Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияға материалдар = Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.- 2021.- Т.1, Ч.1 - С.91-94

# ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПОД СОРТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*С.Б.Рамазанова[1]*
*главный научный сотрудник, доктор биол. наук, профессор*
*, академик АСХН РК*
*Е.Т.Сулейменов[1]*
*ведущий научный сотрудник, канд. с.-х. наук*
*А.Э.Хидиров[1]*
*зав. отделом, канд. с.-х. наук,*
*М.Г.Разакова[2]*
*зав. лабораторией,*
*А.Т.Райымбекова[1]*
*научный сотрудник, доктор PhD*
*1- п.Алмалыбак, ТОО "Казахский НИИ земледелия и растениеводства"*
*2 - г.Алматы, АО "Национальный центр космических исследований и технологий"*

Развитие точного земледелия во многом может рассматриваться как логическое продолжение исследований по программированию урожаев на новом этапе научно-технического прогресса, когда технические средства и достижения в области информатики позволили повысить точность учета вариабельности среды и совершенствовать на этой основе агротехнологические приемы. Технологии точного земледелия обусловлены прогрессом в области компьютерной техники и информационных технологий, развитием средств космического геопозиционирования, появлением рабочих органов сельскохозяйственных машин, способных автоматически менять по команде бортового компьютера уровень технологического воздействия (нормы высева, дозы удобрений и различных агрохимикатов и т.п.) на заданном месте в ходе движения агрегата по полю. Они обеспечивают управление продукционным процессом сельскохозяйственных культур через системы севооборотов, применения удобрений, средств защиты растений, орошения. При этом достигается высокая интеграция агроприемов в системе точного земледелия [1,2,3].

Исследования по изучению влияния внутрипольной неоднородности на урожайность сельскохозяйственных культур и дифференцированное

воздействие на неё приобретает важное значение с появлением новых информационных технологий. Методы изучения неоднородности почвенного покрова постоянно совершенствуются, особенно с развитием сенсорных технологий, обеспечивающих снижение затрат на проведение анализа, повышение производительности и скорости обработки исходных данных, а также точности и достоверности результатов.

Известно, что рост и развитие растений проходят последовательные этапы, на каждом из которых формируются характерные для культуры органы и свойства. При этом меняется потребность растений в условиях питания, обеспечении теплом, светом, влагой. Установлено, что систематические наблюдения за состоянием развития растений позволяют направленно управлять формированием элементов продуктивности, величиной урожая и качеством продукции, своевременно проводить агротехнические мероприятия по уходу за растениями по микропериодам органогенеза [4]. Так, показано, что применением дистанционного зондирования условий полива культур можно объективно, своевременно и точечно устранять неблагоприятные условия влажности [2].

Особое место в точном земледелии занимает система применения удобрений. Воздействие удобрений на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур является одним из наиболее действенных и эффективных. Схема современных прецизионных технологий внесения минеральных удобрений включает агрохимическое обследование почвы с использованием GPS, составление электронных агрохимических картограмм, электронных карт-заданий агрегату, на котором установлен спектрофотометр, отражающий физиологическое состояние растений, а бортовой компьютер трактора, к которому пристегнут агрегат, дает команду на регулировку дозирующего устройства по ходу движения агрегата. При проведении подкормки Hydro-N-Sensor автоматически определяется содержание хлорофилла в растениях, тесно коррелирующего с обеспеченностью растений азотом. Проведение подкормки этим оборудованием обеспечивает окупаемость 1 кг удобрений 12-19 килограммами зерна. высокая эффективность этой технологии проявляется даже при низких дозах удобрений (30-40 кг/га д.в. в составе 250-300 л раствора) [5,6].

В полевых опытах изучали эффективность удобрений, рассчитанных на планируемый уровень урожайности сортов озимой пшеницы. Фосфорные удобрения вносили перед посевом, азотные в подкормку в два срока – в фазе кущения (III этап органогенеза, в начале дифференциации главной оси зачаточного соцветия) и в фазе трубкования (V этап органогенеза) [4].

В результате проведенных исследований установлено, что полученная урожайность зерна по вариантам опыта была достаточно высокой (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от дифференцированного внесения удобрений.

| Вариант опыта | Планир. урож-ть, ц/га | Сорта озимой пшеницы | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Безостая 100 | | | Димаш | | | Гром | | | Матай | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Б/у | 30 | 43,0 | - | - | 41,1 | - | - | 46,4 | - | - | 48,6 | - | - |
| 150 | 40 | 46,6 | 3,6 | 2,4 | 53,4 | 12,3 | 8,2 | 49,3 | 2,9 | 1,9 | 58,0 | 9,4 | 6,3 |
| 210 | 60 | 46,6 | 3,6 | 1,7 | 54,4 | 13,3 | 6,3 | 52,2 | 5,3 | 2,5 | 63,6 | 15,0 | 7,1 |
| 270 | 80 | 60,7 | 17,7 | 6,6 | 69,0 | 27,9 | 10,3 | 58,5 | 12,1 | 4,5 | 68,5 | 19,9 | 7,4 |
| $НСР_{05}$, ц/га | - | - | 6,7 | - | - | 4,2 | - | - | 7,4 | - | - | 8,2 | - |

Примечание: 1 - урожайность зерна, ц/га; 2 - прибавка урожая, ц/га; 3 - окупаемость туков, кг/кг

На варианте без внесения удобрений урожайность зерна колебалась по сортам от 41,1 до 48,6 ц/га. Получение такого уровня урожая связано со сложившимися благоприятными погодно-климатическими условиями 2020 года, когда рано весной (в апреле) выпало осадков в 2,6 раза больше осадков, по сравнению с климатической нормой, что стимулировало рост и развитие растений озимой пшеницы. Наибольшие показатели урожайности зерна по всем сортам были получены на варианте с внесением $N_{150}P_{120}$ - 58,5 - 69,0 ц/га. При этом более отзывчивыми на внесение удобрений оказались сорта отечественной селекции – Димаш – 69,0 и Матай – 68,5 ц/га. Урожайность зарубежных (РФ) сортов уступала отечественным сортам и составила по сорту Безостая 100 – 60,7, по сорту Гром – 58,5 ц/га. Следует указать, что прибавки урожая на этом варианте варьировали по сравнению с контрольным в широких пределах: у сорта Безостой 100 – 17,7, у сорта Димаш – 27,9, у сорта Гром – 12,1 и у сорта Матай – 19,9 ц/га, но все они были статистически достоверными. Окупаемость удобрений у отечественных сортов на всех вариантах опыта была выше и колебалась в пределах от 6,3 до 10,3 у сорта Димаш и от 6,3 до 7,4 у сорта Матай, при нормативной окупаемости 6,2 кг зерна на килограмм действующего вещества внесенных удобрений (таблица 1).

Создание эталонных сигнатур при дешифровке аэрофотоснимков с целью количественной оценки потребности растений в азоте целесообразно на каждом поле, где применяется система точного внесения удобрений [7]. С этой целью на опытном поле одновременно с посевом озимой пшеницы были заложены тестовые площадки без внесения азотных удобрений и внесением 30, 60, 90, 120, 150 и 180 кг/га действующего вещества (рис.1). На полученном снимке видна неоднородность колориметрических характеристик посева на тестовых площадках и поле озимой пшеницы.

Рисунок 1 – Аэрофотоснимок поля с тестовыми площадками (метки – соответствующие, внесенным дозам азота кг д.в./га)

Аэрофотосъемка озимой пшеницы в опытном поле отдела минерального питания и агроэкологии ТОО КазНИИЗиР была выполнена с применением БПЛА, гексокоптерного типа 11 июня 2020 г. В результате съемки с высоты 50 м было получено 112 фотоснимков в инфракрасном диапазоне спектра и 72 фотоснимка в видимом диапазоне, с высоты 100 м. Было обеспечено сплошное покрытие территории интереса (пшеничное поле), где продольное и поперечное перекрытие кадров составила не менее 60%, с фиксацией координат каждого снимка на момент срабатывания затвора фотоаппарата и одновременной записи события в log файл полета. Съемка выполнялась по заранее спланированному маршруту, с учетом высоты полёта и фокусного расстояния фотоаппарата для получения разрешения снимков 2,4 см/пиксел. Площадь съемки составила 71402 м$^2$, из них площадь поля, ограниченная дорогами и соседним полем составляет 46092 м$^2$. Ортофотоплан был выполнен в специализированном программном обеспечении Photoscan. В среде ArcMap, была построена карта масштаба 1:50 (рис.1) на фрагмент участка, где были проставлены опознавательные знаки о количестве внесенных удобрений. По данным аэросъемки в инфракрасной зоне спектра был вычислен нормализованный индекс вегетации (NDVI) в среде ERDAS. Значения вегетационного индекса варьировали в пределах от 0,49 до 0,51. Вегетационный индекс, полученный по данным аэросъемки, показал, что между его показателями и дозами азотных удобрений существует тесная коррелятивная связь с коэффициентом R=0,81. Изменение цвета листьев является важнейшим показателем физиологического состояния растений и обеспеченности их элементами питания. На оценке содержания хлорофилла, от которого зависит цвет листьев в растениях, основано большинство методов мониторинга азотного статуса растений. Анализ растительных образцов с тестовых площадок показал, что с увеличением норм вносимых азотных удобрений закономерно возрастало содержание хлорофилла в листьях растений озимой пшеницы (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние возрастающих доз азотных удобрений на содержание хлорофилла и азота в листьях растений озимой пшеницы. 2020 г.

| Внесено N кг/га д.в. | Содержание | | Внесено N кг/га д.в. | Содержание | |
|---|---|---|---|---|---|
| | хлорофилла, мг/г | азота, % | | хлорофилла, мг/г | азота, % |
| N0 | 9.44 | 2,10 | N120 | 12.70 | 4,00 |
| N30 | 10.21 | 2,71 | N150 | 13.00 | 4,03 |
| N60 | 12.20 | 3,08 | N180 | 14.80 | 4,26 |
| N90 | 13.40 | 3,03 | Коэффициент корреляции R=0,847; D=0,717 | | |

Расчеты показали, что имеется высокая взаимосвязь между содержанием хлорофилла и общего азота в листьях растений озимой пшеницы. То есть цвет листьев, который зависит от содержания в листьях хлорофилла, является важным показателем физиологического состояния растений и обеспеченности их азотом.

Таким образом, учитывая тесную взаимосвязь между этими показателями цвет растений используется для количественной диагностики потребности растений в азоте в системе точного земледелия.

Список литературы

1. Якушев В.В. Точное земледелие: теория и практика. - СПб: ФГБНУ АФИ, 2016. - 364 с.

2. Razakova, M. G., Ainakulov, Z. Z., Kuzmin, A. G., Fedorov, I. 0., and Yergaliev, R. K.: DEVELOPMENT OF HARDWARE AND SOFTWARE ARCHITECTURE FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF THE FIELD DATA, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B2-2020, 1253–1258, https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-1253-2020, 2020.

3. Emerson Borghi, Adoption and Use of Precision Agriculture in Brazil: Perception of Growers and Service Dealership // Emerson Borghi, Junior C. Avanzi, Leandro Bortolon, Ariovaldo Luchiari Junior and Elisandra S. O. Bortolon - Journal of Agricultural Science, Vol. 8, № 11. – 2016. – p. 89-104.

4. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. - М.: Высшая школа, 1977. - 288 с.

5. Якушев В.П., Иванов А.И., Якушев В.В., Конашенков А.И. Реализация системы удобрений в точном земледелии // Земледелие. - 2008. - №5. - С.18-20.

6. Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Шерстобитов С.В. Земледелие с использованием космических систем // Земледелие. - 2015. - №6. - С.13-17.

7. Якушев В.П., Воропаев В.В., Конев А.В., Лекомцев П.В., Матвеенко Д.А., Петрушин А.Ф., Якушев В.В. Использование тестовых площадок и данных аэрофотосъемки для выделения зон однородностей в системе точного земледелия // Материалы XI межд. научно-практ. конф. "Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве". Углич, 14-16 сентября, 2010, с. 656-662.