

Поздеев Илья Александрович

Студент, 1 курс магистратуры

Факультет «Агрохимии и защиты растений»

Кубанский государственный аграрный

университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар

Аббасова Амина Айдыновна

Студентка, 1 курс магистратуры

Факультет «Агрохимии и защиты растений»

Кубанский государственный аграрный

университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар

Ильина Евгения Игоревна

Студентка, 1 курс магистратуры

Факультет «Агрохимии и защиты растений»

Кубанский государственный аграрный

университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар

АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Аннотация

В статье систематизированы современные научные данные об адаптации систем минерального питания зерновых культур к климатическим изменениям. Проанализированы результаты последних лет, показывающие рост частоты и интенсивности засух в основных зерносеющих регионах РФ.

Рассмотрены механизмы снижения эффективности использования азота и фосфора растениями в условиях температурного и водного стресса, а также климатически обусловленные риски для урожайности пшеницы и ячменя, которые снижаются оптимизацией минерального питания на одну градацию риска. Показана ключевая роль органо-минеральных систем удобрения в формировании положительного углеродного баланса агроэкосистемы, обеспечивающих секвестрацию 98,5 т CO₂-эквивалента на гектар против 28,7 т при чисто минеральной системе. Обсуждены перспективы точного земледелия, биологизированных технологий и новых форм удобрений для повышения устойчивости зернового производства в условиях аридизации климата.

Ключевые слова: *изменение климата, зерновые культуры, агрохимическая адаптация, азотная эффективность, углеродный баланс, точное земледелие, засухоустойчивость.*

Pozdeev Ilya Alexandrovich

Student, 1st year master's program

Faculty of Agrochemistry and Plant Protection

Kuban State Agrarian

I.T. Trubilin University, Krasnodar

Abbasova Amina Aidynovna

Student, 1st year of the master's program

Faculty of Agrochemistry and Plant Protection

Kuban State Agrarian

I.T. Trubilin University, Krasnodar

Ilyina Evgeniya Igorevna

Student, 1st year of the master's program
Faculty of Agrochemistry and Plant Protection
Kuban State Agrarian
I.T. Trubilin University, Krasnodar

AGROCHEMICAL ASPECTS OF THE USE OF FERTILIZERS FOR GRAIN CROPS IN A CHANGING CLIMATE

Annotation

The article systematizes modern scientific data on the adaptation of mineral nutrition systems of grain crops to climate change. The results of recent years showing an increase in the frequency and intensity of droughts in the main grain-sowing regions of the Russian Federation are analyzed. The mechanisms of reducing the efficiency of nitrogen and phosphorus use by plants under temperature and water stress, as well as climatically determined risks for wheat and barley yields, which are reduced by optimizing mineral nutrition by one gradation of risk, are considered. The key role of organic-mineral fertilizer systems in the formation of a positive carbon balance of the agroecosystem is shown, providing sequestration of 98.5 tons of CO₂ equivalent per hectare versus 28.7 tons in a purely mineral system. Prospects for precision farming, biologized technologies and new forms of fertilizers to increase the sustainability of grain production in the context of climate aridization are discussed.

***Key words:** climate change, grain crops, agrochemical adaptation, nitrogen efficiency, carbon balance, precision farming, drought resistance.*

Современное сельское хозяйство России вступает в период беспрецедентных климатических вызовов. Рост среднегодовых температур, увеличение частоты засушливых периодов и изменение режима осадков оказывают прямое воздействие на продуктивность зерновых культур. Урожай

2025 года в ряде регионов Южного федерального округа показал снижение вдвое по сравнению с предыдущим годом из-за хронического дефицита осадков, сохранявшегося с августа 2024 года. В среднем по ЮФО урожайность зерновых и зернобобовых культур в 2025 году составила 31,9 ц/га против 36,6 ц/га в 2024 году, что на 13% ниже.

На сельское хозяйство приходится 25% всех выбросов парниковых газов на Земле, при этом полностью отказаться от синтетических удобрений невозможно: они обеспечивают 40% прироста урожая во всем мире. Органическое же земледелие в России занимает лишь 1,2% всех полей.

Климатические изменения воздействуют на агрохимические процессы по нескольким направлениям, и в ряде случаев это создает новые вызовы. Высокие температуры, как показывают работы последних лет, могут усиливать конкурентные взаимоотношения между культурными растениями и почвенными микроорганизмами за доступный азот, что снижает эффективность азотных подкормок. Засушливая весна 2025 года в большинстве регионов России привела к ослаблению усвоения азота растениями из-за пересыхания почвы. Холодные периоды после сева, в свою очередь, создают дефицит фосфора, так как подвижность этого элемента в почве резко падает при низких температурах.

В 2025 году центральная, приазовская и частично южная зоны Ростовской области показали урожайность вдвое ниже прошлогодней. В Ростовской области — крупнейшем регионе-производителе зерна — валовой сбор в 2025 году ожидается на уровне 8 млн тонн, что на 30% ниже прошлогоднего показателя. При этом осенний сев озимых культур в РФ 2025 года сопровождался экстремальной засухой: суммарные осадки по стране были на 16% ниже среднееголетних значений. В имитационных моделях оптимизация характеристик стока и источника азота позволяла увеличить урожайность на 16% при текущих дозах азотных удобрений как при современном климате, так и при сценариях изменения климата середины века. При этом, по некоторым прогнозам, для поддержания урожайности в

условиях сильного потепления потребность в азотных удобрениях может возрасти в четыре раза по сравнению с текущим уровнем, что неизбежно приведет к росту экологической нагрузки.

В условиях климатического стресса эффективность усвоения питательных веществ растением зависит не только от дозы удобрения, но и от его формы, способа внесения и синхронизации с фенологическими фазами культуры. Консервативное земледелие (conservation agriculture) является одним из перспективных подходов. Проведенные в 2025 году исследования показали, что потепление усиливает положительное влияние на поглощение нитратов пшеницей на 25% в системе консервативного земледелия по сравнению с традиционным, а также ослабляет микробную конкуренцию за азот.

Органо-минеральная система удобрения увеличивает накопление углекислого газа в почве в 3,4 раза. Почва выступает основным резервуаром углерода: доля секвестрированного диоксида углерода при минеральной системе составляет 84,7%, а при органо-минеральной — 95,0%. Хотя выбросы закиси азота при органо-минеральной системе выше на 10–15%, выгода от накопления углерода многократно перекрывает этот минус. Применение исключительно минеральной системы удобрения ограничивает углеродсеквестрирующую способность почвы до 28,7 тонн CO₂-эквивалента на гектар, тогда как органо-минеральная система обеспечивает 98,5 тонн CO₂-эквивалента — разница в 3,4 раза.

Технологии точного земледелия, включающие дифференцированное внесение удобрений, дистанционное зондирование и машинное обучение, предоставляют новые возможности для адаптации систем питания к климатической неопределенности. Варибельное внесение удобрений (VRA) позволяет корректировать дозы в реальном времени с учетом пространственной неоднородности полей и складывающихся погодных условий.

Проведенные в 2022 году исследования агротехнологических возможностей управления климатическими рисками позволили выявить устойчивые во времени закономерности: климатически обусловленные риски снижаются в ряду яровая пшеница > ячмень > озимая пшеница. Это указывает на преимущество озимых культур в условиях потепления.

С учетом региональных особенностей и выраженного дефицита осадков на юге России предлагаются следующие конкретные адаптационные мероприятия:

- адаптация глубины сева к особенностям рельефа полей (не более 3–4 см);
- обязательное внесение фосфорсодержащих удобрений, повышающих устойчивость к засухе;
- оптимизация нормы высева;
- возврат в структуру севооборота паровых полей в наиболее засушливых зонах.

При этом эксперты подчеркивают необходимость отказа от шаблонных подходов и выстраивания персонализированной модели поведения для каждого сельхозпроизводителя с использованием индивидуального набора инструментов.

Одновременно глава Минсельхоза РФ Оксана Лут на форуме «Биопром» (2025 г.) призвала активнее использовать биотехнологии для опережения климатических изменений, особенно засухи. Российскими учеными выявлено, что растения пшеницы степного волжского экотипа более устойчивы к засухе на ранних этапах онтогенеза по сравнению с лесостепным западносибирским экотипом, что создает предпосылки для целенаправленной селекции засухоустойчивых генотипов.

По данным исследований, адаптационные опции в растениеводстве, включая устойчивые к стрессу сорта, приемы обработки почвы и комплексное управление питательными веществами, обеспечивают среднее повышение урожайности на 38–53% по сравнению с контрольными

вариантами. Управление питательными веществами как самостоятельная адаптационная опция обеспечивает прибавку урожая в среднем на 6,2% по сравнению с традиционными практиками в условиях Южной Азии. При этом комплексное применение устойчивых сортов, обработки почвы и интегрированного управления питательными веществами дает мультипликативный эффект.

Изменение климата вносит фундаментальные коррективы в агрохимические системы возделывания зерновых культур.

Таким образом, успешная адаптация зернового производства к климатическим изменениям требует перехода от экстенсивных и унифицированных систем удобрения к интеллектуальным, экологически ориентированным и пространственно дифференцированным агрохимическим технологиям.

Список литературы

1. Mycotoxins, pesticides and heavy metals content in the winter wheat grain at different cultivation technologies on leached Kuban chernozem / I. Shabanova, N. Neshchadim, K. Gorpichenko, A. Boyko // E3S Web of Conferences, Blagoveshchensk, 23-24 сентября 2020 года. – Blagoveshchensk, 2020. – P/ 02012. – DOI 10.1051/e3sconf/2020020302012. – EDN UEQBER
2. Минеральные удобрения и урожай сельскохозяйственных культур выращиваемых на черноземе выщелоченном Прикубанской низменности / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов [и др.] // Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013-2020 г.г. : Материалы Всероссийского координационного совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями, Москва, 16-17 апреля 2018 года / Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, 2018. – С. 391- 400. – EDN YANCNV.
3. Патент №2527297 С2 Российская Федерация, МПК А01С 21/00, С05G 1/00. Способ некорневой обработки озимой пшеницы : №2012136541/13 : заявл. 24.08.2014 / А.Х. Шеуджен, Н. Г. Гайдукова, И. А. Лебедовский, И. В. Шабанова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет». – EDN MFUJYG.
4. Петрова Л.С. Экономические аспекты применения интегрированных систем удобрения в зерновом производстве // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 11. – С. 62–68.
5. Фосфогипс нейтрализованный – высокоэффективное поликомпонентное удобрение на посевах зерновых культур / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева, С. В. Есипенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. - №52. – С. 144-148. – EDN TWPCKGR.