

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ВЕЛИЧИНУ НОРМАЛІЗОВАНОГО ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ІНДЕКСУ НА ПОСІВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Лиховид П., д-р с.-г. наук,

e-mail: pavel.likhovid@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0314-7644>

Вожегова Р., д-р с.-г. наук, проф., академік НААН,

e-mail: icsanaas@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Грановська Л., д-р екон. наук, професор, член-кореспондент НААН,

e-mail: g_ludmila15@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7021-3093>

Ушкаренко В., д-р с.-г. наук, професор, академік НААН,

<https://orcid.org/0000-0001-7319-1731>

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН

Анотація

Стаття присвячена проблематиці встановлення кореляційно-регресійного взаємозв'язку між метеорологічними параметрами та величиною НДВІ на посівах таких сільськогосподарських культур як соняшник, соя, кукурудза зернова та ріпак.

Метою наукової роботи було вивчення впливу метеорологічних умов, а саме температури повітря та опадів, на величину супутникового нормалізованого диференційного вегетаційного індексу на посівах сільськогосподарських культур, вирощуваних у Херсонській області, та встановлення кореляційно-регресійного взаємозв'язку між метеорологічними параметрами та спектральними характеристиками посівів.

Методи. Дослідження виконували на території Херсонської області. Метеорологічні дані було взято з архівів Херсонського обласного гідрометеорологічного центру, а також із даних відкритого метеорологічного хабу MeteoBlue. Дані щодо величини НДВІ адаптовано та перераховано із використанням GIMMS Global Agricultural Monitoring. Дані щодо величини НДВІ розраховувалися відповідно для кожної досліджуваної культури за маскою посівів. Дослідження виконували для 2017 та 2020 рр. для кукурудзи, 2017 – для сої, 2021 та 2022 рр. – для соняшнику та ріпаку, відповідно. Кореляційно-регресійний аналіз виконували за стандартною методологією із розрахунком коефіцієнтів кореляції Пірсона, коефіцієнтів детермінації, коефіцієнтів лінійних регресійних моделей. Усі розрахунки виконували за $P < 0,05$ у статистичному пакеті BioStat v.7.

Результати. Встановлено, що максимальну тісноту взаємозв'язку мають величини НДВІ на посівах соняшнику та сої з температурою повітря ($r=0,84$ та $0,80$, відповідно). Тіснота взаємозв'язку величини НДВІ з кількістю опадів була набагато меншою для всіх досліджуваних культур, і може вважатися істотною лише для сої ($r=0,45$) та ріпаку ($r=0,58$). Розрахунок регресійних коефіцієнтів та відповідної статистики засвідчив, що достовірні моделі можна отримати для всіх досліджуваних культур у парі «НДВІ – температура повітря», а у парі «НДВІ – опади» достовірну модель отримано лише для сої. Найкращими параметрами точності характеризуються моделі у парі «НДВІ – температура повітря» для таких культур як соняшник, соя та кукурудза – відносна похибка склала 10,98, 19,97 та 22,15%, відповідно. Щодо моделі в парі «НДВІ – опади» для сої, то відносна похибка у 52,26% свідчить про обмежені можливості її теоретичного використання та абсолютну неприйнятність для практичних цілей.

Висновки. Результати дослідження засвідчили про доволі високу тісноту та надійність кореляційного взаємозв'язку між величиною супутникового НДВІ та температурою повітря у всіх досліджуваних нами культур. Тіснота зв'язку НДВІ з опадами є середньою, або низькою, і побудова

достовірної та точної регресійної математичної моделі для пари «НДВІ – опади» є неможливою. У подальшому дослідження буде продовжено із розширенням географічного компоненту на всю зону Південного Степу України для встановлення характеристик взаємозв'язків між НДВІ та параметрами погодних умов агроекологічної зони.

Ключові слова: кількість опадів, кореляція, регресія, супутниковий моніторинг, температура повітря.

Постановка проблеми. Дані дистанційного зондування Землі є важливим джерелом інформації про стан агрофітоценозів [Karthikeyan et al., 2020]. Аналіз та інтерпретація аерокосмічних знімків увійшли до світової практики інтегративного підходу моніторингу довкілля. Однією з найбільших переваг супутникового моніторингу є його відносно висока оперативність, можливість оцінки систем, об'єктів і явищ біосфери в динаміці, універсальність, гнучкість, відносна простота зчитування вихідних даних, а також можливість виконувати аналіз екологічних умов на великих за площами територіях, охоплення яких традиційними наземними спостереженнями є або неможливим взагалі, або неможливим з точки зору синхронності збору даних в усіх необхідних ключових точках проведення дослідження. До недоліків аерокосмічного моніторингу можна віднести його відносно високу вартість (оскільки якісні аерокосмічні знімки зазвичай мають високу вартість на інформаційному ринку), а також можливе випадіння даних та їх спотворення через спотворення, пов'язані з атмосферними явищами, хмарністю, альбедо земної поверхні, тощо. Крім того, інколи доводиться виконувати додаткове калібрування та уточнення супутникових даних, а також вузькоспеціалізованих фахівців із роботи у геоінформаційних системах. Втім, застосування сучасних сенсорів і поліпшення алгоритмів обробки супутникових фотографій дозволяє мінімізувати вищезазначені втрати якості, а сучасне програмне забезпечення для роботи з геоінформаційними системами і просторовими даними стає більш доступним. Враховуючи широкі можливості застосування аерокосмічної зйомки для моніторингу великих територіальних масивів (на рівні районів, областей, держав тощо), даний підхід заслуговує

додаткової уваги [Weiss et al., 2020].

На даному етапі розвитку наукового пізнання доведено, що дані аерокосмічної фотозйомки за методологічно правильного аналізу та інтерпретації можуть слугувати не тільки для оцінки стану природних рослинних угруповань, але і моніторингу росту і розвитку сільськогосподарських культур, оцінки фітосанітарного стану посівів і прогнозування їх продуктивності, картування структури землекористування та моніторингу використання природних ресурсів, тощо [Weiss et al., 2020; Lykhovyd et al., 2022]. Зазвичай, для виконання перелічених вище завдань науковці використовують розрахункові вегетаційні індекси, найбільш поширеним із яких є нормалізований диференційний вегетаційний індекс (НДВІ або NDVI). Більшість агрономічних моделей розроблено та працюють саме на цьому індексі рослинності. Крім того, окремими дослідниками встановлено, що НДВІ може слугувати додатковим джерелом релевантної інформації не тільки для оцінки стану вегетуючих рослин, але і для оцінки та моделювання агрокліматичної ситуації [Zhang et al., 2018]. Таким чином, НДВІ гіпотетично може виступати ланкою між агрокліматичними та метеорологічними параметрами території та станом культурних рослин на ній. Втім, ця концепція потребує наукової перевірки, оскільки на даний час кількість наукових робіт, присвячених проблематиці оцінки взаємозв'язку між параметрами НДВІ та метеоумовами, є обмеженою.

Постановка завдання. Метою наукової роботи було вивчення впливу метеорологічних умов, а саме температури повітря та опадів, на величину супутникового нормалізованого диференційного вегетаційного індексу на посівах сільськогосподарських культур, вирощуваних у Херсонській області, та встановлення

кореляційно-регресійного взаємозв'язку між метеорологічними параметрами та спектральними характеристиками посівів.

Методи і матеріали. Дослідження виконували для посівів сільськогосподарських культур, таких як кукурудза на зерно, соя, соняшник і озимий ріпак, що вирощувалися на території Херсонської області. Метеорологічні дані було взято з архівів Херсонського обласного гідрометеорологічного центру, а також із даних відкритого метеорологічного хабу MeteoBlue [Addimando et al., 2022]. Дані щодо величини НДВІ адаптовано та перераховано із використанням GIMMS Global Agricultural Monitoring. Використовували історичні дані Terra MODIS 8-day NDVI [Bjardard et al., 2006], Shape – Admin Level 2, Crop Mask – GDA Crop Specific Masks та ASRC Crop Specific Masks для України. Подекадні дані було перераховано на помісячні та асоційовано з відповідними метеорологічними парами. Дані щодо величини НДВІ розраховувалися відповідно для кожної досліджуваної культури за маскою посівів. Дослідження виконували для 2017 та 2020 рр. для кукурудзи, 2017 – для сої, 2021 та 2022 рр. – для соняшнику та ріпаку, відповідно.

Кореляційно-регресійний аналіз виконували за стандартною методологією. Розраховували коефіцієнти парної лінійної кореляції Пірсона, коефіцієнти детермінації (квадрат коефіцієнта кореляції) [Gogtay & Thatte, 2017], а також коефіцієнти лінійних регресійних моделей [Montgomery et al., 2021]. Усі розрахунки виконували за $P < 0,05$, тобто 95% рівень достовірності. Під час виконання регресійного моделювання коефіцієнти моделей та самі моделі будували з урахуванням вимоги їх відповідності 95% рівню достовірності. Таким чином, регресійні моделі та коефіцієнти зі значенням $P > 0,05$ вважалися недостовірними та не приймалися до уваги. Статистичні розрахунки виконували у статистичному пакеті BioStat v.7.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати узагальнення метеорологічних даних і даних щодо величини супутнико-

вого НДВІ для кожної культури наведено у табл. 1 і табл. 2. Результатами парного кореляційного аналізу встановлено, що максимальна тіснота взаємозв'язку між величиною НДВІ та температурою повітря спостерігається на посівах соняшнику та сої, мінімальна – на посівах ріпаку (табл. 3). Взаємозв'язок для ріпаку є зворотним, тобто за підвищення температури повітря величина НДВІ на посівах культури знижується, що є опосередкованим маркером низької жаростійкості культури, у той час як вимогливі до тепла соя та соняшник позитивно реагують на зростання температур. Величина НДВІ на посівах кукурудзи мала середню силу прямого кореляційного зв'язку з параметрами температурного режиму. Щодо опадів, середню силу взаємозв'язку між величиною НДВІ та даним метеорологічним параметром встановлено лише для ріпаку (табл. 3). Решта культур слабо реагувала на цей метеорологічний індекс. Таким чином, враховуючи результати кореляційного аналізу, доцільно побудувати моделі взаємозв'язку між температурою повітря та величиною НДВІ для усіх досліджуваних культур, а щодо опадів – для ріпаку та сої (тобто там, де коефіцієнт кореляції Пірсона перевищив відмітку 0,40).

Втім, за результатами первинних розрахунків, достовірні лінійні регресійні моделі було одержано для всіх температурних моделей, а для опадів – тільки для сої. За спроби побудувати множинні лінійні регресійні моделі з урахуванням водночас і температурного режиму, і кількості опадів, було одержано математичні рівняння, достовірні лише на 30-70%, що є неприйнятним для використання як в науково-теоретичних, так і в практичних цілях. Узагальнені результати регресійного моделювання, оцінки якості та точності моделей наведено у табл. 4.

Найкраща якість і точність досягнута для моделі НДВІ на посівах соняшнику залежно від температури повітря. Дещо нижча, але цілком прийнятна, коректність температурних моделей для сої та кукурудзи на зерно. Висока якість підгону

Таблиця 1 – Узагальнені метеорологічні дані та величина НДВІ на посівах соняшнику та ріпаку в Херсонській області

Рік	Місяць	Опади, мм	Температура повітря, °С	НДВІ соняшник	НДВІ ріпак
2021	V	97,7	15,9	0,40	0,73
	VI	91,1	20,7	0,60	0,74
	VII	77,3	25,3	0,75	0,43
	VIII	7,1	24,4	0,55	0,38
	IX	12,6	16,1	0,33	0,27
2022	V	13,0	15,7	0,37	0,66
	VI	7,0	22,0	0,60	0,61
	VII	5,0	26,0	0,64	0,29
	VIII	12,0	25,5	0,51	н/д
	IX	7,0	18,0	0,41	

Таблиця 2 – Узагальнені метеорологічні дані та величина НДВІ на посівах кукурудзи та сої в Херсонській області

Рік	Місяць	Опади, мм	Температура повітря, °С	НДВІ кукурудза	НДВІ соя
2017	V	25,7	16,3	0,41	0,41
	VI	10,7	22,0	0,60	0,58
	VII	40,7	23,4	0,75	0,74
	VIII	5,0	25,4	0,67	0,71
	IX	0,7	19,9	0,45	0,28
	X	11,0	11,3	0,33	0,31
2020	V	29,7	14,7	0,53	н/д
	VI	44,4	22,7	0,49	
	VII	58,7	24,7	0,44	
	VIII	25,3	23,8	0,43	
	IX	25,0	20,8	0,35	
	X	21,5	15,4	0,26	

Таблиця 3 – Результати парного кореляційного аналізу взаємозв'язку між кількістю опадів, температурою повітря та величиною НДВІ на посівах досліджуваних культур

Температура повітря – НДВІ				
Коефіцієнти	соняшник	ріпак	кукурудза	соя
Кореляції (r)	0,84	-0,44	0,57	0,80
Детермінації (r ²)	0,70	0,19	0,32	0,64
Опади – НДВІ				
Коефіцієнти	соняшник	ріпак	кукурудза	соя
Кореляції (r)	0,23	0,58	0,05	0,45
Детермінації (r ²)	0,05	0,33	0,00	0,20

Таблиця 4 – Результати моделювання взаємозв'язків між величиною НДВІ на посівах досліджуваних культур та метеорологічними показниками

Статистичний показник	Температура - НДВІ				Опади - НДВІ
	Соняшник	Соя	Кукурудза	Ріпак	Соя
Коефіцієнт кореляції	0,99	0,98	0,97	0,90	0,81
Коефіцієнт детермінації	0,98	0,96	0,95	0,80	0,65
Коефіцієнт детермінації коригований	0,98	0,96	0,95	0,80	0,65
Коефіцієнт детермінації прогнозований	0,98	0,93	0,93	0,75	0,58
Відносна похибка, %	10,98	19,97	22,15	46,98	52,26
Середньо-квадратична похибка	$5,56 \times 10^{-3}$	0,02	0,01	0,07	0,12
Модель	$2,469 \times 10^{-2} \times T$	$2,590 \times 10^{-2} \times T$	$2,348 \times 10^{-2} \times T$	$2,310 \times 10^{-2} \times T$	$2,095 \times 10^{-2} \times \text{Опади}$

моделі досягнута для ріпаку, втім, надзвичайно висока похибка не дозволяє використовувати дану модель в практичних цілях. Модель для залежності величини НДВІ на посівах сої залежно від кількості опадів є математично достовірною, але має істотно нижчу якість підгону кривої, а також максимальну похибку з-поміж усіх моделей, що робить її використання у науково-практичних цілях дуже обмеженим.

В цілому, результатами наукової роботи доведено перспективність напрямку моделювання параметрів росту і розвитку сільськогосподарських культур, які опосередковано відбиває величина НДВІ, за агрометеорологічними даними, зокрема, температурою повітря. Раніше проведені дослідження для природної та штучної флори Херсонської області в цілому також засвідчили про перспективність даного напрямку, оскільки доведено тісний взаємозв'язок між супутниковими вегетаційними індексами (NDVI та EVI) та метеорологічними показниками температури повітря та кількості опадів [Lykhovyd, 2021].

Дослідження Prihodko & Goward (1997) також засвідчили про тісну кореляцію між температурою повітря та супут-

никовим вегетаційним індексом ($r=0,93$). Дослідження, виконані в Монголії впродовж 1998-2007 рр. засвідчили про нестабільність кореляційних взаємозв'язків між величиною НДВІ та метеорологічними індексами як за роками, так і за сезонами [Chuai et al., 2013]. Подібний результат щодо сезонних коливань у взаємозв'язку між величиною НДВІ, температурою повітря та опадами отримано в дослідженнях Pei et al. (2019). Ними так само, як і нами, засвідчено про тісніший взаємозв'язок між вегетаційним індексом і температурним режимом, ніж опадами. Про наявність кореляційного зв'язку між досліджуваними метеорологічними індексами та супутниковим НДВІ засвідчили дослідження Sun & Qin (2016).

Щодо величини НДВІ, виміряного безпосередньо в польових умовах, доведено високу тісноту кореляційного взаємозв'язку його величини з такими метеорологічними параметрами (в порядку зниження сили зв'язку) як відносна вологість повітря, температура повітря та швидкість вітру [Dobos et al., 2012]. Детальне вивчення впливу метеорологічних, кліматичних та інших параметрів довкіл-

ля на величину НДВІ луків і орних земель засвідчило, що метеоумови визначають величину та динаміку цього індексу на 46 та 24% відповідно, а решта впливу належить параметрам ґрунтового покриття, рельєфу та водоймам [Ji & Peters, 2004].

Враховуючи велику строкатість результатів наукових досліджень залежно від географічно-територіальної приналежності та біологічних особливостей рослин, важко зробити остаточний висновок про наявність і тісноту взаємозв'язку між метеорологічними параметрами та величиною супутникового НДВІ. Тематика є досі актуальною та дискусійною, а практична відсутність вітчизняних напрацювань із неї ще більше підкреслює необхідність виконання подальшої науково-дослідної роботи з цього напрямку.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Результати дослідження засвідчили про високу тісноту кореляційного взаємозв'язку між величиною супутникового НДВІ на посівах соняшнику та сої з температурою повітря. Середній ступінь взаємозв'язку встановлено для величини НДВІ на посівах ріпаку та кукурудзи на зерно з температурою повітря, а також для ріпаку та сої – з кількістю опадів. Якісні високоточні моделі прогнозування НДВІ за величиною температури повітря розроблено для соняшнику, сої та кукурудзи. Моделі для НДВІ на посівах ріпаку з температурою повітря та НДВІ на посівах сої з кількістю опадів можуть бути обмежено використані лише в теоретичних цілях. У подальшому дослідження буде продовжено із розширенням географічного компоненту на всю зону Південного Степу України для встановлення характеристик взаємозв'язків між супутниковим вегетаційним індексом та параметрами погодних умов агроекологічної зони.

Список літератури

- Addimando, N., Engel, M., Schwarz, F., Batič, M. (2022). A deep learning approach for crop type mapping based on combined time series of satellite and weather data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 1301-1308.
- Bédard, F., Crump, S., Gaudreau, J. (2006). A comparison between Terra MODIS and NOAA AVHRR NDVI satellite image composites for the monitoring of natural grassland conditions in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32(1), 44-50.
- Chuai, X. W., Huang, X. J., Wang, W. J., Bao, G. (2013). NDVI, temperature and precipitation changes and their relationships with different vegetation types during 1998–2007 in Inner Mongolia, China. *International Journal of Climatology*, 33(7), 1696-1706.
- Dobos, A., Vig, R., Nagy, J., Kovács, K. (2012). Evaluation of the correlation between weather parameters and the normalized difference vegetation index (NDVI) determined with a field measurement method. *Application of Remote Sensing and Geoinformatics in Environmental Sciences and Agriculture*, 116(1), 65-75.
- Gogtay, N. J., Thatte, U. M. (2017). Principles of correlation analysis. *Journal of the Association of Physicians of India*, 65(3), 78-81.
- Ji, L., Peters, A. J. (2004). A spatial regression procedure for evaluating the relationship between AVHRR-NDVI and climate in the northern Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, 25(2), 297-311.
- Karthikeyan, L., Chawla, I., Mishra, A. K. (2020). A review of remote sensing applications in agriculture for food security: Crop growth and yield, irrigation, and crop losses. *Journal of Hydrology*, 586, 124905.
- Lykhovyd, P. (2021). Study of climate impact on vegetation cover in Kherson Oblast (Ukraine) using normalized difference and enhanced vegetation indices. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 126-135.
- Lykhovyd, P. V., Vozhehova, R. A., Lavrenko, S. O., Lavrenko, N. M. (2022). The study on the relationship between normalized difference vegetation index and fractional green canopy cover in five selected crops. *The Scientific World Journal*, 2022, 8479424.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons.
- Pei, Z., Fang, S., Yang, W., Wang, L., Wu,

M., Zhang, Q., Han, W., Khoi, D. N. (2019). The relationship between NDVI and climate factors at different monthly time scales: a case study of grasslands in inner Mongolia, China (1982-2015). *Sustainability*, 11(24), 7243.

Prihodko, L., Goward, S. N. (1997). Estimation of air temperature from remotely sensed surface observations. *Remote Sensing of Environment*, 60(3), 335-346.

Sun, J., Qin, X. (2016). Precipitation and temperature regulate the seasonal changes of NDVI across the Tibetan Plateau. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-9.

Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. (2020). Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111402.

Zhang, H., Chang, J., Zhang, L., Wang, Y., Li, Y., Wang, X. (2018). NDVI dynamic changes and their relationship with meteorological factors and soil moisture. *Environmental Earth Sciences*, 77, 1-11.

References

Addimando, N., Engel, M., Schwarz, F., Batič, M. (2022). A deep learning approach for crop type mapping based on combined time series of satellite and weather data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 1301-1308.

Bédard, F., Crump, S., Gaudreau, J. (2006). A comparison between Terra MODIS and NOAA AVHRR NDVI satellite image composites for the monitoring of natural grassland conditions in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32(1), 44-50.

Chuai, X. W., Huang, X. J., Wang, W. J., Bao, G. (2013). NDVI, temperature and precipitation changes and their relationships with different vegetation types during 1998–2007 in Inner Mongolia, China. *International Journal of Climatology*, 33(7), 1696-1706.

Dobos, A., Vig, R., Nagy, J., Kovács, K. (2012). Evaluation of the correlation between weather parameters and the normalized difference vegetation index (NDVI) determined with a field measurement method. *Application of Remote Sensing and Geoinformatics in Environmental Sciences and Agriculture*, 116(1), 65-75.

Gogtay, N. J., Thatte, U. M. (2017). Principles of correlation analysis. *Journal of the Association of Physicians of India*, 65(3), 78-81.

Ji, L., Peters, A. J. (2004). A spatial regression procedure for evaluating the relationship between AVHRR-NDVI and climate in the northern Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, 25(2), 297-311.

Karthikeyan, L., Chawla, I., Mishra, A. K. (2020). A review of remote sensing applications in agriculture for food security: Crop growth and yield, irrigation, and crop losses. *Journal of Hydrology*, 586, 124905.

Lykhovyd, P. (2021). Study of climate impact on vegetation cover in Kherson Oblast (Ukraine) using normalized difference and enhanced vegetation indices. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 126-135.

Lykhovyd, P. V., Vozhehova, R. A., Lavrenko, S. O., Lavrenko, N. M. (2022). The study on the relationship between normalized difference vegetation index and fractional green canopy cover in five selected crops. *The Scientific World Journal*, 2022, 8479424.

Montgomery, D. C., Peck, E. A., Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons.

Pei, Z., Fang, S., Yang, W., Wang, L., Wu, M., Zhang, Q., Han, W., Khoi, D. N. (2019). The relationship between NDVI and climate factors at different monthly time scales: a case study of grasslands in inner Mongolia, China (1982-2015). *Sustainability*, 11(24), 7243.

Prihodko, L., Goward, S. N. (1997). Estimation of air temperature from remotely sensed surface observations. *Remote Sensing of Environment*, 60(3), 335-346.

Sun, J., Qin, X. (2016). Precipitation and temperature regulate the seasonal changes of NDVI across the Tibetan Plateau. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-9.

Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. (2020). Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111402.

Zhang, H., Chang, J., Zhang, L., Wang, Y., Li, Y., Wang, X. (2018). NDVI dynamic changes and their relationship with meteorological factors and soil moisture. *Environmental Earth Sciences*, 77, 1-11.

UDC 551: 528.88: 633 (477.72)

STUDYING THE IMPACT OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX VALUES IN THE CROPS OF KHERSON REGION

Lykhovyd P., Doctor of Agricultural Sciences,

e-mail: pavel.likhovid@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0314-7644>

Vozhehova R., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the NAAS,

e-mail: icsanaas@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Hranovska L., Doctor of Economic Sciences, Professor, Correspondent Member of the NAAS,

e-mail: g_ludmila15@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7021-3093>

Ushkarenko V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the NAAS,

<https://orcid.org/0000-0001-7319-1731>

Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS

Summary

The article is devoted to the issue of establishing a correlation-regression relationship between meteorological parameters and the values of NDVI in crops such as sunflower, soybean, grain corn, and rapeseed.

The purpose of the scientific work was to study the influence of meteorological conditions, namely air temperature, and precipitation, on the value of the satellite Normalized Differential Vegetation Index in the crops grown in the Kherson region, and to establish a correlation-regression relationship between meteorological parameters and spectral characteristics of the crops.

Methods. The research was carried out on the territory of the Kherson region. Meteorological data were retrieved from the archives of the Kherson Regional Hydrometeorological Center and the data of the MeteoBlue open meteorological hub. Data on the values of NDVI were adapted and calculated using GIMMS Global Agricultural Monitoring. The data on the values of NDVI were calculated for each studied crop using their crop mask. The study was carried out for 2017 and 2020 for corn, 2017 for soybeans, 2021 and 2022 for sunflower and rapeseed, respectively. Correlation-regression analysis was performed according to standard methodology with a calculation of Pearson correlation coefficients, coefficients of determination, and coefficients of linear regression models. All calculations were performed at $P < 0.05$ in the statistical package BioStat v.7.

Results. It was established that the maximum closeness of the relationship is for the values of NDVI on sunflower and soybean crops with the air temperature ($r=0.84$ and 0.80 , respectively). The closeness of the relationship between the NDVI values and the amount of precipitation was much smaller for all studied crops and can be considered significant only for soybean ($r=0.45$) and rapeseed ($r=0.58$). The calculation of regression coefficients and corresponding statistics proved that reliable models can be obtained for all studied crops in the pair "NDVI – air temperature", and in the pair "NDVI – precipitation" a reliable model was obtained only for soybean. The best accuracy parameters are observed for the models in the pair "NDVI – air temperature" for such crops as sunflower, soybean, and corn – the relative error was 10.98, 19.97 and 22.15%, respectively. As for the model in the pair "NDVI – precipitation" for soybeans, the relative error of 52.26% indicates the limited possibilities of its theoretical use and absolute unacceptability for practical purposes.

Conclusions. The study's results testify to a high closeness and reliability of the correlation relationship between the values of satellite NDVI and air temperature in all the studied crops. The closeness of the relationship between NDVI and precipitation is average or low, and the construction of a reliable and accurate regression mathematical model for the pair "NDVI – precipitation" is impossible. In the future, the study will continue with the expansion of the geographical component to the entire zone of the Southern Steppe of Ukraine to establish the characteristics of the relationships between the NDVI and the parameters of the weather conditions of the agroecological zone.

Keywords: precipitation, correlation, regression, satellite monitoring, air temperature.