

РЕЗЮМЕ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕНИЯ НАУЧНОГО ПРОЕКТА
«Разработка технологии питания растений с использованием экспресс-методов анализа и методов дистанционного мониторинга посевов»

Диагностика минерального, прежде всего азотного, питания растений, еще со времен Ю. Либиха и Ж.Б. Буссенго, относилась к приоритетным направлениям агрохимической науки и земледельческой практики.

При переходе к «точному» земледелию весьма актуальной является проблема дифференцированного применения удобрений, позволяющего исключить их перерасход и предотвратить загрязнение окружающей среды. Именно использование экспресс-методов анализа и методов дистанционного мониторинга посевов позволяет наиболее оперативно и точно создавать карты задания для дифференцированного внесения удобрений¹.

Для управления процессами формирования урожая необходимы данные, позволяющие дать рекомендации по срокам, формам и дозам применения как микро- и макроэлементов минерального питания, так и физиологически активных, рост регулирующих веществ и средств защиты растений, что дает возможность с помощью научно обоснованных технологических мероприятий оптимизировать продукционный процесс растений.

При традиционном применении удобрений, даже при достаточно точном и обоснованном расчете необходимых доз, все равно отмечается их значительный перерасход, что не только невыгодно с экономической точки зрения, но и создает опасность загрязнения окружающей среды.

Однако дифференцированное применение удобрений требует оценки почвенного плодородия и характера развития культуры на каждом относительно небольшом (0,5-2 га, в зависимости от культуры, интенсивности технологии и т.д.) участке поля.

На сегодняшний день одним из наиболее популярных методов оценки развития сельскохозяйственных культур, с целью корректировки доз удобрений и прогнозирования урожайности, является использование индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности. Зелёные листья растений поглощают электромагнитные волны в красном диапазоне и отражают волны в ближнем инфракрасном. Чем больше листовая поверхность растений и чем больше хлорофилла в листьях, тем сильнее растения поглощают попадающий на них красный свет (и меньше его отражают).

По данным многочисленных научных публикаций, по индексу NDVI с высокой точностью можно прогнозировать урожайность посевов.

¹ Акинчин А.В. Влияние азотных подкормок на урожай и качество озимой пшеницы / А.В. Акинчин, С.А. Линков, А.Ф. Самойлова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – №4. – С.186-191. Лупян Е.А. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности (—Verall) / Е.А. Лупян., И.Ю. Савин., С.А. Барталев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8. № 1. – С. 190-198.

Вегетационный индекс NDVI изменяется весь сезон и его значения различны во время роста, цветения и созревания растений. В начале вегетационного сезона индекс нарастает, в момент цветения его рост останавливается, затем, по мере созревания, NDVI снижается. В зависимости от почвенного плодородия, метеоусловий и технологии возделывания посевов скорость развития биомассы будет разной. Поэтому по среднему значению NDVI на поле легко сравнить состояние посевов во время вегетации: на одних полях посевы развиваются быстрее (лучше), на других – медленнее (хуже).

В ряде работ показано, что большое влияние на образование хлорофилла оказывает минеральное питание водный режим и другие факторы внешней среды, многие из которых можно регулировать с помощью агротехнических приемов^{2,3}.

Целью проекта является разработка технологии корректировки доз удобрений на основании использования экспресс-методов анализа и методов дистанционного мониторинга посевов. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- выполнить высокоточное картирование поля по основным агрохимическим показателям (площадь элементарного участка 1 га);
- регулярно (по мере наступления фаз вегетации) выполнять оценку индекса NDVI с использованием методов дистанционного зондирования;
- выполнить уточнение доз азотных подкормок с применением N-тестера;
- уточнить дозы основного внесения удобрений с осени;
- определить агрономическую и экономическую эффективность применения удобрений.

Исследования проводились в 2020 году. Объектами исследований являлись поля УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ имени В.Я. Горина площадью 10,6 и 22,7 га.

Для комплексной оценки почвенного покрова поля были разбиты на участки: поле №1 – по 0,5 га, поле № 2 – по 1 га. С каждого участка был отобран смешанный почвенный образец. На обоих полях размещались посевы озимой пшеницы.

Разбивка на участки, уточнение границ, определение точек отбора почвенных проб осуществлялись на местности при помощи цифрового тахеометра, Глонасс/GPS-трекера и базовой станции с роутером.

Для упрощения дальнейшей работы с картографическим материалом, полученные данные были перенесены в геоинформационную систему «ЦПС:АгроУправление».

² Савин И.Ю. О тоне изображения открытой поверхности почв как прямом дешифровочном признаке / И.Ю. Савин // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2013. – № 71. – С. 52-64.

³ Фролова Н.В. Экологическая оценка содержания нитратов и нитритов в пищевых продуктах растительного и животного происхождения и методы их снижения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.16. / Н.В. Фролова Брянск, 2007. – 24 с.

В почвенных образцах при помощи портативной лаборатории RoboLab было определено содержание гумуса, содержание подвижных форм азота, фосфора и калия, а также кислотность.

Для наблюдения за развитием сельскохозяйственных культур были использованы методы космомониторинга, доступ к которым осуществлялся через систему «ВЕГА», а также беспилотные летательные аппараты.

Съемка с применением БПЛА позволяет оперативно получать высокодетализированную информацию о ситуации на полях. На БПЛА могут быть установлены различные типы камер. Так во время облета, второй (мультиспектральной) камерой БПЛА в ближнем инфракрасном спектре была произведена оценка индекса NDVI. Данный показатель оценивался и с помощью спутниковых систем, в результате на космическом снимке, полученном с помощью сервиса «Вега» индекс усреднен в рамках поля индекс NDVI, что не дает объективной информации о состоянии растительности.

Для построения высокоточной цифровой карты объектов был выполнен облет беспилотным летательным аппаратом «Геоскан-201».

Оценку развития растений производили с применением N-тестера Konica-Minolta SPAD 502.

С целью дальнейшего контроля развития растений озимой пшеницы и уточнения доз азотных подкормок в полевых условиях измеряли уровень хлорофилла на каждом элементарном участке при помощи N-тестера Konica-Minolta SPAD 502 согласно существующей методике:

1) Учет проводится по диагонали участка в равноудаленных точках, отступая 30-40 м от края поля. Для характеристики выровненного поля площадью 80-100 га рекомендуется провести учеты в трехкратной повторности, соответственно по 30 растений в каждом учете. При этом необходимо брать полностью развившиеся листья. После фазы ЕС37, когда визуально можно дифференцировать продуктивные стебли и подгон, измерения проводят на верхних развитых листьях продуктивных стеблей, пропорционально их количеству, отдавая предпочтения главным. При этом не следует предвзято искать более яркие участки или растения.

2) Середина листа (по длине) вкладывается в измерительную головку прибора, таким образом, чтобы измеряющий датчик оказался посередине листа (по ширине).

3) При наличии на поле пятен с внешними признаками нарушения питания, отставания в росте, вследствие понижения рельефа (балки, ложбины и т.п.), или других причин, измерения на этих участках не производятся, если их площадь не превышает 20% поверхности поля. Если пестрота поля при визуальной оценке составляет около 50%, то измерения производятся на всех участках поля.

На дисплее N-тестера после 30 нажатий появляется трехзначное число – показатель содержания хлорофилла (на пшенице диапазон этих величин обычно варьирует в пределах от 300 до 800 единиц). Чем выше содержание азота в растениях, тем интенсивнее, ярче цвет листьев, т.е. выше содержание хлорофилла.

Для корректировки доз азота с помощью N-тестера мы рекомендуем пользоваться шкалой, разработанной А.Б. Хорошкиным⁴.

Выполненная работа по разработке технологии питания растений с использованием экспресс-методов анализа и методов дистанционного мониторинга посевов позволила сделать следующие выводы:

1. Для эффективного функционирования технологии питания растений, основанной на дифференцированном применении минеральных удобрений, необходимы высокоточные цифровые карты полей.

2. При формировании электронной базы данных для внедрения в производство дифференцированного применения минеральных удобрений немаловажная роль принадлежит беспилотным летательным аппаратам, которые способны оперативно решать множество задач по дистанционному зондированию территории и обеспечивать получение информации в цифровом формате; с точностью, недоступной для космического зондирования и традиционной аэрофотосъемки.

С их помощью был рассчитан вегетационный индекс развития растений (NDVI), осуществлялся визуальный мониторинг посевов сельскохозяйственных культур.

3. Стандартная методика агрохимического обследования не удовлетворяет потребностям точного земледелия. Поэтому поля № 1 и № 2 были разбиты на участки площадью по 0,5 и 1,0 га соответственно, с последующим их анализом. Это позволило выявить имеющиеся неоднородности почвенного покрова и в дальнейшем будет служить для корректировки доз минеральных удобрений при дифференцированном их внесении.

Список подготовленных и опубликованных научных работ

1. Aleinik S.N. Agriculture development in the context of technological and ecology problems / S.N. Aleinik, A.F. Dorofeev, A.V. Akinchin, S.A. Linkov, A.A. Melentiev // Journal Of Critical Reviews, VOL 7. – 2020. – №9. – P. 2174-2182

2. Труфляк Е.В. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК России на период до 2030 года / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, А.С. Креймер, И.В. Мусаева, С.А. Линков и др. – Саратов, 2020. – 328 с.

Глоссарий

Геоинформационная система (географическая информационная система, ГИС) – система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах.

Дистанционное зондирование – сбор информации об объекте или явлении с помощью регистрирующего прибора, не находящегося в непосредственном контакте с данным объектом или явлением.

⁴ Хорошкин А.Б. Управление азотным питанием сельскохозяйственных культур с применением прибора N-тестер, 2006. – 39 с.

Дистанционный мониторинг – авиационный или космический мониторинг, а также мониторинг за средой с помощью приборов, установленных в труднодоступных местах Земли, показания которых передаются в центры наблюдения с помощью методов дальней передачи информации: по радио, проводам, через спутники и т.п.

NDVI (Normalized difference vegetation index, Нормализованный вегетационный индекс) – это числовой показатель качества и количества растительности на участке поля.

N-Тестер – портативный прибор, предназначенный для проведения быстрого измерения содержания хлорофилла в листе растения, без его разрушения на разных стадиях его роста.

Точное земледелие (или прецизионное – от precision agriculture) – это комплексный подход к управлению продуктивностью почвы с применением компьютерных и спутниковых технологий.