

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора сельскохозяйственных наук Вертиковой Елены Александровны на диссертационную работу Чекалина Евгения Ивановича «Научно-методическое обоснование селекции зерновых и зернобобовых культур на повышение активности и эффективности фотосинтеза», представленную на защиту в диссертационный совет 35.2.008.04, созданного на базе ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.2. – Селекция, семеноводство и биотехнология растений.

Актуальность работы. Физиологической основой селекции сельскохозяйственных культур служит система регуляторных механизмов, имеющих компенсаторный характер, позволяющих за счет разной морфофизиологической организации продукционного процесса растений достигать одного и того же результата повышения продуктивности в различных природно-климатических условиях выращивания. При этом, потенциальные возможности фотоэнергетического процесса растений в результате селекции не претерпевают больших изменений и в целом балансируют на определенном для биологического вида уровне, что сдерживает дальнейший прогресс селекции. Для получения высокого, качественного и стабильного урожая требуется значительно больше энергии, чем ее усваивают современные культурные растения.

Необходимо повышение активности и эффективности использования фотосинтеза, где скрыты огромные, но мало используемые резервы. Для изменения ситуации рекомендуется формы с повышенной интенсивностью фотосинтеза, фотохимической активностью хлоропластов и энергетической эффективности электронно-транспортной цепи использовать в селекции как исходный перспективный материал.

Особое значение имеет разработка научно-методических подходов в селекции на фотосинтез.

Таким образом, актуальность темы научных исследований Чекалина Евгения Ивановича не вызывает сомнения.

Научная новизна. Впервые в России дано научное и методическое обоснование новому направлению селекции – повышение активности и эффективности фотосинтеза на основе комплексной оценки современных сортов и перспективных генотипов у зерновых (озимая и яровая пшеницы) и зернобобовых (горох, соя, кормовые бобы, чечевица) культур по показателям: квантовому выходу флуоресценции хлорофилла, активности электронно-транспортной цепи, интенсивности фотосинтеза, устьичной проводимости, интенсивности транспирации и эффективности использования воды. Выявлен широкий генетический полиморфизм показателей фотосинтетической деятельности листьев растений:

по активности электронно-транспортной цепи: у озимой пшеницы – 50,2-119,3, яровой пшеницы – 56,3-128,9, гороха посевного – 78,5-160,6, сои 101,8-151,2; по квантовому выходу флуоресценции хлорофилла: у озимой пшеницы – 0,120-0,284, яровой пшеницы – 0,134-0,307, гороха посевного – 0,100-0,383, сои – 0,260-0,357; по интенсивность фотосинтеза: у озимой пшеницы – 10,97-25,63, яровой пшеницы – 8,73-17,15, гороха посевного – 7,27-21,38; сои – 6,12-14,38; чечевицы – 2,31-10,01; кормовых бобов – 1,35-4,19 мкмоль $\text{CO}_2/\text{м}^2\text{с}$. Установлена зависимость фотосинтетической активности листьев растений зерновых и зернобобовых культур от генотипа, фазы роста, яруса листьев, дневного времени суток, устьичной проводимости, интенсивности транспирации, водного, температурного и светового режимов, концентрации в воздухе CO_2 . Выявлены видовые закономерности по фотосинтетической активности листьев: в среднем за вегетацию по квантовому выходу флуоресценции хлорофилла листьев зернобобовые культуры (соя и горох посевной) превышают зерновые (яровую и озимую пшеницу) на 62,0%, а по активности электронно-транспортной це-

пи – на 26,8%. По интенсивности фотосинтеза на единицу поверхности листьев зернобобовые культуры существенно уступают зерновым: в фазу цветения в среднем на 34%, а в фазу налива – на 14%. Но, вследствие формирования у растений большей площади листьев (у гороха в 2-3 раза, у сои в 5-8 раз) по сравнению с зерновыми, они имеют значительно более высокие потенциальные возможности не только поглощать и усваивать кванты солнечного света (в среднем на 41 %), но и ассимилировать CO_2 из воздуха (в среднем на растение на 93 %). Выявлены сортовые аспекты протекания реакций фотосинтеза, которые необходимо учитывать при оценке селекционного материала. У сортов зерновых культур наблюдается 2 пика фотосинтетической активности – один в 9:00, а другой – в 13:00 часов. В то же время у сортов сои второй пик активности самый высокий и приходится на 15:00, а у гороха он один и отмечается в 9:00. Наиболее выраженные генотипические различия по интенсивности фотосинтеза у зерновых культур с 8:00 до 11:00 часов, а у зернобобовых культур: у гороха посевного – с 8:00 до 11:00 часов, у сои – с 9:30 до 12:30 часов по московскому времени. У сортов зерновых культур интенсивность фотосинтеза флаговых листьев изменялась от 13,65 до 14,43 $\text{мкмоль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, у зернобобовых культур ее значение у верхних листьев (3-4-й сверху) варьировало от 10,50 до 11,11 $\text{мкмоль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$. Сорта с высокой интенсивностью фотосинтеза верхних листьев, как правило, характеризуются повышенной активностью и ниже-расположенных. Определена степень влияния экзогенных и эндогенных факторов на фотосинтетическую активность современных сортов зерновых и зернобобовых культур. Выявлена связь показателей фотосинтетической деятельности растений с их урожайностью: у озимой пшеницы – с эффективностью использования воды ($r = 0,46$); у яровой пшеницы – с интенсивностью транспирации ($r = 0,71$); у гороха посевного – с интенсивностью фотосинтеза (r от +0,33 до +0,56); у сои – с интенсивностью фотосинтеза ($r = 0,72$) и устьичной проводимостью ($r = 0,54$).

Теоретическая и практическая значимость исследований. Разработаны способы оценки и отбора перспективного генетического материала по интенсивности фотосинтеза (Патент РФ 2626586), устьичной проводимости паров воды (Патент РФ 2685151), отзывчивости на освещенность (Патент РФ 2694197), эффективности использования воды (Патент РФ 2720426 01) и отзывчивости на концентрацию углекислого газа (Патент РФ 2740216). Выделены ценные источники высокой активности фотосистемы II, интенсивности фотосинтеза, устьичной проводимости, эффективности использования воды, отзывчивости на свет и адаптивности к условиям среды для использования в селекции озимой и яровой пшеницы, гороха посевного, сои, кормовых бобов и чечевицы обыкновенной. Для создания сортов зерновых (озимая и яровая пшеницы) и зернобобовых (горох, соя, кормовые бобы, чечевица) культур с повышенной активностью и эффективностью фотосинтеза разработан методический порядок оценки исходного материала: у зерновых культур по флаговому листу в период массового налива зерновок с 8:00 до 11:00 часов, а у зернобобовых – по листьям 1-го плодоносящего узла в фазу плоского боба с 8:00 и до 11:00 часов у гороха посевного, и с 9:30 до 12:30 часов – у сои на 3 лист сверху главного стебля. Разработанные способы отбора перспективного генетического материала и методический порядок оценки исходного материала внедрены в селекционном процессе научных учреждений региона при создании сои Мезенка (А.с. №61032 от 11.08.2016), гороха Оптимус (А.с. № 61033 от 19.03.2015) и гречихи Даша (А.с. №68891 от 17.2018). Экономическая оценка выращивания генотипов с разной активностью и эффективностью фотосинтетической деятельности растений показала, что сорта гороха посевного с высокой интенсивностью фотосинтеза формировали урожайность на 18% больше и сои с высокой устьичной проводимостью на 38%, что позволило повысить рентабельность производства до 70,3%, а прибыль от реализации продукции на 66% и 91%, соответственно. Целенаправленная селекция зерновых и зернобобовых культур на повышение активности

и эффективности фотосинтеза растений позволит повысить их урожайность на 15-20%, а разработанные способы и методы отбора существенно сократить время и трудоемкость селекции на 1-2 года. С целью практической реализации на горохе посевном было проведено 8 комбинаций парных скрещиваний, полученные гибриды отличались высокой интенсивностью фотосинтеза: от 7,0 мкмоль $\text{CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ у Фараон х Спартак и до 9,5 мкмоль $\text{CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ у Пап 485/4 х Фараон. Их оценка по показателям фотосинтеза, продуктивности и биохимическому качеству зерна позволила создать и зарегистрировать сорт гороха посевного Оптимус (авторское свидетельство №61033), районированный по Северо-Западному, Западно-Сибирскому региону страны. Оценка коллекции перспективных сортов и генотипов сои по показателям качества зерна и фотосинтетической деятельности растений послужила основой для выведения сорта Мезенка (авторское свидетельство №61032).

Для создания адаптивных сортов озимой пшеницы, предложена схема скрещивания, выделенных генотипов по комплексу полезно-хозяйственных признаков, полученные гибриды в настоящий момент находятся в селекционной проработке. Установленное широкое варьирование генотипов яровой пшеницы по показателям фотосинтеза, позволило выделить родительские формы и составить схемы скрещивания, полученные гибридные линии по показателям фотосинтеза превышают или не уступают родителям. Их можно рекомендовать для селекции культуры по созданию сортов нового поколения – с повышенной активностью и эффективностью фотосинтеза. Результаты исследования о видовых и сортовых особенностях фотосинтетической активности листьев растений зерновых и зернобобовых культур используются в образовательном процессе при подготовке магистров по направлению 35.04.04 Агрономия, профиль Научно-методические основы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур и при подготовке аспирантов по специальности 4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология растений, а также на курсах повышения

квалификации по дополнительной профессиональной программе «Показатели фотосинтетической деятельности растений в селекции сельскохозяйственных культур».

Положения, выносимые на защиту.

1. Видовые особенности фотосинтетической, транспирационной и устьичной активности листьев растений у зерновых (озимая и яровая пшеницы) и зернобобовых (горох посевной, соя) культур в условиях Центрально-Черноземного региона РФ и их значение в селекции.

2. Генотипическая специфика фотосинтетической, транспирационной и устьичной активности листьев у зерновых (озимая и яровая пшеницы) и зернобобовых (горох посевной, соя) культур и ее использование при создании сортов нового поколения, формирующих высокий, стабильный и экологически безопасный урожай за счет повышенной активности и эффективности фотосинтетической деятельности растений.

3. Способы отбора перспективного исходного материала у озимой и яровой пшеницы, гороха посевного и сои по интенсивности фотосинтеза, устьичной проводимости, эффективности водопотребления, отзывчивости на инсоляцию и повышенную концентрацию CO₂ в воздухе.

4. Перспективный исходный материал и источники повышенной активности и эффективности фотосинтеза листьев для использования в селекции зерновых (озимая и яровая пшеницы) и зернобобовых (горох посевной, соя, кормовые бобы, чечевица) культур.

Степень достоверности и апробация работы. Степень достоверности результатов исследований подтверждена многолетними исследованиями, необходимым количеством выполненных наблюдений, измерений и анализов согласно общепринятым методикам, ГОСТам и рекомендациям, с последующей статистической обработкой полученных данных, внедрением результатов в производство и их апробацией в печати.

Научные результаты исследований опубликованы в 75 научных работах, из них в рецензируемых научных изданиях – 23, в журналах, индексиру-

емых в базах Web of Science и Scopus – 3, монография (в соавторстве) – 1, патентов РФ – 5, авторских свидетельств на сорта – 3.

Анализ печатных работ соискателя показал, что в них представлены основные научные результаты диссертационной работы.

Методология и методы исследования. Методология исследований базируется на традиционных методах селекции (гибридизация, отбор) проведении полевых и лабораторных исследованиях, анализа полученных результатов статистическими и математическими методами, на выделении и отборе перспективных генотипов с высокими показателями фотосинтеза растений сельскохозяйственных культур и вовлечении его в селекцию.

Соответствие диссертации и автореферата. Диссертационная работа содержит все необходимые разделы. Автореферат отражает содержание диссертации.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 435 страницах и включает: обзор литературы, экспериментальную часть из 7 глав, заключение, предложения по использованию результатов исследования, список литературы и приложения. В работе содержится 53 таблицы, 195 рисунков и 10 приложений. Список литературы включает 735 литературных источников, из которых 494 на иностранных языках.

Во введении (стр. 6-17) соискателем заявлена актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследований. Автор раскрывает научную новизну, теоретическую и практическую значимость научных исследований, определяет основные положения, выносимые на защиту, представляет апробацию работы, методологию и методы исследований, степень достоверности результатов, приводит структуру и объем диссертации.

В первой главе (стр. 18-65) «Фотосинтетическая деятельность растений сельскохозяйственных культур» соискателем представлен аналитический обзор литературных источников, раскрывающий влияние ряда факторов на фотосинтетическую активность сельскохозяйственных растений, видовые и генотипические особенности фотосинтетической деятельности.

Во второй главе (стр. 66-83) «Место, опытный материал, методика и условия проведения исследования» автором представлена методика проведения исследований, изучаемый материал, схема опыта, охарактеризованы почвенно-климатические условия. Представленный материал, методика исследований соответствуют современному уровню проведения экспериментов в селекции. Погодные условия в годы выполнения экспериментов отличались разнообразием агроклиматических условий, что позволило в полной мере оценить изучаемый материал.

В третьей главе (стр. 84-123) «Видовые и сортовые особенности фотосинтеза, транспирации и устьичной проводимости листьев у яровой пшеницы» автор оценил активность реакций световой и темновой фазы фотосинтеза листьев; транспирационную активность и ее влияние на фотосинтез листьев; устьичную проводимость и ее влияние на интенсивность фотосинтеза и транспирацию листьев растений; влияние погодных условий на фотосинтез листьев растений; влияние интенсивности света на фотосинтез листьев растений; генотипические особенности проявления активности световых и темновых реакций фотосинтеза листьев у растений культуры; транспирационную активность и особенности ее влияния на фотосинтез листьев у различных генотипов культуры; генотипическую специфику проявления устьичной проводимости листьев у растений культуры; реакцию фотосинтеза генотипов культуры на изменение погодных условий вегетации растений; реакцию фотосинтеза генотипов культуры на изменение светового режима вегетации растений.

Проведенная селекционная работа показала, что у всех изученных гибридных комбинаций можно выделить линии, которые по активности и эффективности фотосинтеза превышают или не уступают родителям. В гибридной комбинации Кинельская Нива × Любава такими линиями являются 105/2 и 105/5; в гибридной комбинации Кинельская юбилейная × Кинельская Нива – линии 106/4, 106/6, 106/7 и 106/8; в гибридной комбинации Кинельская Нива × Дарья – линии 157/5 и 157/10. Несомненно, данные линии представляют

большой интерес для дальнейшей селекции культуры по созданию сортов нового поколения – с повышенной активностью и эффективностью фотосинтеза.

В четвертой главе (стр. 124-162) «Видовые и сортовые особенности фотосинтеза листьев у озимой пшеницы» соискателем установлено, что показатели активности фотосинтеза листьев у озимой пшеницы, так же, как и у яровой, имеют высокую генотипическую обусловленность и широкий интервал варьирования, что позволяет эффективно осуществлять по ним целенаправленную селекционную работу. Активность темновых реакций фотосинтеза листьев существенным образом зависит от генотипических особенностей, фазы роста, места расположения листьев на растении и их устьичной проводимости, что необходимо учитывать при оценке и отборе перспективных генотипов культуры по показателям фотосинтетической деятельности.

Для создания сортов с высокой фотосинтетической активностью листьев в качестве исходного материала автор рекомендует использовать генотипы: Лютесценс 3608, Черноземка 115, Джангаль, Бригада, Морозко, Трио. Для создания сортов с высокой эффективностью фотосинтетического аппарата – генотипы характеризующихся высокой активностью фотосинтеза и низкой транспирацией: Московская 39, Финезия, Глафира, Антонина, Бригада. Для создания высокоурожайных сортов – генотипы с высокими полезно-хозяйственными признаками: Московская 39, Московская 40, Немчиновская 17, Немчиновская 57, Аксинья, Губернатор Дона, Казачья, Ариадна, Антонина, Бригада.

В пятой главе (стр. 163-199) «Видовые и сортовые особенности фотосинтеза, транспирации и устьичной проводимости листьев у гороха посевного» доказано, что сортообразцы гороха посевного существенно различаются по реакции фотосинтетической системы растений на изменение светового режима. Наиболее выраженные различия между сортообразцами культуры по отношению к свету отмечаются при освещенности 1000

моль/м²с, когда наступает световое насыщение фотосинтеза. У генотипов гороха с усатой формой листа оно проявляется при более высокой инсоляции, по сравнению с традиционными листочковыми сортами. Данные такого характера указывают на то, что в селекции культуры можно проводить целенаправленную работу по созданию, как светолюбивых, так и теневыносливых сортов. Реализация данного направления позволило бы существенно повысить эффективность не только самой селекции, но и сельскохозяйственного производства в целом.

В шестой главе (стр. 200-247) «Видовые и сортовые особенности фотосинтеза, транспирации и устьичной проводимости листьев у сои» автором установлено, что в селекции сортов сои северного экотипа оценку селекционного материала и отбор перспективных генотипов по показателям активности фотосинтеза целесообразно проводить при интенсивности освещения 1000 мкмоль квантов света/м²с, тогда как при создании сортов для южных регионов страны или возделываемых на производстве широко-рядным способом посева, эту работу следует осуществлять при уровне инсоляции 1500 мкмоль квантов света/м²с, чтобы достичь большей эффективности использования фотосинтетически активной радиации.

При оценке и отборе перспективных генотипов сои по показателям фотосинтетической деятельности важно также учитывать фазу роста, место расположения листьев на растении и их устьичную проводимость. В главе представлена также характеристика фотосинтетической активности листьев у растений кормовых бобов и чечевицы обыкновенной.

В седьмой главе (стр. 248-301) «Методические подходы, способы оценки исходного материала и отбор перспективных форм» автор методически обосновал отбор перспективного исходного материала по показателям фотосинтетической активности; отбор по интенсивности фотосинтеза листьев; отбор по устьичной проводимости; отбор по эффективности использования воды; отбор на повышенное содержание углекислого газа в воздухе; перспективный селекционный материал и источники высокой ак-

тивности и эффективности использования энергии фотосинтеза. По результатам исследования дана оценка связи производственно-экономических показателей сорта с фотосинтетической деятельностью растений зерновых и зернобобовых культур; взаимосвязи урожайности и качества зерна с показателями фотосинтеза растений; экономической и социальной значимости полученных результатов исследования. Представлены рекомендации по внедрению результатов исследований в селекцию, производство и образование.

Завершается диссертационная работа общим заключением, предложениями по использованию результатов исследования, перспективами дальнейшей разработки темы исследования, списком литературы и приложениями.

Заключение логично вытекает из материалов, представленных в работе и не противоречит основным защищаемым положениям.

Предложения и рекомендации производству в достаточной мере обоснованы результатами выполненных соискателем исследований.

Список литературы составлен в соответствии с действующими требованиями и включает работы, упомянутые в тексте.

Основные выводы и полученные результаты, приведенные в заключении диссертационной работы, соответствуют поставленной цели и задачам научных исследований автора.

Автореферат диссертации и опубликованные научные статьи полностью отражают содержание диссертационной работы.

Оценивая диссертационную работу положительно, необходимо отметить ряд замечаний и пожеланий:

1. В диссертационной работе в разделе «2.2. Опытный материал» следовало бы изучаемый материал представить иначе, чтобы избежать повтора при ссылке на Приложение Б 1 и т.д.

2. Считаю, что фотографии из раздела «2.3 Методика проведения учетов и наблюдений» следовало бы представить в приложениях, так как они не несут информационную нагрузку.

3. При статистической оценке показателей, например, урожайности (Рисунок 27) необходимо показывать НСР₀₅.

4. В таблицах результатов статистической обработки изучаемых признаков следовало бы показать значения Критерия Фишера $F_{\text{факт}}$. (таблица 7, 9, 11, 18 и т. д.).

5. В результативной части диссертационной работы слишком много ссылок на исследования других ученых. Чем это обосновано?

6. В результативной части диссертации очень часто употребляется выражение «генотипические различия», «генетический материал», «генотипы», но по сути данных генетического анализа не приводится. Что вы вкладываете в эти понятия? Насколько правомочно использование данных выражений?

7. Следует отметить некорректное оформление некоторых таблиц и рисунков (таблица 1, 19, 21, 22; рисунок 36).

8. Необходимо указать на имеющиеся в тексте орфографические погрешности, опечатки, стилистические ошибки (стр. 55, 70, 72, 107, 210).

Однако, сделанные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной работы.

Заключение

Диссертационная работа Чекалина Евгения Ивановича на тему: «Научно-методическое обоснование селекции зерновых и зернобобовых культур на повышение активности и эффективности фотосинтеза» является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему и содержащей совокупность результатов, представляющих значимую ценность для теории и практики в области селекции зерновых и зернобобовых культур.

По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, объему выполненных экспериментальных исследований, апробации и публикациям работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Чекалин Евгений Иванович, заслуживает присуждения ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.2. – Селекция, семеноводство и биотехнология растений.

Отзыв на диссертационную работу Чекалина Е.И. обсуждался на заседании кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХ им. К.А. Тимирязева, протокол № 79 от 27 марта 2025 г.

16.04.2025 г.

Вертикова Елена Александровна



доктор сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений, доцент, профессор кафедры генетики, селекции и семеноводства

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Тел.8 (499) 976-0480; e-mail: info@rgau-msha.ru

Подпись Вертиковой Елены Александровны заверяю:

