



Научная статья

УДК 631.6

doi: 10.55186/25876740\_2025\_68\_6\_806

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УРОЖАЙНОСТЬ РИСА В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ТЕХНОГЕННЫХ УГРОЗ НА ЮГЕ РОССИИ

**И.А. Приходько, Е.Ф. Чебанова, Г.А. Молчанова**Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,  
Краснодар, Россия

**Аннотация.** Стратегической и жизненно важной задачей на протяжении всей истории России было получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Благополучие страны напрямую зависит от обеспечения продовольственной безопасности агропромышленным комплексом страны. Во все времена реализация этой задачи ставила перед работниками агропромышленного комплекса сложную задачу, решение которой во многом зависит от множества стохастических факторов. В последние десятилетия таких факторов становится все больше и все сложнее становится гарантировать получение гарантированно высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Из основных факторов можно отметить климатические изменения, нарастающий дефицит водных ресурсов и растущие риски техногенных угроз в водохозяйственном комплексе России. Особенно резко эти факторы отмечены на Юге России, где и сосредоточено основное производство сельскохозяйственной продукции. В наибольшей степени от этих факторов страдает рисоводческая отрасль, так как именно она является самой трудо- и ресурсозатратной. Поэтому цель проведенных нами исследований — выполнить анализ факторов, влияющих на урожайность риса, и найти способы оптимизации существующих технологий возделывания риса с учетом негативных факторов, воздействующих на возделывания риса. Исследования проводились в КФХ «Головин Григорий Николаевич» Калининского района Краснодарского края в 2021–2024 гг. Были изучены и определены связи между продуктивностью фотосинтеза листовой поверхности, накоплением сухого вещества растением и урожайностью посевов сортов риса Рапан и Патриот интенсивного типа. Установлены количественные показатели в формировании фотосинтетического потенциала при различных вариантах вносимых доз азота, что позволило изучить изменение чистой продуктивности фотосинтеза и накопление биомассы растениями обоих сортов. Установлено, что самый высокий биологический урожай у сорта Рапан получен при двукратном ( $N_{50}$  основное +  $N_{100}$  в 3 листа) внесении азота, а у сорта Патриот достигал  $1,18 \text{ кг/м}^2$  при внесении  $N_{100}$  в 3 листа, при суммарной дозе  $200 \text{ кг/га}$ .

**Ключевые слова:** рисовая оросительная система, фотосинтетический потенциал, азотные удобрения, урожайность риса, подкормка риса

**Благодарности:** исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 24-26-20003.

Original article

## ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING RICE PRODUCTIVITY IN CONDITIONS OF WATER RESOURCES SCARCITY AND MAN-MADE THREATS IN THE SOUTH OF RUSSIA

**I.A. Prikhodko, E.F. Chebanova, G.A. Molchanova**

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

**Abstract.** A strategic and vital task throughout the history of Russia has been to obtain stable yields of agricultural crops. The well-being of the country directly depends on ensuring food security by the country's agro-industrial complex. At all times, the implementation of this task has posed a difficult task for workers in the agro-industrial complex, the solution of which largely depends on many stochastic factors. In recent decades, such factors have become more and more numerous and it has become increasingly difficult to guarantee the receipt of guaranteed high yields of agricultural crops. Among the main factors, one can note climate change, the growing shortage of water resources and the growing risks of man-made threats in the water management complex of Russia. These factors are especially sharply noted in the South of Russia, where the main production of agricultural products is concentrated. The rice growing industry suffers from these factors to the greatest extent, since it is the most labor- and resource-intensive. Therefore, the purpose of our research was to analyze the factors affecting rice yields and find ways to optimize existing rice cultivation technologies, taking into account the negative factors affecting rice cultivation. Our research was carried out in the peasant farm "Golovin Grigory Nikolaevich" of the Kalininsky district of the Krasnodar region in 2021–2024. The relationships between the productivity of leaf surface photosynthesis, the accumulation of dry matter by the plant and the yield of intensive rice varieties Rapan and Patriot were studied and determined. Quantitative indicators in the formation of photosynthetic potential were established with various options for the applied doses of nitrogen, which made it possible to study the change in the net productivity of photosynthesis and the accumulation of biomass by plants of both varieties. It was found that the highest biological yield in the Rapan variety was obtained with a double ( $N_{50}$  main +  $N_{100}$  in 3 leaves) application of nitrogen, and in the Patriot variety it reached  $1.18 \text{ kg/m}^2$  when  $N_{100}$  was applied in 3 leaves, with a total dose of  $200 \text{ kg/ha}$ .

**Keywords:** rice irrigation system, photosynthetic potential, nitrogen fertilizers, rice yield, rice fertilization

**Acknowledgements:** the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation № 24-26-20003.

**Введение.** Важной и актуальной темой на Юге России является изучение факторов, влияющих на урожайность риса [1], учитывая его значимость для аграрного сектора страны, а также влияющего на экономическое развитие региона. Южный Федеральный округ является ключевым регионом России, где рисоводство занимает ключевую роль в сельском хозяйстве [2, 3]. Основной продовольственной культурой страны является рис [4], который, в свою очередь, требует особого внимания к условиям возделывания.

Климатические условия играют важную роль в формировании урожайности риса, в частности — температура, уровень осадков, а также солнечное освещение. В связи с глобальным изменением климата важно выявить как эти факторы влияют на рост и развитие данной культуры.

Помимо выше перечисленных факторов, на урожайность риса также оказывает влияние тип и плодородие почвы [5]. Различные виды почв обладают свойствами, физическими и химическими, которые могут как способствовать развитию растения, так и препятствовать. Стоит

отметить, что для успешного возделывания риса важно использование удобрения и других агрономических практик [6, 7].

При анализе урожайности нужно учитывать экономическую эффективность рисоводства как ключевой фактор. На финансовые результаты агрокомпаний и фермеров существенно влияют оптимизация производственных процессов [8], улучшение инфраструктуры [9], а также доступ к рынкам сбыта [10]. Важно понимать взаимосвязь между экономическими и агрономическими аспектами, которые могут быть



интегрированы в единую стратегию управления рисоводством.

За основу развития рисоводства можно взять инфраструктуру, которая включает физические объекты, ирригационную систему и транспортные пути, которые эффективно взаимодействуют в производственном процессе. Способствовать улучшению инфраструктуры может не только повышение урожайности, но и улучшение качества сельского хозяйства, что, в свою очередь, является важным аспектом устойчивого развития региона [11].

Все вышеперечисленные факторы совместны с комплексным подходом к управлению рисоводством являются необходимым условием для достижения результатов. Такой подход может позволить интегрировать разные аспекты (агрономические, экономические и социальные) в единую стратегию для более эффективного и рационального использования ресурсов и повышения продуктивности.

В связи с глобальным изменением климата необходимо рассматривать все возможные сценарии развития рисоводства, что включает адаптацию к новым условиям выращивания, а также использование инновационных практик, которые способствуют устойчивому развитию данной отрасли.

Таким образом, данная работа направлена на анализ факторов, влияющих на урожайность риса на Юге России, с учетом климатических и почвенных изменений, современных технологий и комплексных подходов к использованию ресурсов для повышения урожайности. В результате анализа будут приведены способы улучшения урожайности риса и повышения устойчивого выращивания культуры в регионе, что имеет важное значение для экономики страны, а также местных фермеров.

Температура, осадки, влажность — данные климатические условия существенно влияют на рост и развитие такой культуры, как рис. Рис — влаголюбивая культура, нуждающаяся в особом световом режиме, которая произрастает в определенных климатических условиях. Во время глобального изменения климата Юг России сталкивается с рядом особенностей, которые отражаются на выращивании сельскохозяйственных культур.

**Основная часть.** Важным параметром в период вегетации является среднегодовая температуры [12]. Рис является привередливой культурой, которая нуждается в большом количестве тепла для формирования и развития зерен и побегов [13]. Недостаток тепла негативно сказывается на растении [14]: замедляется процесс фотосинтеза, снижается продуктивность культуры. Оптимальная температура для выращивания риса варьируется от 22 до 35°C.

Немаловажным фактором для увеличения урожайности риса является количество осадков [15]. В период образования колоса и зерна рис нуждается в постоянном увлажнении, но стоит учесть, что избыточное количество осадков влечет за собой затопление полей, вызывающее заболевания растений, тогда как недостаток влаги снижает уровень урожайности. Для того чтобы держать водный баланс растения применяют системы полива. Рациональное использование воды, совместно с климатическими особенностями региона, влияют на результаты выращивания культуры.

Помимо этого, относительная влажность воздуха и водный режим почв также влияют на урожайность [16]. Высокая влажность и низкая температура могут спровоцировать образование

грибковых заболеваний, которые негативно влияют на качество и количество производимого растениями урожая. Для предотвращения подобных ситуаций на Юге России применяют различные агротехнические технологии, например, внесение фунгицидов (для борьбы с грибковыми заболеваниями), а также создание сортов, способных адаптироваться к местным условиям.

Немаловажным фактором при выращивании культуры риса является световой режим. В условиях Юга России стоит учитывать его географическое расположение, в Краснодарском крае насчитывается около 230 солнечных дней в году. Часто количество солнечных часов в день может превышать норму, что влечет за собой увеличение фотосинтетической активной радиации, при недостатке влаги это особенно негативно сказывается на урожайности растения, вызывая стрессовую реакцию.

Глобальные климатические изменения требуют внесения изменений в агрономические практики, например, корректировки сроков посева. Таким образом, предыдущие временные рамки для высадки риса могут быть неэффективными при изменении уровня осадков или же температуры. Чтобы предотвратить риски снижения урожайности требуется адаптация к изменяющимся условиям.

Важно учитывать антропогенные воздействия на решение проблем, например, разработка сортов, устойчивых к засухе, влечет за собой не только увеличение количества урожая, но и помогает минимизировать использование воды для орошения. Использование метеорологических станций в сельском хозяйстве помогает принимать агрономические решения ориентированные на прогноз погоды.

Можно сделать вывод, что климатические условия при выращивании риса на Юге России являются важным, многогранным фактором. Начиная от показателей температуры и до количества осадков, они играют важную роль в выборе метода выращивания риса. Для улучшения качества и увеличения количества производимого урожая стоит учитывать погодные условия и исходя из этого подбирать агрономические практики, способствующие эффективному

управлению рисоводством на Юге России. На рисунке представлен график урожайности и валовой сбор риса в Краснодарском крае в период с 1980 по 2023 гг.

Солончаковые и солонцовые почвы присутствуют в ряде рисопроизводящих регионов, создавая сложности при возделывании культуры. Повышенное содержание минеральных солей в почвенных слоях значительно затрудняет поглощение влаги корневой системой растений. Засушливые периоды усугубляют проблему солонцов, требуя комплексных мелиоративных мероприятий. Рациональное применение удобрений совместно с методами снижения засоленности почвы позволяет оптимизировать процесс выращивания риса в подобных условиях.

Регулярный мониторинг кислотности почвы служит ключевым фактором успешного выращивания риса, поскольку культура достигает максимальной продуктивности при нейтральных или умеренно кислых показателях pH. Практика известкования почв и применение специализированных агротехнических методов позволяют поддерживать оптимальный баланс кислотности. Повышенная концентрация ионов водорода в почвенном растворе существенно ограничивает усвоение растениями основных питательных веществ, включая азотные, фосфорные и калийные соединения, значительно замедляя рост и развитие рисовых посевов.

Помимо кислотности, при выращивании риса, стоит обратить внимание на проницаемость почвы, то есть на ее способность пропускать через себя воду и воздух. Физические характеристики почвенного слоя напрямую определяют развитие корневой системы растений и способность поглощать минеральные вещества из грунта. Нарушенная структурность почвенных частиц создает условия для переувлажнения субстрата, провоцируя развитие патогенных микроорганизмов и снижая продуктивность сельскохозяйственных культур вследствие поражения корневой системы различными заболеваниями.

Месторасположение участков, особенности местного рельефа и сезонная динамика существенно влияют на характеристики почвенного покрова. Прибрежные зоны водных артерий

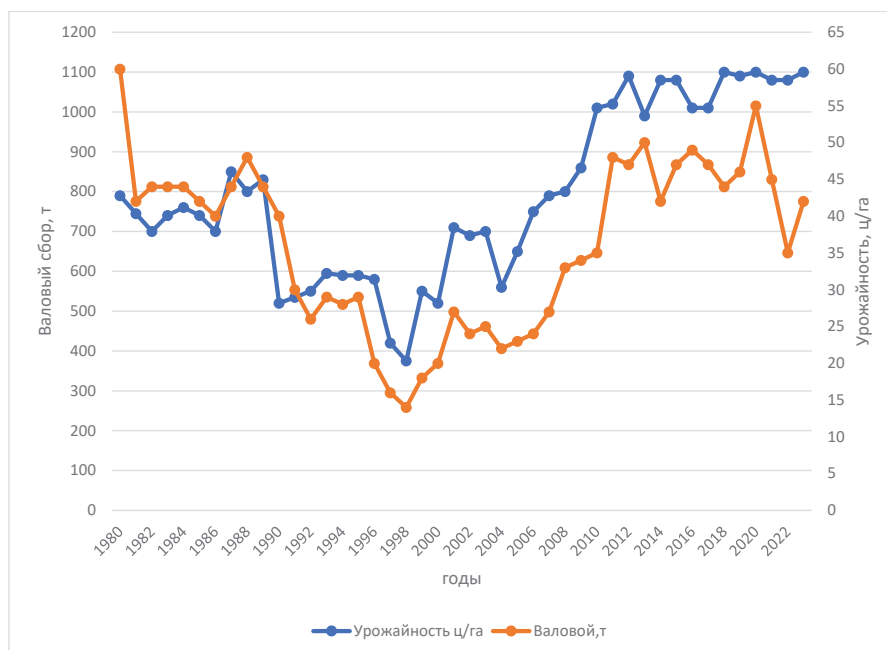


Рисунок. Урожайность и валовой сбор риса в Краснодарском крае  
Figure. Rice yield and gross harvest in Krasnodar region





создают оптимальный гидрологический режим, способствующий эффективному выращиванию рисовых культур. Водные ресурсы бассейнов Кубани и Дона формируют развитую ирригационную систему, обеспечивающую необходимый уровень плодородия сельскохозяйственных земель и максимальную продуктивность агрокультур.

В современных условиях деградация почвенного покрова усиливается под влиянием климатических изменений и масштабной антропогенной нагрузки. Эрозионные процессы охватывают все большие территории сельскохозяйственных угодий, приводя к истощению гумусового горизонта и накоплению техногенных загрязнителей в агроэкосистемах. Специалисты аграрного сектора разрабатывают комплексные подходы для укрепления почвенной структуры, гармонично сочетая традиционные агротехнические приемы с инновационными методами земледелия при соблюдении экологических норм природопользования.

Комплексное исследование взаимосвязи почвенных параметров с продуктивностью рисовых культур остается актуальной задачей современного растениеводства. Специфические свойства каждого сельскохозяйственного участка определяют необходимость разработки индивидуальных подходов к возделыванию риса для достижения оптимальных показателей урожайности. Внедрение инновационных методов агротехники совместно с систематическим анализом состава и структуры почв позволяет специалистам своевременно корректировать технологические карты выращивания и максимизировать эффективность рисовых чеков.

Современное рисоводство активно внедряет передовые технологические решения для максимизации производительности агропромышленного комплекса. Автоматизированные системы мониторинга, основанные на спутниковой навигации, позволяют аграриям осуществлять детальную оценку состояния посевных площадей. Высоточное земледелие, использующее геоинформационные технологии, обеспечивает рациональное распределение агрохимических препаратов на каждом участке рисовых полей. Применение инновационных методов существенно минимизирует затраты сельхозпроизводителей при одновременном снижении негативного влияния на экологическую обстановку региона.

Современные методы селекции позволяют создавать модифицированные разновидности риса с улучшенными характеристиками. Агрономические исследования демонстрируют значительную адаптивность новых сортов к экстремальным природным факторам, включая длительное отсутствие влаги и избыточное увлажнение почвы. Обогащенный микроэлементами состав зерна в сочетании с существенным приростом продуктивности обеспечивает растущий спрос среди производителей сельскохозяйственной продукции.

Экономическая эффективность рисоводства значительно зависит от характеристик посевных территорий. Максимальную урожайность демонстрируют участки с тяжелыми почвами, обладающими высокой влагоудерживающей способностью, при обязательном наличии развитой логистической системы складирования и транспортировки собранного урожая.

Современные агротехнологические решения существенно увеличивают продуктивность сельскохозяйственных угодий посредством внедрения комплексных систем автоматизации.

Инфраструктурное обеспечение рисоводческих комплексов Южного региона России формирует основу стабильного производства сельскохозяйственной продукции. Многокомпонентная система материально-технического и организационного обеспечения создает условия для реализации полного производственного цикла, охватывающего агротехнические мероприятия, уборку урожая и последующую дистрибуцию готовой продукции. Эффективность функционирования рисоводческих предприятий определяется комплексным взаимодействием производственных элементов, обеспечивающих высокую результативность сельскохозяйственной деятельности.

Развитая ирригационная инфраструктура обеспечивает бесперебойное водоснабжение рисовых чеков, включая разветвленную систему водных артерий, современные насосные комплексы и накопительные резервуары, что значительно снижает зависимость урожайности от климатических факторов.

Развитая система транспортных коммуникаций обеспечивает бесперебойное снабжение рисоводческих предприятий посевным материалом, агрохимикатами и производственными ресурсами, одновременно облегчая реализацию выращенного урожая. Модернизированная сеть автомобильных и железных дорог существенно сокращает логистические издержки при перевозках и минимизирует временные затраты на доставку грузов.

Логистические центры и складские помещения выступают ключевыми звеньями в системе товародвижения сельскохозяйственной продукции. Рациональная организация хранения собранного урожая минимизирует производственные издержки при одновременном сохранении высоких потребительских свойств продукта. Современные специализированные зернохранилища, оснащенные передовыми системами, обеспечивают оптимальные условия для длительного содержания.

Рациональное применение современных агротехнологий служит основой максимально продуктивного возделывания риса. Внедрение прецизионных методов полива, включая капельное орошение, значительно сокращает расход воды при выращивании культуры в условиях климатических изменений. Своевременное проведение комплекса агротехнических операций создает благоприятную среду для вегетации растений. Комбинированное использование органических и минеральных удобрений с учетом потребностей культуры на разных этапах развития обеспечивает существенный прирост урожайности рисовых полей.

Эффективная организация рисоводческого хозяйства требует комплексного подхода, направленного на формирование адаптивных производственных систем с учетом региональной продовольственной безопасности и социально-экономического развития сельских территорий. Многофакторный анализ и стратегическое планирование позволяют создавать устойчивые агропромышленные комплексы, отвечающие современным вызовам и обеспечивающие преемственность сельскохозяйственных традиций.

Современное рисоводство активно интегрирует природоохранные технологии в производственный процесс. Экологически безопасные удобрения и передовые методики поддержания разнообразия биологических видов способствуют формированию стабильных агроэкосистем, адаптированных к меняющимся природным условиям. Международные рынки демонстрируют

растущий спрос на продукцию устойчивого земледелия, превращая экологичность производства в значимое рыночное преимущество.

Рентабельность производства риса требует комплексного подхода к модернизации агропромышленного комплекса. Совершенствование методов выращивания, рациональное использование водных ресурсов и внедрение передовых технологий формируют основу рентабельного рисоводства. Модернизированная транспортно-логистическая система существенно снижает операционные издержки и расширяет возможности реализации продукции на региональных и международных рынках. Развитая инфраструктура агропромышленного комплекса способствует повышению инвестиционной составляющей отрасли и укреплению позиций отечественных производителей.

Эффективное развитие рисоводческой отрасли требует всестороннего управленческого подхода, объединяющего передовые достижения агрономической науки, экономического планирования, природоохранных технологий и инновационных методик. Рациональная интеграция междисциплинарных знаний позволяет сформировать оптимальную систему менеджмента, обеспечивающую долгосрочную устойчивость производства.

Эффективное управление рисоводством в Южном федеральном округе России требует всестороннего мониторинга агрономических, климатических и технологических параметров производства. Рациональное применение передовых методик возделывания риса, совместно с модернизацией производственной инфраструктуры, способствует максимальной реализации потенциала урожайности культуры. Стабильное развитие рисоводческого комплекса укрепляет продовольственную независимость государства и стимулирует экономический рост сельскохозяйственного сектора региона.

Для повышения продуктивности посевов необходима разработка мероприятий, направленных на максимальное использование фотосинтетических функций растений и на получение наибольшего количества продуктов фотосинтеза.

**Материалы и методы.** В целях установления связи между продуктивностью фотосинтеза листовой поверхности, накоплением сухого вещества растением и урожайностью посевов сортов риса интенсивного типа (среднеспелый Рапан и среднепозднеспелый Патриот) полевые опыты были проведены в КФХ «Головин Григорий Николаевич» Калининского района Краснодарского края в 2021-2024 гг. Почвы опытного участка — лугово-черноземовидные. Вносили удобрения из расчета двух суммарных доз азота (150 и 200 кг/га), но с разными дозами азота в основное внесение и подкормку. Варианты различались по количеству азота, вносимого в основное, при подкормке в фазе 3-х листьев и при двух подкормках в фазе 3 и 9 листьев. Различия в обеспеченности растений риса азотом вызвали своеобразие в формировании фотосинтетического потенциала, отразились на чистой продуктивности фотосинтеза и накоплении биомассы растениями обоих сортов (табл. 1). Если рассматривать влияние сроков внесения азота при двух суммарных дозах (150 и 200 кг/га), то в фазе выметывания посевов сорта Рапан самый высокий суммарный фотосинтетический потенциал отмечен в вариантах, где давалась ранняя подкормка (в фазе 3 листа) в дозе 100 кг/га (41,27 и 40,81 тыс. м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>).

Меньший, но близкий по значению, фотосинтетический потенциал отмечен при внесении в этот же срок дозы азота 50 кг/га. В данном





случае проявляется эффект дозы, поскольку суммарно внесены те же 150 или 200 кг/га азота.

Допосевное внесение всей дозы азота (150 или 200 кг/га) оказало меньшее действие на формирование фотосинтетического потенциала.

Во всех вариантах опыта внесение подкормки в поздние сроки (у листьев) не влияет на формирование фотосинтетического потенциала.

Таблица 1. Биологическая продуктивность растений риса двух сортов интенсивного типа и их фотосинтетический потенциал в фазе выметывания (2021 г.)

Table 1. Biological productivity of rice plants of two intensive-type varieties and their photosynthetic potential in the emergence phase (2021)

Вариант внесения азота, кг/га	Фотосинтетический потенциал, тыс. м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> посева	ЧПФ г/м <sup>2</sup> , сутки	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
<b>Рапан</b>			
150+0+0 (контроль)	24,86	6,8	163,8
100+50+0	38,92	7,6	274,3
50+100+0	41,27	7,8	288,2
50+50+50	34,95	8,4	247,0
100+0+50	22,06	6,6	119,6
200+0+0 (контроль)	25,92	4,8	141,3
150+50+0	37,67	7,6	275,3
100+100+0	40,81	8,3	351,9
100+50+50	37,97	7,6	275,3
150+0+50	24,25	6,2	134,4
<b>Патриот</b>			
150+0+0 (контроль)	42,77	5,2	234,0
100+50+0	61,16	7,1	420,0
50+100+0	66,36	7,7	497,0
50+50+50	54,01	7,1	369,9
100+0+50	28,20	5,2	209,6
200+0+0 (контроль)	57,53	5,2	287,7
150+50+0	69,54	7,7	525,0
100+100+0	66,83	9,0	561,6
100+50+50	59,97	7,0	408,9
150+0+50	48,45	5,1	244,8

Таблица 2. Урожайность посевов сортов риса интенсивного типа при различной обеспеченности азотом (2022–2024 гг.)

Table 2. Yield of intensive rice varieties with different nitrogen supply (2022–2024)

Вариант внесения азота, кг/га	Рапан		Патриот	
	биологическая, г/м <sup>2</sup>	хозяйственная, ц/га	биологическая, г/м <sup>2</sup>	хозяйственная, ц/га
150+0+0 (контроль)	488	42,6	647	59,5
100+50+0	823	77,0	875	77,9
50+100+0	949	93,0	1120	97,2
50+50+50	796	73,0	894	79,2
10+0+50	621	56,6	578	56,7
200+0+0 (контроль)	530	48,7	630	58,7
150+50+0	891	83,0	1116	95,9
100+100+0	937	92,5	1176	98,2
100+50+50	925	80,4	1045	94,3
150+0+50	576	54,2	662	62,5

Дробление всей дозы на две с проведением поздней подкормки оказалось или малоэффективным, или действие подкормки совсем не проявлялось. Ранняя, при одной и той же суммарной дозе азота, подкормка — в 3 листа оказывается наиболее эффективной.

Эта же закономерность в формировании отмечена у среднепозднего сорта Патриот. Абсолютное значение фотосинтетического потенциала по всем вариантам было больше по сравнению с сортом Рапан, что связано с более длительным периодом вегетации. У сорта Патриот эффект действия азота также связан в большей мере с возрастом растения, когда вносится удобрение. Так, при суммарной дозе азота 150 кг/га проведение подкормки в 3 листа с внесением 50 или 100 кг/га значительно повышает фотосинтетический потенциал посева (до 61,16 и 66,36 тыс. м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> против 42,77 тыс. м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в контроле), а при суммарной дозе азота 200 кг/га ранняя подкормка привела к аналогичному увеличению фотосинтетического потенциала — 69,54 и 66,83 против 57,53 тыс. м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в контроле.

У сорта Патриот так же, как у сорта Рапан, поздняя подкормка при уменьшенной дозе азота в основное внесение (100 и 150 кг/га) ухудшает условия формирования фотосинтетического потенциала посева.

Данные по динамике фотосинтетического потенциала позволяют заключить, что стимулирующее действие внесенного азота проявляется в течение 30 дней, ранняя по срокам подкормка оказывает более длительное действие.

Что касается чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), то в фазе выметывания наибольшее ее значение у сорта Рапан отмечено при дробном внесении азота в два срока: перед посевом и в 3 листа. Причем доза азота, вносимого до посева, незначительно или почти не отражается на величине ЧПФ в фазе выметывания. Эффект оказали лишь сроки внесения азота и количество подкормок.

Если сравнивать значение ЧПФ по сортам, то у Патриота оно колеблется по вариантам обоих опытов в той же закономерности, что и у Рапана. Наибольшее значение ЧПФ (9,0 г/м<sup>2</sup>, сутки) приходится на вариант, где в 3 листа вносилось 100 кг/га азота, наименьшее (5,2 г/м<sup>2</sup>, сутки) — на контрольный вариант, где вся доза азота вносилась перед посевом. В отличие от действия сроков подкормок на фотосинтетический потенциал, поздняя подкормка (в 9 листьев) на продуктивности фотосинтеза не сказывается. Составление величины чистой продуктивности фотосинтеза в фазе выметывания у обоих сортов показало, что у Рапана в среднем по вариантам опытов она была выше, чем у Патриота, что связано, вероятно, с длиной вегетационного периода.

Эффективность ассимилирующей деятельности листовой поверхности в конечном счете определяется накоплением биологической массы и образованным урожаем.

При различной обеспеченности азотным питанием до фазы выметывания между этими показателями в наших опытах проявлялась высокая положительная связь.

В фазе выметывания растений обоих сортов связь между фотосинтетическим потенциалом и биологической массой растений оказалась выше ( $r=0,94$  и  $0,99$ ), чем корреляционная связь фотосинтетического потенциала с массой полученного зерна. Это вполне понятно, так как, кроме фотосинтетического потенциала, величина урожая зависит от пустозерности, массы 1000 зерен, степени распределения сухого вещества между вегетативными и генеративными органами.

**Выводы.** Данные по урожайности сортов Рапан и Патриот (табл. 2) подтверждают, что наиболее продуктивная фотосинтетическая деятельность растений обоих сортов проявляется при дробном внесении азота. В этом случае большее действие оказывают сроки внесения, чем дозы.

Самый высокий биологический урожай у сорта Рапан получен при двукратном ( $N_{50}$  основное +  $N_{100}$  в 3 листа) внесении азота. В среднем за 3 года исследований он составил 949 г/м<sup>2</sup> на обычной и 937 г/м<sup>2</sup> на повышенной суммарной дозе азота. Большая прибавка по сравнению с контролем получена при внесении в 3 листа 50 кг/га азота.

Поздняя (в 9 листьев) разовая подкормка почти не отразилась на зерновой продуктивности посевов.

Биологический урожай у среднепозднего сорта Патриот был выше, чем у сорта Рапан. Он достигал 1,18 кг/м<sup>2</sup> при внесении  $N_{100}$  в 3 листа, при суммарной дозе 200 кг/га.

Коэффициент корреляции между фотосинтетическим потенциалом и массой зерна в условиях опыта колебался от 0,77 до 0,94. У сорта Рапан зависимость массы полученного зерна от величины фотосинтетического потенциала более высокая, чем у сорта Патриот, очевидно потому, что у последнего другие факторы, детерминирующие урожайность, оказывают более сильное воздействие.

Хозяйственный урожай опытных сортов при обеих азотных суммарных дозах изменялся в той же закономерности, что и биологический.

Посев, где в 3 листа вносили 100 кг/га азота, оказался самым продуктивным у обоих сортов. Урожайность по сравнению с контролем возросла в среднем в 2 раза у сорта Рапан и в 1,7 раза у сорта Патриот.

Таким образом, дробное внесение азотных удобрений (основное и подкормка в два срока) оказало положительное влияние на фотосинтетическую деятельность растений в посевах обоих сортов и значительно повысило их урожайность.

Поздние подкормки в фазе 9 листьев не оказывают соответствующего положительного действия на формирование листовой поверхности, чистую продуктивность фотосинтеза и урожайность сортов Рапан и Патриот.

#### Список источников

1. Крылова Н.Н., Иванов Н.А., Огрызко В.А. Совершенствование способа полива риса // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. 2019. № 2 (февраль). URL: <http://akademnov.ru/page/875550>
2. Суров А.О., Владимиров С.А. Проблемы рационального использования водных и земельных ресурсов в рисоводстве // Аспирант. 2021. № 6 (63). С. 151–153.
3. Prihodko, I., Verbitsky, A., Vladimirov, S., Safronov, T. (2020). Microflora microbiological characteristics of saline soils. *E3S Web of Conferences: 13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020, Rostov-on-Don, February 26–28, 2020*. EDP Sciences, p. 09010. doi: 10.1051/e3sconf/202017509010
4. Bandurin, M.A., Rudenko, A.A., Bandurina, I.P., Prihodko, I.A. (2022). Reducing the Anthropogenic Impact of Natural Risks on Small Rivers in the South of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, January 10–12, 2022*. Virtual, Online, p. 042037. doi: 10.1088/1755-1315/988/4/042037
5. Приходько И.А., Ткаченко В.Т., Гребенчиков И.В. и др. Способ очистки дренажного стока рисовых оросительных систем // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна: материалы Национальной научной конференции, Волгоград, 29–30 октября 2020 г. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2020. С. 275–278.





6. Волосухин В.А., Бандурин М.А., Приходько И.А. Изменение климата: причины, риски для водохозяйственного комплекса Краснодарского края // *Природообустройство*. 2022. № 4. С. 50-56. doi: 10.26897/1997-6011-2022-4-50-56

7. Safronova, T.I., Vladimirov, S.A., Prikhodko, I.A. (2021). Probabilistic Approach to Soil Fertility Conservation by Mathematical Modeling of Technological Processes and Optimization of Resource Use. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vladivostok, October 6-9, 2020. Vladivostok, p. 042063. doi: 10.1088/1755-1315/666/4/042063

8. Приходько И.А., Сафронова Т.И., Вербицкий А.Ю. Разработка методики оценки мелиорируемых земель // *Вестник Научно-методического совета по природообустройству и водопользованию*. 2019. № 15. С. 59-69.

9. Бандурин М.А., Приходько И.А., Бандурина И.П. Современные методы управления поливами на оросительных системах Юга России // *Научная жизнь*. 2021. Т. 16. № 8 (120). С. 986-997. doi: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-986-997

10. Приходько И.А., Владимиров С.А., Хатхоу Е.И. и др. Исследование окислительно-восстановительных процессов в ризосфере рисовых чеков в период вегетации риса // *International Agricultural Journal*. 2020. Т. 63. № 5. С. 5. doi: 10.24411/2588-0209-2020-10211

11. Патент № 2466522 С1 Российская Федерация, МПК А01В 79/02, G01N 33/24, A01G 16/00. Способ определения агроресурсного состояния почвы по мелиоративной шкале рисовой оросительной системы: № 2011112267/13: заявл. 30.03.2011; опубл. 20.11.2012 / Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди, И.А. Приходько; заявитель ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет».

12. Приходько И.А., Парфенов А.В., Александров Д.А. Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования в рисоводстве Кубани // *Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, Чебоксары, 22 октября 2021 г. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет*. 2021. С. 150-152.

13. Владимиров С.А., Колесниченко В.В., Войтенко Д.А., Александров Д.А. Ресурсосберегающие и природоохранные технологии для решения экологических проблем на Кубани // *Тенденции развития науки и образования*. 2021. № 73-3. С. 112-115. doi: 10.18411/ij-05-2021-113

14. Приходько И.А., Бандурин М.А., Степанов В.И. Задача выбора рациональных технологических операций при возделывании риса // *International Agricultural Journal*. 2021. Т. 64. № 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359

15. Safronova, T., Vladimirov, S., Prikhodko, I. (2020). Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields. *E3S Web of Conferences: 13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020, Rostov-on-Don, February 26-28, 2020*. EDP Sciences, p. 09011. doi: 10.1051/e3sconf/202017509011

16. Вербицкий А.Ю., Приходько И.А., Мамас Н.Н. Оценка рационального использования водных ресурсов на примере реки Ахис // *Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам IV Международной научной экологической конференции, Краснодар, 03 декабря 2019 г. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина*. 2020. С. 12-18.

## References

1. Krylova, N.N., Ivanov, N.A., Ogryz'ko, V.A. (2019). Sovershenstvovanie sposoba poliva risa [Improving the method of watering rice]. *Akademiya pedagogicheskikh idei «Novatsiya»*. Seriya: Studencheskii nauchnyi vestnik [Academy of Pedagogical Ideas "Innovation". Series: Student scientific bulletin], no. 2 (February). Available at: <http://akademnova.ru/page/875550>

2. Surov, A.O., Vladimirov, S.A. (2021). Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnykh i zemel'nykh resursov v risovodstve [Problems of rational use of water and land resources in rice growing]. *Aspirant*, no. 6 (63), pp. 151-153.

3. Prikhodko, I., Verbitsky, A., Vladimirov, S., Safronova, T. (2020). Microflora microbiological characteristics of saline soils. *E3S Web of Conferences: 13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020, Rostov-on-Don, February 26-28, 2020*. EDP Sciences, p. 09010. doi: 10.1051/e3sconf/202017509010

4. Bandurin, M.A., Rudenko, A.A., Bandurina, I.P., Prikhodko, I.A. (2022). Reducing the Anthropogenic Impact of Natural Risks on Small Rivers in the South of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, January 10-12, 2022*. Virtual, Online, p. 042037. doi: 10.1088/1755-1315/988/4/042037

5. Prikhod'ko, I.A., Tkachenko, V.T., Grebenshchikov, I.V. i dr. (2020). Sposob ochistki drenazhnogo stoka risovykh orositel'nykh sistem [Method of cleaning the drainage runoff of rice irrigation systems]. *Lesnaya melioratsiya i ehkologo-gidrologicheskie problemy Donskogo vodosbornogo basseina: materialy Natsional'noi nauchnoi konferentsii, Volgograd, 29-30 oktyabrya 2020 g.* [Forest reclamation and ecological and hydrological problems of the Don watershed: proceedings of the National scientific conference, Volgograd, 29-30 October 2020]. Volgograd, Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Reclamation and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences, pp. 275-278.

6. Volosukhin, V.A., Bandurin, M.A., Prikhod'ko, I.A. (2022). Izmenenie klimata: prichiny, riski dlya vodokhozyaistvennogo kompleksa Krasnodarskogo kraia [Climate change: causes, risks for the water management complex of Krasnodar Krai]. *Prirodobuystroistvo* [Environmental engineering], no. 4, pp. 50-56. doi: 10.26897/1997-6011-2022-4-50-56

7. Safronova, T.I., Vladimirov, S.A., Prikhodko, I.A. (2021). Probabilistic Approach to Soil Fertility Conservation by Mathematical Modeling of Technological Processes and Optimization of Resource Use. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vladivostok, October 6-9, 2020*. Vladivostok, p. 042063. doi: 10.1088/1755-1315/666/4/042063

8. Prikhod'ko, I.A., Safronova, T.I., Verbitskii, A.Yu. (2019). Razrabotka metodiki otsenki melioriruemyykh zemel' [Development of a methodology for the assessment of the ameliorated lands]. *Vestnik Nauchno-metodicheskogo soveta po prirodobuystroistvu i vodopol'zovaniyu* [Vestnik the Scientific and Methodological Council in environmental engineering and water management], no. 15, pp. 59-69.

9. Bandurin, M.A., Prikhod'ko, I.A., Bandurina, I.P. (2021). Sovremennyye metody upravleniya polivami na orositel'nykh sistemakh Yuga Rossii [Modern methods of irrigation management in irrigation systems of the South of Russia]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific life], vol. 16, no. 8 (120), pp. 986-987. doi: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-986-997

10. Prikhod'ko, I.A., Vladimirov, S.A., Khatkhokhu, E.I. i dr. (2020). Issledovanie oksitel'no-vosstanovitel'nykh protsess-

ov v rizozone risovykh chekov v period vegetatsii risa [Study of oxidation-reduction processes in the rhizosphere rice checks during rice growing season]. *International Agricultural Journal*, vol. 63, no. 5, pp. 5. doi: 10.24411/2588-0209-2020-10211

11. Kuznetsov, E.V., Khadzidzi, A.E., Prikhod'ko, I.A. (ed.) Patent № 2466522 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01B 79/02, G01N 33/24, A01G 16/00. Sposob opredeleniya agro-resursnogo sostoyaniya pochvy po mелиоративной шкале рисовой оросительной системы: № 2011112267/13: заявл. 30.03.2011; опубл. 20.11.2012; заявитель ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» [Patent № 2466522 C1 Russian Federation, MPK A01B 79/02, G01N 33/24, A01G 16/00. Method of determination of agro-resource condition of soils by ameliorative scale of rice irrigation system: No. 2011112267/13: filed. 30.03.2011; published 20.11.2012; applicant Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Kuban State Agrarian University"].

12. Prikhod'ko, I.A., Parfenov, A.V., Alexandrov, D.A. (2021). Ehkologo-mелиоративnye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya v risovodstve Kubani [Ecological and meliorative aspects of rational nature management in the Kuban rice growing]. *Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya intellektual'nogo potentsiala sel'skogo khozyaistva regionov Rossii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu FGBOU VO Chuvashskii GAU, Cheboksary, 22 oktyabrya 2021 g.* [Scientific and educational environment as the basis for the development of the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, October 22, 2021]. Cheboksary, Chuvash State Agrarian University, pp. 150-152.

13. Vladimirov, S.A., Kolesnichenko, V.V., Voitenko, D.A., Alexandrov, D.A. (2021). Resursosberegayushchie i prirodookhrannyye tekhnologii dlya resheniya ehkologicheskikh problem na Kubani [Resource-saving and environmental technologies for solving environmental problems in the Kuban]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], no. 73-3, pp. 112-115. doi: 10.18411/ij-05-2021-113

14. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Stepanov, V.I. (2021). Zadacha vybora ratsional'nykh tekhnologicheskikh operatsii pri vozdel'nyanii risa [The task of choosing rational technological operations in rice cultivation]. *International Agricultural Journal*, vol. 64, no. 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359

15. Safronova, T., Vladimirov, S., Prikhodko, I. (2020). Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields. *E3S Web of Conferences: 13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020, Rostov-on-Don, February 26-28, 2020*. EDP Sciences, p. 09011. doi: 10.1051/e3sconf/202017509011

16. Verbitskii, A.Yu., Prikhod'ko, I.A., Mamas', N.N. (2020). Otsenka ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnykh resursov na primere reki Afips [Assessment of rational use of water resources on the example of the Ahips River]. *Ehkologiya rechnykh landshtaftov: sbornik statei po materialam IV Mezhdunarodnoi nauchnoi ehkologicheskoi konferentsii, Krasnodar, 03 dekabrya 2019 g.* [Ecology of river landscapes: collection of articles on the materials of the IV International scientific ecological conference, Krasnodar, 03 December 2019]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, pp. 12-18.

## Информация об авторах:

**Приходько Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-код: 4011-7185, prihodkoigor2012@yandex.ru

**Чебанова Елена Федоровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1061-1150>, Scopus ID: 57218100852, SPIN-код: 3299-8040, chebanova2020@yandex.ru

**Молчанова Галина Александровна**, заведующая лабораторией кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-7219-6141>, galya.molchanova.05@inbox.ru

## Information about the authors:

**Igor A. Prikhodko**, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-code: 4011-7185, prihodkoigor2012@yandex.ru

**Elena F. Chebanova**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1061-1150>, Scopus ID: 57218100852, SPIN-code: 3299-8040, chebanova2020@yandex.ru

**Galina A. Molchanova**, head of the laboratory of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-7219-6141>, galya.molchanova.05@inbox.ru