-4>.
6. KROULÍK, M. ET AL.: The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologies. *Soil & Tillage Research*, 105, 2009 (1), s. 171–175.
7. HOLPP, M. ET AL.: Large-scale field evaluation of driving performance and ergonomic effects of satellite-based guidance systems. *Biosystems engineering*, 116, 2013 (2), s. 190–197.
8. PAVLU, K. ET AL.: Influence of sowing and harvest dates on production of two different cultivars of sugar beet. *Plant, Soil and Environment*, 63, 2017 (2), s. 76–81.
9. JOZEFYOVÁ, L.; PULKRABEK, J.; URBAN J.: The influence of harvest date and crop treatment on the production of two different sugar beet variety types. *Plant, Soil and Environment*, 49, 2003 (11), s. 492–498.

10. KUMHÁLA, F. ET AL.: Development and testing of two methods for the measurement of the mowing machine feed rate. *Plant, Soil and Environment*, 49, 2003 (11), s. 519–524.
11. FOUNTAS, S. ET AL.: Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 115, 2015, s. 40–50.
12. SCHIMMELPENNIG, D.; EBEL, R.: Sequential Adoption and Cost Savings from Precision Agriculture. *J. Agricult. and Resource Econ.*, 41, 2016 (1), s. 97–115.
13. KATALIN, T. G. ET AL.: Sustainable New Agricultural Technology – Economic Aspects of Precision Crop Protection. *Procedia Economics and Finance*, 8, 2014, s. 729–736.
14. PAUSTIAN, M.; THEUVSEN, L.: Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers“. *Precision Agriculture*. 2016, [online] <http://link.springer.com/10.1007/s11119-016-9482-5>.
15. KVIZ, Z.; KROULIK, M.; CHYBA, J.: Evaluation of Machinery Guidance Systems Concerning Pass-to-Pass Accuracy as a Tool for More Efficient Plant Production in Fields and Soil Damage Reduction. *Plant, Soil and Environment*, 60, 2014 (1), s. 36–42.
16. CORDESSES, L.; CARIU, C.; BERDUCAT, M.: Combine harvester control using Real Time Kinematic GPS. *Precision Agriculture*, 2, 2000, s. 147–161.
17. DUNN, P. K.; POWIERSKI, A. P.; HILL, R.: Statistical evaluation of data from tractor guidance systems. *Precision Agriculture*, 7, 2006, s. 179–192.
18. DEBAIN, C. ET AL.: A guidance-assistance system for agricultural vehicles. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25, 2000, s. 29–51.
19. HAN, S. ET AL.: A guidance directrix approach to vision-based vehicle guidance systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 43, 2004, s. 179–195.
20. KINGWELL, R.: The whole-farm benefits of controlled traffic farming: An Australian appraisal. *Agricultural systems*, 104, 2011 (7), s. 513–521.
21. STOLL, A.; KUTZBACH, H. D.: Guidance of a forage harvester with GPS. *Precision Agriculture*, 2, 2000, s. 281–291.
22. TEY, Y. S.; BRINDAL, M.: Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision Agriculture*, 13, 2012 (6), s. 713–730.
23. CHOCHOLA, J. ; PULKRÁBEK, J.: Výzkum cukrové řepy ve světě. *Listy cukrov. řepář.*, 128, 2012 (5–6), s. 177–179.
24. PÁNKOVÁ, L.: *Precizní zemědělství a jeho využití v praxi – ekonomické aspekty*. Případová studie zpracovaná pro MZe ČR, PEF ČZU v Praze, 2017.
25. KUBATA, K.; ŠIMEK, P.: Identification of Business Informatics Specifics in Agricultural Enterprises, *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, 8, 2016 (3), s. 69–76.
26. JAROLÍMEK, J. ET AL.: User-Technological Index of Precision Agriculture. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, 9, 2017 (1), s. 69–75.

Jarolímek J., Masner J., Vaněk J., Pánková L.: Assessing Benefits of Precision Farming Technologies in Sugar Beet Production

Finding the relationship between technological innovation, economic efficiency and the practical applicability of modern technology has been dealt with since the beginning of the development of precision farming. The User-Technology Index of Precision Agriculture (UTIPA) can be used for their evaluation. It is a complex system for the international community of people with relations to precision farming, it is accessible to anyone, who respects the rules of use. Every interested person can find and compare the technologies in the UTIPA system, that interest him. A non-negligible contribution is simply invoking a discussion of the benefits and potential of precision agriculture.

The article presents two examples of comparing precision farming technologies. The best-rated technology in beetroot farming is the controlled drive of tractors and other agricultural techniques on the farmland. From the comparison of the evaluation of individual groups of respondents, the results point out how little knowledge secondary and university students have about modern precision farming technologies.

Key words: Precision Farming, Smart Farming, Sugar Beet, Agricultural Technology, User Interface, Efficiency, UTIPA.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jan Jarolímek, Ph. D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, Katedra informačních technologií, Kamýčká 129, 165 00 Praha – Suchbát, Česká republika, e-mail: jarolimek@pef.czu.cz