

Столяр С. Г., к. с.-г. н., доцент,
завідувачка кафедри технологій у рослинництві
svitlana-stoliar@ukr.net

Трембіцька О. І., к. с.-г. н., доцент
кафедри ґрунтознавства та землеробства
ksyusha.trembitskaya@gmail.com

Поліський національний університет, Житомир, Україна

МОНІТОРИНГ СТАНУ ПОСІВІВ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Сорго звичайне двокольорове (*Sorghum bicolor* L.) є перспективною сільськогосподарською культурою завдяки своїй високій посухостійкості, пластичності до умов вирощування та значному потенціалу продуктивності. В умовах змін клімату та дедалі частіших аномалій у погодних умовах зростає потреба в оперативному та точному оцінюванні стану посівів для забезпечення стабільного врожаю та підвищення ефективності агровиробництва.

Традиційні методи моніторингу стану рослин зазвичай передбачають проведення польових обстежень, що є трудомісткими, часовитратними та не завжди дозволяють своєчасно виявити критичні зміни в розвитку культури. У зв'язку з цим виникає необхідність у впровадженні сучасних методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), який дозволяє оперативно отримувати просторову інформацію про стан рослинного покриву.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) відкриває нові можливості для моніторингу сільськогосподарських культур, зокрема через використання супутникових або аерознімків, які дають змогу отримати просторово узгоджену інформацію про розвиток рослинного покриву. Проте застосування методів ДЗЗ щодо сорго звичайного двокольорового потребує подальших досліджень, з

урахуванням його морфологічних і фізіологічних особливостей, а також умов вирощування в різних агрокліматичних зонах [1, 2].

Наразі спостерігається дефіцит науково обґрунтованих методик дистанційного моніторингу саме сорго, що обмежує ефективне впровадження технологій точного землеробства та прогнозування врожайності. Відсутність комплексних досліджень, що поєднують дані ДЗЗ з польовими спостереженнями та агрономічними показниками, обмежує точність прогнозування продуктивності культури та ускладнює прийняття рішень в агротехнологічному менеджменті.

Впровадження технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), зокрема з використанням безпілотних літальних апаратів та супутникових платформ, відкривають нові можливості для оперативної, масштабної та об'єктивної оцінки стану посівів. Отримані спектральні індекси, такі як ARVI, CAI, MSAVI, MCARI, NDVI, NDMI, NDRE, RECI, SLAVI, тощо, можуть тимчасово виявити стресові прояви, пов'язані з біотичними факторами, і впливати на зональний аналіз для прийняття рішень [3, 4].

Метою дослідження є оцінка ефективності використання дистанційного моніторингу для аналізу стану посівів сорго звичайного двокольорового в умовах Полісся та Лісостепу України.

Для вдосконалення та модернізації способів проведення моніторингу фітоценозів у 2019–2024 рр. на базі сільськогосподарських підприємств різних форм власності: ПП «Чайківка», ФГ «Агропрофінт» та ТОВ «Бел-Агро 3» Житомирської області розпочато впровадження використання дистанційного моніторингу для аналізу стану посівів сорго. Погодні умови, різний тип ґрунтів, рівень антропогенного навантаження та поширення шкідливих організмів створюють різні сценарії для розвитку культури, що дозволяє оцінити потенціал дистанційного моніторингу в різних умовах.

Дистанційний моніторинг здійснювався із застосуванням супутникових знімків Sentinel-2, а також даних з дронів із мультиспектральними камерами.

Основними використаними вегетаційними індексами були [1]: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – для оцінки загального стану посівів під час вегетації; NDMI (Normalized Difference Moisture Index) – це нормалізований різницевий індекс вологості, який використовується для визначення вмісту води в рослинах та ґрунті; NDRE (Normalized Difference Red Edge Index) – це вегетаційний індекс, який використовується для аналізу стану рослин, особливо для оцінки вмісту хлорофілу та азотного живлення; MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) – це модифікований індекс, що використовується для оцінки вегетації, особливо коли є велика частка не покритого ґрунту; GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) – це вегетаційний індекс, який використовується для оцінки фотосинтетичної активності рослин.

Зображення були оброблені у програмному забезпеченні ArcGIS Pro з використанням Spatial Analyst Tools. Створено карти розподілу індексів, виконано багатосаровий аналіз для виявлення змін у просторі та часі. Додатково проводилися польові обстеження для верифікації результатів дистанційного зондування.

Побудовані індексні карти NDVI дозволили виокремити зони із задовільним, помірним і критичним станом рослин під час вегетації. Аналіз показав, що в ранні фази розвитку сорго індекси були стабільними, проте в середині вегетаційного періоду з'являлися локальні осередки зниження індексних значень.

Співставлення зон знижених значень індексів із результатами наземного моніторингу дозволило виявити: ураження рослин мікозами, осередки пошкодження попелицями, зони дефіциту азоту(рис. 1).

Відзначимо, що завдяки мультичасовому моніторингу вдалося простежити розвиток проблемних зон, зокрема: розширення площ з ознаками стресу на 18% у період між фазами куціння та викидання волоті; часткове відновлення індексів після локального внесення добрив та/або захисних заходів.

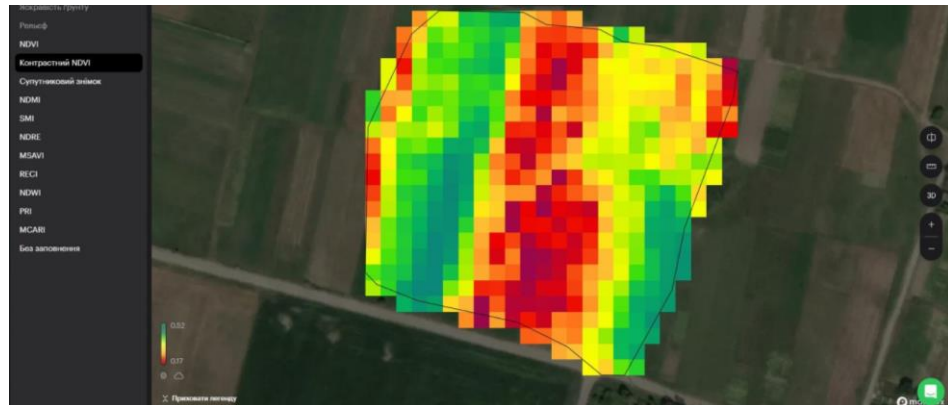


Рис. 1. Абстрактна NDVI-карта посіву сорго зернового

Отже, застосування дистанційного моніторингу на основі мультиспектральних даних є ефективним інструментом оцінки стану посівів сорго, що дозволяє: своєчасно виявляти зони ризику; зменшити витрати на наземне обстеження; підвищити точність прийняття агрономічних рішень.

Підсумовуючи зазначимо, переваги використання дистанційного зондування для моніторингу стану посівів:

✓ *швидкість та ефективність збору даних* – дистанційне зондування дозволяє оперативно отримувати дані з великої території. Це особливо важливо для моніторингу великих агроценозів, де традиційні методи потребують значних часових та трудових витрат;

✓ *безконтактність та мінімізація впливу на навколишнє середовище* – на відміну від традиційних методів, ДЗЗ створюється без прямого контакту з рослинами та ґрунтом, що виключає ризик механічного пошкодження культури або зміни їх природного стану;

✓ *просторово-часова точність* – дистанційне зондування дає можливість відслідковувати зміни на посівах у реальному часі, проводити аналіз за

вільними часовими періодами, що дозволяє оперативно виявляти зміни фітосанітарного стану та прогнозувати можливості загрози;

✓ *можливість аналізу важкодоступних територій* – з використанням БПЛА можна здійснювати моніторинг на важкодоступних територіях;

✓ *висока точність та об'єктивність оцінки* – спектральні індекси, отримані за допомогою ДЗЗ (наприклад, NDVI, NDRE), дають можливість точніше оцінити стан рослин, виявити стреси, викликані ураженням хворобами чи пошкоджені шкідниками, а також аналізувати зміну здоров'я рослин протягом часу. Це дозволяє зменшити суб'єктивність людини при прийнятті рішень;

✓ *зниження витрат на засоби захисту рослин* – точне визначення ділянок, які потребують захисту, дозволяє зменшити витрати на пестициди, кратність їх застосування та підвищити ефективність захисту рослин;

✓ *покращення агроекологічного стану* – завдяки точності і своєчасності моніторингу, ДЗЗ дозволяє швидко виявляти хвороби, шкідників і дефіцит ресурсів, що дає можливість вживати запобіжні заходи до того, як проблема набуде масштабів, які можуть негативно впливати на врожай і екологічний стан.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні методи цифрового моніторингу в рослинництві : монографія / О. Л. Зозуля, та ін; ред.: В. В. Моргун. Київ, 2023. 254 с.
2. Столяр С. Г. Особливості застосування інформаційних технологій при моніторингу шкідливих організмів сорго зернового в Поліссі України. *Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення* : збірник тез доповідей III Міжнар. наук.-практ. конф. (8–9 червня 2023) Житомир : Поліський національний університет. С. 106–110.

VII Міжнародна науково-практична конференція
«Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи
вирішення» (12 червня 2025 року)

3. Данкевич В. Є., Данкевич Є. М. Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель. *Економіка АПК*. 2019. Т. 26, № 8. С. 96–102.

4. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування: монографія / за ред. Л. М. Левицького. Київ : Ін-т косміч. досліджень НАН України та ДКА України, 2020. 328 с.