

# Využití dronů při pěstování cukrové řepy

DRONES IN SUGAR BEET CULTIVATION

Jan Válek, Petr Sládek – Masarykova univerzita

Rychlý růst světové populace a citelné změny klimatu nutně vyžadují inovace postupů v produkci potravin. Svět potřebuje do roku 2050 zvýšit produkci potravin o téměř 50 %. Zemědělské komunity a další subjekty zapojené do zemědělství musí navíc přizpůsobit pěstitelské technologie změně klimatu a stavu zemědělské půdy, způsobenému jejím intenzivním využíváním. Zemědělství tak musí hledat nové technologie, aby zajistilo dostatek potravin pro 9,7 mld. lidí v roce 2050 (1).

V této souvislosti hrají důležitou roli nástroje a technologie založené na ICT, které zlepšují rozhodování přesnými, spolehlivými a včasnými informacemi. Ať již budeme hovořit o asistovaném nebo plně automatizovaném setí, hnojení, postřiku a sklizni s pomocí GPS a přesném navádění strojů, nebo v současnosti stále většímu používání dronů (obr. 1.). Obrazová data získaná drony umožňují nejen zjistit výměru oseté či poškozené plochy plodiny, ale také určit zdravotní stav rostlin, identifikovat jejich stres a rychle eliminovat hrozby, které poli hrozí (2).

## Spektrální analýza obrazového záznamu a zdraví rostlin

Zdravě rostoucí rostlina produkuje potřebnou energii pro svůj růst pomocí fotosyntézy. Při aktivně probíhající fotosyntéze zelené rostliny (chlorofyl) odrážejí nebo rozptylují světlo v blízké

infračervené oblasti (od cca 700 nm). Výrazná absorpce větších vlnových délek by měla za následek přehřátí a poškození tkáně rostliny. Viditelná část spektra (VIS) je do značné míry absorbována. Zpětně je odrážena více zelená složka světla než modrá a červená. To odpovídá nazelenalému zbarvení rostlin, které vidíme na listech (obr. 2.) (3).

Pokud jsou rostliny stresovány nebo umírají, fotosyntéza se zpomalí nebo úplně zastaví. Světlo blízkých infračervených vlnových délek (NIR) je absorbováno, viditelné světlo (zvláště červené – Red) se více odráží. Příkladem je graf zobrazující spektrální odrazivost zdravého zeleného trávniku v porovnání s vysušenou trávou a holou půdou (obr. 3.) (3, 5).

Z obr. 2. a 3. vidíme, že pokud je rostlina v plné vegetaci, pak postupně nejvíce odráží blízkou infračervenou složku (NIR) a zelenou složku (Green). Modrá (Blue) a červená (Red) složka je více pohlcována.

Výše uvedeného principu lze celkem jednoduše využít v zemědělství. V malém měřítku, tedy například na jednotkách rostlin fotografie pořídíme např. pomocí mobilního telefonu. Pokud budeme zjišťovat kondici velkých polí, můžeme využít drony vybavené potřebnými kamerami. U družicových snímků se začíná uplatňovat spektrální závislost atmosférického rozptylu světla.

## Požadavky kladené na kamery dronů

Existuje několik typů kamer, pomocí kterých se můžeme pokusit vyhodnotit zdraví rostlin. Mezi nejběžnější typy kamer používaných k mapování v zemědělství patří RGB kamery, kamery pracující s blízkým infračerveným spektrem (NIR) a multispektrální kamery.

### RGB kamery

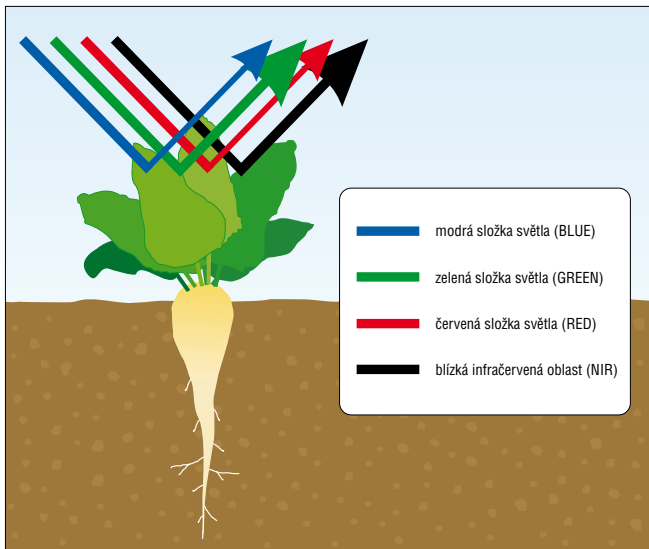
Jsou standardními kamerami, které snímají červenou, zelenou a modrou složku světla. Výhoda fotografií pořízených těmito kamerami tkví v tom, že to co vidí kamera, je shodné s tím, co vidí lidské oko. Proto práce s takovými obrázky vychází z uživatelské zkušenosti a nutně nevyžaduje další zpracování pomocí algoritmů identifikujících zdraví rostlin. Další výhodou RGB kamer je jejich rozlišení, které může dosahovat až 4K (3840 × 2160 pixelů).

Tento typ kamer není příliš vhodný ke stanovení relativního zdraví rostlin. Pokud nasnímáme různé části pole v rozdílném čase, nemůžeme správně interpretovat úhrnný stav plodin celého pole. Důvodem je různé množství dopadajícího slunečního světla vlivem oblačnosti a polohy Slunce. Tyto hodnoty musí během pořizování snímků zůstat pokud možno konstantní (6).

Obr. 1. Dron s kamerou ke sledování porostů (foto J. Vokurka)



Obr. 2. Spektrální odrazivost cukrové řepy



### Kamery pracující v oblasti NIR

Tento typ rozdělujeme na modifikované RGB kamery pro blízké infračervené spektrum (NIR) a multispektrální kamery, které zachycují červené, zelené a blízké infračervené světlo.

Modifikované RGB kamery jsou dovybaveny filtrem pro zachycení některých kombinací blízkého infračerveného spektra pro jednotlivé složky světla, popř. lze běžné kamery upravit použitím long wave pass namísto short wave pass filtrů (6).

Jedna z hlavních výhod modifikovaných RGB ale i multispektrálních kamer tkví v tom, že jejich senzory mohou být kalibrovány operativně, což umožňuje porovnávat absolutní údaje o zdraví rostlin v čase (NDVI). Nevýhodou takových kamer je jejich vyšší cena. Dalším rizikem je kvalita obrazu jednotlivých výrobců kamer, která nemusí být konzistentní. To může následně vést ke špatné kvalitě map a k jejich nesprávné interpretaci (7).

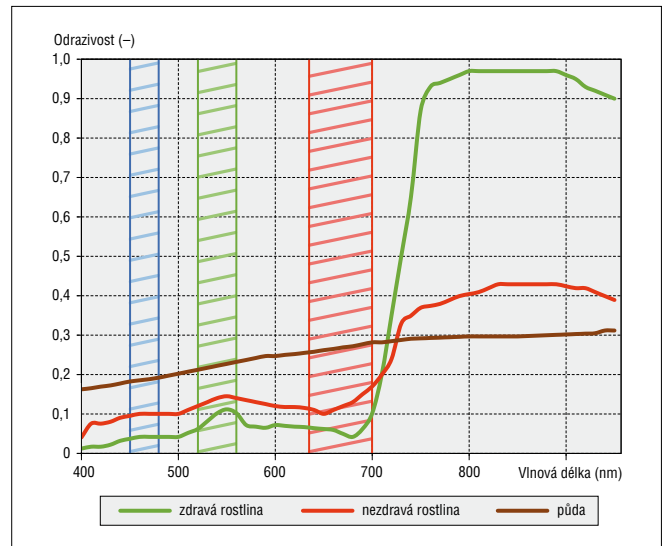
### Algoritmy VARI a NDVI pro zpracování spektra fotografie plodiny

Jedním ze základních algoritmů je **VARI** (Visible Atmospheric Resistant Index). Tento algoritmus se používá ve spojení s RGB kamerami a dokáže detekovat problematické oblasti na poli s plodinou. VARI + RGB nejčastěji postačuje zemědělcům, kteří dané pole dosud neobhospodařovali, aby odhalili, v jaké kondici se jejich pole nachází a kde jsou jeho slabá místa (8).

Dalším algoritmem je **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index – normalizovaný diferenční vegetační index). Jeho pomocí můžeme identifikovat vegetaci a její celkové zdraví. NDVI je standardem pro porozumění zdraví rostlin v zemědělství již asi od 80. let 20. století. NDVI + NIR kamery se doporučují pro zemědělce, kteří již řeší konkrétní problémy, například škůdce, choroby a další, protože NDVI + NIR jim pomohou tyto problémy mnohem lépe lokalizovat než VARI + RGB. NDVI se používá pro srovnání odrazeného blízkého infračerveného světla v širokém rozsahu podmínek (9). NDVI lze spočítat dle vzorce:

$$NDVI = \frac{NIR(\%) - VIS(\%)}{NIR(\%) + VIS(\%)}$$

Obr. 3. Spektrální odrazivost zeleného trávníku, suché trávy a půdy

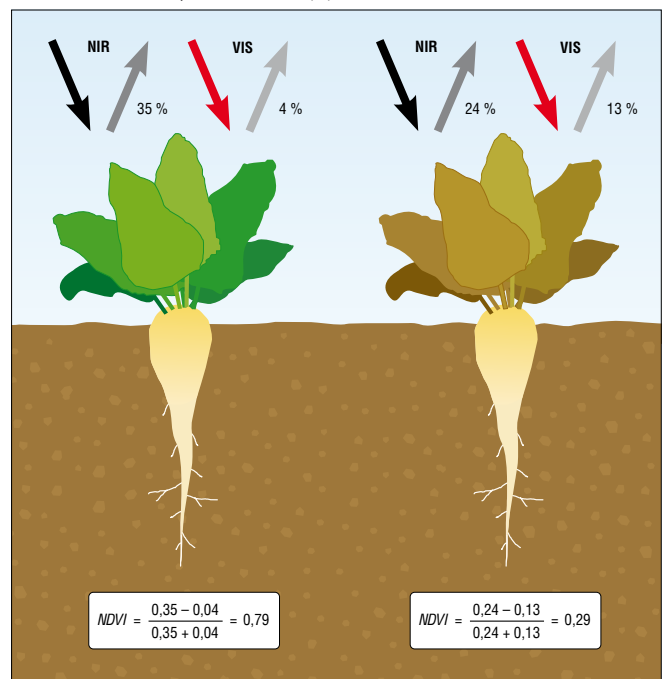


Alternativně bývá NDVI také počítáno z odrazeného blízkého infračerveného světla (NIR) a pouze červené (Red) složky světla, což je experimentálně snazší (použijí se pouze dva filtry).

V obou případech NDVI může nabývat těchto hodnot: od -1 do 0 se jedná o neživou, mrtvou plodinu, od 0 do 0,33 o nezdravý rostlinný porost, od 0,33 do 0,66 o zdravý porost a nad 0,66 hovoříme o již velmi zdravém porostu (obr. 4.) (9).

Obraz vytvořený pro NDVI analýzu detekuje i malou míru stresu plodiny, který ovlivňuje odrazenou složku blízkého infračerveného světla. Pomocí NDVI + NIR je možné identifikovat problémy s plodinami o několik dní dříve než u VARI + RGB. Nedoporučuje se kombinovat VARI + NIR nebo NDVI + RGB (10).

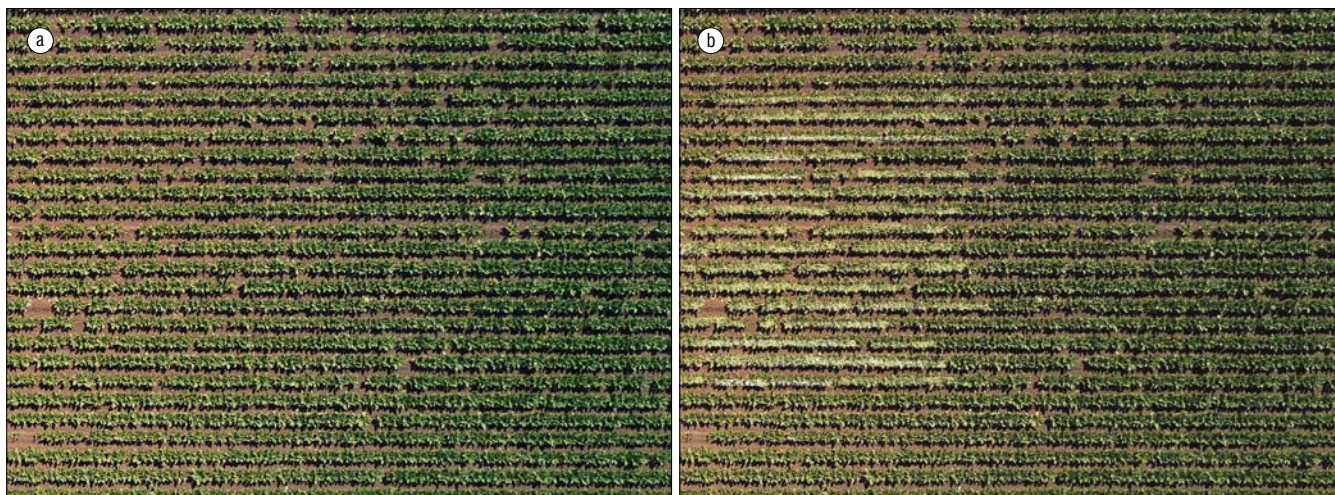
Obr. 4. Absorpce NIR, VIS a odraz z listů zdravých a usychajících rostlin, upraveno dle (4)



Pozn.: Pro ilustraci jsou hodnoty odečítány z obr. 2. pro  $\lambda_{NIR} = 720 \text{ nm}$  a  $\lambda_{VIS/RED} = 680 \text{ nm}$ .



Obr. 5. Letecký pohled na pole cukrové řepy: a – zdravá plodina, b – simulace oblasti s poškozenou plodinou



Algoritmy vytvořené pro zkoumání zdraví rostlin, NDVI a VARI, porovnávající proporce světla zachyceného v různých spektrálních pásmech (červená, zelená, modrá a blízká infračervená oblast) se vypočítávají pro každý pixel nebo oblast pořízené fotografie. Takový zápis můžeme provést např. pomocí RGB kódu (11). RGB 80;88;43 (uvádíme hodnoty v desítkové soustavě, běžně bývají v hexadecimální soustavě) reprezentuje odstín zelené barvy.

### RGB analýza snímků pole

Pro prvotní ilustraci byla zvolena fotografie základní (obr. 5.a) a záměrně upravená (obr. 5.b), v níž je simulována oblast s poškozenou plodinou. Jednotlivé pixely každého z obrázků byly rozděleny podle barev a jejich RGB zápisu do deseti skupin (clusterů). Ty zahrnovaly pixely barev s blízkým RGB zápisem, a byly seřazeny podle četnosti výskytu. Příklady pro tři nejmarkantnější clustery pro obrázek obr. 5.a jsou na obr. 6. s dominantní barvou a) RGB 105;71;56 = hnědá, b) RGB 80;88;43 = zelená, c) RGB 33;22;24 = tmavě hnědá. Jako místa, kde je plodina, jsme pak označili čtyři clustery s dominantními odstíny zelené (např. světle zelená, tmavě zelená na obr. 6.b s celkovou četností pixelů 39 %). Půda (hnědá barva) zabírá 35 % (12)

RGB analýza těchto leteckých snímků pole ve formě histogramů je znázorněna na obr. 7.a a obr. 7.b. Z obou histogramů je patrné, že i malá změna barevnosti obrázku, v našem případě „poškozená“ plodina, se projeví v RGB histogramech.

Největší rozdíly v histogramech (tj. rozdílné četnosti jednotlivých barevných složek Red, Green a Blue) jsou vyznačeny šipkami. V oblastech 1 a 2 se jedná o lokální maxima, zatímco v oblasti 3 (od šipky 3 až do konce osy x) jsou složky Red a Green mnohem více zastoupeny. Je to vlivem přítomnosti odstínu žluté barvy, která se v RGB (aditivní skládání barev) skládá hlavně ze zelené a červené.

Na základě dominantních barevných clusterů a jejich podrobné RGB analýzy (obr. 7.), která vypovídá o zdravotním stavu plodiny (zdravá, stresovaná, nedostatek či přebytek živin a stopových prvků, napadení chorobami nebo škůdci), můžeme provést příslušná agrotechnická opatření pro zajištění optimální kvality plodiny.

Ve vegetačním období roku 2020 plánujeme provést měření a analýzu pole s cukrovou řepou v různých lokalitách Česka.

### Závěr

Poslední studie ukazují, že použití dronů může přinést značné zefektivnění zemědělské výroby. V první jednoduché fázi to může být např. rychlá analýza běžného snímku pole (VARI, NDVI) z ptáčích perspektivy, zjištění míst, kde plodina prospívá nebo naopak neprospívá po škodách způsobených povětrnostními vlivy, chorobami, škůdci atp. Při využití spektrální analýzy (RGB) pak z vyhodnocení lze stanovit potřebu agrotechnických opatření, jakými jsou hnojení, zavlažování, odvodňování, zpracování půdy, ochrana proti škodlivým činitelům apod.

Obr. 6. Barevné clustery leteckého snímku porostu cukrové řepy z obr. 4.a: a – hnědá, b – zelená, c – tmavě hnědá



Využití dronů je tak jednou z nových technologií, které mohou pomoci zabezpečit dostatek potravin pro rostoucí lidskou populaci.

### Souhrn

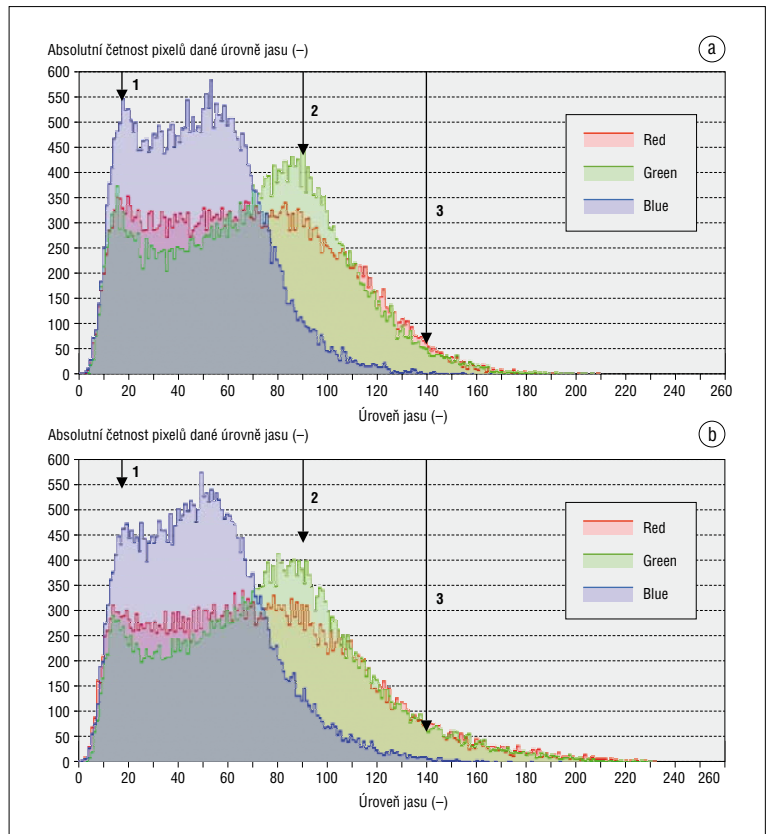
V zemědělské výrobě se hledají nové způsoby, jak zvýšit výnosnost plodin. Jedním z nich může být monitorování a fotografování pole pomocí dronů. Rychlou VARI nebo NDVI analýzou pořízených fotografií můžeme předejít ztrátám způsobenými chorobami nebo škůdci na plodině. Metody VARI a NDVI jsou známé, ale ve spojení s drony se potřebný čas na analýzu zkracuje. V příspěvku prezentujeme také příklad RGB analýzy, kde je identifikovatelná i malá změna barevnosti pole oproti normálu.

**Klíčová slova:** dron, pěstování řepy cukrové, VARI, NDVI, RGB, odrazivost.

### Literatura

1. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division: World Population Prospects 2019: Vol. I: Comprehensive Tables.
2. JAEN, M. R.; SANTOS, L.: Drones for community monitoring of forests: Experiences from Panama. In *E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture*, Bangkok: FAO of the United Nations and Int. Telecommunication Union, 2018, 112 s., ISBN 978-92-5-130246-0s.

Obr. 7. RGB histograme analýzy snímků z obr. 4.a a obr. 4.b



3. SYLVESTER, G.: An eye in the sky for agriculture: the drone revolution. In *E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture*, Bangkok: FAO of the United Nations and Int. Telecommunication Union, 2018, 112 s., ISBN 978-92-5-130246-0s.
4. *Cukrová řepa*. Syngenta ČR, 2019, [online], <https://www.syngenta.cz/cukrova-repa>, cit. 4. 11. 2019.
5. GARCIA-RUIZ, F. J.; WULFSOHN, D.; RASMUSSEN, J.: Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and thistle (*Cirsium arvensis* L.) discrimination based on field spectral data. *Biosystems Eng.*, 139, 2015 (Nov.), s. 1–15.
6. FLYNT, J.: NDVI Cameras for Drones. *3DInsider*, Christchurch, New Zealand, 2018, [online] <https://3dinsider.com/ndvi-drone-cameras/>, cit. 4. 11. 2019.
7. Identifying Crop Variability with Drones: What's the Difference Between NDVI, False-NDVI, and VARI Plant Health Formulas? *DroneDeploy*, 2017, [online] <https://blog.dronedeploy.com/identifying-crop-variability-whats-the-difference-between-ndvi-false-ndvi-and-vari-plant-health-98c380381a33>, cit. 4. 11. 2019.
8. MCKINNON, T.: Comparing RGB-Based Vegetation Indices With NDVI For Drone Based Agricultural Sensing. *Agribotix*, 2017, s. 1–8, [online] <https://agribotix.com/wp-content/uploads/2017/05/Agribotix-VARI-TGI-Study.pdf>, cit. 4. 11. 2019.
9. Antognelli, S.: NDVI and NDMI vegetation indices: instructions for use. *Agricolus*, 2018, [online] <https://www.agricolus.com/en/indici-vegetazione-ndvi-ndmi-istruzioni-luso/>, cit. 4. 11. 2019.
10. HERRICK, S.: NDVI vs. false NDVI: what's better for analyzing crop health? *Botlink: Agriculture*, 2017, [online] <https://botlink.com/blog/ndvi-vs-false-ndvi-whats-better-for-analyzing-crop-health>, cit. 4. 11. 2019.
11. Understanding Color. *RGB World*, 2019, [online] <https://www.rgbworld.com/color.html>, cit. 4. 11. 2019.
12. KRZYWINSKI, M.: *Image Color Summarizer 0.76*. 2006, [online] <http://mkweb.bcgsc.ca/color-summarizer/>, cit. 4. 11. 2019.

### Válek, J., Sládek, P.: Drones in Sugar Beet Cultivation

Agricultural production has been looking for new technologies to increase crop yields. One way may be monitoring and analysis of pictures of fields captured by drones. Such analysis (VARI, NDVI) may help to prevent crop losses caused by diseases or pests. In conjunction with cameras (RGB, NIR) on drones, the time required for snapshot and analysis is reduced. The presented paper gives an example of RGB analysis, showing that even a small change in the health of a plant is identifiable in RGB spectra.

**Key words:** drone, sugar beet cultivation, VARI, NDVI, RGB, reflectivity.

---

### Kontaktní adresa – Contact address:

PhDr. Jan Válek, Ph. D., Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, Poříčí 7, 603 00 Brno, Česká republika, e-mail: valek@ped.muni.cz