



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ АФИ
Чесноков Ю.В.

28 февраля 2022 г

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Шестаковой Елены Олеговны “Влияние технологических приемов выращивания на фотосинтетическую деятельность, вегетационный индекс NDVI посевов и урожайность озимой пшеницы на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья”,
представленной на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Актуальность для науки и практики. Рост численности населения мира в связи с отсутствием увеличения или даже сокращением доступных пахотных земель подразумевает необходимость роста урожайности основных сельскохозяйственных культур без потери качества сельскохозяйственной продукции и загрязнения окружающей среды. Представленная квалификационная работа посвящена разработке методологических основ управления агротехническими мероприятиями, включая оптимизацию видовой и сортовой структуры регионального растениеводства, с целью получения стабильно высоких урожаев озимой пшеницы.

Исследования проводились в соответствии с планом НИР ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» по направлению «Усовершенствовать метод оценки состояния посевов озимой пшеницы и прогноза её урожайности с использованием данных дистанционного зондирования земли в условиях Ставропольского края (0725-2014-0012)» в составе задания Программы фундаментальных научных исследований Российской академии наук.

Целью диссертационной работы является изучение влияния элементов технологии возделывания озимой пшеницы (предшественника, дозы внесенных минеральных удобрений, сроков и нормы высева) четырех высокопродуктивных сортов на показатели их

фотосинтетической продуктивности и урожайности, оценка значимости каждого из них для продуктивности посевов, а также динамика изменения вегетационного индекса NDVI, по величине которого можно оценить состояние посевов дистанционно. Выводы и рекомендации по этому вопросу являются необходимыми для совершенствования технологий возделывания озимой пшеницы, контроля за ходом продукционного процесса и получение информации о морфофизиологических признаках сортов, которые представляют наибольший интерес для селекционного процесса на высокую и стабильную продуктивность.

Новизна исследования и полученных результатов. Установлено, что на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья элементы технологии выращивания озимой пшеницы (предшественник, минеральные удобрения, сроки сева, норма высева и сорт) оказывают существенное влияние на фотосинтетическую продуктивность, ряд показателей которой находится в тесной корреляционной связи с вегетационным индексом NDVI. Одними из основных показателей фотосинтетической продуктивности, которые автор диссертации использует для характеристики продукционной способности изучаемых сортов озимой пшеницы, служат чистая продуктивность фотосинтеза, площадь ассимиляционной поверхности и содержание хлорофилла в листьях.

При оценке чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) расчет производился либо на единицу ассимиляционной поверхности (г/м^2 в сутки), либо на единицу хлорофилла (г/г в сутки). Оба расчета дали сходные результаты. Обнаружено, что наиболее сильное влияние на ЧПФ оказывают сортовые особенности озимой пшеницы, уровень минерального питания и норма высева семян. Взаимодействие факторов (технологических приемов) превышает 49% при расчете ЧПФ на единицу ассимиляционной поверхности и около 42% - при расчете на единицу хлорофилла.

По имеющимся в мировой литературе данным, урожай зерна хлебных злаков в 20 веке был удвоен в результате генетических достижений, применяемых в селекции растений. Данное увеличение не сопровождалось какими-либо изменениями интенсивности фотосинтеза, рассчитанной на единицу листовой поверхности. Тем не менее, суммарный фотосинтез возрос как результат увеличения площади листьев, суточной продолжительности фотосинтеза и продолжительности сохранения листовой поверхностью способности к ассимиляции. Поэтому учет в практике сельского хозяйства этих показателей фотосинтетической активности имеет большое значение для

совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур и в качестве целевых признаков в селекционном процессе.

В диссертации Шестаковой Е.О. для оценки площади ассимиляционной поверхности и продолжительности ее активной работы служат поверхностный фотосинтетический потенциал (ПФСП) и хлорофилловый фотосинтетический потенциал (ХФСП). Изучение динамики изменения ПФСП у озимой пшеницы различных сортов, в разные годы вегетации и при использовании различных технологических приемов возделывания показало, что ПФСП достаточно надежный критерий для оценки физиологического статуса посевов. Наиболее сильное влияние на ПФСП оказали сроки сева (23,7%) и уровень минерального питания (22,5%). В меньшей степени этот показатель зависел от сортовых особенностей (19,3%) и нормы высева семян озимой пшеницы (19,3%).

Влияние различных приемов технологии возделывания озимой пшеницы на показатель, который характеризует потенциальную фотосинтетическую продуктивность растений и продолжительность функционирования фотосинтетического аппарата – хлорофилловый фотосинтетический потенциал (ХФСП), также достаточно подробно изучено в рецензируемой работе. По степени влияния элементов технологии выращивания и сортовых особенностей варьирование ХФСП между вариантами сопоставимо с ПФСП. Имеющиеся небольшие различия между этими показателями по-видимому находятся в пределах ошибки опыта за исключением влияния сроков сева и предшественника.

Выполненное исследование показало, что использование различных агротехнических приемов выращивания и подбор сортов озимой пшеницы, позволяет оптимизировать посев таким образом, чтобы он был способен поглощать фотосинтетически активную радиацию с наибольшим КПД, тем самым увеличивая общую фотосинтетическую продуктивность. Наиболее тесная корреляционная связь КПД ФАР обнаружена с площадью фотосинтезирующей поверхности ($r=0,63$), высотой растений ($r=0,61$), поверхностным ($r=0,68$) и хлорофилловым ($r=0,72$) фотосинтетическими потенциалами. Оценка достоверности корреляционных связей КПД ФАР с перечисленными показателями фотосинтетической продуктивности проведена по таблице критических значений корреляции Пирсона для $p=0,01$.

В диссертационной работе в динамике изучена зависимость между величиной NDVI посевов и показателями фотосинтетической продуктивности в условиях применения различных технологических приемов выращивания растений озимой пшеницы. Автором

диссертации показано, что NDVI посевов озимой пшеницы наиболее тесно связан с фотосинтетическими потенциалами (0,59 и 0,74 для ПФСП и ХФСР соответственно).

Выполненное автором диссертации исследование позволило определить степень влияния различных элементов технологии возделывания на зерновую продуктивность посевов озимой пшеницы. Влияние сортовых особенностей на урожайность озимой пшеницы составило 42,7 %. Такой высокий показатель обусловлен выбором новых высокопродуктивных сортов, которые адаптированы к условиям выращивания в зоне исследования. Существенной оказалась также степень влияния минерального питания и предшественников – 17,1 и 15,1 % соответственно. Наиболее тесная корреляционная связь выявлена между урожайностью и ХФСР ($r = 0,81$).

Выявлено существование корреляционной зависимости между величиной дистанционно измеренного вегетационного индекса NDVI и урожайностью озимой пшеницы в Ставропольском крае за период 2001-2020 гг, начиная от стадии кущения до молочной спелости. Максимальный коэффициент корреляции между NDVI и урожайностью ($r=0,84$) обнаружен в период стеблевания-начала колошения.

На основании полученных данных автором диссертации была построена регрессионная модель зависимости урожая зерна озимой пшеницы в Ставропольском крае от максимального значения NDVI за весенне-летний период. Полученная модель отличается высоким значением коэффициента аппроксимации – 0,70. Прогноз урожайности зерна во всех вариантах 3-летнего многофакторного опыта, по разработанной регрессионной модели, тесно связан с фактической урожайностью - коэффициент корреляции между ними составил 0,71, что значимо для $p=0,01$.

Выводы и результаты, представленные в диссертации, обоснованы и достоверны, так как получены в соответствии с общепринятыми методиками полевых и лабораторных исследований с 3-кратным повторением в разные по погодным условиям годы и оценены с применением различных методов статистического анализа.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований заключается в том, что они являются научной основой для совершенствования технологий возделывания озимой пшеницы не только на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья, но и в других регионах, занимающихся выращиванием этой сельскохозяйственной культуры. Обнаруженные корреляционные зависимости между вегетационным индексом NDVI и физиологическими характеристиками посевов, характеризующими их фотосинтетическую

продуктивность, могут быть использованы при развитии дистанционных методов мониторинга состояния посевов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Результаты исследований апробированы в ООО СХП «Темижбекское» Новоалександровского района Ставропольского края в 2018 году на общей площади 240 га с прибавкой урожая в пределах 5,2-11,7 ц/га, что составило 13,4-30,2%. Целесообразно продолжить работу по использованию результатов и выводов диссертации в ООО СХП «Темижбекское», а также применить их в других хозяйствах Ставропольского края. В частности, целесообразно определить оптимальные нормы высева семян, предшественники и дозы минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы сортов селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Интересным для практического применения является использование не только NDVI, но и других вегетационных индексов, которые могут быть рассчитаны по результатам дистанционного мониторинга состояния посевов.

Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати. Основные результаты научных исследований по теме диссертации были изложены в ряде печатных работ, две из которых опубликованы в журналах, включенных в базы Web of Science и Scopus, пять - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, восемь - в других изданиях. Содержание печатных материалов соответствует данным, представленным в диссертации.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Диссертация представляет собой **завершенное научное исследование**, выполненное на актуальную тему, характеризуется научной новизной и практической значимостью.

Выводы соответствуют поставленным задачам и в них обобщены результаты исследований, представленных в данной научно-квалификационной работе.

Общие замечания и вопросы

1. Помимо площади листовой ассимиляционной поверхности, которая считается одним из основных показателей, определяющих рост, фотосинтетическую продуктивность и в итоге урожайность, автор диссертации учитывал также ассимиляционную поверхность колосьев и стеблей. Как было показано, площадь ассимиляционной поверхности, которую создают в сумме колосья и стебли практически равна площади листовой ассимиляционной поверхности и мало отличается у изученных четырех сортов. Вместе с тем не ясно какова

интенсивность и эффективность синтеза сухого вещества колосьями и стеблями и каков вклад каждого из этих органов в синтез сухого вещества и накопление биомассы растениями? Сопоставимо ли оно с тем количеством, которое производят листья? Нужно ли проводить трудоемкое определение площадей колосьев и особенно стеблей, если одним из направлений работы является применение дистанционных методов, в частности оценка вегетационного индекса NDVI, поскольку дистанционно расположенные сенсоры «видят» лишь верхний ярус листьев и по литературным данным NDVI наиболее тесно связан именно с листовым индексом?

2. Исследование коэффициентов поглощения ФАР растениями озимой пшеницы выполнено в период колошения. Делается вывод, что верхней частью посева (уровень колоса и флаговый лист) поглощается только 38% приходящей солнечной радиации, а нижней (подфлаговый и третий сверху листья) - почти 62%. Поскольку в главе «Объекты и методы исследования» никак не описана процедура измерений поглощения ФАР с помощью пиранометра, возникает вопрос каким образом удалось провести такие измерения? Ведь для того, чтобы оценить количество ФАР, поглощенной именно нижней частью посева (подфлаг и третий сверху лист), нужно было исключить количество радиации, поглощенной колосьями и флаговым листом или экранировать датчик пиранометра. Как это было реализовано в опыте?

3. Варианты с предшественниками - пар и озимая пшеница, существенно отличаются по содержанию минеральных веществ в почве до посева. Что влияет на дальнейшее развитие растений - выращивание именно озимой пшеницы в качестве предшественника или низкий предпосевной уровень минерального питания в вариантах? Или экссудаты предшественника именно озимой пшеницы в дополнение к низкому уровню минеральных элементов в почве?

4. Если известен оптимальный срок сева озимой пшеницы для данного региона, зачем проводить ранний и поздний сев? Уточнить является ли срок сева, который считается действительно оптимальным для всех изученных сортов? В этом случае должен быть четко сформулированный вывод по этому вопросу. Может быть следовало было бы указать диапазоны температур, которые соответствуют срокам сева в среднем по региону для этих вариантов?

5. Недостаточно четко и подробно описаны методы исследования. Не всегда приводятся ссылки на методики, которыми пользовались. Например, в диссертации нет описания и даже ссылки на методику определения фотосинтетических потенциалов

поверхностного и хлорофиллового. Как выполняли разделение растений на органы при определении вклада различных органов в ассимиляционную поверхность? Какова ошибка определения ассимиляционной поверхности различных органов?

При определении хлорофилла не ясно как брали навеску. Определяли ли содержание хлорофилла только в листьях или брали среднюю навеску всего растения? Как в таком случае формировали среднюю навеску по вариантам, особенно если пользовались свежесобранными образцами?

6. Автор диссертации при обсуждении структуры посева и ее изменении в зависимости от технологии возделывания пишет: «...Среднее количество стеблей в вариантах предшественник/удобрения от 444 до 619». Не указано какой была в этих вариантах норма высева? С чем связано меньшее количество сформированных стеблей? Со стимуляцией стеблеобразования в более благоприятных условиях выращивания или худшей перезимовкой и гибелью части узлов кущения? Трудно трактовать полученные данные без информации о количестве растений на единице площади после перезимовки. Было ли оно равным на опытных делянках?

7. В целом диссертация написана хорошим языком и хорошо оформлена, однако в ней встречаются опечатки и некорректные фразы. Например, в имеющемся в диссертации и автореферате «Заключении» последнее предложение последнего абзаца сформулировано так: *«Такой вывод обусловлен тем, что основой продукционного процесса является фотосинтез, а фотосинтез, как нами было показано, непосредственно связан с данными дистанционного зондирования Земли»*. Хотя в целом понятно, что автор имела в виду, делая такой вывод, но вряд ли можно согласиться с данной формулировкой вывода ее работы. Во-первых, потому что фотосинтез функционировал и продолжает функционировать без ДЗЗ, которое является лишь средством измерения и никак не влияет на сложный иерархический процесс - фотосинтез. Во-вторых, вряд ли можно считать, что именно автором диссертации впервые установлена связь между результатами работы фотосинтетического аппарата (биомасса, листовая индекс и в итоге урожайность) и вегетационным индексом NDVI. Впервые этот индекс был предложен J. W. Rouse с соавторами (1974) и впоследствии широко использовался и используется для исследования растительного покрова. Однако, нужно отметить, что подобных неточностей в тексте диссертации немного.

Заключение. Диссертация Шестаковой Елены Олеговны «Влияние технологических приемов выращивания на фотосинтетическую деятельность, вегетационный индекс NDVI

и урожайность озимой пшеницы на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая направлена на успешное решение задачи, имеющей важное значение для развития сельскохозяйственной науки и агропроизводства - совершенствование технологических приемов возделывания и оптимизация производственного процесса озимой пшеницы. По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, представленная диссертационная работа отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 11.09.2021 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Шестакова Елена Олеговна заслуживает присуждения учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен, обсужден и одобрен на заседании отдела светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Агрофизический научно-исследовательский институт» (ФГБНУ АФИ) 28 февраля 2022 года (протокол № 2)

Отзыв составила:

доктор биологических наук,
главный научный сотрудник,
заведующая лабораторией экологической
физиологии и биофизики растений
ФГБНУ АФИ
Канаш Елена Всеволодовна

Подпись Е.В. Канаш заверяю:

ученый секретарь ФГБНУ АФИ,
кандидат технических наук,
Тарасенкова Ирина Валентиновна

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», 195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр. 14. Тел.: Тел. +7 (812) 534-13-24, факс +7 (812) 534-19-00, e-mail: office@agrophys.ru.

