

**МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ЗНІМКІВ БПЛА ДЛЯ
ОЦІНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТРЕСОВИХ СТАНІВ ПОСІВІВ**

С. А. Шворов, доктор технічних наук, професор

E-mail: sosdok@nubip.edu.ua

Н. А. Пасічник, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

E-mail: n.pasichnyk@nubip.edu.ua

О. О. Опришко, кандидат технічних наук, доцент

E-mail: ozon.kiev@nubip.edu.ua

І. М. Болбот, доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ф. В. Глуган, інженер

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

E-mail: hluhan@spacecenter.gov.ua

Анотація. Стаття присвячена прикладним аспектам використання БПЛА, а саме – моніторингу посівів озимої пшениці для виявлення стресів технологічного характеру. Передусім це стосується пролонгованої дії гербіцидів, що залишилися від попередньої культури, і які викликають стресовий стан у нових посівів. Питання має місцеву специфіку, пов'язану як невідповідністю технологій вирощування рослин, так і недостатнім вивченням впливу новітніх засобів захисту рослин у вітчизняних ґрунтових умовах. Відновлення врожайності посівів можливе при своєчасній ідентифікації причин стресу, проте час прийняття рішень є обмеженим, що вимагає впровадження новітніх технологій моніторингу, придатних для промислових масштабів. При лабораторних дослідженнях з використанням фітокамер була зафіксована наявність як спектральних показників здорових та вражених рослин, так і різниця в їх габаритах. Проте, такі відмінності можуть бути пояснені іншими стресовими чинниками, тому не вдалось встановити для спектральних чи спектрально-просторових методів моніторингу чітких критеріїв, які однозначно свідчили про стрес, обумовлений післядією гербіцидів. При польових дослідженнях з використанням комплексу Sлантраге, змонтованому на БПЛА DJI Matrice 600 як об'єкт дослідження, було проаналізовано розподіл стресових ділянок на полі. Було встановлено, що при суто спектральному та спектрально-просторовому моніторингу озимої пшениці не вдалося достовірно ідентифікувати стресовий характер, обумовлений саме післядією гербіцидів, тобто наземні платформи для спектрального сенсорного обладнання є неефективними. Доведено, що карти стресових індексів, отримані на

базі даних із високою розподільчою здатністю від БПЛА, можна розглядати як окремих об'єкт дослідження стосовно інтерпретації причин стресів складних біотехнічних об'єктів, таких як посіви зернових культур. Підвищення вірогідності та достовірності даних моніторингу можна досягти при впровадженні систем машинної обробки даних та комп'ютерного навчання стосовно пошуку кореляційних зв'язків між розподілом стресових станів рослин в полі та виконанням технологічних операцій, рельєфу місцевості тощо.

Ключові слова: *БПЛА, стреси, пролонгована дія гербіцидів, Slantrange*

Актуальність. БПЛА є інноваційним інструментом для аграрної галузі, оскільки здатні надавати сільськогосподарським виробникам принципово новітні можливості для керування врожаєм. Незважаючи на високу вартість виробів та їх обслуговування, за результатами, представленими Dionisio Andújar et all (2019) в [1], автоматизований спектральний моніторинг посівів з БПЛА є більш економічно привабливим, ніж аналогічне знаряддя на наземних платформах. У ряді випадків БПЛА є незамінними, оскільки сучасні практики рослинництва потребують оперативного моніторингу посівів, що пов'язано з використанням засобів захисту рослин. Водночас величезну небезпеку становлять як фальсифіковані продукти, так і новітні суміші реагентів, стандартні оцінки впливу яких на майбутні врожаї за результатами дослідів Simone Caetani Machado et all (2018) [2] є недосконалими. Особливу небезпеку при використанні гербіцидів широкої дії становить їх дрейф на інші посіви під впливом різних чинників та післядія гербіцидів Haibo Yao et all (2012) [3]. Найбільш сильно післядія гербіцидів впливає на озимі культури, оскільки мають місце залишки отрутохімікатів для попередньої культури, що не встигли розкластися, як було показано на прикладі пшениці в роботах Miroslav Jursík et all (2019) [4]. Для відновлення метаболізму вражених рослин використовують спеціальні бакові суміші - сейфери, ефективність яких за даними, наведеними Robert L.Zimdahl (2018) [5], максимальна на початкових стадіях вегетації рослин. Дистанційний моніторинг, заснований на спектральних показниках насаджень, ускладнюється тим, що стресові стани можуть бути обумовлені різними чинниками: дефіцитом елементів живлення, невідповідною температурою чи вологозабезпеченням, а також хімічними отруєннями гербіцидами тощо. Було

висунуто *гіпотезу*, що у вражених рослин можливо виявити характерні особливості, що дозволять ідентифікувати причину стресу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вибір спектрального сенсорного обладнання для БПЛА. Інвестиційна привабливість напряму прецизійного землеробства призвела до появи на ринку від різних виробників великої кількості спектрального сенсорного обладнання для моніторингу рослин. Деякі зразки спеціалізованого сенсорного обладнання, такі як MAPIR Survey, представлені в роботі David R.Green et all (2019) [6] та Sentera, що описані Lei Deng et all (2018) [7], були побудовані на базі неспеціалізованих цифрових камер, які використовувались для листкової діагностики. Для калібрування таких камер щодо змін освітлення використовувались штучні наземні оптичні шаблони або методики, засновані на вимірюваннях штатного експонетра камери, що описані в роботах V.Lysenko et all (2017) [8] та Igor Korobiichuk et all (2018) [9]. Більш зручними, з огляду на швидкість обробки даних, при створенні ортофотопланів є спеціалізовані зенітні сенсори, якими оснащені спектральні системи Parrot SEQUOIA, які описані Lei Deng et all (2018) [7] та Slantrange, та представлені Juan Enciso et all (2019) [10]. При цьому система Slantrange, на відміну від аналогів, взагалі не потребує використання калібрувальних панелей і здатна обробляти дані впродовж польоту, завдяки чому забезпечується оперативність отримання готових карт стресових індексів без використання хмарних сервісів. На початкових стадіях вегетації, коли можливе ефективне застосування сейферів, при спектральному моніторингу фіксується багато ділянок, обумовлених саме ґрунтом, що необхідно враховувати при розрахунках стресових індексів. Система Slantrange дає можливість користувачу отримати готові карти стресових індексів. Крім того, на відміну від представлених аналогів, передбачається фільтрація даних за вибором користувача, тому її було використано для досліджень.

Вибір параметрів діагностики посівів пшениці озимої.

При дистанційному моніторингу рослинних насаджень можливе використання декількох окремих підходів та їх комбінацій.

Як показано в роботах T.Duan et all (2017) [11], V. Lysenko et all (2017) [12], вегетаційні індекси, що засновані на суто спектральних показниках, у технологіях керування врожаєм озимої пшениці найчастіше використовуються для визначення стану азотного живлення. Відмінність в індексах полягає передусім у виборі спектральних діапазонів та математичних рівнянь, які обумовлюються потребами досліджу.

У роботі Jiho Yue et all (2019) [13] біомасу розраховували на базі спектральних індексів від БПЛА при введенні емпіричних коефіцієнтів, що незручно з урахуванням кількості сортів рослин та відмінностей у кольорі ґрунту. Вимірювання габаритів рослин за допомогою БПЛА на початкових стадіях вегетації здійснюють при попиксельному аналізі знімків, коли визначається відсоток пікселів зображення, що відповідає саме рослинам, як показано в роботі V. Lysenko et all (2018) [14].

Спектрально-просторовий моніторинг та просторовий аналіз характеру розповсюдження стресових ділянок зазвичай використовують для визначення насаджень, вражених грибковими захворюваннями R.Calderón et all (2013) [15].

Отже, для ідентифікації причин стресу посівів озимої пшениці на початкових етапах вегетації можна використати спектральні показники, попиксельний аналіз габаритів рослин та оцінку розподілу стресових ділянок по полю.

Мета дослідження – вдосконалення методики оперативного моніторингу за допомогою БПЛА виробничих посівів озимих культур на прикладі пшениці стосовно впливу післядії гербіцидів.

Матеріали та методи дослідження. Для експериментальних досліджень щодо спектральних показників та габаритів рослин можливе використання фітокамер у стаціонарних польових дослідженнях, а вивчення розподілу стресових ділянок по полю при прийнятній точності вимірів можливе лише на виробничих полях.

Веgetаційний дослід у лабораторних умовах фітокамери. Для здійснення досліджу в фітокімнаті використовувався ґрунт з виробничого поля, де для попередньої культури (картопля) були штучно створені ділянки з нормованою та подвоєною дозою гербіциду. Ґрунт набирали на ділянках, визначених по візуальним

орієнтирам на місцевості, на відстані не менш ніж 50 м від меж поля з різним дозуванням внесених гербіцидів.

Лабораторні дослідження супроводжували всі етапи моніторингу рослинних насаджень. Відбір зразків рослин і ґрунту проводили в день моніторингу або протягом двох днів після нього. Зразки ґрунту відбирали із шару 0-25 см, проводили підготовку до аналізу згідно ДСТУ ISO 11464:2007. Агрохімічний аналіз здійснювали в наукових і науково-дослідних лабораторіях кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва, Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК з дотриманням прийнятих методик і методів.

Відбір проб ґрунту було здійснено напередодні висіву озимої пшениці, а саме наприкінці вересня 2018 року. Зразки насіння пшениці (сорт Mulan) були вилучені з партії насіннєвого матеріалу.

Вимірювання габаритів насаджень здійснювали безпосередньо у посуді без руйнування рослини за допомогою лінійки, при цьому фіксували максимальну відстань від ґрунту до верхньої точки рослини (рис. 1).



Рис. 1. Вегетаційний дослід щодо впливу пролонгованої дії гербіцидів на пшеницю після різних попередників (позначені на етикетці). Дата зйомки

19.04.2019

Спектральні дослідження проводили за методикою, описаною V. Lysenko et all (2017) [19] із залученням оптичного шаблону для врахування різниці в освітленні. Отримані результати представлені в таблиці 1.

1. Спектральні та габаритні параметри дослідних зразків пшениці

Зразок	Aftereffect +							Aftereffect -							
	Пшениця			Шаблон				h	Пшениця			Шаблон			h
	R	G	B	R	G	B	R		G	B	R	G	B		
1	48	82	32	192	194	193	20	36	48	30	191	191	198	42	
2	65	83	54	194	196	208	22	50	57	31	182	183	192	44	
3	69	94	28	195	196	196	24	45	55	38	183	183	192	46	
4	62	75	36	187	188	200	23	48	63	35	189	188	200	42	
5	54	67	40	188	190	202	26	52	60	29	186	189	188	50	

Як видно з представлених спектральних даних, найбільша різниця інтенсивності складових кольору спостерігається за червоним та зеленим каналам. Довжина листя зразків, що були вражені від післядії гербіцидів, була меншою в ~2 рази. Проте такі зовнішні прояви можуть бути наслідком інших причин, зокрема дефіцитів елементів живлення. Таким чином, виходячи з експериментальних даних, за суто спектральними чи спектрально-габаритними підходами в дистанційному зондуванні не можна достовірно визначити що стресовий стан озимої пшениці обумовлений саме післядією гербіцидів.

Дослідження в польових умовах. Польові дослідження проводились на виробничих полях, розташованих у селищі Городище Бориспільського району Київської області (координати 50°16' N, 30°58'E). Метеорологічні умови для озимої пшениці сезону 2019-2020 років були стандартними для даного регіону.

При наземних дослідженнях було зафіксовано, що на ділянках з післядією гербіциду габарити рослин у середньому вдвічі менші, ніж на посівах, де було внесено нормовану дозу гербіциду в культурі попередника. При візуальному обстеженні не було виявлено істотної різниці в забарвленні рослин, тобто результати співпали з даними, отриманими при використанні фітокімнати.

Для спектрального моніторингу полів було використано систему Sлантране Зр, яку було змонтовано на базі БПЛА DJI Matrice 600 (рис. 2).



**Рис. 2. Система Slantrane 3p, змонтована на базі БПЛА
DJI Matrice 600 Pro**

Врахування змін освітлення для комплексу Slantrange здійснювались за вбудованими алгоритмами розробника обладнання з використанням штатного зенітного сенсору. Обробка даних та побудова карт стресових індексів здійснювалась програмним забезпеченням SlantView ver. 2.9.0.1086 від розробника системи Slantrange.

Інтерфейс програми SlantView безпосередньо у вікні з картою розподілу стресових індексів надає числове значення індексу для тієї ділянки, де знаходиться курсор. Стресові індекси мають різну шкалу і для вибору карти для подальшого машинного аналізу було оцінено на скільки відсотків від загальної шкали індексу в середньому відрізняються ділянки, вражені від післядії гербіцидів від не вражених посівів. Отримані результати наведені в таблиці 2.

2. Значення стресових індексів для озимої пшениці в залежності від післядії гербіцидів

Index	Aftereffect +			Aftereffect -			Difference %
	min	max	average	min	max	average	
RedNDVI	0,65	0,69	0,67	0,78	0,82	0,8	13
GreenNDVI	0,75	0,8	0,775	0,89	0,92	0,905	13
Red edge NDVI	0,5	0,55	0,525	0,65	0,7	0,675	15
Stress	0,23	0,26	0,245	0,14	0,16	0,15	19
Veg. fraction	0,94	1	0,97	0,94	1	0,97	0
Yield potential	0,72	0,76	0,74	0,82	0,86	0,84	10

Як видно з представлених даних найбільша різниця була зафіксована для стресового індексу компанії Slantrange «Stress», проте рівняння цього індексу компанією не надається і відповідно його не можна обчислити на базі результатів від інших постачальників обладнання. Виходячи з перспективної можливості порівняння результатів від БПЛА та даних супутникового моніторингу для подальшого комп'ютерного аналізу було обрано стандартний індекс «Red edge NDVI».

Для аналізу розподілу стресових ділянок на полі отримані карти були збережені в файли зображень з розширенням .png. Оскільки внесення гербіцидів здійснювалось машинним способом, було зроблено припущення, що розподіл стресових ділянок, обумовлених післядією гербіцидів, має корелювати з технологічним шляхом пересування обладнання для його внесення. В умовах відсутності перешкод пересування обладнання має лінійний характер, тому при аналізі зображень орієнтувались на пошук саме лінійних функцій.

Результати досліджень та їх обговорення. Для аналізу використовували вейвлет-аналіз, який було здійснено за допомогою розширення Wavelet Toolbox у пакеті Matlab версія 7.0.1. Завдання розпізнавання зображень полягало в порівнянні коефіцієнтів, одержаних за результатом вейвлет-розкладу тестового зображення з коефіцієнтами, отриманими при розкладі декількох еталонних зображень. Приклад цієї реалізації представлено на рис. 3, де лініями було визначено границю між стресовими ділянками, які співпали з межами внесення підвищеної кількості гербіцидів для культури попередника.

На картах різних версій NDVI та Stress було зафіксовано, що на ділянках, де було внесено для попередньої культури надмірну кількість гербіцидів, присутні овальні ділянки з невраженими рослинами. Пояснення цього полягає в наявності западин, де утворилась підвищена вологість ґрунту, що призвело до вимивання залишків гербіцидів.

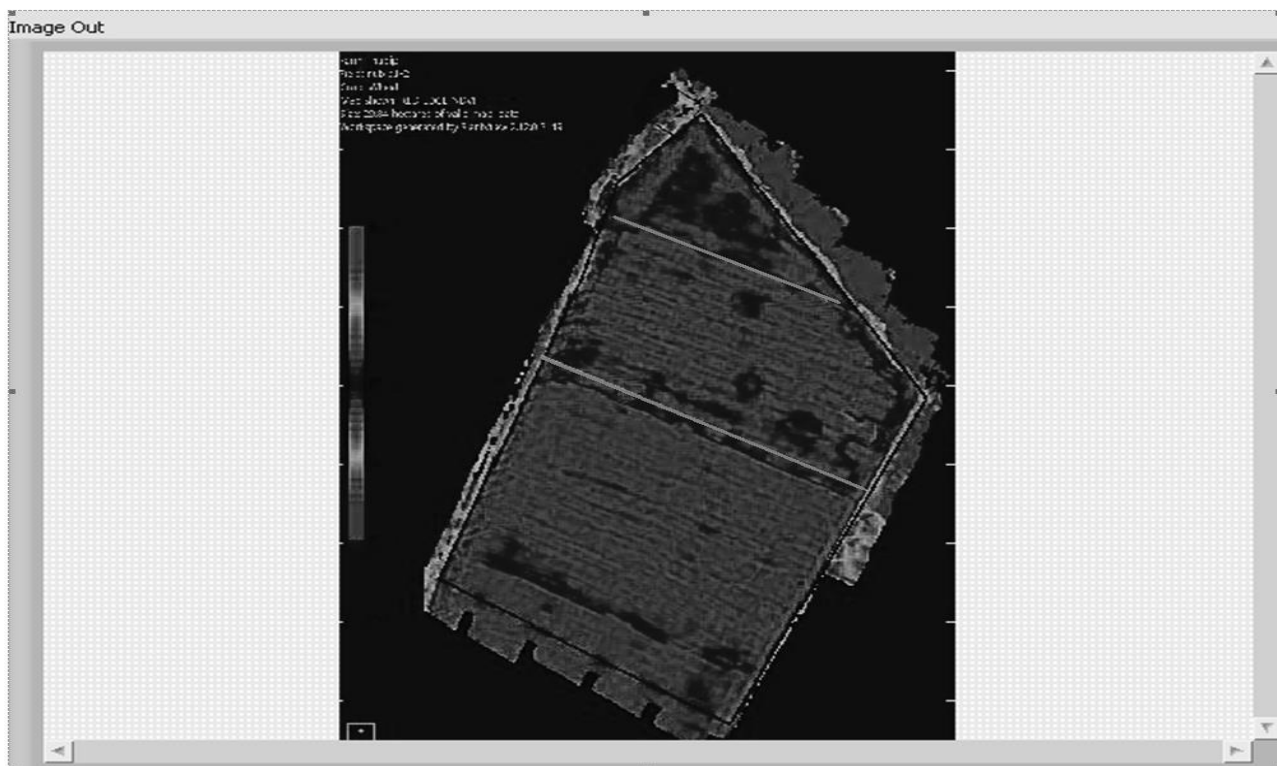


Рис. 3. Визначення межі неоднорідного розподілу стресових ділянок на полі

Отже, доцільно поряд із картами розподілу стресових індексів досліджувати і рельєф місцевості та враховувати це в технологіях «big data», де дані від БПЛА можуть доповнюватись інформацією від супутників та наземного сенсорного обладнання.

Висновки і перспективи. При суто спектральному та спектрально-просторовому моніторингу озимої пшениці не вдалось достовірно ідентифікувати стресовий характер, обумовлений саме післядією гербіцидів, тобто наземні платформи для спектрального сенсорного обладнання є неефективними.

Карти стресових індексів, отримані на базі даних з високою розрізненістю від БПЛА, можна розглядати в якості окремого об'єкту досліджень стосовно інтерпретації причин стресів складних біотехнічних об'єктів, таких як посіви зернових культур.

Підвищення вірогідності та достовірності даних моніторингу можна досягти при впровадженні систем машинної обробки даних та комп'ютерного навчання стосовно пошуку кореляційних зв'язків між розподілом стресових станів рослин в полі та виконанням технологічних операцій, рельєфу місцевості тощо.

References

1. Dionisio Andújar, Hugo Moreno, José M. Bengochea-Guevara, Ana de Castro, Angela Ribeiro (2019). Aerial imagery or on-ground detection? An economic analysis for vineyard crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 351–358.
2. Machado, S. C., Martins, I. (2018). Risk assessment of occupational pesticide exposure: Use of endpoints and surrogates. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 98, 276-283.
3. Haibo Yao, Yanbo Huang, Zuzana Hruskaa, Steven J. Thomson, Krishna N. Reddy (2012). Using vegetation index and modified derivative for early detection of soybean plant injury from glyphosate. *Computers and Electronics in Agriculture*, 89, 145–157.
4. Miroslav Jursík, Michaela Kolářová, Josef Soukup (2019). Competition, reproduction ability, and control possibilities of conventional and Clearfield® volunteer oilseed rape in winter wheat. *Crop Protection*, 122, 30–34.
5. Robert L. Zimdahl (2018). Chapter 16 Properties and Uses of Herbicides. *Fundamentals of Weed Science (Fifth Edition)*, 463-499.
6. David R. Green, Jason J. Hagon, Cristina Gómez, Billy J. Gregory (2019). Chapter 21. Using Low-Cost UAVs for Environmental Monitoring, Mapping, and Modelling: Examples From the Coastal Zone. *Coastal Management Global Challenges and Innovations*, 465-501.
7. Lei Deng, Zihui Mao, Xiaojuan Li, Zhuowei Hu, Fuzhou Duan, Yanan Yan (2018). UAV-based multispectral remote sensing for precision agriculture: A comparison between different cameras. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 146, 124-136.
8. V. Lysenko, D. Komarchuk, O. Opryshko, N. Pasichnyk, N. Zaets (2017). Determination of the not uniformity of illumination in process monitoring of wheat crops by UAVs. 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 265 – 267.
9. Igor Korobiichuk, Vitaliy Lysenko, Oleksiy Opryshko, Dmiyriy Komarchyk, Natalya Pasichnyk, Andrzej Juś (2018). Crop monitoring for nitrogen nutrition level by digital camera. *AUTOMATION 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 743, Springer, 595-603.
10. Juan Enciso, Carlos A. Avila, Jinha Jung, Sheren Elsayed-Farag, Anjin Chang, Junho Yeom, Juan Landivar, Murilo Maeda, Jose C. Chavez (2019). Validation of agronomic UAV and field measurements for tomato varieties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158, 278-283.
11. T. Duan, S. C. Chapman, Y. Guo, B. Zheng (2017). Dynamic monitoring of NDVI in wheat agronomy and breeding trials using an unmanned aerial vehicle. *Field Crops Research*, 210, 71-80.
12. Vitalii Lysenko, Oleksiy Opryshko, Dmytro Komarchuk, Nadiia Pasichnyk, Nataliia Zaets, Alla Dudnyk (2017). Usage of Flying Robots for Monitoring Nitrogen in Wheat Crops. *The 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications 21-23 September, Bucharest Romania*, 1, 30-34.

13. Jibo Yue, Guijun Yang, Qingjiu Tian, Haikuan Feng, Kaijian Xu, Chengquan Zhou (2019). Estimate of winter-wheat above-ground biomass based on UAV ultrahigh-ground-resolution image textures and vegetation indices. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 150, 226-244.

14. V. Lysenko, O. Opryshko, D. Komarchuk, N. Pasichnyk, N. Zaets (2018). Information Support Of The Remote Nitrogen Monitoring System In Agricultural Crops. International Journal of Computing, 17(1), 47-54.

15. R. Calderón, J. A. Navas-Cortés, C. Lucena, P. J. Zarco-Tejada (2013). High-resolution airborne hyperspectral and thermal imagery for early detection of Verticillium wilt of olive using fluorescence, temperature and narrow-band spectral indices. Remote Sensing of Environment, 139, 231–245.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СНИМКОВ БПЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТРЕССОВЫХ СОСТОЯНИЙ ПОСЕВОВ

С. А. Шворов, Н. А. Пасичник, А. А. Опрышко, И. М. Болбот, Ф.В. Глуган

Аннотация. *Статья посвящена прикладным аспектам использования БПЛА, а именно - мониторинга посевов озимой пшеницы для выявления стрессов технологического характера. Прежде всего это касается пролонгированного действия гербицидов, которые остались от предыдущей культуры, и которые вызывают стрессовое состояние в новых посевах. Этот вопрос должен учитывать местную специфику, связанную как с несоответствием технологий выращивания растений, так и недостаточным изучением влияния новейших средств защиты растений в отечественных грунтовых условиях. Восстановление урожайности посевов возможно при своевременной идентификации причин стресса, однако время принятия решений ограничено, что требует внедрения новейших технологий мониторинга, пригодных для промышленных масштабов. При лабораторных исследованиях с использованием фитокамеры зафиксировано наличие как спектральных показателей здоровых и пораженных растений, так и разница в их габаритах. Однако, такие различия могут быть объяснены другими стрессовыми факторами, поэтому не удалось установить для спектральных или спектрально-пространственных методов мониторинга четких критериев, которые однозначно свидетельствовали бы о стрессе, обусловленном последствием гербицидов. При полевых исследованиях с использованием комплекса Sлантранге, смонтированном на БПЛА DJI Matrice 600, в качестве объекта исследований были проанализированы распределения стрессовых участков на поле. Было установлено, что при чисто спектральном и спектрально-пространственном мониторинге озимой пшеницы не удалось достоверно идентифицировать стрессовый характер, обусловленный именно последствием гербицидов, то есть наземные платформы для спектрального сенсорного оборудования являются неэффективными. Доказано, что карты стрессовых индексов, полученные на основе данных с высоким разрешением от БПЛА, можно рассматривать в качестве отдельного объекта исследований по интерпретации причин стрессов сложных биотехнических объектов, таких как посевы зерновых культур. Повышение достоверности данных мониторинга можно*

достичь при внедрении систем машинной обработки данных и компьютерного обучения по поиску корреляционных связей между распределением стрессовых состояний растений в поле и выполнением технологических операций, рельефа местности и т. п.

Ключевые слова: БПЛА, стрессы, пролонгированное действие гербицидов, Slantrange

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE USE OF IMAGES FROM UAVS TO ASSESS THE TECHNOLOGICAL STRESS OF CROPS

S. Shvorov, N. Pasichnyk, O. Opryshko, I. Bolbot, F. Hluhan

Abstract. *The article is devoted to the applied aspects of UAV use, namely the monitoring of winter wheat crops in relation to the stresses caused by technological stresses. First of all, this applies to the prolonged action of herbicides left over from the predecessor crop and which cause stress in new crops. The issue has local specifics related to the inconsistency of plant cultivation technologies and to the insufficient study of the impact of the latest plant protection products in domestic soil conditions. Restoration of crop yields is possible with timely identification of the causes of stress, but decision-making time is limited, which requires the introduction of the latest monitoring technologies suitable for industrial scale. In laboratory studies using phytochambers, the presence of both spectral indicators of healthy and affected plants and the difference in their dimensions were recorded. However, such differences can be explained by other stressors, so it was not possible to establish clear criteria for spectral or spectral-spatial monitoring methods that clearly indicated the stress caused by the after-effects of herbicides. In field studies using the Slantrange complex mounted on a DJI Matrice 600 UAV as an object of study, the distribution of stress areas in the field was analyzed. It was found that, in purely spectral and spectral-spatial monitoring of winter wheat, it was not possible to reliably identify the stressful nature caused by the aftereffects of herbicides, ie ground platforms for spectral sensor equipment are ineffective. It is proved that the maps of stress indices obtained on the basis of high-resolution data from UAVs can be considered as a separate object of research on the interpretation of the causes of stress of complex biotechnical objects such as crops. Improving the reliability and reliability of monitoring data can be achieved by implementing systems of machine data processing and computer training to find correlations between the distribution of stress in plants in the field and the implementation of technological operations, terrain.*

Key words: UAV, stress, prolonged action of herbicides, Slantrange