

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора сельскохозяйственных наук, доцента, заведующего кафедрой земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции Авдеенко Алексея Петровича на диссертационную работу Сторчак Ирины Геннадьевны «Прогноз урожайности озимой пшеницы с использованием вегетационного индекса NDVI для условий Ставропольского края», представленную к защите в диссертационный совет Д 220.062.03 при ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.01 - общее земледелие, растениеводство

Актуальность темы исследований Ирины Геннадьевны не вызывает сомнений, т.к. вопросы современных дистанционных методов зондирования объектов являются новым этапом в информационном обеспечении исследований и разработок в сельском хозяйстве. Основные области применения данных дистанционного зондирования Земли из космоса – изучение состояния окружающей среды, землепользование, изучение растительных сообществ, оценка урожая сельскохозяйственных культур и т.д. В Ставропольском крае такие работы практически не ведутся, не до конца разработаны общие подходы и методология оценки продуктивности растений.

В связи с чем исследования, раскрывающие специфику взаимосвязи урожайности сельскохозяйственных культур с данными дистанционного зондирования Земли в различных почвенно-климатических условиях, позволяющие повысить точность прогнозов в современных условиях хозяйствования являются наиболее интересной тематикой исследований, актуальной на современном этапе развития сельского хозяйства в нашей стране.

Научная новизна исследований. Автором в результате исследований установлена связь размеров площади ассимиляционной поверхности посева и количества хлорофилла в растениях озимой пшеницы с вегетационным индексом



NDVI. Предложен новый показатель на основе данных дистанционного зондирования Земли, который отражает величину и продолжительность функционирования фотосинтетического аппарата посева и характеризуется высокой корреляционной связью с урожаем зерна. Установлена связь содержания азота в растениях озимой пшеницы с NDVI. Для условий Ставропольского края построены регрессионные модели урожайности озимой пшеницы с использованием данных дистанционного зондирования Земли из космоса.

Степень обоснованности научных положений, выводов и предложений автора диссертации по теме существенна и научно обоснована обширными экспериментальными данными.

Дистанционное зондирования Земли из космоса позволяют прогнозировать урожайность озимой пшеницы на таких административных территориях как район, почвенно-климатическая зона и край в целом, что, несомненно, даёт положительный экономический эффект от оптимизации уборочных мероприятий и финансового планирования. Так, автором установлено, что для повышения объективности и оперативности оценки физиологического состояния посевов и контроля процесса формирования урожая растениями озимой пшеницы в производственных условиях необходимо использовать данные дистанционного зондирования Земли (вегетационный индекс NDVI). Перспективным в этом отношении является вегетационный фотосинтетический потенциал, который характеризует размер и продолжительность функционирования ассимиляционного аппарата растений.

Результаты исследований обоснованы экспериментальными данными, а также расчётом показателей экономической эффективности. Полученные данные обработаны с использованием методов статистического анализа. Для прогноза урожайности озимой пшеницы в Ставропольском крае необходимо использовать такие характеристики динамики вегетационного индекса NDVI как среднее или максимальное его значение за весенне-летний период. Максимальный NDVI

является предпочтительней из-за более высокой точности прогноза и более раннего времени его составления (колошение).

Практическая значимость работы. Результаты исследований вносят определённый вклад в расширение знания возможности использования NDVI как одного из оперативных и объективных показателей при проведении почвенно-растительной диагностики минерального питания растений озимой пшеницы. Результаты исследований позволяют на основе данных дистанционного зондирования Земли прогнозировать урожайность озимой пшеницы в таких территориально-административных единицах как район, почвенно-климатическая зона и Ставропольский край в целом.

Основные результаты исследования могут быть использованы для совершенствования систем земледелия в Ставропольском крае Российской Федерации в целях повышения продуктивности озимой пшеницы, а также в учебном процессе в высших учебных заведениях и организациях профессиональной переподготовки кадров АПК по таким направлениям (дисциплинам), как растениеводство и земледелие при подготовке бакалавров, магистрантов и аспирантов по профильным направлениям подготовки.

Достоверность полученных результатов подтверждается экспериментальными данными исследований и данными статистического анализа.

Результаты проведённых исследований прошли достаточно широкую апробацию. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседаниях Учёного совета Ставропольского НИИСХ, региональной научно-практической конференции «Научное обеспечение агропромышленного комплекса Юга России» (Майкоп, 2013), двенадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Института Космических Исследований РАН (Москва, 2014).

По результатам проведённых исследований опубликовано 13 научных работ, в том числе 5 в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, определённый ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации для публикации результатов исследований соискателями учёных степеней.

Заключение и предложения по практическому использованию результатов исследований достоверны - для Ставропольского края существует тесная взаимосвязь между урожаем зерна озимой пшеницы и вегетационным индексом NDVI, которая оценивается коэффициентом корреляции равным 0,76 (в среднем по всем районам). Кроме того, использование максимального значения вегетационного индекса (NDVImax) не только повышает точность прогноза урожайности озимой пшеницы для Ставропольского края ($R_{corr}=0,82$, $R^2=0,67$), но и позволяет составлять его в более ранние сроки (в период колошения).

Все указанное свидетельствует о научной ценности и практической значимости проведённых исследований.

Оценка содержания диссертации

Общая характеристика. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, предложений по практическому использованию результатов исследований, списка литературы и приложений. Она изложена на 160 страницах компьютерного текста (с приложениями), включает 25 таблиц и 37 рисунков по тесту работы. Библиографический список содержит 146 наименований, в том числе 34 иностранных авторов.

Во введении излагаются: актуальность темы; цель и задачи исследований; научная новизна; положения, выносимые на защиту; теоретическая и практическая значимость; апробация работы; публикация результатов исследований; структура и объем работы, а также личное участие автора.

Первая глава представляет собой аналитический обзор литературных источников, посвящённый основным закономерностям роста, развития и формирования урожая озимой пшеницы.

На основании анализа исследований, результаты которых опубликованы, автор делает вывод, что продуктивность озимой пшеницы определяется с одной стороны генотипом, а с другой – условиями выращивания, влияние которых на продукционный процесс существенно и происходит в течение всего периода роста и развития растений, каждый посев обладает своими оптико-биологическими свойствами, которые можно использовать для оценки состояния растений. Автор указывает на необходимость научных изысканий по разработке методов оперативного и объективного мониторинга обеспеченности посевов азотом и усовершенствованию существующих способов мониторинга состояния растений и оценки их продуктивности с использованием оперативной и объективной информации, которая может быть получена на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса, для составления более точных рекомендаций по уходным мероприятиям за посевами сельскохозяйственных культур.

Во второй главе приводятся условия, объекты и методы исследований: общие условия и характеристика территории Ставропольского края, агрохимическая характеристика почв ФГБНУ Ставропольский НИИ сельского хозяйства, климатическая характеристика места проведения исследований, а также методы проведения исследований.

В третьей главе рассматриваются вопросы фотосинтетической продуктивности посевов озимой пшеницы.

Автор подробно представляет экспериментальные данные по состоянию посевов озимой пшеницы и NDVI. Он отмечает, что увеличение временного интервала с 7 до 14 и 21 дня приводит к существенным изменениям характеристик динамики NDVI озимой пшеницы, поэтому для описания биологических объектов предпочтительно использовать данные с наименьшим временным

интервалом. Кроме того, точность данных дистанционного зондирования Земли для отдельных полей с пространственным разрешением 250 метров практически не меняется с её увеличением до 150 и 50 м.

Автор отмечает, что пики кривой NDVI практически полностью совпадают с температурными колебаниями. Наблюдаемые совпадения динамик рассматриваемых величин происходят с некоторым временным сдвигом, что обусловлено более поздним проявлением реакции растений на меняющиеся условия окружающей среды.

При анализе площади ассимиляционной поверхности растений озимой пшеницы и NDVI посевов автор указывает, что связь между NDVI и листовым индексом крайне нестабильна и сильно зависит от погодных условий. В благоприятных по водному и температурному режиму условиях (2014 г.) она довольно высока (коэффициент корреляции составляет 0,72), а в стрессовых условиях (в 2013 г., когда наблюдался дефицит осадков и высокие температуры в период вегетации) – полностью отсутствует (коэффициент корреляции равен - 0,54).

С улучшением условий выращивания взаимосвязь между вегетационным индексом NDVI и общей площадью ассимиляционной поверхности посевов озимой пшеницы снижалась. Объяснение этого автор видит в том, что с улучшением водного и температурного режимов выращивания увеличиваются как сами размеры фотосинтезирующей поверхности, так и доля площади листового аппарата в ней. Следовательно, в этом случае участие нелистовых органов растений в усвоении приходящей солнечной радиации снижается.

Автор изучил динамику относительного содержания хлорофилла в растениях озимой пшеницы и установил, что взаимосвязь между количеством хлорофилла на единице площади посева озимой пшеницы и его NDVI в среднем очень слаба и оценивается величиной коэффициента корреляции равным 0,42, а по отдельным полям крайне нестабильна, не зависимо от условий выращивания. Связь между относительным содержанием хлорофилла в единице площади

ассимиляционной поверхности растений озимой пшеницы и NDVI их посевов в среднем по полям и за годы наших исследований полностью отсутствует, коэффициент корреляции составляет величину $-0,20$.

Автором предложен новый показатель фотосинтетической продуктивности растений, который рассчитывается на основе данных дистанционного зондирования Земли, с высокой степенью достоверности характеризует формирование урожая. Коэффициент корреляции между зерновой продуктивностью и вегетационным фотосинтетическим потенциалом посевов озимой пшеницы равен $0,84$, а коэффициент аппроксимации для регрессионной модели взаимосвязи этих показателей составил величину $0,66$.

Автор проанализировал взаимосвязь содержания азота в растениях озимой пшеницы с NDVI их посевов, в результате исследований получен довольно высокий коэффициент корреляции между этими показателями $-0,84$.

Делается вывод, что данные дистанционного зондирования Земли можно использовать как объективный показатель состояния посевов озимой пшеницы при анализе характеристик, полученных в рамках проведения почвенно-растительной диагностики минерального питания для разработки рекомендаций по применению азотных подкормок (формы, сроки и дозы).

В четвертой главе рассматриваются вопросы оценки продуктивности озимой пшеницы в Ставропольском крае по данным дистанционного зондирования Земли из космоса. Приводятся сведения по использованию NDVI для оценки продуктивности озимой пшеницы, почвенно-климатические зоны Ставропольского края и регрессионные модели зависимости урожайности озимой пшеницы от NDVI, а также использование различных характеристик динамики NDVI озимой пшеницы для оценки её продуктивности в Ставропольском крае.

Автор наглядно показал динамику NDVI посевов озимой пшеницы для Ставропольского края по усреднённым значениям за период 2003-2014 гг. отмечается, что рост вегетационного индекса в осенний период продолжается вплоть до наступления отрицательных значений температуры воздуха. С

возобновлением весенней вегетации начинается активное развитие посевов, отражением чего является увеличение их NDVI. После колошения (цветение, формирование и налив зерна) при уменьшении площади ассимиляционной поверхности, а, следовательно, и отражённой IR, и уменьшении содержания хлорофилла в растениях, возрастает вклад в NDVI увеличивающегося при этом R, что находит отражение в уменьшении значений этого показателя в генеративный период растений озимой пшеницы.

Автором рассчитаны регрессионные зависимости урожая зерна озимой пшеницы от NDVI среднего за вегетативно-генеративный период для каждого района Ставропольского края. Полученные регрессионные уравнения с достаточно высокой степенью достоверности дают зависимость урожайности от вегетационного индекса.

Также построены регрессионные модели зависимости урожая зерна озимой пшеницы от NDVI среднего за вегетативно-генеративный период для каждой почвенно-климатической зоны Ставропольского края и установлено, что полученная корреляционная взаимосвязь урожайности озимой пшеницы с вегетационным индексом NDVI усиливается с улучшением условий выращивания.

Построены карты распределения по территории Ставропольского края среднегодовой урожайности и различных показателей, характеризующих динамику NDVI озимой пшеницы по каждому району и отмечается, что для условий Ставропольского края существует тесная взаимосвязь между урожаем зерна озимой пшеницы и данными дистанционного зондирования Земли.

В пятой главе рассматриваются вопросы экономической эффективности производства озимой пшеницы.

По утверждению автора, между поверхностными, хлорофилловыми, а также вегетационными потенциалами посевов и рентабельностью, чистым доходом существует довольно тесная корреляционная связь.

Повышение качества диагностики минерального питания посевов (корректировка содержания азота в растениях, оценка их физиологического состояния, нивелирование неоднородности посева, уточнение рекомендаций по дозам применяемых удобрений в спорных случаях и т.д.) позволяет повысить эффективность подкормок.

Автор делает вывод, что дистанционное зондирование Земли из космоса позволяют прогнозировать урожайность озимой пшеницы на таких административных территориях как район, почвенно-климатическая зона и край в целом, что, несомненно, даёт положительный экономический эффект от оптимизации уборочных мероприятий и финансового планирования.

Завершается текстовая часть диссертации заключением и предложением по практическому использованию результатов исследований, согласующимися с результативной частью диссертационной работы.

Диссертация написана технически грамотно, логически последовательно. Основной текст дополняется приложениями. Общий стиль изложения и оформление работы в целом отвечают требованиям к кандидатским диссертациям. Автореферат отражает основное содержание диссертации, в нём приведены наиболее значимые результаты исследований.

Оценивая представленную диссертационную работу положительно, в качестве замечаний можно отметить следующие:

- следует привести список сокращений, так, например, расшифровка NDVI (Нормализованный разностный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index) приводится только на 28 странице диссертации, в то время как до расшифровки сокращение NDVI встречается 18 раз;

- в методах проведения исследований заявлено определение химического состава органов растений озимой пшеницы по методике В.Т. Куркаева с соавторами (1977), однако в диссертации анализируется только содержание азота;

- биологическая урожайность озимой пшеницы определялась с площади 0,25м² в четырёхкратной повторности (стр. 44). В работе также приводятся

урожайные данные по каждому полю в целом. Не логичнее бы использовать данные комбайновой уборки, тем более, что посевы производственные?

- на стр. 44 автор указывает, что разбор образцов, ручной обмолот колосьев и определение структуры урожая проводили в лабораторных условиях, однако в работе не нашла отражение структура урожая озимой пшеницы;

- отсутствует нумерация приложений;

- на стр. 71 указывается, что «...Дальнейший рост и развитие растений сопровождается нарастанием проявлений таких особенностей - это высота посева, его густота и биомасса, ориентация листьев, разновидность колоса (*lutescens*, *erythrospermum*) и другие, включая диаметр стебля и толщину кутикулярного слоя листьев...», однако в диссертационной работе данные показатели отсутствуют;

- встречается неудачное выражение (стр. 59, 62, 73, 75, 128) – «на предшественнике»;

- в диссертации (стр. 85) отмечается влияние жёлтой карликовости ячменя на изменение пигментации растений озимой пшеницы. Возможно ли использовать NDVI для анализа проявления болезней на озимой пшенице, тем более, что доля применения фунгицидов (стр. 9) в урожайности озимой пшеницы составляет 6-8%?

- автор указывает, что доля применения гербицидов в урожайности озимой пшеницы составляет от 7 до 14% (стр. 9). Учитывалась ли при проведении исследований степень засорённости полей озимой пшеницы и как сорные растения влияли на показатель NDVI?

Заключение по диссертационной работе

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической ценности диссертационной работы. Разработка вопросов решения данной проблемы имеет существенное значение в обеспечении продовольственной безопасности Ставропольского края и Российской Федерации в целом.

Считаю, что представленная диссертационная работа Сторчак Ирины Геннадьевны на тему: «Прогноз урожайности озимой пшеницы с использованием

вегетационного индекса NDVI для условий Ставропольского края» является самостоятельным, законченным научным исследованием, решающим важную народнохозяйственную проблему прогноза урожайности озимой пшеницы в Ставропольском крае.

По актуальности исследований, теоретической и практической значимости положений, вынесенных на защиту, объёму экспериментального материала и достоверности полученных результатов диссертационная работа отвечает требованиям пункта 9 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Сторчак Ирина Геннадьевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.01 - общее земледелие, растениеводство.

Официальный оппонент: доктор сельскохозяйственных наук (06.01.09 – растениеводство, 06.01.01 – общее земледелие), заведующий кафедрой земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции, доцент, профессор кафедры земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет» (ФГБОУ ВО ДГАУ)



А.П. Авдеенко

Авдеенко Алексей Петрович

Адрес: кафедра земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО ДГАУ, п. Персиановский, Октябрьский район, Ростовская область, Россия, 346493

тел.: +7(86360)36278; +7(928)7776652; e-mail: awdeenko@mail.ru

Подпись доктора сельскохозяйственных наук, заведующего кафедрой земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции, доцента, профессора кафедры земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции ФГБОУ ВО ДГАУ Авдеенко _____, подтверждаю: Учёный секретарь Учёного совета ФГБОУ _____

09 декабря 2016 г.



Г.Е. Мажуга