10. Danylchenko, O.M. (2016). Formuvannia fotosyntetychnoho aparatu ta vrozhainosti zerna horokhu v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Photosynthetic apparatus and the pea grain yield formation under the conditions in north-eastern Forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia Ahronomiia i biolohiia — Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology Collection, 9*, 88–91 [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Небаба Катерина Станіславівна — методист НМЦ ЗЯВО, Подільський державний аграрно-технічний університет (вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., Україна, 32300; e-mail: тел. (097)532 44 00; e-mail: agronebaba@gmail.com; ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4529-3623).

УДК 631.174 DOI: https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2020.212610

МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНА ЛИСТКОВА ДІАГНОСТИКА СТРЕСІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ НА ПОСІВАХ РІПАКУ ОЗИМОГО

Н.А. Пасічник,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)
e-mail: n.pasichnyk@nubip.edu.ua; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-2120-1552

В.П. Лисенко,
доктор технічних наук, професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)
e-mail: lysenko@nubip.edu.ua; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-5659-6806

О.О. Опришко,
кандидат технічних наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)
e-mail: ozon.kiev@nubip.edu.ua; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-6433-3566

Стреси технологічного характеру є актуальним викликом для озимих культур і зокрема ріпаку при промисловому виробництві і при масовому використанні агрохімії та засобів захисту рослин. Ефективні реанімаційні заходи можливі лише на початкових етапах вегетації і потребують достовірної та доступної інформації про стан посівів. Мета роботи — розроблення індексу за результатами аналізу мультиспектральних знімків із високою просторовою розрізненістю, отриманих завдяки БПЛА для ідентифікації стресів технологічного характеру. При польових дослідженнях 30.10.2019 р. встановили, що на враженіх ділянках, рослини мають аномальне забарвлення двох нижніх листків, а саме жовтого і червоного кольору. Для ідентифікації враженіх рослин було запропоновано використовувати образ об'єкта, заснований на співвідношенні кількох каналів одночасно, які дозволяють розрізняти вражені та здорові рослини, ґрунт і листки аномального забарвлення. Запропоновано використовувати індекси RRL (ріпак червоний лист — rape red leaf), які є індикатором технологічного характеру стресу, а саме RRLgr , розрахований на виключно оптичний діапазон та індекс RRLm (канали зелений — G , червоний — R, межовий червоний — Re та ближній інфрачервоний — NIR). Такі індекси зручні для проведення моніторингу стану посівів ріпаку та автоматизованої обробки даних. Встановлено, при моніторингу посівів ріпаку у фазі вегетації 6–8 листків, враженіх внаслідок технологічних стресів, за допомогою Slantrange 3p заввишки 100 м, для індексів RRLgr та RRLm характерне аномальне забарвлення листків, яке було зафіксовано у 1,5 і 2,1% від загальної площі рослин на ділянці відповідно. Використання мультиспектрального аналізу дає змогу отримати можливість диференційованої ідентифікації технологічних стресів із різним проявом враження. При стандартній для Slantrange 3p висоті польоту 100 м за фіксації аномального забарвлення у 1,5% від загальної площі рослин ріпаку озимого є підставою для організації додаткового наземного обстеження ідентифікованих ділянок посівів ріпаку озимого.

Ключові слова: *ріпак, технологічний стрес, індикаційні індекси, БПЛА.*

ВСТУП

Використання мультиспектральної зйомки для моніторингу стану ріпаку стає звичайною практикою в рослинництві. Новітні виробничі технології культивування цієї рослини потребують ідентифікації причин стресу посівів. Так у роботі [1, с. 185–195] розглядається питання моніторингу стану азотного живлення, а в [2, с. 59–68] оцінювання впливу надмірної зволоженості. Однак поряд із традиційними стресами, до яких у рослин сформувався певний імунітет, є і новітні, зумовлені невідповідністю аграрних практик, зокрема післядією гербіцидів. Такі стреси потребують відповідних реанімаційних заходів, які можуть бути ефективними лише на початкових етапах вегетації [3, с. 469–473]. Для моніторингу станів таких посівів доцільно із досить високою ефективністю використання технологій листкової діагностики. Зазначене пояснюється тим фактом, що при таких стресах можливе аномальне забарвлення 2-х нижніх листків рослини, фіксацію котрих здійснюють на знімках високою просторовою розрізненістю (їх отримують завдяки використанню безпілотних літальних апаратів — БПЛА). Однак наявні вегетаційні індекси не розраховані для ідентифікації стресів, обумовлених саме технологічними чинниками. Тому розроблення індексу за результатами аналізу мультиспектральних знімків із високою розподільчою здатністю, отриманих завдяки БПЛА для ідентифікації стресів технологічного характеру є актуальним завданням, що і визначило мету нашої роботи.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У роботі [4, с. 56–65] в лабораторних умовах досліджували в листках ріпаку стрес щодо елементів азотного живлення шляхом використання гіперспектральної зйомки. При цьому встановлено, що у стресових рослин вміст азоту, фосфору і калію істотно зменшується до краю листка на відміну від рослин контрольної групи. У роботах [2, с. 59–68] в аналогічних умовах досліджували листки ріпаку, враженого водним стресом. Результати гіперспектральних досліджень засвідчили, що найбільш інформативними для виявлення стресу були канали G (529 нм), R (641 нм) та Re (698 нм). При цьому інфрачервоний канал NIR виявився не інформативним. Дослідження екологічного стресу і відповідно потенційної врожайності ріпаку озимого в [4, с. 56–65] зафіксували, що площа купола рослини добре корелює із індексом RedEdge Chlorophill index, який визначається саме каналами Re та NIR.

Отже, результати аналізу літературних джерел дають можливість зробити висновок, що потенційно інформативним щодо наявності стану технологічного характеру в ріпаку є канали R, G та Re. Ідентифікація рослин на полі найбільш ефективна за допомогою каналів Re та NIR.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводились 30.10.2019 р. у Бориспільському р-ні на виробничих посівах ріпаку озимого (гібрид ДК Імплемент КЛ, координати дослідного поля 50°16′N, 30°58′E). У межах дослідної ділянки поля попередниками були дві культури — пшениця озима і картопля рання. Стреси технологічного характеру візуально фіксувались на ділянках після пшениці. Фотозйомку здійснювали з використанням мультиспектральної системи Slantrange 3p, встановленої на гексакоптері DJI Matrice 600 (висота польоту 100 м, просторовою розрізненістю 0,04 м/піксель).

Конструктивно сенсорна система Slantrange має 4 об'єктиви для моніторингу поверхні, що розташовані лінійно на відстані до 10 см, тобто по одному на вимірювальний канал. Зазначене потребує коригування щодо позиціонування об'єктів для різних спектральних каналів. При використанні програмного забезпечення slantview корекція позиціонування здійснюється автоматично. Для забезпечення точності при візуальній ідентифікації для різних спектральних каналів використовували опорні мітки, встановлені в ручному режимі в програмному забезпеченні slantview (рис. 1).

Програмне забезпечення slantview v.2.13.1.2304 надає користувачу лише карти готових вегетаційних індексів обмеженої номенклатури і не передбачає можливості штатного імпорту неопрацьованих даних відповідних каналів. Однак відкориговані щодо освітлення та позиціонування дані для цих каналів відображаються в окремому вікні, звідки були скопійовані і збережені у графічному форматі bmp (24 bit) засобами Windows. Визначення дослідних ділянок здійснювали засобами Microsoft® Picture Manager, базуючись на опорних точках. Дослідні ділянки ріллі без рослин (*s*), із здоровими (*zr*) і враженими (*gr*) рослинами мали площу 4,36–2,24 м (109–56 пікс). Окремо розглядали ділянки рослин із аномальним забарвленням нижніх листків (rl), площа якої становила 13–20 пікс. (0,5–0,8 м). Для перевірки вибрали 2 виробничі ділянки площею 400–250 пікс (16–10 м) на вражених стресом технологічного характеру (*g*) та здорових (*r*) посівах, де поряд із рослинами фіксували і ріллю.

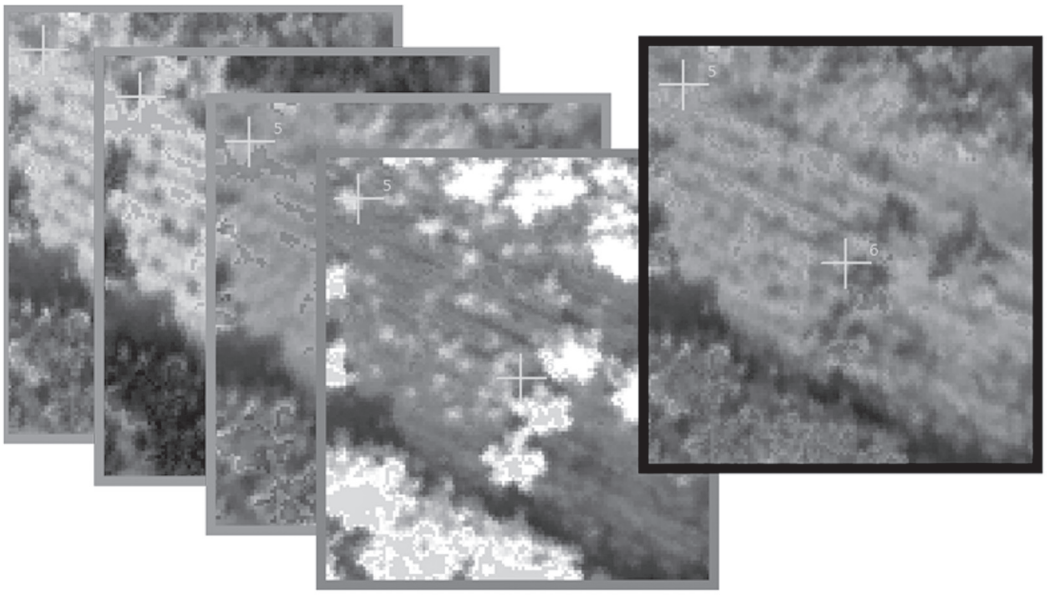


Рис. 1. *Зображення ділянки поля з посівами ріпаку озимого для G, R, Re, NIR каналів та у псевдокольорах із опорними точками 5 та 6, позначеними на зображеннях + синього кольору*

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

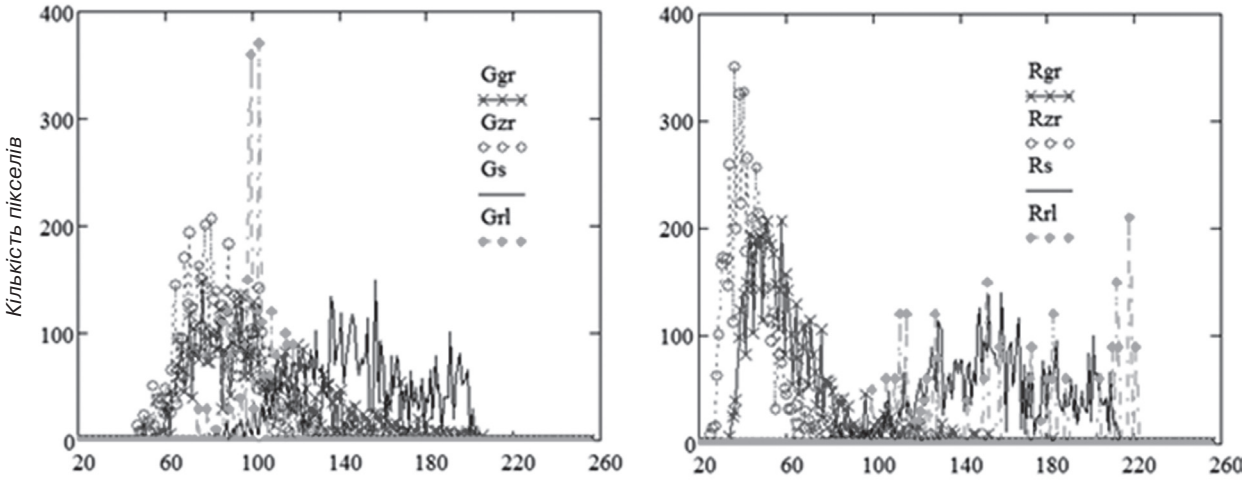
На рис. 2 представлені результати щодо залежності між кількістю пікселів та інтенсивністю складової кольору для дослідних ділянок. Оскільки габарити ділянки для листків із аномальним забарвленням значно менші за інші дослідні ділянки, то для полегшення сприйняття інформації, результати кількості пікселів для листків із аномальним забарвленням було збільшено в 10 разів.

Як видно з наведених результатів, для ідентифікації листка із аномальним забарвленням (*rl*) найбільш придатним виявився червоний канал, де його величина інтенсивності кольору знаходилась у діапазоні 100–200 у.о., тоді як для зеленого листка (*zr*) — в діапазоні 20–100 у.о. Проте для червоного каналу в цьому діапазоні було ідентифіковано і ріллю (*s*). Відрізнити ґрунт від рослин можливо, використовуючи канал NIR. Однак у діапазоні 80–100 у.о. для цього самого каналу (NIR) було зафіксовано пікселі, що попередньо ідентифікувались як такі, що належать враженим рослинам (як зеленого, так і аномального червоного кольорів). На думку авторів, це пов'язано з тим, що розміри вражених рослин істотно менші, ніж здорові і відповідно при моніторингу на висоті 100 м поряд із самими рослинами фіксувався і ґрунт між листками рослин. Оскільки розміри рослин певною мірою можуть залежати і від ступеня їх враження стресом, такі вражені рослини мають менші габарити, то доцільно розглянути не окремі рослини, зручні для візуальної ідентифікації (ті, що мають максимальну площу купола), а всі наявні на виробничій ділянці.

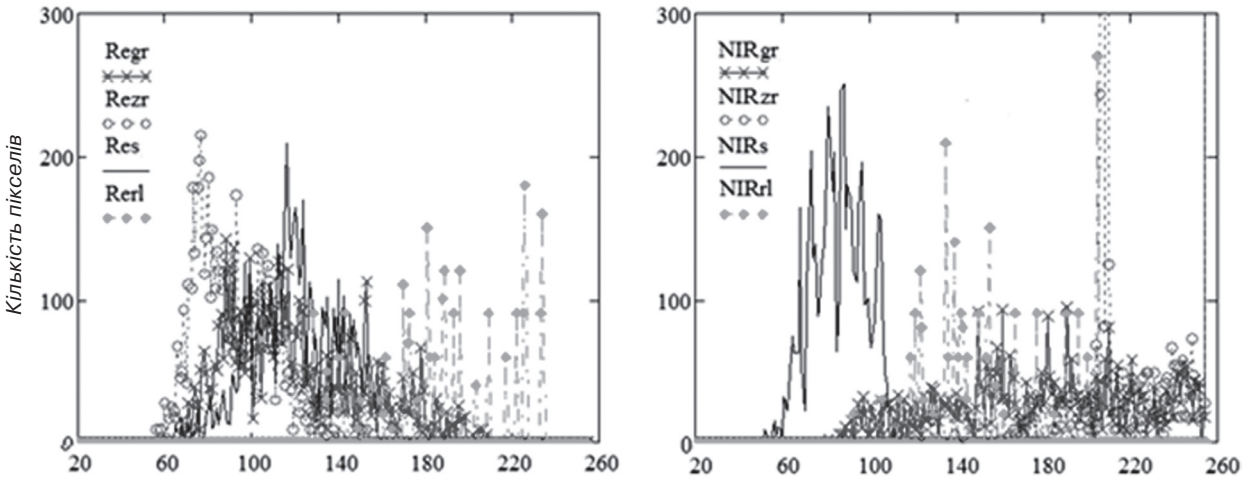
За результатами статистичної обробки з масиву даних для виробничих ділянок було вилучено ті, що для NIR каналу були ідентифіковані як ґрунт (NIR діапазон 60–100 у.о.). Було встановлено, що на ділянці неураженого ріпаку як рослини, було ідентифіковано 85% площі, на вражених — 53%. Такий факт можна використовувати для констатації наявності стресу. Однак причини недостатнього розвитку купола рослини можуть бути різними.

Для впевненої ідентифікації листків ріпаку аномального забарвлення пропонується застосувати образ об'єкта, що враховує кілька спектральних каналів одночасно. Запропоновано використовувати 2 індекси, призначені для ідентифікації аномального забарвлення нижніх листків ріпаку RRL (ріпак червоний листок — rape red leaf), які є індикатором технологічного характеру стресу: індекс $RRL_{gr} = R-G$, розрахований на виключно оптичний діапазон та мультиспектральний індекс $RRL_m = 2R + NIR - G-Re$, створений під спектральні канали комплексу Slantrange 3p — G, R, Re і NIR.

Аналогічно як і для рис. 2, кількість пікселів, на ділянках ґрунту та листках із аномальним забарвленням було збільшено в 5 і 50 разів відповідно. Для індексу RRL_{gr} встановлено, що значенням у діапазоні 50–130 відповідають листки із аномальним забарвленням, притаманним стресам технологічного характеру. Для індексу RRL_m на листках ріпаку із аномальним



Оптичний діапазон. Інтенсивність зеленої (G) та червоної (R) складової кольору



Інфрачервоний діапазон. Інтенсивність складової кольору за каналами Re та NIR

Рис. 2. *Залежність кількості пікселів для дослідних ділянок від інтенсивності складової кольору*

забарвленням обумовленим стресами технологічного характеру припадало два діапазони значень, а саме — 120–20 та 190–280. На думку авторів, наявність двох окремих діапазонів пояснюється тим, що колір двох нижніх листків мав два варіанти забарвлення — жовтий та червоний.

Було встановлено, що при використанні індексів RRL_{gr} та RRL_{m} листкам аномального забарвлення належить 1,5 і 2,1% загальної площі рослин на полі відповідно. При здійсненні повітряного моніторингу з висоти 100 м на ділянці зі здоровими рослинами листків із аномальним забарвленням зафіксовано не було. Візуально при наземному моніторингу на вражених ділянках відсоток листків із аномальним забарвленням більший, ніж було зафіксовано при обробці даних повітряного моніторингу. Ймовірне пояснення занижених результатів дистанційного моніторингу полягає у малій розподільчій здатності знімків в 40 мм/піксель (висота польоту 100 м). Підвищення розподільчої здатності знімків можна досягнути, зменшивши висоту польоту. Однак це призведе до збільшення тривалості моніторингу, що небажано з урахуванням обмеженого терміну прийняття рішення про проведення реанімаційних заходів.

Аномальне забарвлення листків ріпаку внаслідок стресів технологічного характеру є зручним підходом для ідентифікації причин стресу. Проте наявність таких листків має певну сезонність, а саме на розвинутій рослині восени (від середини жовтня — до приморозків і випадання снігу), що обмежує універсальність таких індексів. Доцільно перевірити можливість ідентифікації уражених рослин за рахунок більшої неоднорідності забарвлення листків,

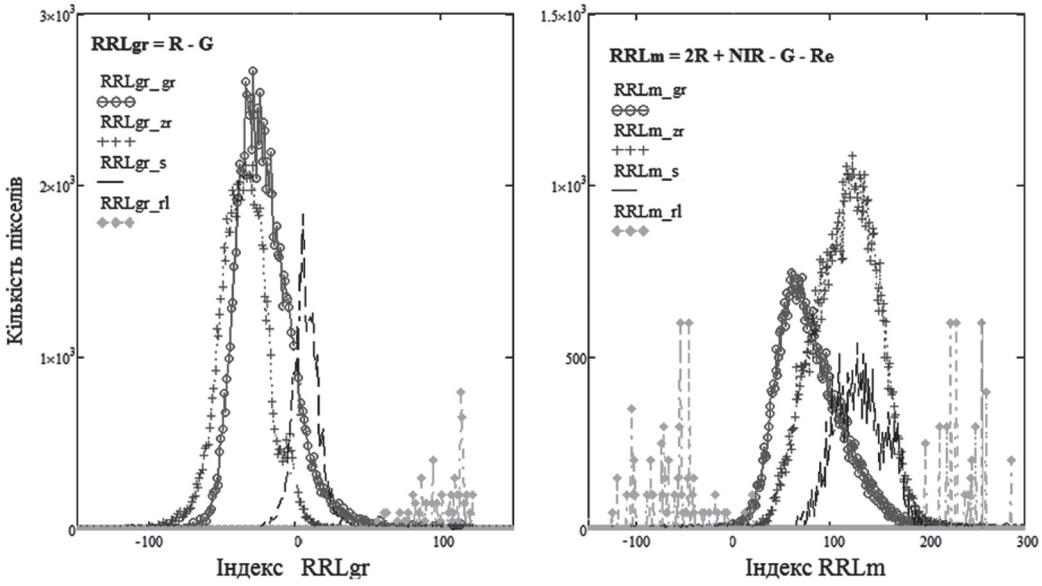


Рис. 3. *Залежність кількості пікселів від величин індексів RRL_{gri} RRL_m для дослідних ділянок (для наглядності кількість пікселів для ділянок із грунтом та листям збільшено в 5 та 50 разів відповідно)*

яка впливатиме на параметри розподілу залежно між кількістю пікселів та інтенсивностями складових кольору по вимірювальних каналах чи величинами стресових індексів.

При використанні індексу RRL_m уражені внаслідок стресу технологічного характеру листки ріпаку із аномальним забарвленням мали 2 окремі діапазони, це може бути потенційно корисним для ідентифікації причин стресу і потребує додаткового вивчення.

ВИСНОВКИ

Для ріпаку озимого запропоновано використання спектральних індексів, здатних ідентифікувати стреси технологічного характеру. Такі індекси зручні для проведення моніторингу стану посівів ріпаку та автоматизованої обробки даних. Використання мультиспектрального аналізу дає змогу отримати можливість диференційованої ідентифікації технологічних стресів із різним проявом враження.

Встановлено, при моніторингу посівів ріпаку у фазі вегетації 6–8 листків, вражених внаслідок технологічних стресів за допомогою Slantrange 3p заввишки 100 м, для індексів RRLgr та RRLm характерне аномальне забарвлення листків було зафіксовано у 1,5 і 2,1% загальної площі рослин на ділянці відповідно. При стандартній для Slantrange 3p висоті польоту 100 м при фіксації аномального забарвлення у 1,5% від загальної площі рослин ріпаку озимого є підставою для організації додаткового наземного обстеження ідентифікованих ділянок посівів ріпаку озимого.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Shishi Liu, Lantao Li, Wenhan Gao, Yukun Zhang, Yinuo Liu, Shanqin Wang, Jianwei Lu* (2018). Diagnosis of nitrogen status in winter oilseed rape (Brassica napus L.) using in-situ hyperspectral data and unmanned aerial vehicle (UAV) multispectral images. *Computers and Electronics in Agriculture. 151*, 185–195. doi https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.026.
2. *Xia Ji'An, Cao HongXin, Yang YuWang, Zhang WeiXin, Wan Qian, Xu Lei, Ge DaoKuo, Zhang WenYu, Ke YaQi, Huang Bo* (2019) . Detection of waterlogging stress based on hyperspectral images of oilseed rape leaves (*Brassica napus* L.). *Computers and Electronics in Agriculture. 159*, 59–68. doi https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.02.022;
3. *Dolia, M., Lysenko, V., Pasichnyk, N., Opryshko, O., Komarchuk, D., Miroshnyk, V., Lendiel, T., Martsyfei, A.* (2019). Information Technology for Remote Evaluation of after Effects of Residues of Herbicides on Winter Crop Rape 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT 2019 — Proceedings, 469–473. doi https://doi.org/10.1109/AIACT.2019.8847850.

4. *Xiaolei Zhang, Fei Liu, Yong He, Xiangyang Gong* (2013). Detecting macronutrients content and distribution in oilseed rape leaves based on hyperspectral imaging. *Biosystems Engineering, 115*, 56–65. doi http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.02.007.
5. *Yi Peng, Ting'e Zhu, Yucui Li, Can Dai, Shenghui Fang, Yan Gong, Xianting Wu, Renshan Zhu, Kan Liu* (2019). Remote prediction of yield based on LAI estimation in oilseed rape under different planting methods and nitrogen fertilizer applications. *Agricultural and Forest Meteorology, 271*, 116–125. doi https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.032.

REFERENCES

1. Shishi Liu, Lantao Li, Wenhan Gao, Yukun Zhang, Yinuo Liu, Shanqin Wang, Jianwei Lu (2018). Diagnosis of nitrogen status in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) using in-situ hyperspectral data and unmanned aerial vehicle (UAV) multispectral images. *Computers and Electronics in Agriculture. 151*, 185–195. doi https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.026.
2. Xia Ji'An, Cao HongXin, Yang YuWang, Zhang WeiXin, Wan Qian, Xu Lei, Ge DaoKuo, Zhang WenYu, Ke YaQi, Huang Bo (2019) . Detection of waterlogging stress based on hyperspectral images of oilseed rape leaves (*Brassica napus* L.). *Computers and Electronics in Agriculture. 159*, 59–68. doi https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.02.022.
3. M. Dolia, V. Lysenko, N.Pasichnyk, O. Opryshko, D. Komarchuk, V. Miroshnyk, T. Lendiel, A. Martsyfei (2019). Information Technology for Remote Evaluation of after Effects of Residues of Herbicides on Winter Crop Rape 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT 2019 — Proceedings, 469–473. doi https://doi.org/10.1109/AIACT.2019.8847850;
4. Xiaolei Zhang, Fei Liu, Yong He, Xiangyang Gong (2013). Detecting macronutrients content and distribution in oilseed rape leaves based on hyperspectral imaging. *Biosystems Engineering, 115*, 56–65. doi http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.02.007.
5. Yi Peng, Ting'e Zhu, Yucui Li, Can Dai, Shenghui Fang, Yan Gong, Xianting Wu, Renshan Zhu, Kan Liu (2019). Remote prediction of yield based on LAI estimation in oilseed rape under different planting methods and nitrogen fertilizer applications. *Agricultural and Forest Meteorology, 271*, 116–125. doi https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.032.

MULTISPECTRAL SHEET DIAGNOSTICS OF TECHNOLOGICAL STRESSES ON WINTER RAPES CROPS

Pasichnyk N.,
PhD, Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Ukraine, Kyiv)
e-mail: n.pasichnyk@nubip.edu.ua; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-2120-1552

Lysenko V.,
PhD, Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
(Ukraine, Kyiv)
e-mail: lysenko@nubip.edu.ua; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-5659-6806

Opryshko O.,
PhD, Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
(Ukraine, Kyiv)
e-mail: ozon.kiev@nubip.edu.ua; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-6433-3566

Technological stresses are an urgent challenge for winter crops and in particular rapeseed in industrial production and in the mass use of agrochemicals and plant protection products. Effective resuscitation measures are possible only in the initial stages of the growing season and require reliable and accessible information about the condition of crops. The purpose of the work is to develop an index based on the results of analysis of multispectral images with high spatial resolution, obtained by UAVs for the identification of technological stresses. During field research on October 30, 2019, it was found that in the affected areas, the plants have an abnormal color of the two lower leaves, namely yellow and red. To identify affected plants, it was proposed to use an image of the object based on the ratio of several channels simultaneously, which allow to distinguish between affected and healthy plants, soil and leaves of abnormal color. It is proposed to use the RRL (rape red leaf) indices, which are an indicator of the technological nature of stress, namely RRLgr, designed exclusively for the optical range and the RRLm index (green — G, red — R, border red — Re and near infrared — NIR). Such indices are convenient for monitoring the condition of rapeseed crops and automated data processing. It was found that when monitoring rapeseed crops in the growing season of 6–8 leaves affected by technological stress, using Slantrange 3p height of 100 m, for

the indices RRLgr and RRLm is characterized by abnormal leaf color, which was recorded in 1.5 and 2.1% of the total area of plants on the site, respectively. The use of multispectral analysis makes it possible to differentiate the identification of technological stresses with different manifestations of impression. At a standard flight altitude for Slantrange 3p of 100 m with the fixation of anomalous color in 1.5% of the total area of winter oilseed rape plants is the basis for the organization of additional ground inspection of the identified areas of winter oilseed rape crops.

Keywords: *rapeseed, technological stress, indication indices, UAV.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Пасічник Наталія Анатоліївна — кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна; e-mail: n.pasichnyk@nubip.edu.ua; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-2120-1552);

Лисенко Віталій Пилипович — доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна; e-mail: lysenko@nubip.edu.ua; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-5659-6806);

Опришко Олексій Олександрович — кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна; e-mail: ozon.kiev@nubip.edu.ua; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-6433-3566).

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

В найближчій час Україна приєднається до Мінаматської конвенції та встановить чіткі «правила гри» з рідким отруйним металом. Це дозволить впровадженню проривних заходів у сфері поводження із небезпечними відходами, саме ртуттю. Нині Мінаматську конвенцію про ртуть вже підписали 128 і ратифікували 123 країни. Україна ж одна з небагатьох країн, які перебувають у процесі приєднання до конвенції.

Положення конвенції спрямовані на захист здоров'я людини та навколишнього середовища від антропогенних викидів ртуті та її сполук. Зокрема, на поступову заборону виробництва деяких приладів із вмістом ртуті, а також обов'язкове припинення її видобування.

Для окремих продуктів, які не мають екологічно безпечних аналогів — встановлені винятки. Окремо конвенцією врегульовується питання поводження із небезпечними відходами, а саме запобіганню їх утворенню.

Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України підготовлено відповідний проєкт Закону України «Про приєднання України до Мінаматської конвенції про ртуть», який вже надіслано на погодження до заінтересованих центральних органів виконавчої влади.

Законопроєкт дозволить врегулювати питання:

- поводження з ртуттю, її видобутком
- запобіганням утворення небезпечних відходів
- діяльності бізнесу, пов'язаної з використанням ртуті
- обмеження або припинення обігу продукції, що містить ртуть.

Приєднання до конвенції стане перевагою для єднання України із прогресивною міжнародною спільнотою та залучення фінансової допомоги та інвестицій від європейських фондів і донорів для покриття витрат на підтримку реалізації Мінаматської конвенції про ртуть в Україні тощо.