

УДК 528.7:633

**В.П. Лисенко, доктор технічних наук**

**Н.А. Пасічник, кандидат сільськогосподарських наук**

**О.О. Опришко, кандидат технічних наук**

**Д.С. Комарчук, кандидат технічних наук**

*НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ*

*І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ*

**Н.О. Опришко, кандидат сільськогосподарських наук**

*НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

Революційні зміни в інформаційних технологіях та робототехніці впродовж останніх десятиліть призвели до появи серійних БПЛА, здатних вирішувати широкий спектр задач для потреб аграрного виробництва. У порівнянні із супутниковим та авіаційним моніторингом БПЛА мають принципові переваги не лише за точністю і вартістю моніторингу, а і можливості їх використання при низькій хмарності, що є вкрай актуальним з огляду на потребу в оперативному моніторингу. У рослинництві БПЛА використовують для ідентифікацій проблемних ділянок поля, контролю якості виконання польових робіт сільськогосподарською технікою, тощо. Здійснюються спроби використання БПЛА для моніторингу стану мінерального живлення рослин на базі так званих вегетаційних індексів (VI), які обчислюються на базі значень спектрів відбиття у певних частотних діапазонах. Проте, впровадження змінного нормування добрив на основі оптичної діагностики забезпеченості рослин елементами живлення, стримується недостатньою науковою та методологічною підтримкою цих технологій. Так, питання перерахунку значень спектрів відбиття чи їх комбінацій у величини стану мінерального і зокрема азотного живлення являє собою істотну наукову та технічну проблему що і стало метою нашої роботи.

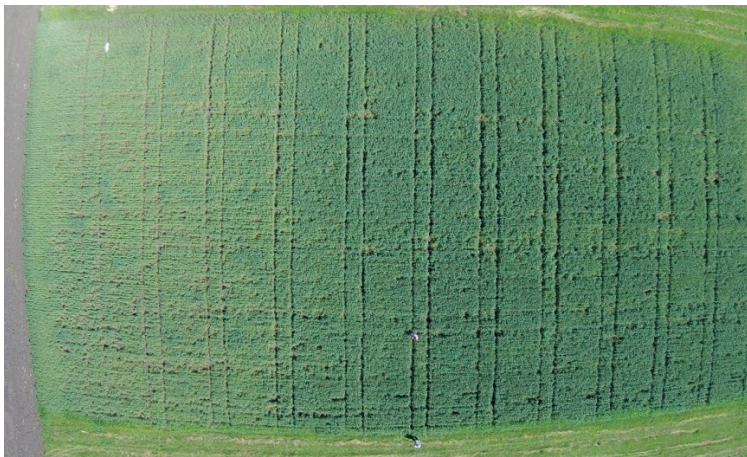
© В.П. Лисенко, Н.А. Пасічник, О.О. Опришко, Д.С. Комарчук, Н.О. Опришко, 2017

**Стан питання.** ВІ використовуються із початку 70-х років після запуску в США програми супутникового моніторингу Landsat. Завдяки отриманому досвіду впровадження супутникових технологій моніторингу було продовжено і тому нині експлуатується кілька десятків супутникових платформ, котрі надають інформацію для більш ніж двохсот різних ВІ [1]. Слід зазначити, що створення ВІ для супутників визначалось певними фізичними чинниками, а саме, наявністю “вікон прозорості атмосфери”, що обумовило частотні діапазони для моніторингу, а також нестабільність природнього освітлення, що намагались вирішити створюючи ВІ у вигляді використання відношення значень в різних діапазонах. Також є певна невизначеність у виборі спектрів для моніторингу стану зокрема азотного живлення. Так, ВІ NDNI (Normalized Difference Nitrogen Index) використовує спектральні канали із довжиною хвилі 1510 нм та 1680 нм [1]. Сенсори GreenSeeker та CropCircle ACS-470, які використовують для моніторингу стану азотного живлення на наземному обладнанні використовують ВІ NDVI та SRI і відповідно спектральні канали 450, 550, 650, 670, 730, 800 [2]. Існує методика запропонована Т.М.Шадчиною [3] для експрес визначення азоту в листах злаків, з допомогою спектрофотометру, який має діапазон вимірів 670-750 нм. Виходячи з цього можна зробити висновок, що для визначення стану азотного живлення інформативними можуть бути кілька каналів та діапазонів як у видимому, так і в інфрачервоному спектрах.

**Методика експериментальних досліджень.** Дослідження проводили впродовж 2016 року в багаторічному стаціонарному досліді кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна НУБіП України. Площа ділянки основного досліді 100 м<sup>2</sup>, ділянки мікропольового досліді – 10 м<sup>2</sup>, повторність трикратна (рис.1).

Дослідження проводилися з озимом пшеницею сорту Центилівка. Для вивчення впливу різних норм добрив було обрано такі варіанти досліді: на прикладі пшениці озимої: 1) без добрив (контроль); 2) P80; 3) P80K80; 4) N60P80K80; 5) N90P120K120. Норма N60P80K80 є рекомендованою на цьому типі ґрунту. Добрива вносили у формі аміачної селітри, амофосу і калію хлористого. Для дослідів відбирали зразки у фазі вегетації – вихід

в трубку. Визначення вмісту азоту у сухій речовині здійснювали в лабораторних умовах фотометричним методом із реактивом Несслера.



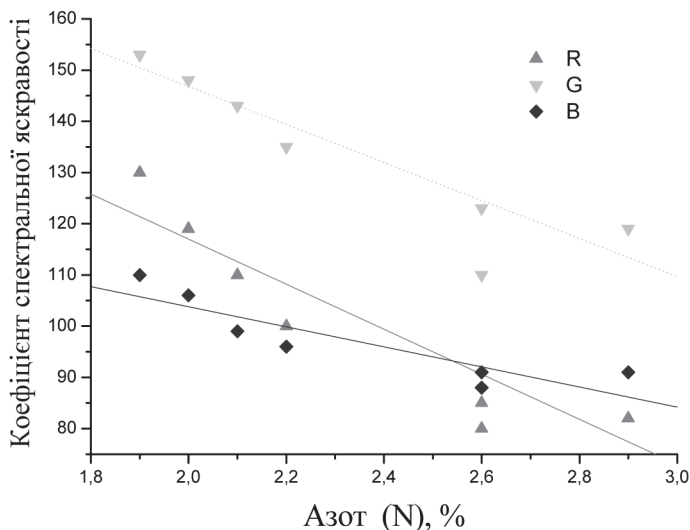
**Рис. 1. Стационарний дослід “Агрономічна дослідна станція”**

Моніторинг здійснювали із використанням БПЛА DJI Phantom 3+. Camera Model – PHANTOM VISION FC200. Радіочастотне калібрування здійснювали на базі службових даних з exiff файлу фотознімку формату jpeg про параметри налагодження фотокамери за методикою описаною в [4]. Параметри налагодження цифрового фотоапарату при дослідженнях: Exposure Time – 1/1205; Aperture Value – 2.8; Light Source – Fine Weather. Висота польоту БПЛА 100 метрів над поверхнею поля.

Для отримання значень інтенсивності складових кольорів зразків використовували програмне забезпечення Land Damage Expert (LDE) [5]. Програмне забезпечення LDE дозволяє визначати значення інтенсивності складових кольору пікселів зображення для адитивної 8 бітної колірної моделі RGB, в якій зображення отримують із комбінації трьох складових (червоної, зеленої та синьої). Кожна із складових RGB може змінюватись в діапазоні 0 – 255 умовних одиниць, що є фізичним обмеженням методики.

**Результати досліджень.**

На рис. 2. приведені результати експериментальних досліджень, щодо залежності між значеннями інтенсивності складових кольору та вмістом азоту в сухій речовині.



**Рис. 2. Залежність значень RGB листя пшениці від кількості азоту N**

Як видно з приведених даних (рис. 2), залежність між значеннями інтенсивності складових кольору та вмістом азоту в сухій речовині найбільш яскраво виражено для червоної та зеленої складових. На базі отриманих експериментальних даних були обчислені залежності між стандартними ВІ, що використовують оптичні канали R,G,B та вмістом азоту в листах пшениці. Було встановлено, що для червоного та зеленого каналів коефіцієнт детермінації складає 0,89 та 0,94 відповідно. Для стандартних ВІ величини коефіцієнту детермінації були нижчими, так для IPCA – 0.83, VARIGreen – 0.85 та RGR – 0.79 відповідно.

Виходячи з цього можна стверджувати про доцільність розробки ВІ спеціалізованих саме для використання БПЛА.

## Висновки

1. Експериментально підтверджено, що в оптичному діапазоні наявна залежність між інтенсивністю складових кольору листя пшениці та вмістом азоту в рослинах.

2. Найтісніша залежність між інтенсивністю кольору листків пшениці та вмістом азоту в рослинах спостерігається для зеленої (коефіцієнт детермінації Adj. R2 - 0,94) та червоної (Adj. R2 - 0,89) складових.

3. Для БПЛА доцільно розробити спеціалізовані ВІ, адаптовані під їх технологічні можливості.

1. T.Ahamed, L.Tian, Y.Zhang, K.C. Ting, "A review of remote sensing methods for biomass feedstock production". *Biomass & Bioenergy*. vol. 35, №7, pp.2455-2469. July 2011

2. Qiang Caoa (2015) *Active canopy sensing of winter wheat nitrogen status: An evaluation of two sensor systems* // Qiang Caoa, Yuxin Miaoa, Guohui Fengc, Xiaowei Gaoa, Fei Lid, Bin Liua, Shanchao Yuea, Shanshan Chenga, Susan L. Ustine, R. Khoslaf. *Computers and Electronics in Agriculture* Vol. 112, P. 64-57

3. Розробка теоретичних основ та методів дистанційного моніторингу стану посівів озимої пшениці за допомогою спектрометрії з високим спектральним розділенням: дис. д-ра біол. наук: 03.00.12 / Шадчина Тамара Михайлівна; НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики. – Київ, 1999. – 396 с.

4. V.Lysenko, O.Opryshko, D.Komarchuk, N.Pasichnyk. *Drones camera calibration for the leaf research*. *Науковий вісник НУБіП*. 2016. №252. С.61-65

5. Робототехнічний комплекс для культивування троянд / О. О. Опришко, Н. А. Пасічник, О. І. Бандурка // *Науковий вісник НУБіП* – 2012. – Вип. 170. Ч. 1. – С. 262-267.

1. T.Ahamed, L.Tian, Y.Zhang, K.C. Ting, "A review of remote sensing methods for biomass feedstock production". *Biomass & Bioenergy*. vol. 35, №7, pp.2455-2469. July 2011.

2. Qiang Caoa (2015) *Active canopy sensing of winter wheat nitrogen status: An evaluation of two sensor systems* // Qiang Caoa, Yuxin Miaoa, Guohui Fengc, Xiaowei Gaoa, Fei Lid, Bin Liua, Shanchao Yuea, Shanshan

Chenga, Susan L. Ustine, R. Khoslaf. *Computers and Electronics in Agriculture* Vol. 112, P. 64-57.

3. Shadchyna, T.M. (1999). *Rozrobka teoretychnykh osnov ta metodiv dystantsiinoho monitorinhu stanu posiviv ozymoi pshenytsi za dopomohoiu spektrometrii z vysokym spektralnym rozdilenniam: dys. d-ra biol. Nauk., In-t fiziologii roslyn i henetyky, Kyiv.*

4. V.Lysenko, O.Opryshko, D.Komarchuk, N.Pasichnyk. *Drones camera calibration for the leaf research. Науковий вісник НУБіП. 2016. №252. С.61-65*

5. Opryshko, O.O., Pasichnyk, N.A. & Bandurka, O.I. (2012). *Robototekhnichniy kompleks dlia kultyvatsii troiand. Naukovyi visnyk NUBIP, 170, 1, 262-267.*

Стаття присвячена дослідженням щодо встановлення залежності інтенсивності складових кольору пшениці та станом азотного живлення. Сенсорне обладнання для моніторингу спектрів відбиття насаджень у оптичному діапазоні розміщували на платформі безпілотного літального апарату (БПЛА). Приведені результати експериментальних вимірів інтенсивності складових в адитивній моделі кольороутворення на прикладі пшениці ярої. Показано доцільність розробки вегетаційних індексів саме під використання БПЛА.

**Ключові слова:** дистанційне зондування, вегетаційні індекси, безпілотні літальні апарати.

Статья посвящена исследованию по установлению зависимости интенсивности составляющих цвета пшеницы и состоянием азотного питания. Сенсорное оборудование для мониторинга спектров отражения насаждений в оптическом диапазоне размещали на платформе беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Приведены результаты экспериментальных измерений интенсивности составляющих в аддитивной модели цветообразования на примере яровой пшеницы. Показана целесообразность разработки вегетационных индексов именно под использование БПЛА.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, вегетационные индексы, беспилотные летающие аппараты.

The article is devoted to the study of the dependence of the intensity of the color component of wheat and the state of nitrogen nutrition. Sensor monitoring

*equipment for reflectance spectra monitoring of plantations in the optical band was placed on a platform of the drone. The results of experimental measurements of the intensity of constituents in the additive model of color formation are presented on the example of spring wheat. The desirability of developing vegetation indices is shown for the use of drones.*

**Keywords:** *remote sensing, vegetation index, drones.*

**Рецензенти:**

Балаєв А.Д. – д.с.-г.н.

Ярошенко Л.М. – к.с.-г.н.

*Стаття надійшла до редакції – 22.05.2017 р.*