

Augalų optinių savybių analizės jutiklių OptRx panaudojimo technologijų tyrimai

Vidmantas Butkus, Tautvydas Katkevičius, Antanas Maziliauskas, Dainius Steponavičius, Remigijus Zinkevičius

Aleksandro Stulginskio universitetas

Pagrindiniai žingsniai taikant tiksliojo ūkininkavimo (toliau – TŪ) technologijas yra: duomenų rinkimas, jų apdorojimas, sprendimų priėmimas bei apibendrintos informacijos perdavimas tiksliai žemės ūkio mašinų valdymui. Pagal tai kaip gaunami apibendrinti duomenys žemės ūkio mašinų valdymui, TŪ technologijos skirstomos į tris grupes: žemėlapiškos (angl. *offline* arba *mapping approach*, vok. *Kartieransatz*), t.y., kai atitinkamai technologinei operacijai valdyti naudojami iš anksto parengti žemėlapiai, jutiklinės (angl. *online* arba *real-time sensor approach*, vok. *Sensoransatz* arba *Echtzeitverfahren*) – naudojami realiu laiku gauti jutiklių duomenys ir kombinuotas – kai kartu naudojami žemėlapiai ir jutiklių teikiami duomenys.

Straipsnyje pateikiami augalų optinių savybių analizės jutiklių OptRx tyrimo rezultatai, taikant žemėlapiškos ir jutiklinės TŪ technologijas vasarinių kviečių pasėliuose. Nustatyta, kad naudojant augalų optinių savybių jutiklius OptRx taikant jutiklinę TŪ technologiją, skirtumai tarp teorinio vasarinių kviečių tręšimo žemėlapio ir faktiškai išbertų mineralinių trąšų pasiskirstymo žemėlapio yra didesni, negu taikant žemėlapiškos technologiją.

Tikslusis ūkininkavimas, augalų optinių savybių analizės jutikliai, normalusis augmenijos skirtumo indeksas NDRE, tręšimo žemėlapiai, vasariniai kviečiai

Įvadas

Tiksliojo ūkininkavimo technologijos užtikrina galimybę skirtingomis trąšų normomis tręšti atskiras lauko vietas. Taip gaunamas vienodesnis pasėlis, didesnis derlius, sutaupoma trąšų. TŪ dėka galima sumažinti gamybos kaštus ir neigiamą poveikį gamtai (Houlès et al., 2007). Pagrindiniai žingsniai taikant TŪ technologijas yra: duomenų rinkimas, jų apdorojimas, sprendimų priėmimas bei apibendrintos informacijos perdavimas žemės ūkio mašinos technologinės operacijos tiksliai atlikimui. Pagal tai kaip gaunami apibendrinti duomenys žemės ūkio mašinų tiksliai valdymui, TŪ technologijos skirstomos į tris grupes: žemėlapiškos (angl. *offline* arba *mapping approach*, vok. *Kartieransatz*), t.y., kai atitinkamai technologinei operacijai valdyti naudojami iš anksto parengti žemėlapiai, jutiklinės (angl. *online* arba *real-time sensor approach*, vok. *Sensoransatz* arba *Echtzeitverfahren*) – naudojami realiu laiku gauti jutiklių duomenys ir kombinuotas – kai kartu naudojami žemėlapiai ir jutiklių teikiami duomenys (Rösch et al., 2005; Tiksliojo ūkininkavimo technologinių..., 2014).

Žemėlapiškoje TŪ technologijoje duomenys surenkami iš anksto, jie panaudojami dirvos agrocheminių savybių arba derlingumo žemėlapių sudarymui, kurie vėliau naudojami žemės ūkio mašinų (pvz., tręšiamųjų) tiksliai valdymui. Šią TŪ technologiją patartina rinktis, kai technologines operacijas sąlygojantys rodikliai (pvz., fosforo P ir kalio K kiekis ar dirvožemio pH) yra palyginti stabilūs. Dažnai šie rodikliai gali būti naudojami keletu skirtingų technologinių operacijų atlikimo žemėlapiams sudaryti, todėl sumažėja duomenų surinkimo išlaidos (Ehlert et al., 2005; Tiksliojo ūkininkavimo technologinių..., 2014).

Jutiklinėje TŪ technologijoje visi jos elementai (duomenų surinkimas ir apdorojimas, sprendimų priėmimas bei apibendrintos informacijos perdavimas žemės ūkio mašinos technologinės operacijos tiksliai atlikimui bei jos atlikimas) atliekami vienu metu. Tai reiškia, kad rodikliai, sąlygojantys augalų augimą arba jų būklę jutikliais matuojami tiesiogiai žemės ūkio mašinai dirbant lauke ir pagal gautus rezultatus tuo pat metu koreguojami tos mašinos darbo parametrai (pvz., tręšimo

norma gali būti didinama arba mažinama). Šiuo atveju, atskirai sudaryti georeferencinę užduotį, t.y., technologinės operacijos atlikimo žemėlapi, nėra būtinybės. Ši TŪ technologija ypač gerai tinka tuomet, kai reikia operatyviai reaguoti į greitai besikeičiančias dirvožemio ir augalų savybes.

Kombinuota TŪ technologija apjungia abiejų aukščiau aprašytų technologijų elementus.

Žemėlapiškoje ir kombinuotoje TŪ technologijose gali būti naudojami (Rösch et al., 2005; Tiksliojo ūkininkavimo technologinių..., 2014):

- pagal ištirtus dirvos ėminius sudaryti dirvožemio agrocheminių savybių žemėlapiai;
- su specialia technika sudaryti dirvos elektrinio laidumo žemėlapiai;
- dirvožemio palydovinės ir aeronuotraukos (nuotolinis išžvalgymas);
- dirvožemio rūgštumo pH žemėlapiai;
- anglies kiekio dirvoje žemėlapiai.

Tyrimų tikslas – panaudojus augalų optinių savybių jutiklius OptRx, palyginti vasarinių kviečių tręšimo žemėlapiškos ir jutiklinės TŪ technologijas.

Tyrimų metodika

Ekspimentiniai tyrimai atlikti 2014 m. Raseinių r. ūkininko A. Bardausko 6 ha ploto lauke. Tyrimai atlikti bendradarbiaujant su tiksliosios žemdirbystės paslaugų teikimo įmone UAB „Prymo“.

Ūkyje buvo auginami vasariniai ankstyvos veislės *Taifun* kviečiai. Augalų stiebų vidutinis aukštis 78 cm. Tai atsparūs išgulimui javai. Grūdai vidutiniškai subręsta per 85 dienas. Šios veislės kviečiai pasižymi geromis malamosiomis ir kepamosiomis savybėmis, grūduose daug baltymų ir glitimo, didelis kritimo skaičius.

Kviečiai buvo auginami taikant tiksliojo ūkininkavimo principus. Tuomet rekomenduojamos orientacinės mineralinių trąšų normos vasariniams kviečiams, planuojant 4,0–5,5 t ha⁻¹ grūdų derlių, siekia – N₁₂₀P₅₅K₁₁₀. Kviečiams dirva buvo ruošiama visame bandymų skirtime lauke vienodai pagal ūkyje taikomą technologiją.

Vasariniai kviečiai buvo pasėti balandžio 20 d. sėjama *John Deere 750A*. Sėklos norma – 220 kg ha⁻¹.

Tarpueiliai – 16,8 cm, sėklos įterpimo gylis – 4–5 cm. Taikyta įprastinė augalų apsaugos sistema.

Vasarinių kviečių optinių savybių tyrimuose naudoti OptRx jutikliai (AgLeader, JAV), matuojantys atspindžius artimojo infraraudonojo ir raudonojo spektro diapazonuose. Normalusis augmenijos skirtumo indeksas, t.y., paprastas grafinis indikatorius, kuris naudojamas nuotolinio stebėjimo matavimams analizuoti, apskaičiuojamas taip (Baublys ir kt., 2014):

$$NDVI = \frac{\lambda_{760} - \lambda_{670}}{\lambda_{760} + \lambda_{670}}, \quad (1)$$

R_{760} – atsispindėję 760 nm bangos ilgio infraraudonieji spinduliai,

R_{670} – atsispindėję 670 nm bangos ilgio raudonos šviesos spinduliai.

NDVI indeksas rekomenduojamas naudoti iki 32 kviečių augimo tarpsnio, o vėlesniuose – NDRE. Normalusis augmenijos skirtumo indeksas NDRE, įvertinantis ribą tarp raudonos spalvos ir infraraudonųjų spindulių, apskaičiuojamas taip:

$$NDRE = \frac{\lambda_{760} - \lambda_{730}}{\lambda_{760} + \lambda_{730}}, \quad (2)$$

R_{760} – atsispindėję 760 nm bangos ilgio infraraudonieji spinduliai,

R_{730} – atsispindėję 730 nm bangos ilgio raudonos šviesos spinduliai.

Augalų optinių savybių analizės jutikliai OptRx buvo sumontuoti ant specialaus rėmo, tvirtinamo traktoriaus *John Deere 6530* priekinėje dalyje. Jutikliai virš pasėlio buvo 1,5 m atstumu. Vienu jutikliu skenuojama apie 1,5 metro pločio juosta. Mineralinės trąšos buvo paskleidžiamos barstomąja *Amazone ZA-M 1500 profiS*.

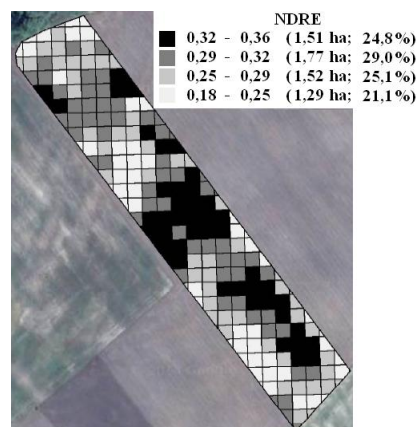
Augalų optinių savybių analizės jutikliai OptRx vasarinių kviečių antrojo tręšimo metu buvo naudojami pagal žemėlapiinę, o trečiojo – pagal jutiklinę TŪ technologiją. Antrasis vasarinių kviečių tręšimas buvo atliekamas 2014 m. gegužės 30 d. BBCH 41 tarpsnyje, o trečiasis – birželio 30 d. BBCH 51 tarpsnyje.

Taikant žemėlapiinę TŪ technologiją, pirmiausia panaudojant augalų optinių savybių analizės jutiklius OptRx, buvo nuskenotas vasarinių kviečių plotas. Po to laboratorijoje kompiuterine programa SMS (AgLeader, JAV) buvo sudaromas normaliojo augmenijos skirtumo indekso NDRE kitimo žemėlapis. Vėliau pagal indekso NDRE kitimo duomenis, buvo sudaromas lauko tręšimo žemėlapis pagal kurį buvo atliktas tikslusis tręšimas.

Jutiklinės TŪ technologijos atveju, visos technologinės operacijos (pasėlių skenavimas, indekso NDRE ir lauko tręšimo žemėlapių sudarymas bei tikslusis tręšimas) vyko realiu laiku.

Rezultatai ir aptarimas

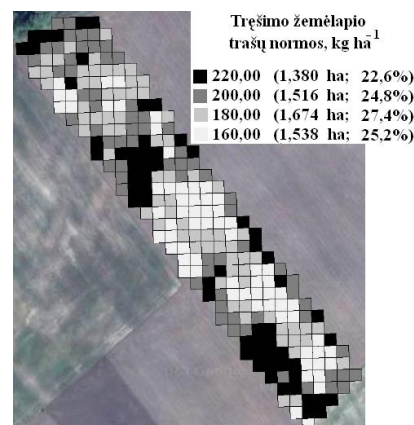
Prieš antrąjį tręšimą vasarinių kviečių būklei nustatyti panaudojus augalų optinių savybių analizės jutiklius OptRx paaiškėjo, kad bandymų lauke pasėlis išsivystęs nevienodai (1 pav.). Indekso NDRE kitimo žemėlapyje matyti, kad jo reikšmės lauke kito nuo 0,18 iki 0,36.



1 pav. Indekso NDRE kitimo žemėlapis prieš antrąjį vasarinių kviečių tręšimą A. Bardausko ūkyje

Fig. 1. NDRE index variation map before the second fertilization of spring wheat in A. Bardauskas farm

Pagal augalų optinių savybių analizės jutiklių OptRx duomenis sudarytame kviečių antrojo tręšimo žemėlapyje (2 pav.) matyti, kad 220 kg ha⁻¹ mineralinių trąšų norma reikia tręšti 22,6%, 200 kg ha⁻¹ – 24,8%, 180 kg ha⁻¹ – 27,4%, o 160 kg ha⁻¹ – 25,2% bandymų lauko ploto. Šiame augalų vystymosi tarpsnyje daugiau tręšiamos tos pasėlio vietos, kurių NDRE indeksas mažesnis.

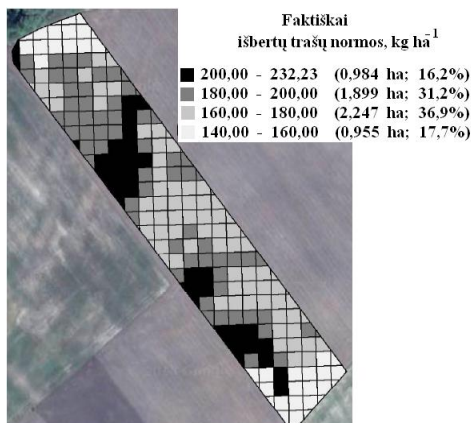


2 pav. Vasarinių kviečių antrojo tręšimo žemėlapis

Fig. 2. The second fertilization map of spring wheat

Naudojant žemėlapiinę TŪ technologiją faktiškai išbertų mineralinių trąšų pasiskirstymas ūkininko A. Bardausko vasarinių kviečių lauke pateiktas 3 paveiksle. Teorinis ir faktinis tręšimo žemėlapiai nėra identiški. Vidutiniškai į hektarą buvo išberta 168 kg arba 11,2% mažiau trąšų, negu teoriškai buvo numatyta tręšimo žemėlapyje. Didžiausiomis (nuo 200 iki 232 kg ha⁻¹) mineralinių trąšų normomis buvo patręštas tik 0,98 ha plotas arba 16,2% bandymų lauko. Tai yra net 28,7% mažiau, negu teoriškai reikėtų. Nuo 180 iki 200 kg ha⁻¹ mineralinių trąšų normomis buvo patręštas 1,90 ha (20,2% didesnis) plotas arba 31,2% bandymų lauko, o teoriškai reikėjo – 24,8%. Nuo 160 iki 180 kg ha⁻¹ mineralinių trąšų normomis buvo patręštas 2,25 ha (26,3% didesnis) plotas arba 36,9% bandymų lauko, o reikėjo taip pat mažiau – 27,4%. Iki 160 kg ha⁻¹ mineralinių trąšų normomis buvo patręštas 0,96 ha plotas (37,9% mažesnis) arba tik 17,7% bandymų lauko. Tuo tarpu teoriškai 160 kg ha⁻¹

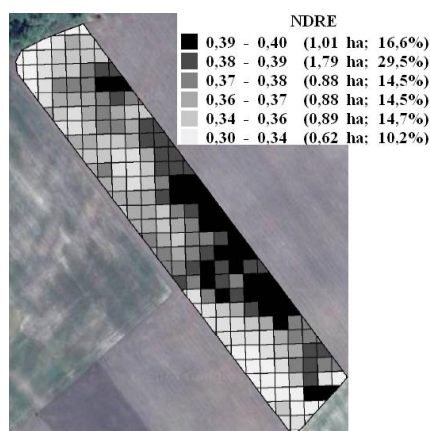
mineralinių trąšų norma reikėjo tręšti 25,2% bandymų lauko. Vidutiniškai teorinių ir faktinių reikšmių neatitikimas siekia 28%.



3 pav. Antrojo tręšimo metu išbertų mineralinių trąšų pasiskirstymo žemėlapis

Fig. 3. Actually applied fertilizer quantity map during the second fertilization

Prieš trečiąją tręšimą, vasarinių kviečių būklę įvertinus augalų optinių savybių analizės jutikliais paaiškėjo, kad pasėlių išsivystymo skirtumai išliko (4 pav.), tačiau ne tokie žymūs kaip prieš antrąją tręšimą. Bandymų lauke indekso NDRE reikšmės svyravo nuo 0,3 iki 0,4. Šiuo atveju pasėlio vietos, kurių NDRE indeksas yra mažesnis – planuojamas tręšti mažiau.



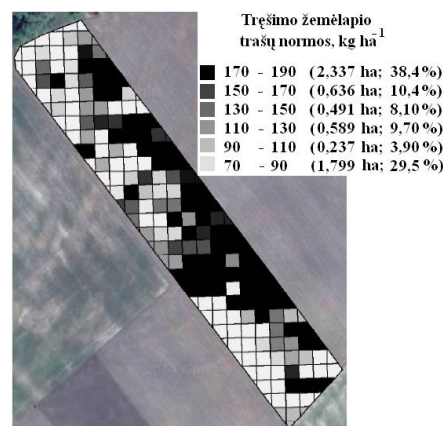
4 pav. Indekso NDRE kitimo žemėlapis prieš trečiąją vasarinių kviečių tręšimą

Fig. 4. NDRE index variation map before the third fertilization of spring wheat

Vasarinių kviečių trečiojo tręšimo žemėlapyje, sudarytame pagal augalų optinės analizės jutiklių OptRx užfiksuotus duomenis (5 pav.) matyti, kad daugiau mineralinių trąšų reikia išberti bandymų lauko viduryje ir dešinėje pusėje. Naudojant jutiklinę TŪ technologiją faktiškai išbertų trąšų pasiskirstymo žemėlapis (6 pav.), tręšiant vasarinius kviečius trečiąją kartą, yra labiau panašus į teorinį, nes vidutiniškai į hektarą buvo išberta vienodai trąšų – 134,3 kg. Didžiausiomis (nuo 170 iki 190 kg ha⁻¹) mineralinių trąšų normomis buvo patreštas tik 0,68 ha plotas arba net 70,9% mažiau, negu teoriškai buvo planuota. Nuo 150 iki 170 kg ha⁻¹ trąšų normomis buvo patreštas 1,57 ha plotas arba net 2,5 karto daugiau, negu reikėjo. Nuo 130 iki 150 kg ha⁻¹ mineralinių trąšų

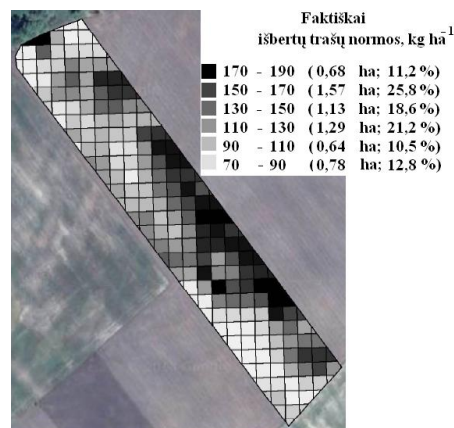
normomis buvo patreštas 1,13 ha plotas arba net 2,3 karto daugiau, negu reikėjo. Mažesnėmis kaip 130 kg ha⁻¹ trąšų normomis buvo patreštas 2,71 ha plotas arba tik 3,2% daugiau, negu planuota.

Teorinių (5 pav.) ir faktinių (6 pav.) tręšimo reikšmių vidutinis neatitikimas siekia 60%, o faktinių ir NDRE (4 pav.) reikšmių beveik dvigubai mažiau – apie 29%. Panašų skirtumą galima išvelgti ir tarp antrojo tręšimo faktinių (3 pav.) ir NDRE (1 pav.) reikšmių.



5 pav. Vasarinių kviečių trečiojo tręšimo žemėlapis, sudarytas pagal augalų optinės analizės jutiklių OptRx pateiktus duomenis

Fig. 5. The third fertilization map of spring wheat composed by the optical properties of the plant analysis data provided by the OptRx sensors



6 pav. Trečiojo tręšimo metu išbertų mineralinių trąšų pasiskirstymo žemėlapis

Fig. 6. Actually applied fertilizer quantity map during the third fertilization

Įprastai naudojami du augalų optinių savybių jutikliai, sumontuoti traktoriaus priekyje, ant stogo ar, pavyzdžiui, prie purkštuvų sijos. Vienas jutiklis nuskenuoja apie 1,5 metro pločio juostą. Siekiant nuskenuoti visą žemės ūkio mašinos darbinį plotį (pvz., trąšų paskleidimo plotis iki 32 m), reikėtų važiuoti ne vieną kartą. Taip būtų daugiau suspaudžiama dirva bei padidėtų išlaidos. Dalinis problemos sprendimas galėtų būti toks: naudoti daugiau jutiklių, kuriuos išdėstyti per visą mašinos darbinį plotį. Tačiau jutiklių kaina vis dar yra didelė. Perspektyvia technologija laikytina ir bepiločių orlaivių (dronų) sutrumpintai – UAV (angl. *unmanned aerial vehicles*) arba UAS (angl. *unmanned aircraft systems*) panaudojimas laukų skenavimui (Herwitz et al., 2004). Jie yra naudojami daugelyje sričių: karinėje aviacijoje, žemės ūkyje ir kt.

Dronų kaina nėra didelė, jais nesudėtinga naudotis. Nuskenavus visą lauko plotą, galima gauti tikslesnius NDVI ar NDRE žemėlapius.

Išvados

1. Naudojant augalų optinių savybių jutiklius OptRx žemėlapių TŪ technologijoje, vidutiniškai į vasarinių kviečių hektarą buvo išberta 168 kg arba 11,2% mažiau trąšų, negu teoriškai reikėtų, o taikant jutiklinę technologiją – vidutinis teorinis ir faktinis trąšų kiekiai buvo vienodi.

2. Naudojant augalų optinių savybių jutiklius OptRx jutiklinėje TŪ technologijoje, skirtumai tarp teorinio vasarinių kviečių tręšimo ir faktiškai išbertų mineralinių trąšų pasiskirstymo žemėlapių yra didesni, negu taikant žemėlapių technologiją.

3. Skirtumai tarp NDRE ir tręšimo faktinių reikšmių žemėlapių, taikant žemėlapių ir jutiklinę TŪ technologijas, beveik sutapo ir siekė apie 29%, todėl tolimesniais tyrimais būtų tikslinga įvertinti bepiločių

orlaivių panaudojimo, tikslesnių tręšimo žemėlapių sudarymui, perspektyvas.

Literatūra

1. BAUBLYS A., ZINKEVIČIUS R., STEPONAVIČIUS D., BARTKUS T. Augalų lapų optinių savybių analizės jutiklių OptRx naudojimas tręšiant kviečius. *Žmogaus ir gamtos sauga*. 2014. T. 20(1), p. 86–89.
2. EHLERT D., DAMMER K.-H., DOMSCH H., KRAMER E., LANGNER H.-R., SCHWANZ J. *Stand und Perspektiven von Precision Agriculture-Techniken*. Institut für Agrartechnik Bornim (ATB), 2004, 195 S.
3. HERWITZ S. R., JOHNSON L. F., DUNAGAN S. E., HIGGINS R. G., SULLIVAN D. V., ZHENG J. et al. Imaging from an unmanned aerial vehicle: Agricultural surveillance and decision support. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2004. Vol. 44, p. 49–61.
4. HOULÈS V., GUERIF M., MARY B. Elaboration of a nitrogen nutrition indicator for winter wheat based on leaf area index and chlorophyll content for making nitrogen recommendations. *European Journal of Agronomy*. 2007. Vol. 27, p. 1–11.
5. RÖSCH CH., DUSSELDORP M., MEYER R. *Precision agriculture. TAB-Arbeitsbericht*. Nr. 106, Berlin, 2005, 208 S.
6. *Tiksliojo ūkininkavimo technologinių procesų įtaka mažinant poveikį aplinkai bei sąnaudas žemės ūkio produkcijai pagaminti*. Tarpinė ataskaita. ASU. Akademija, 2014, 49 p.

Vidmantas Butkus, Tautvydas Katkevičius, Antanas Maziliauskas, Dainius Steponavičius, Remigijus Zinkevičius

The investigation of application technologies using optical sensors OptRx

Summary

The basic steps in applying precision farming technologies are the following: data receiving, data processing, decision making and transfer of information to agricultural machines. Depending on the time interval from the receipt of the necessary data till the decision-making and the execution of technological operation, the precision farming technologies are divided in to three following groups: based on mapping approach (Ger. *Kartiersatz*), when the pre-prepared maps are used for guiding of technological operations; based on real-time sensor approach (Ger. *Sensorsatz* or *Echtzeitverfahren*) – when the real-time sensor data are used for guiding of technological operations; and, the last one is based on the combination of both approaches – using the pre-prepared maps and the real-time data provided by the sensors.

The article presents the research data of using optical sensors OptRx on spring wheat trial fields. The optical properties of spring wheat and the fertilization mapping were investigated. The differences between the optical properties of the plant sensors OptRx using the real-time sensor approach and the mapping approach technologies were established. Using the real-time sensor approach technology the differences between the theoretical spring wheat fertilization map and the map of actually applied fertilizer distribution were higher than using the mapping approach technology.

Precision farming, crop analysis, optical sensors, NDRE, mineral fertilizers maps, spring wheat

Gauta 2015 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2015 m. balandžio mėn.

Vidmantas BUTKUS. Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto technikos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 67, el. paštas: Vidmantas.Butkus@asu.lt

Vidmantas BUTKUS. Aleksandras Stulginskis University Faculty of Agricultural Engineering Institute of Agricultural Engineering and Safety, doctor of technical sciences, assoc. prof. Address: Studentu 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel (+370 37) 75 22 67, e-mail: Vidmantas.Butkus@asu.lt

Tautvydas KATKEVIČIUS. Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 67, el. paštas: Tautvydas.Katkevicius@yahoo.com

Tautvydas KATKEVIČIUS. Aleksandras Stulginskis University Faculty of Agricultural Engineering Institute of Agricultural Engineering and Safety, MSc student. Address: Studentu 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel (+370 37) 75 22 67, e-mail: Tautvydas.Katkevicius@yahoo.com

Antanas MAZILIAUSKAS. Aleksandro Stulginskio universiteto Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto Vandens išteklių inžinerijos instituto technologijos mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 05, el. paštas: Antanas.Maziliauskas@asu.lt

Antanas MAZILIAUSKAS. Aleksandras Stulginskis University Faculty of Water and Land Management Institute of Water Resource Engineering, doctor of technological sciences, prof. Address: Studentu 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel (+370 37) 75 22 05, e-mail: Antanas.Maziliauskas@asu.lt

Dainius STEPONAVIČIUS. Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto technologijos mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 78 81 60, el. paštas: Dainius.Steponavicius@asu.lt

Dainius STEPONAVIČIUS. Aleksandras Stulginskis University Faculty of Agricultural Engineering Institute of Agricultural Engineering and Safety, doctor of technological sciences, prof. Address: Studentu 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas distr. Tel (+370 37) 78 81 60, e-mail: Dainius.Steponavicius@asu.lt

Remigijus ZINKEVIČIUS. Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto technikos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: Remigijus.Zinkevicius@asu.lt

Remigijus ZINKEVIČIUS. Aleksandras Stulginskis University Faculty of Agricultural Engineering Institute of Agricultural Engineering and Safety, doctor of technical sciences, assoc. prof. Address: Studentu 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas distr. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail: Remigijus.Zinkevicius@asu.lt