

Využitie bezpilotných lietajúcich prostriedkov na príklade agrotechnických aplikácií pri pestovaní maku siateho

Košánová, S.: Using Unmanned Aerial Vehicles in Agrotechnic Applications: Example of Planting Opium Poppy (*Papaver somniferum* L.). *Životné prostredie*, 2020, 54, 2, p. 90–93.

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are gradually becoming part of precision agriculture. Advanced UAV technology can now assemble major information on the stand and the location where agricultural crops are grown. By processing, correct interpretation and supplementing the data with soil analysis, it is possible to prepare follow-up interventions which reduce the costs of fertilisers and pesticides and protect both the soil and the environment. This paper uses the example of poppy cultivation to assess UAV use in practice and to determine the best procedures for applying precision agriculture technologies and subsequent economic benefits derived from this method. Herein, we produced multi-spectral images of monitored poppy-sown areas during the growing season. These were then used to monitor the development of plants from emergence to harvest. We obtained important information on the soil properties at the cultivated localities, and subsequently created data for the precise application of nutrients and appropriate agrotechnical interventions to ensure the elimination of pests and plant diseases.

Key words: drones, precision agriculture, Opium poppy (Papaver somniferum L.), GPS

Presné poľnohospodárstvo predstavuje súbor technológií, ktorý kombinuje využitie senzorov, informačných technológií, modernej techniky a manažmentu s cieľom optimalizovať výrobu, pričom rešpektuje variabilitu a neistotu poľnohospodárskeho systému (Gebberts, 2010). Okrem optimalizácie poľnohospodárskych výrobných procesov (príprava sejby, sledovanie vývoja porastov, časovanie manažmentových zásahov a zberu) prispievajú inovatívne technológie i k udržateľnému obhospodarovaniu prírodných zdrojov, zlepšeniu kvality pôdy, minimalizácii degradácie pôdy a negatívnych dopadov na podzemné vody. Najvýznamnejšou ekonomickou motiváciou pre farmárov je zvýšenie efektívnosti poľnohospodárskej výroby, zníženie nákladov a maximalizácia využitia úrodového potenciálu poľnohospodárskej pôdy.

Základným predpokladom pre aplikácie systémov a technológií precízneho poľnohospodárstva je zmapovanie priestorovej variability obhospodarovaných parciel. Zvlášť v podmienkach Slovenska, kde prevládajú veľkoblokové poľnohospodárske parcely je správna identifikácia, tzv. manažmentových zón nevyhnutná. Veľkoblokové parcely často významne varírujú z hľadiska určujúcich pôdnych vlastností ako dostupnosť živín, obsah organického uhlíka či hydrofyzikálnych vlastností. Manažmentové zóny vyčlenené v rámci obhospodarovaných parciel (lánov) by mali predstavovať kvázi homogénne priestorové jednotky, kde je možné efektívne uplatňovať jednotný agronomický postup a to najmä z hľadiska aplikácií vstupov živín. Vyčlenenie ta-

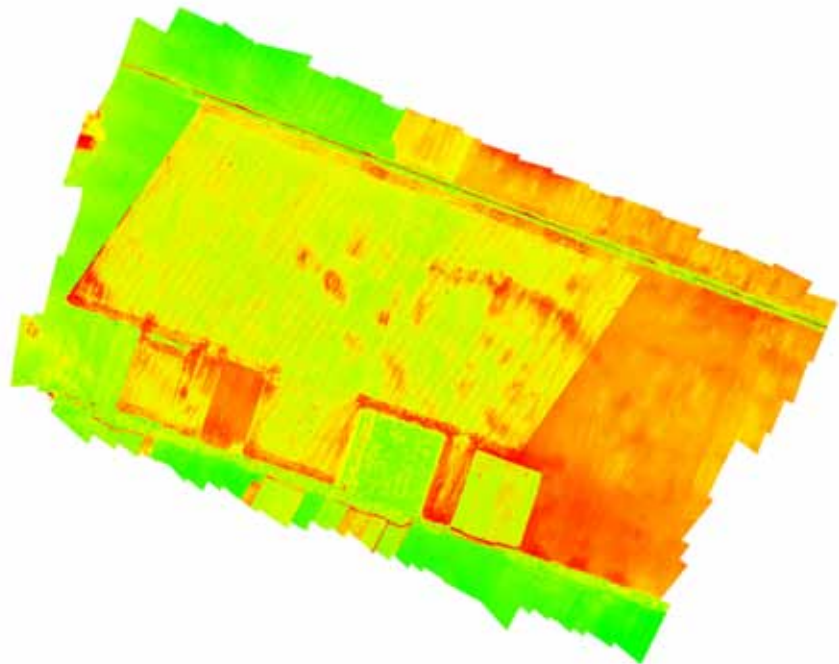
kýchto zón je možné viacerými spôsobmi. V zásade ich môžeme rozdeliť na metódy založené na analýze variability pôdnych vlastností a metódy založené na analýze variability spektrálnej odozvy vegetácie. Analýza variability pôdnych vlastností sa vykonáva intenzívnym prieskumom určujúcich pôdnych vlastností v hustej sieti geo-lokalizovaných odberov (či už automatickým systémom alebo manuálne).

V laboratóriu sa vyhodnocuje spravidla obsah živín, predovšetkým zastúpenie dusíka (N), fosforu (P), draslíka (K), horčíka (Mg), vápnika (Ca) a hodnoty vodíkového exponentu (pH). Dusík je nevyhnutný pre fotosyntézu a tvorbu bielkovín a aminokyselín. Fosfor pôsobí na prenos energie v rastlinách a príjem živín nachádzajúcich sa v pôde hlavne v období kvitnutia. Draslík podporuje rast rastlín a tvorbu organickej hmoty. Horčík je dôležitý pre vývoj zdravých listov rastlín. Pôdna reakcia je základným agrochemickým parametrom – pH pôdy v intervale 6,6–7,2 sa považuje za prejav neutrálnych pôd, hodnoty pod 6,6 sú prejavom kyslej pôdy a hodnoty nad 7,2 sú prejavom alkalickéj pôdy. Vo veľmi kyslých pôdach môže byť rozpustnosť a následne prijateľnosť železa, ale aj hliníka tak vysoká, že dané prvky môžu pôsobiť na rastliny toxicky. Z hľadiska ťažkých kovov v dopestovaných produktoch je vhodnejšie, ak rastliny pestujeme na neutrálnych alebo slaboch alkalických pôdach ako na pôdach kyslých. Negatívny vplyv kyslej pôdnej reakcie spôsobuje neschopnosť rastlín využiť z pôdneho roztoku rozpustný fosfor, draslík i horčík (Kováčik, 2013).

Na základe výsledku pôdných rozborov vznikne mapa obsahu živín pre príslušný poľnohospodársky pozemok, ktorý sa stáva podkladom pre vytvorenie aplikáčnej mapy. Tá zároveň slúži (na základe skúseností pestovateľa zo špecifikami lokality) ako základný podklad pre cieľnú aplikáciu hnojív. V mape je navrhnutá optimálna dávka živín pre každú zónu obhospodarovanej plochy. Pri optimalizácii agrotechnických zásahov je potrebné brať do úvahy druh pestovanej plodiny a jej náchylnosť na rôzne choroby a škodcov. Veľký vplyv na výskyt chorôb a škodcov majú aj poveternostné podmienky (sucho a vlhko), preto je potrebné počas vegetačného obdobia často sledovať zmeny prejavujúce sa na rastlinách.

Druhý rozšírený prístup pre určenie manažmentových zón obhospodarovaných pozemkov je založený na analýze priestorovej analýzy spektrálnej odozvy vegetácie. Optické senzory zaznamenávajúce rôzne oblasti spektra môžu byť umiestnené na rôznych nosičoch (lietadlo, satelity, UAV). Kvôli vyhovujúcej priestorovej rozlíšiteľnosti a flexibilitě použitia sú tieto prístupy založené najmä na bezpilotných systémoch (UAS). S dostupnosťou satelitne založených systémov s vysokou priestorovou rozlíšiteľnosťou a frekvenciou snímokovania (napr. platforma Sentinel 2 z programu Copernicus s 10 metrovou priestorovou rozlíšiteľnosťou vo viditeľnom a blízko infračervenom spektre) sa čoraz viac používajú i tieto produkty a to najmä v podmienkach veľkých parciel a pre určenie tzv. potencionálnych úrodových máp. Na špecifické problémy vznikajúce pri pestovaní špeciálnych plodín akým je napr. mak siaty a veľkomierkového sledovania vývoja porastu, resp. detekcie prípadných poškodení, ktoré sa odzrkadlia len vo vysokom priestorovom rozlíšení (napr. zaburinenie, škodcova, hraboše atď.) je nevyhnutné sledovať vývoj porastu i systémami UAS.

Podľa množstva sledovaných spektrálnych pásiem resp. ich spektrálnej oblasti možno najpoužívanejšie senzory (kamery) umiestnené na systémoch bezpilotného snímokovania (UAS) rozdeliť na RGB, multispektrálne a termálne. RGB kamery predstavujú najjednoduchšie senzory snímajúce odraznosť vo viditeľných spektrálnych pásmach podávajúcich obraz tak, ako ich vníma ľudské oko, čo umožňuje získať okamžitý náhľad na snímanú oblasť. Používajú sa pri presnom zameriavaní hraníc pozemkov, identifikáciu hlavných poško-



Obr. 1. NDVI snímka porastu maku siateho (máj, 2019) Foto: Svetlana Košanová
Zelené spektrum – veľmi dobre zapojený porast, žlté spektrum – slabo až zle zapojený porast, červené spektrum – holá pôda bez vegetácie

dení, napr. zaburinenosti, poškodenie zverou a pod. Multispektrálna kamera, ktorá sníma okrem spektrálnych pásiem vo viditeľnej oblasti (RGB), i oblasť v blízko infračervenej oblasti (NIR) alebo v hraničnom pásme červeného spektra (tzv. red edge), ktoré umožňujú tvorbu mnohých spektrálnych indexov citlivých na stav (kondíciu) vegetácie súvisiacu napr. s obsahom chlorofylu v listoch alebo celkovú bujnosť a hustotu vegetácie (napr. index listovej plochy – LAI).

Najnovšie sa objavujú i technológie snímania v termálnom pásme (termokamery), ktoré zaznamenávajú povrchovú teplotu vegetácie reflektujúcu najmä obsah vody v pletivách rastlín a detekciu vodného deficitu rastlín.

Využívanie takýchto presných informácií o poľnohospodárskych pozemkoch napr. i s použitím bezpilotných systémov (UAS) umožňuje poľnohospodárom získať včasné informácie o poraste, promptne riešiť zistené skutočnosti, presnosť v aplikáciách herbicídov a možnosť včas rozhodovať a plánovať ďalšiu činnosť v pestovaní poľnohospodárskych kultúr (Košanová, Galambošová, 2020). Nezanedbateľný je environmentálny aspekt týchto prístupov, aplikáciou presného množstva chemikálií (pesticídov) na správne miesto a v správny čas sa eliminuje kontaminácia pôdy, podzemnej vody a zabráni sa negatívnemu znižovaniu početnosti pôdných organizmov prospievajúcich plodinám.

Významnou zábranou rýchlejšieho využívania bezpilotných systémov snímokovania pozemkov do poľnohospodárskej praxe bola predovšetkým zložitá legisla-



Obr. 2. RGB snímka makového poľa s výrazným zaburinením makom vlčím (jún, 2019). Foto: Svetlana Košanová



Obr. 3. Detailnejší záber na porast maku siateho s poškodením od hraboša poľného (jún, 2019) Foto: Svetlana Košanová

tíva ktorú vydal Dopravný úrad SR 14. novembra 2019, rozhodnutím č. 2/2019, ktoré nadobudlo platnosť 15. novembra 2019. Od 1. januára 2021 bude v tomto smere platíť v celej EÚ jednotná legislatíva. Používanie a lietanie s dronmi v zmysle týchto nariadení prináša povinnosť ich registrácie a absolvovania leteckých pilotných skúšok.

Optimalizácia agrotechnických aplikácií pri pestovaní maku siateho

Aj napriek veľmi prísnemu zákonu sa dnes znova začína rozvíjať pestovanie a šľachtenie maku siateho. V roku 2016 bolo na Slovensku vysiatych 3 698 ha, najviac v Nitrianskom a Trnavskom kraji (Bencko, 2016).

Mak siaty patrí medzi špeciálne plodiny. Jeho pestovanie si vyžaduje osobitný prístup hlavne pre obsah psychotropných látok. Pri pestovaní maku siateho sa poľnohospodár musí riadiť zákonom NR SR č. 77/2009 Z. z. s účinnosťou od 1. apríla 2009, ktorý hovorí, že pestovať mak bez povolenia sa môže iba na ploche menšej ako 100 m² a to iba na potravinárske účely. Pestovanie maku na ploche väčšej ako 100 m² je možné iba na základe povolenia. Pozemok je potrebné sledovať a zamedziť vstupu nepovolanej osobám.

V nasledovnej časti predstavieme ukážky možností využitia systémov bezkontaktného snímkovania (UAS) pre pestovanie maku siateho v modelovom území okresu Nové Zámky, na poľnohospodárskych pozemkoch obhospodávaných PD Dolný Ohaj. Pestovateľ obhospodaruje 1100 ha ornej pôdy a 35 ha viniča hroznorodého. Mak siaty sa tam pestuje dlhodobo na ploche približne 100 ha za účelom potravinárskej výroby.

Porast maku siateho (*Papaver somniferum L.*) sme sledovali v roku 2019 na ploche 72,18 ha. Snímkovanie sa vykonávalo bezpilotným letúnom značky eBee, ktorý vydrží lietať 45 minút, za ktoré dokáže nasnímať približne 100 ha. V programe Emotion 3 sme označili hranice parcely, trasu letu, nastavili začiatok štartu a dráhu pristátia, ktorú sme potom nahrali do autopilota letúna. Lietalo sa nad

porastom vo výške 120 m a každých 25 m bol nasnímaný snímok s príslušnými GPS súradnicami. Vo fáze následného spracovania (postprocessing) sme vytvorili výslednú ortofotomapu pozemku (RGB mozaiku) ako i mapu multispektrálneho vegetačného indexu NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) Priestorová variabilita NDVI spolu s terénnou obhliadkou, odlišnosťou v rôznorodosti terénu, jeho sklonu, intenzite podmáčania a sucha slúžila k finálnemu vyčleneniu štyroch manažmentových zón. Zóny mali výmeru 2 až 15 ha. Na základe takto vyčlenených manažmentových zón bol aplikovaný odber pôdnych vzoriek použitím minimálne tridsiatich vpichov pre jednu vzorku v jednej zóne. Pôdne vzorky boli doručené do akreditovaného laboratória na rozbor a analýzu.

Monitoring dronom začal niekoľko dní po sejbe, snímanie sa v priebehu vegetačného obdobia vykonávalo v mesačných intervaloch, v niektorých mesiacoch aj viackrát za účelom včasného zachytenia výskytu burín, chorôb a škodcov. Počas pravidelného snímokovania bola sledovaná rovnomernosť vzhádzania, vývoj a zapojenie porastu. Zachytené nerovnomernosti, ako napr. odlišnosti na NDVI mape porastu (obr. 1) boli identifikované ako oneskorené vzhádzanie v dôsledku inej pôdnej štruktúry. Na niektorých lokalitách bol zaznamenaný zvýšený výskyt burín (najmä mak vlčí), identifikovaný na RGB snímkach, ktorý sa následne riešil lokálnym herbicídny postrekom (obr. 2). Účinok aplikácií herbicídu a výskyt chorôb a škodcov bol odsledovaný pomocou ďalších snímkov. Vizuálnou analýzou RGB snímky sme identifikovali i ďalšie priestorové anomálie, ktoré pri bližšom skúmaní na mieste reprezentovali výskyt hraboša poľného (obr. 3). Agrotechnický zásah na elimináciu živočíšnych škodcov, akými sú hraboše je jesenná hlboká orba, ktorou sa naruší pôdna štruktúra za účelom zničenia ich hniezdísk. Ďalším snímokovaním sme sledovali účinok aplikácii herbicídu a výskyt chorôb a škodcov. Nalietaním dronu v malej výške nad porastom – približne 0,5 m nad rastlinou sme zachytili výskyt aj iných druhov škodcov, predovšetkým z čeľade nosáčikovitých a voškovitých. Vplyvom napadnutia porastu krytonosom makovicovým (*Neoglicianus macula alba*) rastliny predčasne dozrievajú, vplyv tohto druhu škodcu sa prejavuje už na mladých makoviciach v podobe okrúhlych dierok (obr. 4). Voška maková (*Aphis fabae*) vyciciava listy a následne ich deformuje. Škodce sa vyskytovali nielen na okrajoch poľa, ale aj hlboko v poraste, na základe GPS súradníc vykonal agronóm ošetrovanie porastu na presných lokalitách ich výskytu.

Zber maku siateho sa vykonával upraveným kombajnom na výmere 72,18 ha a jeho úroda v roku 2019 dosahovala 0,61 t.ha⁻¹. Pod touto relatívne dobrou úrodou sa podpísali vhodné poveternostné podmienky a dostatok zrážok v období kvitnutia maku siateho a veríme, že tiež agronomické opatrenia odvodené od včasných informácií na základe bezkontaktného snímokovania UAS.

* * *

Najväčšou výhodou bezpilotných leteckých systémov je rýchlosť a včasnosť nasadenia do akcie. Porast maku siateho sme začali sledovať dronom od začiatku vzhádzania. Pravidelným sledovaním porastu prostredníctvom UAV sme dokázali identifikovať problém, pilot UAV zariadenia vedel okamžite po nasnímaní poľa poskytnúť agronómovi, alebo pestovateľovi aktuálne záznamy o stave porastu a ten môže v krátkom čase zasiahnuť a realizovať dôležité opatrenia pre zdravý vývoj porastu. Mak siaty na skúmanom území bol zaburinený makom vlčím a vyskytovali sa na ňom choroby



Obr. 4. Detail na škodcu maku siateho (jún, 2019) Foto: Svetlana Košanová

a škodcovia. Na základe snímkov z dronu, rozboru pôdy a aplikačnej mapy bol aplikovaný postrek a hnojivo tam, kde si to porast a pôda vyžadovali. Poľnospevní tak za pomoci využitia bezpilotných leteckých prostriedkov ušetril náklady, ale aj čas vynaložený na práce pri pestovaní maku siateho. Treba mať však na pamäti, že výskyt chorôb a škodcov touto metódou nezanične, pretože výskyt nežiaducich činiteľov je podmienený hlavne poveternostnými podmienkami a nevieme úplne zabrániť. Použitím UAV zariadenia vieme tieto poškodenia iba včas odhaliť a napomôcť eliminovať ich výskyt. Každopádne sa tieto inovatívne technológie neustále vyvíjajú a veríme, že budú efektívne podporovať systémy precízneho poľnohospodárstva.

Literatúra

- Bencko, M.: Príspevok z odborného seminára Mak siaty pre Slovensko, Piešťany, November 2016, (<http://www.goodwill.eu.sk/clanky/item/101-pestovat-mak-nie-je-len-tak>)
- Gebberts, R., Adamchuk, V.: Precision Agriculture and Food Security. Nature, 2010, 327(5967), p. 828 – 31
- Karas, J.: 222 tipů a triků pro drony. Albatros Media as, 2017, 203 s.
- Karas, J., Tichý, T.: Drony. Brno: Albatros Media, 2016, 259 s.
- Košánová, S.: Zhodnotenie pestovania maku siateho v PD Dolný Ohaj za roky 2011 až 2019 (diplomová práca). Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2020, 52 s.
- Košánová, S., Galambošová, J.: Najnovšie trendy v poľnohospodárstve, v strojárstve a v odpadovom hospodárstve In: Kosiba, J., Adamovský, F., Baráth, M., Marko, D.: Zborník prác z vedeckej konferencie. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2020, 395 s.
- Kováčik, P.: Agrochémia a výživa rastlín. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2013, 153 s.
- Rataj, V., Galambošová, J., Macák, M., Nozdrovický, L.: Presné poľnohospodárstvo. Nitra: Profi Press s. r. o., 2014, 160 s.

Ing. Svetlana Košanová, svetlana.kosanova@savba.sk
Ústav krajinnej ekológie SAV, pobočka Nitra,
P. O. Box 22, Akademická 2, 949 01 Nitra