

Úvod do metod precizního zemědělství při pěstování cukrové řepy

INTRODUCTION TO PRECISION AGRICULTURE METHODS IN SUGAR BEET CULTIVATION

Václav Jirka¹, Tomáš Javor², Josef Čejka³, Adam Drozd⁴

¹ JirkaAgricultura.cz, ² Agripor Žamberk, s. r. o., ³ Zemědělské družstvo Dolní Újezd, ⁴ SkyMaps, s. r. o.

Pěstování cukrové řepy patří stále ke královské disciplíně rostlinné výroby. Jde o velmi náročnou plodinu, která již v počátku své vegetace vyžaduje intenzivní přístup a čerpá vysoké náklady na založení porostu, ošetřování i sklizeň. Zvýšené úsilí vynabrazuje její tržní potenciál a v porostu ukryté navýšení běžného výnosu bulev při správném agronomickém provedení vegetační sezonou je obrovské. Pro zemědělské podniky pěstující cukrovku představuje poměrně velký podíl na finančním obratu. Současná situace v cukerním sektoru není stabilní a potřeba dosahovat trvale špičkových výnosů je enormní. Přesto, anebo právě proto, se při pěstování cukrové řepy stále více prosazují nové technologie precizního zemědělství. A české řepářství v této disciplíně rozhodně není pozadu.

Precizní technologie jsou intenzifikačním opatřením, které zvyšuje efektivitu využití půdy a živin, zaplatí své náklady, přinese zisk a přináší rovněž ekologické benefity. Jejich předpokladem je však nejvyšší možná základní péče o půdu i porost.

Šlechtění – klíč k udržitelnosti

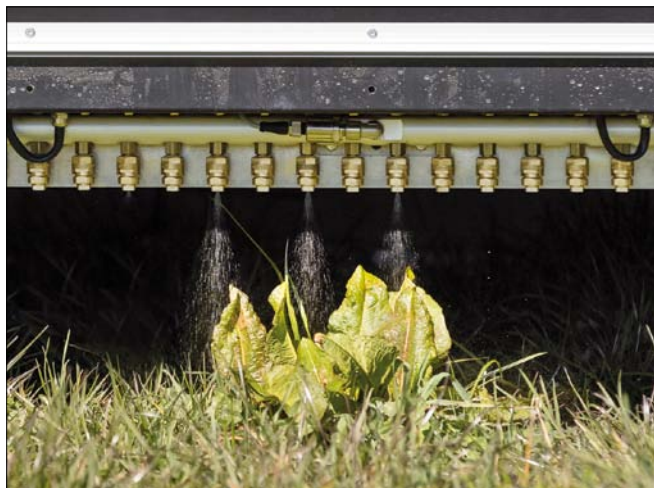
Nesporným skokem na poli modernizace pěstování cukrové řepy bylo v Evropě uvedení Smart odrůd v rámci technologie Conviso Smart, která významně zjednodušila regulaci zaplevelení porostů a přispěla k eradikaci vykvetlic a následných úporných problémů s výskytem plevelných řep. Šlechtění odrůd však bude do budoucna hrát ještě významnější roli, zvláště při využití běžících inovací v metodách genového inženýrství. To je nesmírně potřebné, protože společensko-politický tlak na omezení chemické ochrany rostlin a celkovou ekologizaci zemědělství bude pokračovat. Přirozená nebo indukovaná odolnost odrůd

k chorobám, škůdcům a abiotickým stresům včetně přísušků, vysokých teplot vzduchu, schopnost rychlého nástupu regenerační schopnosti rostlin po stresové epizodě, dosažení meziročně stabilních plánovaných výnosů a cukernatosti bude zásadně klíčová pro udržení efektivního pěstování cukrové řepy v následujících letech.

Přesně cílená ochrana rostlin

Příjezd prvního ultrapřesného postřikovače Ecorobotix ARA do České republiky v roce 2022 byl splněným snem. Stroj, který reálně rozeznává jednotlivé plevele a mikrodávku postřikové kapaliny cílí na jednotlivé rostliny, přešel z oblasti vývojových center na naše pole. Tyto postřikovače u nás dnes běžně pracují především v zelinářských podnicích. Několik z nich však bylo pořízeno pro ošetřování cukrovky. Aby ne, když v praktickém provozu je docilováno až 80% úspory postřiků!

Obr. 1. Převratem v ochraně rostlin je ultrapřesná aplikace na jednotlivé rostliny (foto Ecorobotix SA)



Obr. 2. V řádkových kulturách, jako je cukrovka, je ultrapřesná aplikace nejefektivnější (foto Ecorobotix SA)



Obr. 3. Kombinace autonomního robotu a ultrapřesného postřikovače je budoucností zemědělství (foto Leading Farmers CZ)



Jde o nesený postřikovač s nádrží na postřikovou kapalinu v předním závěsu traktoru a postřikovým rámem vzadu. Postřikový rám o záběru 6 m se však od běžného postřikovače liší rozmístěním trysek po 4 cm a zejména zakrytováním proti vnikání větru a světla. Rám jede těsně nad porostem s pomocí opěrných kol. Před postřikovou lištou je umístěno silné osvětlení a senzory, které snímají ujíždějící obraz porostu a systém jej on-line analyzuje a vydává pokyny jednotlivým tryškám, aby zasáhly konkrétní plevely dávkou herbicidu. Rozlišují se plevely už od 2 mm a pěstovaná plodina od 20 mm. Pěstovaná plodina ani okolní půda tedy nejsou postřikem zasaženy. Je-li naopak potřeba aplikovat fungicidy nebo listovou výživu, režim aplikace se změní, aby dávka byla cílena pouze na plochu listů pěstované plodiny. Pokud by šlo o neselektivní přípravek při aplikaci herbicidů, lze kolem plodiny nastavit ochrannou vzdálenost. Stroj může pracovat i v dalších režimech, jako jsou meziřádková aplikace, all-green, aplikace na šťovíky na loukách atd.

Výhodou jsou dosud nevídané úspory postřiků v desítkách procent, což přináší zpět nejen finance, ale i benefity v nezátěžení půdy chemickými látkami. Pěstovaná plodina není zasažena herbicidem, což omezuje až prakticky vylučuje přímou fyto-toxicitu selektivních přípravků na citlivou cukrovou řepu, a to může hrát roli při počátečním růstu. Aplikaci neomezuje vítr, lze aplikovat 24 h denně. Postřikovač je samozřejmě určen pro postemergentní aplikace. Plošná preemergentní aplikace by v tomto případě neměla smysl. Základem pro použití je vzešlý porost včetně plevelných druhů.

Páskový postřik

Pro úsporné páskové aplikace v porostech cukrovky lze využít i klasické samojízdné postřikovače vybavené autopilotem s přesností RTK $\pm 2,5$ cm. Některé zemědělské podniky přešly na rozteč řádků 50 cm při seti řádkových plodin. Postřikovač s tryskami po 25 nebo 50 cm a automatickým ovládáním každé trysky dle GPS navigace lze pak využít pro herbicidní postřik řádků s vysetou plodinou a meziřádky plečkovat, tj. mechanicky regulovat zaplevelení, které zároveň generuje uvolnění dusíku

v půdě mineralizací, často pak kolem $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$. Rovněž následná ochrana řádků rostlin výhodně pokračuje i fungicidy nebo se také uplatňuje páskové ošetření na řádky rostlin listovými hnojivy (zejména s mědí a bórem). Postřikový obrazec jednotlivých trysek lze ještě upravit jejich pootočením, takže šířka záběru se zmenší a rovněž lze regulovat obrazec postřiku výškou postřikového rámu nad porostem. Opět to přináší poměrně zásadní úspory při aplikacích.

Drony mapují plevely

Další vhodnou technologií pro zajištění úsporné aplikace herbicidů je využití dronů. Skenování porostu cukrovky přesně naváděným dronem a následné vyhodnocení výskytu plevelů na

Obr. 4. Aplikace variabilní dávky granulovaného NS hnojiva za pomoci řízení dávky N-Sensorem (foto T. Javor)



Obr. 5. Drony umožňují komplexní a zároveň detailní pohled na porost (foto CultiWise)



úrovni jednotlivých rostlin nebo ohnisek – typicky jde o pcháč, případně jednoděložné plevy – pomocí pokročilé analýzy (s využitím AI) umožní vytvořit aplikační mapu pro polní postřikovač, který pak ošetří pouze místa s výskytem plevelů vybraných pro přísně selektivní zásah proti danému druhu. Úspory zde dosahují i více než 50 %. Až legislativci povolí aplikaci přípravků ochrany rostlin přímo dronem vybaveným aplikačním zařízením a nádrží, bude pak levnější při nižším výskytu ohnisek provedení dronem. Velký běžný postřikovač bude moci agronom nebo farmář vyslat v pracovní špičce na ošetření jiných porostů. Automatizovaný aplikační dron se postará o ošetření herbicidem přímo v ohniscích plevelů podle předem vytvořené mapy.

Například nejmodernější obslužný agronomický software CultiWise, podporovaný AI, dokáže na dronových snímcích porostu ve vysokém rozlišení odlišit plevy od plodiny a rozeznávat skupiny plevelů nebo i vybrané druhy. Vypracovaná

aplikační mapa obsahuje informace o odhadovaném podílu ošetřené plochy, potřebném objemu postřikové jichy, procentuální úspoře a je kompatibilní s postřikovači s automatickým ovládáním sekcí nebo trysek. Pěstitel tak může cíleně aplikovat na místa s výskytem konkrétní skupiny či druhu plevelů a ušetřit postřikovou jichu, palivo a čas (např. díky menšímu objemu aplikace a méně častému doplňování) a současně nevystavovat plodinu zbytečnému stresu. Zároveň může u ohnisek vytrvalých nebo podezřele odolných plevelů zvolit „tvrďší“ zásah – zaměřit se jen na tato místa a aplikovat zde plnou (případně vyšší) dávku v rámci povoleného rozmezí, místo aby zvyšoval dávku plošně na celém pozemku.

Lze také začít vyhodnocovat možná podezření na ložiska rezistentních plevelů a aktualizovat vlastní antirezistentní strategii, což je stále více palčivým problémem v rostlinné výrobě.

Drony v monitoringu porostů, vykvetlic

Výhodou skenování drony je samozřejmě možnost podívat se na porost v celé jeho komplexnosti a postupně hodnotit jeho vývoj. Monitorovat počet jedinců cukrové řepy, chyby při setí, zapojení porostu při jeho růstu a odhadovat budoucí výnos. Sledovat možná poškození zvířaty či jinými vlivy, jako jsou extrémní projevy počasí (kroupy, voda). Samostatnou kapitolou může být zjištění výskytu vykvetlic a plevelných řep a možná i cílená likvidace v porostu, případně vytvoření mapy výskytu minimálně pro navedení brigádníků při vytrhávání. I v tomto ohledu mohou být zajímavé provozní experimenty s využitím dronů vybavených kamerami s vysokým rozlišením a následnou analýzou obrazu s pomocí AI.

Monitoring zdravotního stavu

Při nasazení multispektrálního senzoru lze hodnotit stav porostu pomocí vegetačních indexů, identifikovat zóny se stresem nebo atypickým vývojem a vyhodnocovat možné poškození listové plochy chorobami nebo škůdci. Může to být minimálně podklad k návštěvě porostu přímo v konkrétních místech

pozemku, která se pěstiteli nezamlouvají, ale z kraje pole nejsou vidět, a následně bezprostřední vyhodnocení včasnosti zásahu. V praxi to může vést např. k variabilní aplikaci fungicidů podle zón (okrajové části, místa s dlouhodobě vyšší vlhkostí nebo opakovaně oslabeným porostem), tedy ke zvýšení dávky v povoleném rozmezí v rizikových částech, nebo naopak ke snížení nebo vynechání aplikace tam, kde je tlak nízký.

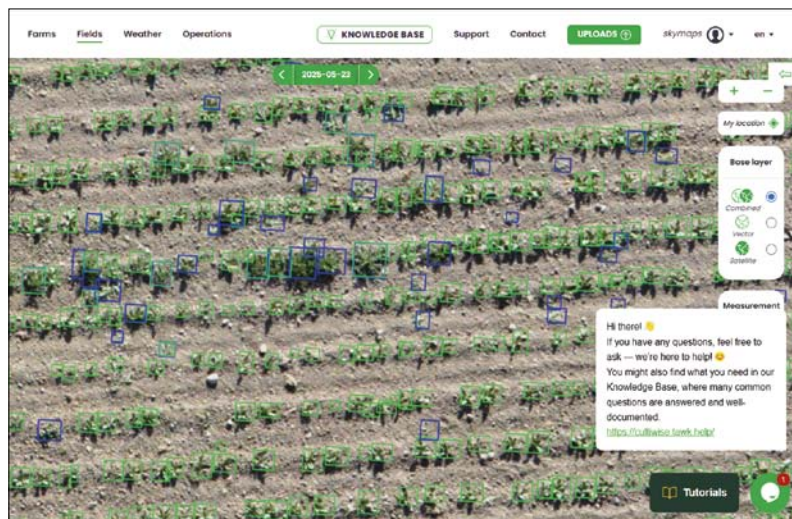
Pro další vědecký vývoj, zejména ve spojení s prediktivními modely, by mohlo být zajímavé včasné zachycení nástupu skvrnatičky řepné (*Cercospora beticola*) a včasná, přitom cílená aplikace fungicidů, která je neúčinnější hned na začátku infestace pletiv sporami.

Variabilní výsev cukrovky

S novými možnostmi přímého i nepřímého monitoringu půdy získáváme čím dál přesnější a úplnější informace o variabilitě a úživnosti jednotlivých míst na pozemku. To lze využít k optimalizaci výsevu cukrové řepy podle předpokládané úrodnosti jednotlivých zón zjištěných na pozemku.

V případě cukrovky se zpravidla volí logika menšího počtu vysetých jedinců na lepších místech pozemku. V místech, kde je vyšší úrodnost, více splavených živin, jistota vláhry či lepší struktura půdy, nasejeme méně jedinců na metr čtvereční. To zajistíme větší vzdáleností jedinců v řádku. Pracuje se však v řádu procent výsevu, tedy v řádu centimetrů. Počítejme rozptyl v setí na 16–19 cm, nikoliv že budeme vynechávat celé jedince. Předpokládá se, že menší počet rostlin lépe využije úživné poměry na stanovišti a vytvoří bulvy o větší hmotnosti, celkový výnos na pozemku tak bude vyšší. To lze však provádět na pozemcích v úrodném stavu a za zajištění maximální základní výživy a péče o porost. Také neznáme dopředu

Obr. 6. SW pro zpracování obrazu poskytuje data o počtu jedinců a za pomoci AI též detekci plevelů (foto CultiWise)



Obr. 7. Optimalizovaná mapa se zónami určenými k ošetření je instalována do ovládání postřikovače (foto CultiWise)



Obr. 8. Postřikovač aplikuje pouze na určených detailních místech pozemku (foto CultiWise)



Obr. 9. Kromě rozrušení půdního škraloupu a likvidace plevelů lze speciální plečkou s RTK naváděním provést rovněž přihnojení variabilní dávkou dusíkatých hnojiv podle aktuálního stavu porostů detekovaného N-Sensorem (foto T. Javor)



Obr. 10. Systémy jako je Veris umožňují velmi podrobné rozborů půdy přímo za jízdy po pozemku (foto V. Jirka, ortofoto ČÚZK)



průběh ročníku, a tak je nutný předpoklad, že na takto variabilně zasetém pozemku bude dostatek vláhy i za delších přísušků, jinak nám nižší počet špatně prosperujících rostlin výnos podtrhne. V takovém případě je vhodnější vysetí obvyklého počtu jedinců, kteří svým počtem zajistí výnos. Samozřejmou nutností je vybavení přesným secím strojem s variabilním výsevem dle GPS.

Avšak pozor, představa, že takto můžeme razantně navýšit výnosy či zcela změnit finanční výsledek je přehnaná. Podle dosavadních zkušeností počítáme při využití variabilních technologií s navýšením celkového výnosu v řádu několika jednotek procent. Přesto však jde o intenzifikační opatření, které zvyšuje efektivitu využití půdy a živin, zaplatí své náklady a přinese určitý zisk a přináší také ekologické benefity. Základním předpokladem je vytvoření mapy pro variabilní výsev, která se bude skládat z několika zón s daným počtem jedinců na metr čtvereční.

K mapám může vést dvojitá cesta. Jednak přímé měření kvalitativních parametrů půdy, vzorkování a vytvoření map úrodnosti na základě různých metod. Využit však lze také mapy z Agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP), pěstitelé si mohou objednat vzorkování půdy ve vyšším rastru od ZOL a služeb, které mohou rovnou dodat i hotové mapové výstupy, anebo si je pak vytvoří sami pomocí agronomického softwaru.

I v Česku jsou k dispozici stroje a zařízení, která mohou vzorkovat půdu přímo či nepřímo za jízdy po pozemku, např. iScan nebo platforma MSP3 od firmy Veris Technologies, skener SoilOptix apod. Údaje lze zpracovávat v různých návazných softwarech a řada dodavatelů poskytuje vlastní software pro zpracování map výsevu, které zahrnují například i obsah organické hmoty v půdě nebo reliéf terénu, kde se v proláklínách předpokládá vyšší obsah splavených živin a vlhkost apod.

Satelity a výnosový potenciál

Další možností je využití snímků satelitů nebo dronů z dálkového průzkumu Země. Jde dostupnou a dnes i levnou možností, kterou zvládne i průměrný uživatel počítače s agronomickými znalostmi. Konkrétně pro vytvoření map variabilního výsevu potřebujeme údaje o relativních výnosových potenciálech (RVP) jednotlivých pozemků. Ty se tvoří na základě satelitních dat ze snímání indexů biomasy porostů několik let zpět (5–10 let). Poskládáním těchto map z jednotlivých let na sebe lze vidět, která místa na pozemku jsou úrodnější a která méně úrodná, můžeme je tak kategorizovat na několik zón.

K jejich interpretaci je potřeba agronomická znalost, pro rozhodování je nutné začlenit výsledky zásobenosti půd podle rozborů alespoň základních agrochemických vlastností (AZZP), které doplní výsledek intenzity snímků ze satelitu nebo dronů pro určení produkční zóny pozemku. Nedoporučuje se však vytvářet příliš velký počet zón variability na jednom pozemku, už s ohledem na aplikační techniku, která příliš podrobné členění nedokáže obsloužit omezeným záběrem, datovým tokem a časovým zdržením mezi GPS navigací a ovládacími prvky aplikačního stroje. Pro variabilní výsevek cukrovky by dokonce bylo vhodné nastavit jen dvě produkční zóny (následně výsevky a úrovně hnojení). Zjednodušeně – nastavit nižší výsevek do úrodnějších zón a vyšší výsevek do chudších zón. Exportem z příslušného softwaru získáme mapu variabilního výsevku secího stroje (nutná je důkladná kontrola výsledku, protože i zde platí „dvakrát měř, jednou řež“, zasít totiž lze jenom jednou) pro příslušný typ secího stroje, a tu přeneseme do jeho řídicího počítače, ať už dálkově přes interní modem nebo ručním přenosem flash diskem.

Senzory odhadující potřebu dusíku

Satelitní zdroje nebo drony, které dnes poskytují pravidelné aktuální snímky porostů vlastně na denní bázi, umožňují sledovat aktuální stav porostu. Díky multispektrálním snímkům lze takřka každodenně hodnotit vegetační a výživný stav a variabilitu porostu a následně predikovat potřebu okamžitého dohnojení dusíkem. K tomu se využívá světelné odrazivosti

Obr. 11. Moderní řádková plečka Ullmanna vybavená AI technologií a strojovým viděním s rozpoznáním plodiny



porostu a korelace (vztahem) mezi intenzitou barvy listů, posléze obsahem chlorofylu a okamžitým biologickým příjmem dusíku. Na tomto principu pracují rovněž pozemní senzory, ať už mobilní, jako je Yara N-Sensor nebo Isaria a další, instalované na traktory

Obr. 12. Senzory – Yara N-Sensor na instalovaný kabině traktoru (nahore) a senzory Trimble GreenSeeker (dole)



a další aplikační techniku, tak i ruční screeningové senzory v podobě N-Testeru, chlorofylmetrů nebo senzorů bodově snímající NDVI index (např. GreenSeeker). Mobilní senzory mají samozřejmě výhodu v tom, že ihned za jízdy ovládají rozmetadlo nebo postřikovač, zatímco ze satelitních snímků nebo z měření chlorofylmetrem je nutné mapy nejprve připravit na PC ve speciálním software a poté importovat do řídicího počítače aplikačního stroje.

Hnojení N podle okamžité potřeby porostu je využíváno zejména v obilninách, kde bylo prvotně vyvíjeno před více než 20 lety a je dovedeno k dokonalosti a je dlouhodobě v praxi používáno. V případě cukrové řepy není použití senzorů dostatečně vyvinuto, ale provedené pokusy potvrdily tendenci přínosu řízení variabilní dávky dusíkatých hnojiv během vegetace. Ve vývoji senzorů pro dávkování dusíku chybí databáze korelací mezi barvou listů, příjmem dusíku biomasou a potřebou přihnojované dávky dusíkatého hnojiva pro jednotlivé odrůdy, protože jejich listy a odrazivost se liší obdobně jako u obilnin.

Byly provedeny poloprovozní pokusy začlenit do pěstební technologie cukrové řepy použití Yara N-Sensoru na aplikační technice granulovaných dusíkatých hnojiv. V době korekčního přihnojení řepných porostů bylo dosaženo navýšení výnosu bulev a významně větší vyrovnanosti ve hmotnosti (velikosti) bulev. K použití Yara N-Sensoru v cukrovce je zapotřebí dosáhnout minimální pokrývnosti půdy zelenou vegetací a v té době diagnostikovat výživný stav rostlin za pomoci odběru a laboratorní analýzy větších a porovnání menších rostlin z porostu. Výsledek analýzy je dostupný u zkušených laboratořích do 24 hodin. Nejlépe nastavené použití Yara N-Sensoru bylo při aplikační

dávce v rozpětí 35–55 kg·ha⁻¹ N (při zadané průměrné dávce 40 kg·ha⁻¹ N) v období zcela vyvinutého minimálně 4. listu nebo lépe částečně vyvinutého až 6. pravého listu. Tomu zpravidla odpovídá stav vegetace ve druhé polovině května. V horších pěstebních podmínkách s více prostorově variabilními pozemky s těžkou půdou bylo zjištěno v průměru 12% navýšení výnosu bulev oproti uniformní dávce 40 kg·ha⁻¹ N ve hnojení LAV 27. Podpořena byla rovněž cukernatost bulev, při sklizni o 0,3–0,9 %. V podmínkách nejlepších řepářských oblastí s výskytem živinově a vláhově vyrovnaných hnědozemí a přechodných černozemí byly zjištěny účinky řízené variabilní dávky dusíku N-Sensorem v rozpětí 20–45 kg·ha⁻¹ N na zvýšení výnosu bulev o 2–3 % oproti uniformně aplikovanému hnojení LAV 27. Yara N-Sensorem však byl v lepších řepářských oblastech zvýšen výnos bulev v průměru o 9 % při aplikaci větší variabilní dávky 50–80 kg·ha⁻¹ N při současném přívodu 25–40 kg·ha⁻¹ S pomocí hnojiva DASA 24–12. Odezva cukrové řepy na tradiční květnové přihnojení dusíkem a ještě významněji dusíkem se sírou byla velmi dobrá a řízené rozmístění variabilního rozpětí dávky ekonomicky zefektivnilo pěstitelský výsledek.

Použití Yara N-Sensoru pro on-line řízenou variabilní dávku dusíku v porostech cukrové řepy přineslo úsporu 3–19 kg·ha⁻¹ N oproti uniformní (jednotné) aplikaci průměrné dávky.

Další možností je vypracování map variabilní aplikace na základě předchozích odběrů a analýz vzorků půd na zásobenost minerálním dusíkem (N_{min}) v půdě, doplněných vhodně i o analýzu dusíku v rostlinách. To však je časově náročné pro aktuální reakci na porost a nákladné, pokud by měla mapa být dostatečně podrobná. Osvědčeným modifikovaným kompromisem je odběr vzorků půdy na analýzu N_{min} a rostlin na výživný stav dusíkem a dalšími prvky vizuálně (nej)více vyživené části porostu a naopak na porovnání v (nej)méně vyživeném porostu na ploše a následné naskenování odrazivosti těchto dvou ploch senzorem nebo ručním chlorofylmetrem, který by pak dávkoval dusík na základě zbarvení listů a podle interpolace křivky vytvořené mezi těmito dvěma hraničními hodnotami. Případně by se musely zóny vytvořit manuálně pochůzkou s ručním chlorofylmetrem.

Nepřímou cestou je pak vytvoření zónových map aplikace podle satelitních výnosových potenciálů daného pozemku a předpokladu úrodnosti jednotlivých zón pozemku, kam by se ale musely opět dosadit pro dostatečné upřesnění hodnoty dávek dusíkatých hnojiv podle přímého měření zásobenosti půdy N_{min} v daném roce. Problematikou se zabývá např. PULKRÁBEK ET AL. (1).

V případě nerovnoměrně vzešlých porostů by rovněž šlo velmi jednoduše zohlednit aplikaci dusíku podle pokrytí půdy biomasou řepy, buď nasnímáním plochy dronem a vytvořením mapy, kde by se dusík na nevzešlých místech zbytečně neaplikoval, nebo je pro tyto účely možné využít i mobilní senzory.

Roboty na polích

Cukrová řepa jako přesná intenzivní řádková plodina je pro robotizaci vlastně předurčena. Setí převážně v rovných řádcích a nejčastěji na rovinách vybízí k celkové robotizaci operací už od přípravy půdy, snad jediné s výjimkou sklizně, kterou zabezpečují velké sklizeče často v nepříznivých půdních podmínkách.

Nejefektivnější bude svěřit robotickému tažnému prostředku operace od zasetí, přes aplikace a plečkování. Pokud si ten samý robot zaseje a bude podle stejných linií např. plečkovat, eliminují se tím možné chyby v přenosu linií nebo zásahu řidiče traktoru do

autopilotu při setí. To by pak v důsledku mohlo znamenat škodu při robotickém plečkování. V takovém případě je doporučeno využívat plečky řízené navíc kamerovým systémem.

Roboty jako tažné prostředky jsou na našich polích k vidění od roku 2019, kdy byl představen první autonomní komerčně dostupný nosič nářadí Agroboti Robotti o výkonu 110,8 kW a v roce 2023 následovalo, shodou okolností na řepářském dnu ZD Unčovice, představení skutečně již robotického traktoru AgXeed 5.115T2 o výkonu 115 kW. Od té doby na zemědělských podnicích již několik robotických traktorů operuje.

Na trhu jsou dnes k dispozici elektrické polní roboty, většinou v podobě nosičů nářadí určených pro menší výkony a jsou zejména vhodné pro záhonový nebo řádkový způsob pěstování. Často jde o malé jednořádkové roboty určené zpravidla k plečkování a dále speciální nebo univerzální nosiče nářadí, do nichž se zavěšuje víceřádkové nářadí. Baterie se nabíjejí ze sítě nebo mají některé typy elektrických robotů svůj solární panel pro průběžné dobíjení.

Diesellové polní roboty už se konstruují rovněž jako klasické traktory bez kabiny, které mohou pracovat s běžným pracovním nářadím dostupným v zemědělském podniku pro většinu polních prací a odpovídajícím tahovému výkonu. Ovládání robotů je většinou prováděno přes tablet s bezdrátovým spojením a možností sledování a ovládání robotu na dálku. Programování pojezdové trasy musí být uživatelsky přátelské pro běžného pracovníka obsluhy zemědělských strojů. Samozřejmě je nezbytné před nasazením robotů přesně zmapovat hranice pozemků a trvale překážky včetně zamokřených míst apod.

V případě polních robotů je jedním z nejdůležitějších kritérií bezpečnost. Ta je klíčovým parametrem pro provoz autonomních polních robotů a je zajištěna několika úrovněmi zabezpečení. Jednak jde o virtuální geofencing, kdy robot nemůže vyjet z nastavených hranic pozemku, a proto je důležité jejich přesné zaměření. Podobně, pokud vypadne korekční signál, robot se zastaví a vyšle zprávu obsluze. Ta samozřejmě může neustále sledovat pojezd robotu v ovládací mapové aplikaci, dálkově zadávat pokyny nebo dokonce sledovat i obraz z palubních kamer přes on-line stream. Robot sám bývá zabezpečen několika autonomními úrovněmi, z nichž důležitý je LIDAR střežící 360° okolí robotu, dále vpředu a vzadu umístěná radarová nebo ultrazvuková čidla, která se často umísťují i na pracovní nářadí. Dále bývají roboty zabezpečeny nárazníkem s dotykovými senzory, které robot zastaví při jakémkoliv dotyku s překážkou. Nejmodernější roboty vybavené AI již umí rozeznat, zda se nenadálá překážka pohybuje a mizí z dráhy pojezdu a zda má tedy pouze zpomalit, spustit varovná světla a zvuky, a nebo zda překážka zůstává v dráze pojezdu a robot tedy zastaví a vyšle zprávu obsluze.

Obr. 13. Autonomní pásový robot AgXeed AgBot 5.115T2



Obr. 14. Robotický nosič nářadí Agroboti Robotti



Obr. 15. Farmdroid – polní robot na solární pohon



Shnutí

Pěstování cukrové řepy zůstává královskou disciplínou rostlinné výroby, která vyžaduje intenzivní přístup od založení až po sklizeň. Vysoké vstupní náklady a rostoucí tlak na ekologizaci dnes nutí pěstitele hledat cesty k maximální efektivitě, což v českém prostředí vede k rychlému osvojování metod precizního

Obr. 16. Drobné farmářské přístroje (půdní pH metry, penetromerty ad.) pomohou s průběžnou orientací při vedení porostů (foto V. Jirka)



zemědělství. Klíčovým mezníkem je přechod od plošného ošetřování k ultrapřesné aplikaci, kterou reprezentují stroje jako Ecorobotix ARA. Tento postřikovač díky senzorům a umělé inteligenci rozeznává plevely od 2 mm a cílí mikrodávku herbicidu přímo na ně, čímž dosahuje až 80% úspory chemických látek a eliminuje fytotoxicitu pro samotnou řepu.

Alternativu představuje páskový postřik s RTK navigací (RTK – dynamická technologie určování polohy v reálném čase), kombinovaný s mechanickou plečkou.

Významnou roli hraje také dálkový průzkum Země. Skenování drony a analýza satelitních snímků umožňují tvorbu detailních aplikačních map. Ty slouží nejen k cílené likvidaci ohnisek vytrvalých plevelů, ale i k variabilnímu přihnojování dusíkem. Pokročilé systémy, jako jsou mobilní senzory, dokáží v reálném čase korigovat dávku dusíkatého hnojiva podle aktuálního stavu listové plochy a chlorofylu.

Moderní technologie mění i samotný výsev. Na základě historických dat o výnosovém potenciálu lze variabilně měnit hustotu setí – v úrodnějších zónách se volí nižší počet rostlin řepy, aby lépe využily živiny a vytvořily mohutnější bulvy.

Vrcholem inovací je pak robotizace. Autonomní polní roboty dnes reálně přebírají monotónní práce od setí po plečkování s milimetrovou přesností, čímž eliminují lidské chyby.

Precizní zemědělství tak není jen vizí budoucnosti, ale praktickým nástrojem, který při zachování základní agronomické péče vrací při pěstování cukrové řepy investice skrze úsporu vstupů a stabilizaci špičkových výnosů.

Literatura

1. PULKRÁBEK, J. ET AL.: Variabilní přihnojení cukrové řepy. *Agromanuál*, 2021 (5), s. 96–98.



Zemědělské družstvo Dolní Újezd – aplikace bakterií před setím cukrové řepy společně s přípravou půdy (ke sdělení na s. 234 a 235)