

Гулянов Юрий Александрович

К вопросу о корреляции вегетационного индекса (NDVI) и фитометрических параметров в разновозрастных посевах полевых культур

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (ИС УрО РАН) – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»
e-mail: iury.gulyanov@yandex.ru

Мониторинг сельскохозяйственных культур из космоса представляет повышенный научный интерес ещё с последней четверти прошлого столетия [1]. К сегодняшнему дню спутниковые данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) уже достаточно широко используют для принятия управленческих решений по экологической оптимизации агроприёмов в интеллектуальных цифровых технологиях. Перспективность их использования для подобных целей отмечена многими исследователями в различных географических зонах [2, 3]. Как известно, одним из наиболее часто используемых оценочных параметров сельскохозяйственных посевов является вегетационный индекс (NDVI) [4]. Его главным преимуществом является тесная связь с фитометрическими параметрами посевов, степенью развития вегетативной массы и насыщенностью зелёного окрашивания [5]. В тоже время, спектральные свойства полевых культур, положенные в основу его определения, характеризуются широкой изменчивостью. Они заметно меняются по регионам с различающимися природными и агроклиматическими условиями, а также обладают внутривидовой, видовой и сортовой специфичностью. В дополнение к этому, произрастающая в агроценозах растительность интенсивно меняет своё состояние и спектральные свойства по ходу вегетации, меняя облиственность и окраску. В этой связи, детальное изучение видовых (сортовых) спектральных характеристик полевых культур по фазам вегетации в конкретной зоне возделывания представляет особую актуальность для достоверной интерпретации спутниковых снимков, корректной оценки состояния растений и разработки агрономически обоснованной стратегии управления посевами экологоориентированными агротехническими средствами.

Основная цель представленных исследований заключалась в выявлении характера связи индекса NDVI и площади ассимиляционной поверхности посевов яровой пшеницы в процессе вегетации и разработке рекомендаций по практическому использованию полученных результатов. Полевые эксперименты проводили в центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области на чернозёме южном среднесуглинистом с мощностью гумусового горизонта 50–52 см, содержанием гумуса – 4,0–4,1 %, реакцией почвенного раствора (pH) 7,6, содержанием подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) в пахотном слое почвы – 2,7 и 30,0 мг/100 г почвы соответственно. В качестве объекта исследований использовали районированный сорт яровой мягкой пшеницы Фаворит (разновидность *Lutescens*). Закладку полевых и лабораторных опытов, сопутствующие наблюдения и учёты осуществляли по общепринятым методикам [6]. Определение индекса NDVI проводили портативным устройством Green Seeker Handheld Crop Sensor, Model HCS – 100 с активным оптическим датчиком.

По результатам пяти вегетационных обследований посевов яровой пшеницы нами был получен обширный массив данных пространственного распределения индекса NDVI и площади ассимиляционной поверхности и их динамики в течение вегетации. Как и в исследованиях с озимой пшеницей [4], в посевах яровой пшеницы также не выявлено синхронности изменений площади ассимиляционной поверхности и индекса (NDVI) в течение вегетации. На наш взгляд, это указывает на необходимость введения расчётных коэффициентов для перехода от индекса NDVI,

определённого на основе ДДЗ, к площади ассимиляционной поверхности в конкретную фазу, как основному показателю, характеризующему фотосинтетический потенциал посева и служащему критерием для корректировки агротехнологий по ходу вегетации (таблица).

Таблица – Пространственное и временное распределение индекса NDVI и площади ассимиляционной поверхности посева яровой пшеницы, средние данные за 2017–2019 гг.

Фаза развития	Вегетационный индекс посева (NDVI)	Площадь ассимиляционной поверхности, м ² /га	Расчётный коэффициент
Кущение	0,49	13852	282,7
Выход в трубку	0,59	19570	331,7
Колошение	0,62	25176	406,1
Завершение цветения	0,56	21487	383,7
Налив и созревание зерна	0,36	12106	336,2
Коэффициент корреляции (r)	0,904		

Анализ значений индекса NDVI, полученных при наземном сканировании вегетативной массы и площади ассимиляционной поверхности по фазам развития яровой пшеницы, сильно связанных между собой, подтвердил данное предположение. Установлено, что темпы нарастания площади ассимиляционной поверхности посева значительно опережают увеличение индекса NDVI по ходу вегетации. Наименьшая площадь ассимиляционной поверхности (282,7 м²/га), соответствующая 0,01 единиц индекса NDVI (расчётный коэффициент) наблюдается в фазу кущения. В период от выхода в трубку до завершения цветения она достигает максимальных значений – 331,7–406,1–383,7 м²/га (выше в 1,20–1,47–1,39 раза), а при наливе и созревании зерна понижается до 336,2 м²/га, оставаясь выше начальных значений в 1,19 раза. Полученные данные можно использовать для интерпретации ДДЗ разновозрастных посевов яровой пшеницы применительно к зональным условиям степной зоны Оренбургского Предуралья и принятия корректных технологических решений.

Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН: «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды», № ГР АААА-А17-117012610022-5.

Литература

1. Wall L., Larocque D., Leger R. M. The early explanatory power of NDVI in crop yield modeling // International Journal of Remote Sensing. 2007. No. 29. P. 2211–2225.
2. Becker-Reshef I., Vermote E., Lindeman M., Justice C. A generalized regression-based model for forecasting winter wheat yields in Kansas and Ukraine using MODIS data // Remote Sensing of Environment. 2010. Vol. 114. No. 6. P. 1312–1323. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.plantstress.com/-Methods/-Greenseeker.PDF> (дата обращения 27.06.2019).
3. Prasad A. K., Chai L., Singh R. P., Kafatos M. Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2006. No. 8. P. 26–33.
4. Гулянов Ю. А. Мониторинг фитометрических параметров с использованием инновационных методов сканирования посевов // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 3(19). С. 64–76. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-64-76.
5. Гулянов Ю. А., Чибилёв А. А. Перспективы интеграции «цифрового землепользования» в ландшафтно-адаптивное земледелие степной зоны // Проблемы региональной экологии. 2019. № 2. С. 32–37. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12032.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

UDC 574.42:631/635:502/504

Gulyanov Yu. A.

Correlation of the vegetation index (NDVI) and phytometric parameters at different stages of field crops development

Summary. The main goal of our research was to identify the relationship between the normalized difference vegetation index (NDVI) and the area of assimilation surface (AS) of spring wheat crops during the growing season, as well as to develop practical application of the findings. Throughout the growing season, the area of assimilation surface of *T. aestivum* increases much faster than the vegetation index NDVI. The smallest AS (282.7 m²/ha), which corresponded to 0.01 units of the NDVI (calculated factor) was observed during the tillering stage. It reaches its maximum values – 331.7–406.1–383.7 m²/ha (1.20–1.47–1.39 times higher) from stem elongation to the end of flowering. During the grain filling and maturation, these values decrease to 336.2 m²/ha but still are 1.19 times higher than the initial ones.

Keywords: vegetation index (NDVI), digital agriculture.

DOI 10.33952/2542-0720-2020- 5-9-10-124

УДК 631.58:551.5

Михайленко Илья Михайлович, Малыгин Виталий Дмитриевич

Управление агротехнологиями в реальном времени

ФГНБУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»

e-mail: ilya.mihailenko@yandex.ru

В работе [1] представлена общая концепция управления агротехнологиями, согласно которой общая задача управления включает в себя четыре уровня задач, решаемых в разные масштабы времени. На верхнем 1-ом уровне решается задача управления севооборотами в годовом масштабе времени; на 2-м уровне, реализуемом в суточном масштабе времени на одном интервале вегетации, решается задача программного управления; задачи 3-го и 4-го уровней реализуются в реальном времени. Программное управление представляет собой последовательность технологических операций, выполняемых в течение всего вегетационного периода, как правило в моменты смены наиболее характерных фенологических фаз [2]. В состав этих операций входит внесение минеральных удобрений, регуляторов роста и поливы посевов культур. Параметры этих операций определяются для средних многолетних значений климатических условий и параметров используемых математических моделей, полученных по экспериментальным данным предшествующего сельскохозяйственного сезона. В силу стохастической природы климатические условия всегда не соответствуют средним многолетним значениям, а параметры математических моделей возмущаются за счет изменений физических и химических параметров растений и почвенной среды. Управление в реальном времени, как раз и призвано компенсировать все вышеуказанные возмущения и неопределенности. Более строго его задачами являются:

- уточнение оптимальных программ управления при обнаружении факта существенного отклонения климатических условий от расчетных значений, по которым синтезировался текущий вариант оптимальной программы управления;
- уточнение оптимальных программ управления при обнаружении факта существенного отклонения параметров используемых математических моделей;
- реализация во времени технологических операций по факту наступления фенологических фаз;
- коррекция параметров технологических операций, в связи с пространственной неоднородностью параметров состояния посевов и почвенной среды.